



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE  
MESTRADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**



**MARCOS TULLYO CAMPOS**

**CooMIND: UM SISTEMA ADAPTATIVO DE APOIO À  
APRENDIZAGEM COLABORATIVA SENSÍVEL À  
TEORIA DA CARGA COGNITIVA**

**MOSSORÓ – RN**

**2012**

**MARCOS TULLYO CAMPOS**

**CooMIND: UM SISTEMA ADAPTATIVO DE APOIO À  
APRENDIZAGEM COLABORATIVA SENSÍVEL À  
TEORIA DA CARGA COGNITIVA**

Dissertação apresentada ao Mestrado de Ciência da Computação – associação ampla entre a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte e a Universidade Federal Rural do Semi-Árido, para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Milton Mendes Neto – UFERSA.

**MOSSORÓ – RN**

**2012**

**MARCOS TULLYO CAMPOS**

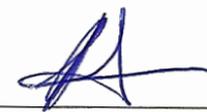
**CoMIND: UM SISTEMA ADAPTATIVO DE APOIO À  
APRENDIZAGEM COLABORATIVA SENSÍVEL À TEORIA  
DA CARGA COGNITIVA**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Ciência  
da Computação para a obtenção do título de Mestre  
em Ciência da Computação.

APROVADA EM: 28/03/2012.

BANCA EXAMINADORA

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Francisco Milton Mendes Neto – UFERSA  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cicilia Raquel Maia Leite – UERN  
Membro Interno

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Gustavo Augusto Lima de Campos – UECE  
Membro Externo

Dedico este trabalho à minha querida mãe, Maria das Graças, e à minha amada esposa, Maria Jocileide.

## AGRADECIMENTOS

Como diria o sábio poeta, a vida é feita de escolhas. Um simples “bom dia” ou um importante “aceito” pode causar verdadeiras transformações na vida das pessoas. Dar importância a um aperto de mão, um “obrigado”, um “parabéns” ou a um “confio em você”, aumenta substancialmente as chances de um indivíduo entender o seu papel no rumo de sua vida, bem como na vida de outras pessoas. Mais importante do que isso, RECONHECER o papel que outras pessoas exercem em nossa história, nos torna indivíduos mais leves, pois grande parte do peso imposto pela vida é por elas absorvida. Mais importante ainda, ser verdadeiramente GRATO a essas pessoas nos aproxima daquilo que chamamos de felicidade.

Nesse espaço, aproveito para externar minha gratidão a algumas pessoas que, certamente, exerceram papéis importantes para que esse projeto pessoal se tornasse realidade.

Inicio agradecendo à minha mãe, Maria das Graças Campos, por toda dedicação e dificuldades que enfrentou para criar, por muito tempo, sozinha, seu único filho. Estendo os agradecimentos ao meu padrasto Lourenço que esteve presente quando precisei e por estar junto à minha mãe nos momentos em que não pude estar.

Agradeço à minha esposa, Maria Jocileide, por estar ao meu lado em cada degrau que percorri, nos últimos seis anos. Sem você, meus dias não seriam os mesmos, nem as vitórias teriam os mesmos sabores. Amo-te muito!

À minha família e meus amigos Fábio, Clédina e Valter por entenderem minhas constantes ausências, sem diminuir o carinho a mim dedicado.

Aos meus colegas de pesquisa, no LES, pelos momentos de descontração e estudos durante os últimos anos, em especial ao meu amigo Luiz Cláudio, o qual estive mais próximo e por estar sempre disposto a ajudar.

Aos meus colegas de trabalho, na UFERSA/SUTIC, por entenderem meus momentos de ausência e por assumirem algumas de minhas responsabilidades.

Ao meu amigo e orientador Milton Mendes, por sua imensa paciência, competência, dedicação e contribuição para com este trabalho, bem como por ter me aceitado como orientando, mesmo sabendo de minha dedicação parcial, e confiado em meu trabalho.

À UFERSA e à UERN, representadas pelo competente corpo docente do MCC, por me proporcionarem a oportunidade de concluir um Mestrado Acadêmico de qualidade.

À Profª Círcia e ao Profº Gustavo por terem aceitado contribuir com o meu trabalho.

Em fim, a todos aqueles que torceram por mim nesse projeto, o meu muito obrigado!

*Cada segundo é tempo para mudar tudo para sempre.*  
(Charles Chaplin)

## RESUMO

O crescente uso e difusão de tecnologias Web e a ubiquidade de ferramentas educacionais vêm proporcionado verdadeiras revoluções nos ambientes de ensino. Contudo, atualmente, a maioria dos ambientes de aprendizagem trata os alunos de forma homogênea, como se assim os fossem. Elaborar um projeto instrucional que se adapte às individualidades dos alunos não é uma tarefa trivial, principalmente em um contexto colaborativo. Tornar esse processo automatizado requer uma solução tecnológica multidisciplinar, que envolva temas como sistemas adaptativos, ontologias, agentes inteligentes, etc. Na tentativa de preencher esta lacuna, este trabalho apresenta um sistema adaptativo de apoio à aprendizagem colaborativa, chamado CooMIND. Este sistema tem como foco a navegação, construção e representação do conhecimento por meio de mapas mentais multimídia adaptativos. O modelo de adaptação do CooMIND baseia-se na identificação de estilos de aprendizagem dos alunos em função da carga cognitiva neles mensurada. Essa adaptação é orientada pela Teoria da Carga Cognitiva, cuja preocupação primária é a facilidade com a qual as informações são processadas pelos indivíduos, de modo que o material instrucional seja adequado ao seu estilo de aprendizagem. O processo de adaptação do CooMIND é conduzido por meio de agentes inteligentes baseados em lógica *fuzzy* e modelos ontológicos.

Palavras-Chave: Aprendizagem Colaborativa, Sistemas Adaptativos, Teoria da Carga Cognitiva, Ontologias.

## ABSTRACT

Due to both the increasing use and diffusion of Web technologies and the ubiquity of educational tools have been provided breakthroughs in learning environments. However, the most of learning environments nowadays treats the students in a homogeneous way, as if they were equals. Make an instructional design that suits students' individualities is non-trivial task, especially in a collaborative context. Make this an automated process requires a multidisciplinary technological solution, involving issues such as adaptive systems, ontology, intelligent agents, etc. In attempt to fill out this gap, this work presents an adaptive e-learning system to support the collaborative learning, called CooMIND. This system focuses on navigation, construction and knowledge representation through both the use of multimedia and the use of dynamic mind maps. The CooMIND's adaptation model is based on the identification of the student's learning style as well as his measured cognitive load. Such adaptation is guided by the Theory of Cognitive Load, whose primary concern is the ease with which information is processed by individuals, as well as the way as the students' learning styles are identified.

**Keywords:** Collaborative Learning, Adaptive Systems, Cognitive Load Theory, Ontology.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dimensões de Estilos de Aprendizagem. Fonte: Adaptado de (GRAF e KINSHUK, 2010).....	22
Tabela 2: Planilha de cálculo do ILS. Fonte: Adaptado de (FELDER e SOLOMAN, 1994)..	24
Tabela 3: Descrição da ontologia Estilos de Aprendizagem.....	57
Tabela 4: Possíveis Afirmações para a Ontologia Estilos de Aprendizagem.....	59
Tabela 5: Descrição da ontologia Modelo do Aluno.....	61
Tabela 6: Possíveis Afirmações para a Ontologia Modelo do Aluno.....	63
Tabela 7: Descrição da ontologia Modelo do Grupo.....	64
Tabela 8: Possíveis Afirmações para a Ontologia Modelo do Grupo.....	65
Tabela 9: <i>Template</i> textual do Agente Tutor.....	72
Tabela 10: <i>Template</i> textual do Agente Aluno.....	73

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dimensões do ILS. Fonte: Adaptado de (FELDER e SOLOMAN, 1994).....	25
Figura 2: RDF representado em forma de grafo. Fonte: Adaptado de (W3C, 2004a) .....	29
Figura 3: Visão Genérica de Agente Inteligente. Fonte: Adaptado de (ARTERO, 2009). .....	34
Figura 4: Curva de Fuzzificação de $\mu_{Qx}$ . Adaptado de (ARTERO, 2009).....	41
Figura 5: Ciclo de Vida da Adaptação. Adaptado de (KOCH, 2000). .....	42
Figura 6: Tela de cadastro de novos usuários.....	46
Figura 7: Sistemática do CooMIND.....	47
Figura 8: Visão Arquitetural do CooMIND. ....	48
Figura 9: Interface de Construção para os Mapas Mentais. ....	50
Figura 10: Utilizando o navegador interno do CooMIND. ....	51
Figura 11: Aplicação do Questionário ILS.....	51
Figura 12: Tela de Mensuração da Carga Cognitiva. ....	53
Figura 13: Modelo do Banco de Dados. ....	54
Figura 14: Projeto Arquitetural da Aplicação.....	55
Figura 15: Ontologia de Estilos de Aprendizagem.....	59
Figura 16: Implementação da Tabela 4 em SPARQL.....	60
Figura 17: Ontologia Modelo do Aluno. ....	62
Figura 18: Implementação da Tabela 6 em SPARQL.....	63
Figura 19: Ontologia Modelo do Grupo.....	65
Figura 20: Implementação da Tabela 8 em SPARQL.....	66
Figura 21: Tela do <i>TopBraid Composer</i> .....	68
Figura 22: Exemplo de saída do serviço Consulta de Usuário.....	70
Figura 23: Exemplo de erro durante a consulta.....	70
Figura 24: Exemplo de saída do serviço Consulta de Estilos de Aprendizagem. ....	70
Figura 25: Modelo de Tarefas dos Agentes.....	72
Figura 26: Diagrama de Atividades do Agente Tutor.....	73
Figura 27: Diagrama de Atividades do Agente Aluno.....	74

## LISTA DE SIGLAS

AA	Agente Aluno
ACL	<i>Agent Communication Language</i>
AT	Agente Tutor
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
CLT	<i>Cognitive Load Theory</i>
CSCL	<i>Computer-Supported Collaborative Learning</i>
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
DBMS	<i>Database Management System</i>
EaD	Ensino a Distância
ESOA	Engenharia de Software Orientada a Agentes
FSLSM	<i>Felder-Silverman Learning Styles Model</i>
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
ILS	<i>Index of Learning Styles</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
LTC	Lei do Terceiro Excluído
LTM	<i>Long-Term Memory</i>
MOM	Modelos Ocultos de Markov
MVC	<i>Model-View-Control</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NASA-TLX	<i>NASA Test Load Index</i>
OWL	<i>Web Ontology Language</i>

PBL	Problem-Based Learning
PHP	<i>PHP Hypertext Preprocessor</i>
PNC	Princípio da Não-Contradição
RDF	<i>Resource Description Framework</i>
RDFS	<i>RDF Schema</i>
SEA	Sistemas Educacionais Adaptativos
SMA	Sistemas Multiagente
SPARQL	<i>SPARQL Protocol and RDF Query Language</i>
TMS	Teste de Memória Sternberg
UERN	Universidade do Estado do Rio Grande do Norte
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
URI	<i>Uniform Resource Identifiers</i>
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>
WM	<i>Working Memory</i>
WMC	<i>Working Memory Capacity</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	15
1.2 PROBLEMÁTICA .....	15
1.3 OBJETIVO GERAL .....	17
1.4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....	17
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
2.1 APRENDIZAGEM COLABORATIVA .....	18
2.2 TEORIA DA CARGA COGNITIVA .....	19
2.2.1 Tipos de Carga Cognitiva .....	20
2.2.2 Métodos de Avaliação da Carga Cognitiva .....	20
2.3 ESTILOS DE APRENDIZAGEM .....	22
2.3.1 Dimensões de Estilos de Aprendizagem .....	22
2.3.2 Índice de Estilos de Aprendizagem .....	23
2.4 ONTOLOGIAS .....	25
2.4.1 Famílias de Ontologias .....	26
2.4.2 Estrutura de uma Ontologia .....	27
2.4.3 Linguagens de Ontologia .....	27
2.4.4 Metodologia para Construção de Ontologias .....	29
2.4.4.1 Passo 1 - Determinar o Domínio e o Escopo da Ontologia .....	30
2.4.4.2 Passo 2 - Reutilizar uma Ontologia .....	31
2.4.4.3 Passo 3 - Enumerar Termos Importantes na Ontologia .....	31
2.4.4.4 Passo 4 - Definir as Classes e Sua Hierarquia .....	32
2.4.4.5 Passo 5 - Definir as Propriedades das Classes .....	32
2.4.4.6 Passo 6 - Definir Restrições nas Propriedades .....	33
2.4.4.7 Passo 7 - Criar Instâncias .....	33
2.4.5 Ontologias e Ambientes de Aprendizagem .....	33
2.5 AGENTES INTELIGENTES .....	34
2.5.1 Tipos de Agentes .....	35
2.5.2 Propriedades dos Agentes .....	35
2.5.3 Tipos de Ambientes .....	37
2.5.4 Sistemas Multiagente .....	38

2.6 LÓGICA FUZZY .....	39
2.6.1 Relação de Pertinência .....	39
2.6.2 Fuzzificação .....	40
2.6.3 Variáveis Linguísticas.....	41
2.6.4 Defuzzificação .....	41
2.7 SISTEMAS EDUCACIONAIS ADAPTATIVOS.....	42
2.8 TRABALHOS RELACIONADOS.....	44
<b>3 COOMIND – UM SISTEMA ADAPTATIVO DE APOIO À APRENDIZAGEM</b>	
<b>COLABORATIVA SENSÍVEL À TEORIA DA CARGA COGNITIVA.....</b>	<b>46</b>
3.1 DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA .....	46
3.2 IDENTIFICAÇÃO DO ESTILO DE APRENDIZAGEM.....	50
3.3 MENSURAÇÃO DA CARGA COGNITIVA .....	52
3.4 CAMADA DE PERSISTÊNCIA DE DADOS .....	54
3.5 TECNOLOGIAS UTILIZADAS .....	55
<b>4 MODELAGEM ONTOLÓGICA DO COOMIND .....</b>	<b>56</b>
4.1 ONTOLOGIA ESTILOS DE APRENDIZAGEM .....	56
4.1.1 Representação Gráfica da Ontologia.....	58
4.2 ONTOLOGIA MODELO DO ALUNO .....	61
4.2.1 Representação Gráfica da Ontologia.....	62
4.3 ONTOLOGIA MODELO DO GRUPO .....	64
4.3.1 Representação Gráfica da Ontologia.....	65
4.4 TECNOLOGIAS UTILIZADAS NA MODELAGEM ONTOLÓGICA .....	66
4.4.1 Ferramenta Case.....	67
4.4.2 Serviço de Consulta das Ontologias .....	68
<b>5 MODELAGEM DOS AGENTES INTELIGENTES .....</b>	<b>71</b>
5.1 MODELO DE TAREFAS.....	71
5.2 AGENTE TUTOR.....	72
5.3 AGENTE ALUNO .....	73
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>75</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO A – QUESTIONÁRIO ORIGINAL DO ILS .....</b>	<b>84</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

No ritmo evolutivo ao qual tem caminhado a humanidade, muitos paradigmas foram quebrados e muito se tem ganhado com isso. No âmbito da educação, o que se tem visto são novas metodologias e abordagens educacionais sendo criadas e recriadas com o intuito de alcançar melhores resultados pedagógicos com um público cada vez mais dinâmico e diversificado. Uma das abordagens que mais tem ganhado destaque é o uso de ambientes educacionais de suporte à Aprendizagem Colaborativa (MEDEIROS, TEDESCO e GOMES, 2010).

Contudo, há uma crescente preocupação em tornar os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) (SANTOS, 2003) cada vez mais atrativos aos alunos e adaptados às suas necessidades individuais. Em consonância com essa preocupação, esta dissertação apresenta um AVA adaptativo e colaborativo, denominado CooMIND, que possibilita a construção e a representação do conhecimento por meio de mapas mentais - do inglês *Mind Maps* (ZHANG, ZHONG e ZHANG, 2010) multimídia adaptativos, baseando-se na Teoria da Carga Cognitiva (CLT, do inglês *Cognitive Load Theory*) (VOGEL-WALCUTT *et al.*, 2010). Seu principal objetivo é possibilitar que alunos de diferentes níveis cognitivos e de diferentes estilos de aprendizagem possam cooperar na construção de um conhecimento flexível e otimizado.

## 1.2 PROBLEMÁTICA

Há mais de um século, vem-se pesquisando sobre aprendizagem individual, competitiva e colaborativa, analisando seus efeitos e as situações mais propícias para cada abordagem. Nessa linha de pesquisa formou-se uma espécie de tradição, a qual ficou conhecida como *Pesquisa Orientada aos Efeitos* (POE) (JANSSEN *et al.*, 2010). Dentre as vantagens e efeitos identificados na aprendizagem colaborativa, destacam-se: maior alcance cognitivo dos alunos, menor tempo para realizar uma tarefa, motivação, uso de estratégias

metacognitivas, etc (JANSSEN *et al*, 2010). Segundo Johnson e Johnson (2009), nos últimos 60 (sessenta) anos, poucas práticas instrucionais obtiveram um sucesso de implantação tão grande quanto à abordagem colaborativa.

Porém, esse tipo de pesquisa tem sido criticado, pois, geralmente, ao comparar a aprendizagem colaborativa com outras abordagens, os pesquisadores utilizam-se como métricas somente seus resultados (efeitos). Não se avalia, por exemplo, o motivo pelo qual em determinados grupos há um alto nível de interatividade (raciocínio coletivo) e em outros isso não é observado. Para Janssen *et al* (2010), isso pode estar relacionado à complexa interação entre as características da tarefa, do aluno e do grupo, evidenciando a necessidade de se estudar o processo de colaboração e as características de interação que mais favorecem o aprendizado dos membros de um grupo.

Esses mesmos autores defendem que, além dos efeitos da aprendizagem colaborativa e dos processos que ocorrem entre os alunos, é necessário também estudar os processos que ocorrem internamente nesses alunos. Ou seja, estudar suas características cognitivas, de modo a identificar situações onde a aprendizagem seja mais eficiente. Essas diferentes visões do problema oferecem melhores condições para se explicar, por exemplo, porque em alguns casos a aprendizagem individual é mais eficiente do que a colaborativa e vice-versa.

Em um contexto colaborativo, a comunicação entre indivíduos (ex. agendamento e reuniões em grupo) e a coordenação da informação (ex. negociação entre diferentes visões e opiniões sobre um determinado assunto) exigem dos envolvidos um esforço cognitivo adicional, conhecido como *Custos Transacionais* (YAMANE, 1996).

Segundo Janssen *et al* (2010), ao se projetar um ambiente educacional para tarefas cognitivas complexas, é recomendado levar em consideração os preceitos da CLT. Essa preocupação aumenta ainda mais quando existe a colaboração, pois seus *custos transacionais* devem ser efetivos, promovendo uma carga cognitiva relevante. Dessa forma, um ambiente colaborativo será mais eficiente que um individual caso suas vantagens de colaboração sejam grandes o suficiente para compensar os *custos transacionais* envolvidos.

Contudo, fazer um projeto instrucional que se adapte às características cognitivas do aluno não é uma tarefa trivial e, em um contexto colaborativo, essa dificuldade acentua-se ainda mais. Tornar esse processo automatizado é, sem dúvidas, um estado almejado por muitos pesquisadores. Pesquisas sobre Sistemas Adaptativos, Ontologias e Agentes de Software vêm contribuindo para que esse cenário se torne factível (MAGNISALIS, DEMETRIADIS e KARAKOSTAS, 2011).

### 1.3 OBJETIVO GERAL

Haja vista a problemática apresentada na seção anterior, esta dissertação tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema adaptativo de apoio à aprendizagem colaborativa sensível à CLT.

Para isso, foi desenvolvido um sistema Web, cujo foco é a construção colaborativa de mapas mentais multimídia que se adaptam aos estilos de aprendizagem e limitações cognitivas de seus usuários. A idéia do sistema é servir como ferramenta de apoio à aprendizagem, e não de substituir outros ambientes de ensino. O mesmo poderá ser utilizado tanto em ambientes de Ensino a Distância (EaD) como presenciais.

### 1.4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

O Capítulo 2 apresenta o referencial teórico necessário para o entendimento desse trabalho, abordando os seguintes temas: Aprendizagem Colaborativa, Teoria da Carga Cognitiva, Estilos de Aprendizagem, Ontologias, Agentes Inteligentes, Lógica Fuzzy, Sistemas Educacionais Adaptativos e Trabalhos Relacionados. No Capítulo 3, é feita uma descrição geral do sistema CooMIND, abordando seu processo de identificação de estilos de aprendizagem, seu processo de mensuração da carga cognitiva dos alunos, sua camada de persistência de dados, além de um resumo sobre as tecnologias utilizadas em seu desenvolvimento. O Capítulo 4 é dedicado à modelagem ontológica do CooMIND. Nele são descritas as ontologias desenvolvidas, seus relacionamentos, aspectos de implementação, além de descrever as tecnologias utilizadas durante a fase de modelagem. O Capítulo 5 apresenta a modelagem dos agentes inteligentes presentes no CooMIND, detalhando os aspectos conceituais, bem como as atividades que cada um realiza no sistema. Finalmente, o Capítulo 6 apresenta as considerações finais acerca do que foi exposto nesta dissertação, bem como apresenta os trabalhos futuros identificados.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 APRENDIZAGEM COLABORATIVA

O termo Aprendizagem Colaborativa refere-se a um método instrucional onde alunos trabalham juntos em pequenos grupos visando resolver um problema ou atingir um objetivo comum (COUTINHO, BOTTENTUIT e BATISTA, 2007). Nessa abordagem, o sucesso do grupo depende do sucesso individual de cada um de seus membros.

Oriunda do modelo construtivista, a Aprendizagem Colaborativa é uma abordagem orientada a grupos e centrada no aluno, a qual assume que a aprendizagem surge a partir das interações que esses alunos estabelecem durante as tarefas que lhes são atribuídas (SHEN, HILTZ e BIEBER, 2008).

Nesse cenário, o professor ou tutor adota uma postura de facilitador na construção, por parte dos alunos, de seu próprio conhecimento, diferentemente do modelo tradicional de ensino e aprendizagem, no qual havia uma transferência direta e em sentido único do conhecimento (do professor ao aluno).

Para Dillenbourg (1999) citado por Magnisalis, Demetriadis e Karakostas (2011), o termo “Colaborativo” preocupa-se com quatro aspectos da aprendizagem:

- A situação, cujo grau de colaboração depende das pessoas envolvidas e seu modelo de colaboração;
- Os tipos de interações que podem ocorrer durante o processo de aprendizagem;
- Os tipos de mecanismos de aprendizagem, os quais podem ser mais ou menos orientados à colaboração; e
- Os efeitos da aprendizagem colaborativa, embora sejam difíceis de mensurar.

O desenvolvimento de ferramentas e ambientes computacionais que mediam e promovem a Aprendizagem Colaborativa fez surgir o termo Aprendizagem Colaborativa Apoiada por Computador, do inglês *Computer-Supported Collaborative Learning* (CSCL) (MEDEIROS, TEDESCO e GOMES, 2010).

## 2.2 TEORIA DA CARGA COGNITIVA

Em se tratando de aprendizagem e, especialmente, sua matéria prima, o conhecimento, é interessante entender certos conceitos, teorias e métodos envolvidos com o processo de aquisição de conhecimento e entendimento através do pensamento, o qual se denomina de Processo Cognitivo (STANICH, 2008).

Um elemento importante no processo cognitivo é a memória, a qual possui diferentes classificações e teorias. Porém, para o objeto desse estudo, é importante destacar dois tipos de memória: (i) a Memória de Curto Prazo ou Memória de Trabalho (*Working Memory* - WM), que faz parte da arquitetura cognitiva humana e é onde são processadas as informações pertinentes às atividades conscientes de um indivíduo; e (ii) a Memória de Longo Prazo (*Long-Term Memory* - LTM), que consiste num repositório mais permanente de conhecimentos e habilidades, sendo, principalmente, utilizada para dar significado às coisas (KIRSCHNER, 2002).

Em 1956, George A. Miller deu os primeiros passos da Ciência Cognitiva ao defender a existência de um limite para a capacidade de processamento de nossa Memória de Trabalho (MILLER, 1956). Esse limite era estimado em cerca de sete unidades ou esquemas, podendo variar em duas unidades de um indivíduo para outro. A partir de então, novas pesquisas foram conduzidas com o intuito de entender os limites da mente humana e desenvolver estratégias que melhor utilizem essa limitada capacidade cognitiva.

Nos anos 80, John Sweller propôs a CLT, enquanto pesquisava sobre resolução de problemas (SWELLER, 1988). Observando os resultados, ele constatou que frequentemente os alunos utilizavam o método de análise meio-fim<sup>1</sup> para resolução de problemas. A dificuldade desse método é que ele requer um grande processamento cognitivo, sendo, portanto, pouco eficiente, pois extrapola a limitação cognitiva da WM.

Outro conceito ligado à arquitetura cognitiva são os esquemas (*schemata*), que são estruturas cognitivas que armazenam informação na LTM. Embora essas estruturas expressem um conjunto de informações, elas são processadas como se fossem unidades simples. Dessa forma, além de reterem informações, os esquemas reduzem a carga na WM, devido à sua

---

<sup>1</sup> Na análise meio-fim, o solucionador de problemas, inicialmente, vislumbra o fim, ou o objetivo final, e determina a melhor estratégia para atingi-lo a partir de sua situação atual (ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA ONLINE, 2011).

abstração de informações. A perícia (habilidade) de um indivíduo desenvolve-se à medida que ele combina esquemas simples em outros mais complexos (VAN MERRIENBOER e SWELLER, 2005).

Resumidamente, novas experiências e conhecimentos são processados na WM, visando a construção de esquemas na LTM (VAN MERRIENBOER e SWELLER, 2005). Porções relevantes das informações são extraídas e manipuladas na WM antes de serem esquematizadas e acomodadas na LTM. A facilidade com a qual a informação é processada na WM é a preocupação primária da CLT (SWELLER, 1998).

Nessa perspectiva, Kirschner (2002) defende que o material instrucional deve ser projetado para que a WM seja capaz de processá-lo. Ou seja, o Projetista Instrucional deve garantir que os limites da carga cognitiva da WM não sejam excedidos durante o estudo.

### 2.2.1 Tipos de Carga Cognitiva

Para a CLT, existem três tipos de cargas cognitivas (VOGEL-WALCUTT *et al*, 2010):

- **Carga Intrínseca:** relacionada com a quantidade ou a complexidade da informação que está sendo transmitida, levando em consideração a natureza do material didático e o nível de perícia do aluno;
- **Carga Irrelevante:** relacionada com a presença de informações irrelevantes para o aprendizado, o que gera processamento desnecessário na WM do aluno. É vista como resultado de um projeto instrucional mal elaborado; e
- **Carga Relevante:** também conhecida como *Germane Cognitive Load*, que está relacionada com o esforço cognitivo necessário à aquisição, construção e automatização de esquemas. Ela é fortemente influenciada pela forma como a informação é apresentada. Não é inerente ao conteúdo ensinado, mas sim ao projeto instrucional utilizado.

### 2.2.2 Métodos de Avaliação da Carga Cognitiva

Para se avaliar a eficiência de um projeto instrucional, levando-se em consideração as limitações dos recursos cognitivos do aluno, é necessário mensurar a carga cognitiva empregada em uma determinada tarefa. Em (TRACY e ALBERS, 2006), foram discutidos três métodos de mensuração da carga cognitiva, analisando seu emprego em testes de usabilidade de sítios Web, os quais são:

- **NASA-TLX:** teste inicialmente desenvolvido pela Agência Espacial Americana (NASA) (HART, 2006) para se mensurar a carga de trabalho global gerada após o manuseio de um equipamento. Trata-se de um teste aplicado após a tarefa, contendo seis escalas: demanda mental, demanda física, demanda temporal, performance, esforço e frustração. O usuário/aluno, ao término da tarefa, pontua essas escalas, posteriormente comparando-as em pares.
- **Teste de Memória Sternberg (TMS):** método desenvolvido com o intuito de se mensurar quão rápido o indivíduo consegue buscar e recuperar uma informação de sua WM. É um teste bastante simples, no qual é apresentado um pequeno conjunto de números ao indivíduo para que sejam memorizados. Em seguida, são apresentados números em intervalos de tempo distintos e o indivíduo precisa definir se eles pertencem ou não ao conjunto inicialmente dado. O tempo de resposta varia diretamente proporcional à carga cognitiva. Diferentemente do método NASA TLX, o TMS avalia a carga cognitiva durante a execução da tarefa em questão.
- **Teste de Toque:** assim como o TMS, esse método utiliza-se de uma carga secundária para identificar momentos de sobrecarga durante determinada tarefa. Nesse caso, o indivíduo é convidado a efetuar leves toques em intervalos constantes e rítmicos, com sua mão não dominante, e ao mesmo tempo executar a tarefa investigada. Nos momentos onde o indivíduo tem sua WM sobrecarregada, os toques tendem a diminuir, saírem de ritmo ou até mesmo pararem.

A CLT vem ganhando destaque nas últimas décadas e se tornando mais presente no contexto educacional moderno, no qual se exige cada vez mais de um público estudantil heterogêneo e com restrições das mais diversas naturezas. Este cenário requer estratégias e métodos de ensino que facilitem uma aquisição de conhecimento mais eficiente do que teorias tradicionais (VOGEL-WALCUTT *et al*, 2010).

## 2.3 ESTILOS DE APRENDIZAGEM

Existem na literatura diversos modelos de estilos de aprendizagem, contudo pesquisas como as de Kuljis e Liu (2005); Carver, Howard e Lane (1999) citado por Graf e Kinshuk (2010) têm mostrado que, ao se tratar de ambientes educacionais adaptativos, o Modelo de Estilos de Aprendizagem Felder-Silverman (do inglês *Felder-Silverman Learning Styles Model* - FSLSM) (FELDER e SILVERMAN, 1988) pode ser visto como o mais utilizado para classificação de estilos de aprendizagem.

### 2.3.1 Dimensões de Estilos de Aprendizagem

De acordo com o modelo FSLSM, o aluno pode ser caracterizado em quatro dimensões de estilos de aprendizagem. Estas dimensões podem ser identificadas respondendo-se às seguintes perguntas (GRAF e KINSHUK, 2010):

- Que tipo de informação o aluno preferencialmente percebe? (sensitivo ou intuitivo);
- Através de qual canal sensorial uma informação externa é mais eficientemente recebida? (visual ou verbal);
- Como o aluno prefere processar a informação? (ativamente ou reflexivamente);  
e
- Como o aluno progride seu entendimento no assunto? (sequencialmente ou globalmente).

Na Tabela 1 são apresentadas as quatro dimensões de estilos de aprendizagem, segundo o modelo FSLSM.

Tabela 1: Dimensões de Estilos de Aprendizagem. Fonte: Adaptado de (GRAF e KINSHUK, 2010).

<b>DIMENSÃO</b>	<b>ESTILO DE APRENDIZAGEM</b>	<b>PERFIL DO ALUNO</b>
Percepção	Sensitivo	Gosta de aprender a partir de materiais concretos e tende a ser mais prático.

	Intuitivo	Prefere materiais abstratos, como teorias e seus significados, e costuma ser mais inovador.
Entrada	Visual	Lembra-se melhor daquilo que usualmente ver, como imagens, gráficos, animações, etc.
	Verbal	Maior facilidade em lembrar-se de palavras, sejam elas escritas ou faladas.
Processamento	Ativo	Prefere aprender por meio de suas experiências. Geralmente trabalha bem com outros alunos.
	Reflexivo	Diferentemente do ativo, prefere aprender sozinho refletindo sobre o assunto em questão.
Entendimento	Sequencial	Prefere aprender por meio de passos lineares, levando a um processo gradual de aprendizagem.
	Global	Aprende através de passos largos. É holístico, isto é, prefere entender primeiro o todo e em seguida suas partes.

### 2.3.2 Índice de Estilos de Aprendizagem

O Índice de Estilos de Aprendizagem, do inglês *Index of Learning Styles*© (ILS) é um questionário de 44 (quarenta e quatro) questões com o propósito de avaliar e indicar preferências de estilos de aprendizagem, baseando-se nas quatro dimensões do modelo FLSM (LITZINGER, *et al.*, 2007).

O ILS Foi desenvolvido por Felder e Soloman (2004) na Universidade do Estado da Carolina do Norte em 1991. Desde então, inúmeros pesquisadores interessados em estilos de aprendizagem passaram a colaborar com o seu desenvolvimento, bem como passaram a utilizá-lo em suas pesquisas.

Com o aumento do interesse pelo método ILS, inúmeros trabalhos foram realizados com o intuito de validá-lo e verificar sua confiabilidade (FELDER e SPURLIN, 2005; ZYWNO, 2003; LITZINGER, *et al.*, 2007). Os resultados desses trabalhos mostraram que o ILS é estatisticamente confiável na tarefa de identificar estilos de aprendizagem.

Tabela 2: Planilha de cálculo do ILS. Fonte: Adaptado de (FELDER e SOLOMAN, 1994).

Ativo/Reflexivo			Sensitivo/Intuitivo			Visual/Verbal			Sequencial/Global		
Q	a	b	Q	a	b	Q	a	b	Q	a	b
1	_____	_____	2	_____	_____	3	_____	_____	4	_____	_____
4	_____	_____	6	_____	_____	7	_____	_____	8	_____	_____
9	_____	_____	10	_____	_____	11	_____	_____	12	_____	_____
13	_____	_____	14	_____	_____	15	_____	_____	16	_____	_____
17	_____	_____	18	_____	_____	19	_____	_____	20	_____	_____
21	_____	_____	22	_____	_____	23	_____	_____	24	_____	_____
25	_____	_____	26	_____	_____	27	_____	_____	28	_____	_____
29	_____	_____	30	_____	_____	31	_____	_____	32	_____	_____
33	_____	_____	34	_____	_____	35	_____	_____	36	_____	_____
37	_____	_____	38	_____	_____	39	_____	_____	40	_____	_____
41	_____	_____	42	_____	_____	43	_____	_____	44	_____	_____
<b>Soma Total</b>											
<b>a</b>		<b>b</b>		<b>a</b>		<b>b</b>		<b>a</b>		<b>b</b>	
_____		_____		_____		_____		_____		_____	
<b>(Maior – Menor) + Letra do Maior (Ex. 7a – 4b = 3a)</b>											
_____		_____		_____		_____		_____		_____	

A metodologia do ILS consiste em três etapas: (i) inicialmente o indivíduo analisado responde um questionário de 44 (quarenta e quatro) perguntas, as quais estão listadas em seu formato original no ANEXO A. Cada pergunta possui apenas duas alternativas (a e b); (ii) em seguida, o avaliador coleta as respostas, preenchendo uma planilha similar à apresentada na Tabela 2. Ao término do cálculo, ter-se-á um valor ímpar que varia de 1 a 11 seguido da letra predominante (a ou b); (iii) de posse do resultado, o avaliador o dispõe em um formulário similar ao apresentado na Figura 1.

Resultados entre 1 e 3 indicam uma preferência ligeiramente equilibrada entre os estilos dessa dimensão. Caso o resultado fique entre 5 e 7, há uma tendência moderada por um dos estilos. Já se o resultado ficar entre 9 e 11, o método defende que o avaliado possui uma preferência muito alta por um dos estilos, indicando uma dificuldade de aprendizagem em ambientes que não suportam esse estilo dominante.

<b>ACT</b>	11a	9a	7a	5a	3a	1a		1b	3b	5b	7b	9b	11b	<b>REF</b>
<b>SEN</b>	11a	9a	7a	5a	3a	1a		1b	3b	5b	7b	9b	11b	<b>INT</b>
<b>VIS</b>	11a	9a	7a	5a	3a	1a		1b	3b	5b	7b	9b	11b	<b>VRB</b>
<b>SEQ</b>	11a	9a	7a	5a	3a	1a		1b	3b	5b	7b	9b	11b	<b>GLO</b>

Figura 1: Dimensões do ILS. Fonte: Adaptado de (FELDER e SOLOMAN, 1994).

## 2.4 ONTOLOGIAS

O termo ontologia foi inicialmente explorado na Filosofia e tem sua origem nas palavras gregas *ὄντος* (ser) e *λογία* (logia – ciência, estudo), ou seja, a ciência que estuda o “ser”. Posteriormente esse conceito foi adotado no campo da Ciência da Informação e Inteligência Artificial (IA) com o intuito de possibilitar a representação formal de domínios de conhecimento. Para Gruber (1993), ontologias representam “uma especificação explícita de uma conceitualização”, ou seja, é uma formalização dos conceitos e relacionamentos em um determinado domínio. Uma conceitualização é uma visão simplificada e abstrata do mundo, cuja representação possui um propósito ou aplicação.

Sowa (1996) vai mais além e define ontologia como uma especificação dos tipos de entidades que existem ou podem existir em algum domínio. Nela são especificados conceitos e tipos de relacionamentos, parcialmente organizados por meio de relações “tipo/subtipo” (LACASTA, ISO e SORIA, 2010).

Uma ontologia pode ser vista como um vocabulário comum a partir do qual pesquisadores compartilham informações de um determinado domínio entre si. Porém, esse compartilhamento é geralmente feito entre sistemas computacionais. Dessa forma, os formalismos e definições devem estar em um formato interpretável por máquina. Em (NOY e MCGUINNESS, 2001), são levantadas algumas razões que levariam alguém a desenvolver uma ontologia. São elas:

- Compartilhar entre pessoas e agentes de software o entendimento comum sobre a estrutura da informação;
- Possibilitar o reuso do conhecimento de domínio;
- Realizar suposições explícitas sobre o domínio;
- Separar o conhecimento de domínio do conhecimento operacional;
- Analisar o conhecimento de domínio.

### 2.4.1 Famílias de Ontologias

As ontologias podem ser classificadas de acordo com a quantidade e tipo de estruturas de sua conceitualização. Para Sowa (1996) existem duas famílias principais de ontologias. São elas:

- **Terminológicas/Léxicas:** são ontologias cujos conceitos e relacionamentos não são completamente especificados por meio de axiomas e definições que estabelecem suas condições de uso. Seus conceitos podem estar parcialmente especificados por relações como subtipo/supertipo ou parte/todo, determinando, assim, apenas sua posição relativa em relação aos demais. Essas relações não os definem completamente.
- **Axiomatizadas/Formais:** são ontologias terminológicas cujos conceitos possuem axiomas<sup>2</sup> e definições associados, os quais são definidos por meio de lógica. A complexidade da lógica utilizada para definir tais axiomas pode variar de acordo com o domínio abordado.

Além das classificações apresentadas acima, uma ontologia pode ser classificada de acordo com o tema de sua conceitualização, isto é, seu conteúdo. Guarino (1998) descreve as seguintes classes:

- **Ontologias Superiores (*Top-level*):** são ontologias que descrevem conceitos generalistas e independentes de algum problema ou domínio específico (ex.

---

<sup>2</sup> Um axioma é uma regra, princípio ou uma verdade auto evidenciada estabelecida. Em outras palavras, é uma afirmação aceita como verdadeira e que serve de base para alguma argumentação ou inferência. (MERRIAM-WEBSTER, 2012).

espaço, tempo, assunto, objeto, evento, ação, etc.). É possível que ontologias superiores sejam unificadas e utilizadas por diferentes comunidades de usuários.

- **Ontologias de Domínio e de Tarefa:** são ontologias que descrevem, respectivamente, vocabulários de domínios genéricos (ex. medicina, computação, etc.) ou uma tarefa/atividade genérica (ex. diagnóstico, vendas, etc.), especializando os termos presentes em ontologias superiores.
- **Ontologias de Aplicação:** são ontologias que contêm todas as definições necessárias ao modelo de conhecimento de uma aplicação específica. Normalmente, são especializações de ontologias de domínio e/ou tarefa, onde os conceitos estão relacionados a papéis que entidades de domínio desempenham em alguma atividade.

#### 2.4.2 Estrutura de uma Ontologia

Segundo Perez e Corcho (2002), as ontologias possuem os seguintes elementos:

- **Classe:** representa um conceito de um determinado domínio. Pode ser vista como um conjunto de elementos que compartilham as mesmas propriedades e restrições;
- **Taxonomia:** estrutura organizacional, em forma de árvore, que as classes estabelecem entre si, através de relações do tipo “subclasse de”;
- **Relacionamentos e Funções:** formas pelas quais as classes e instâncias se relacionam entre si, incluindo restrições de tipo, de integridade e definições operacionais;
- **Axiomas:** afirmações lógicas (incluindo as de primeira ordem, segunda ordem, independentes e embutidas) acerca dos conceitos e relacionamentos presentes na ontologia;
- **Instâncias:** representam elementos instanciados de certos conceitos, fatos ou alegações. São objetos pertencentes às classes definidas na ontologia.

#### 2.4.3 Linguagens de Ontologia

Ao longo dos anos, várias especificações e linguagens para representação de ontologias foram propostas. Algumas delas proprietárias e outras não. Contudo, as linguagens que conseguiram ganhar maior destaque foram as propostas e recomendadas pelo *World Wide Web Consortium* (W3C). Dentre os padrões recomendados pelo W3C, destacam-se dois: RDF/RDFS (W3C, 2004a) e OWL2 (W3C, 2009b).

O RDF (*Resource Description Framework*) é uma linguagem especificada em 2004 pelo W3C com o intuito de se tornar um modelo padrão para troca de dados na Web (W3C, 2004a). Sua função inicial era representar metadados sobre recursos que estivessem na Web e oferecer interoperabilidade entre aplicações que necessitavam trocar informações.

Contudo, devido à sua natureza generalista, acabou se tornando útil para representar informações sobre qualquer coisa que pudesse ser identificada na Web por meio de identificadores URIs (*Uniform Resource Identifiers*<sup>3</sup>), independente de ela estar acessível ou não. A linguagem RDF utiliza URIs para identificar indivíduos, tipos de coisas, propriedades e os valores dessas propriedades (W3C, 2004a).

As URIs servem para estabelecer um relacionamento entre dois elementos. Essa estrutura conectada pode ser facilmente entendida como um grafo direcionado e rotulado, onde as arestas são os relacionamentos rotulados e os nós são os recursos (W3C, 2004b).

Na Figura 2 é possível analisar um exemplo de grafo gerado a partir de um RDF. O RDF tem como formato principal de serialização (armazenamento) o RDF/XML, uma notação baseada em XML<sup>4</sup>.

Embora o RDF pudesse expressar informações por meio de sentenças simples (usando o trio sujeito-predicado-objeto), tornava-se necessário um formalismo ou vocabulário, cujos termos pudessem ser utilizados nessas sentenças de forma semântica. Pensando nisso, o W3C especificou o RDF *Schema* (RDFS), um conjunto de recursos (classes e propriedades) predefinidos e com seus devidos significados (W3C, 2004a). O RDFS veio para trazer a semântica que faltava no RDF.

---

<sup>3</sup> Do inglês *Uniform Resource Identifier*, URI provê uma forma simples e extensível para identificar um recurso. Trata-se do padrão IETF especificado pela RFC3986. Maiores detalhes em: <http://tools.ietf.org/html/rfc3986>.

<sup>4</sup> Do inglês *Extensible Markup Language*, o XML é uma linguagem de marcação cujo objetivo é prover uma forma estruturada de armazenar dados que seja legível para máquinas e humanos. É um padrão recomenda pela W3C: <http://www.w3.org/TR/2008/REC-xml-20081126/>.

Apesar da facilidade de representar informações nos mais diversos domínios, o RDF/RDFS ainda possuía uma semântica rudimentar. Visando acrescentar mais expressividade aos modelos de dados, o W3C especificou a *Web Ontology Language* (OWL) (W3C, 2004c).

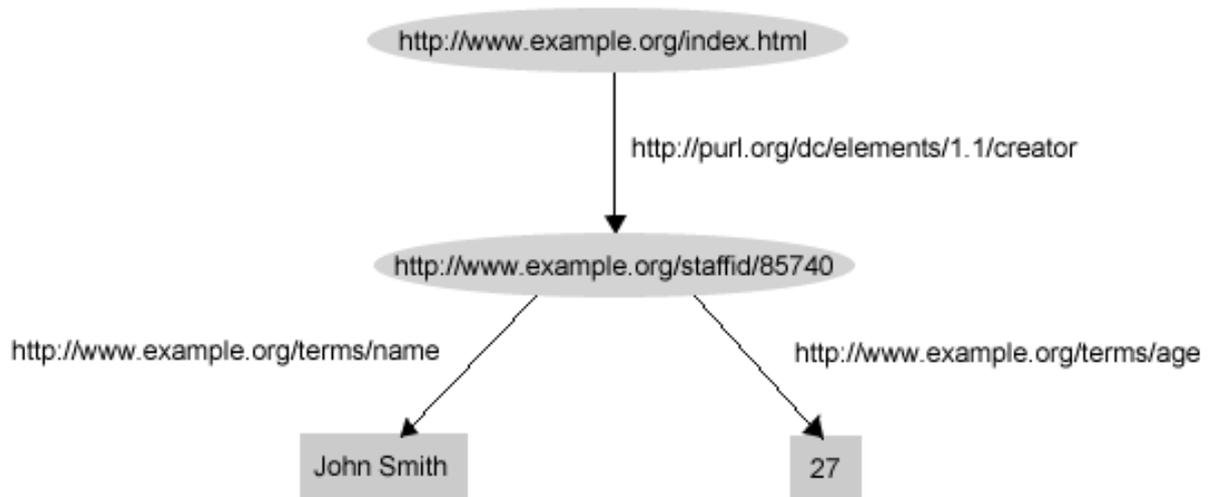


Figura 2: RDF representado em forma de grafo. Fonte: Adaptado de (W3C, 2004a)

A OWL trouxe maiores facilidades em expressar significados e semântica, em relação ao RDFS. Ela baseou-se em outra linguagem de ontologia chamada DAML+OIL<sup>5</sup>. Dentre essas facilidades, é possível citar relacionamentos entre classes, cardinalidade, equivalência, além de diferentes tipos e características de propriedades.

Em 2009, o W3C finalizou o trabalho de revisão e extensão da OWL, o que gerou a especificação da OWL2. Ontologias projetadas em OWL podem ser serializadas em vários formatos, dentre eles o RDF/XML e o OWL/XML. Porém, aplicações em conformidade com a OWL2 devem obrigatoriamente possibilitar a representação em RDF/XML, para garantir uma maior interoperabilidade, e opcionalmente em OWL/XML (W3C, 2009b).

#### 2.4.4 Metodologia para Construção de Ontologias

---

<sup>5</sup> DAML+OIL é uma linguagem de marcação semântica para recursos na Web, como por exemplo, arquivos RDF. Sua especificação pode ser vista em <http://www.daml.org/2001/03/daml+oil-index.html>

Apesar de todos os esforços e pesquisas na área de ontologias, não há um consenso acerca da forma correta de se construir uma ontologia, isto é, não há uma única forma correta. Sempre há uma alternativa viável para uma ontologia. Segundo Noy e McGuinness (2001), a solução mais adequada depende da aplicação em questão, bem como de suas futuras extensões.

Em (NOY e MCGUINNESS, 2001), é apresentada uma metodologia de construção de ontologias, a qual será apresentada a seguir. Segundo os autores, o desenvolvimento de uma ontologia, de modo geral, compreende as seguintes tarefas:

- Definir Classes;
- Dispô-las em uma hierarquia taxonômica (sub/superclasses);
- Definir propriedades, descrevendo suas restrições;
- Preencher os valores das propriedades, ao criar instâncias de classes.

Ainda segundo os autores, o desenvolvimento de uma ontologia é necessariamente um processo iterativo e os conceitos nela presentes devem estar o mais próximo dos objetos e relações do domínio que eles representam.

#### 2.4.4.1 Passo 1 - Determinar o Domínio e o Escopo da Ontologia

Nesse passo são definidos o domínio e escopo da ontologia. Como guia para esse passo, algumas perguntas podem ser respondidas:

- Qual domínio a ontologia irá abranger?
- Para qual propósito ela será utilizada?
- As informações na ontologia provêm respostas para quais tipos de perguntas?
- Quem utilizará e manterá essa ontologia?

Para ajudar a limitar o escopo da ontologia, pode-se elaborar "perguntas de competência", cujas respostas deverão ser obtidas a partir das informações contidas na ontologia. Essas perguntas são específicas do domínio em questão e serão úteis para testar a ontologia. Em (NOY e MCGUINNESS, 2001), os autores exploram o domínio dos Vinhos. Nesse caso, como exemplos de perguntas de competência têm-se:

Ex. *Bordeaux é um vinho tinto ou branco?*

*Qual o melhor vinho para acompanhar carne grelhada?*

A partir de uma relação de perguntas dessa natureza, é possível elencar quais são os conceitos, propriedades e restrições necessárias para que a ontologia atenda ao seu propósito.

#### 2.4.4.2 Passo 2 - Reutilizar uma Ontologia

Nem sempre modelar uma ontologia do início é a melhor solução. Aderir a modelos ontológicos existentes pode acelerar o processo de desenvolvimento, minimizar erros semânticos, bem como possibilitar que o sistema em questão possa interagir com outros sistemas que também os utilizem.

Ontologias reutilizáveis estão disponíveis em diversos repositórios na Web e na literatura. Alguns exemplos de repositórios de ontologias são: Ontolingua<sup>6</sup>, DAML<sup>7</sup>, UNSPSC<sup>8</sup>, RosettaNet<sup>9</sup> e DMOZ<sup>10</sup>.

#### 2.4.4.3 Passo 3 - Enumerar Termos Importantes na Ontologia

Nessa etapa, são enumerados todos os termos relevantes no domínio em questão, isto é, aqueles que possam ser usados para criar sentenças ou para explicar algo sobre o domínio a um usuário. É um processo de *brainstorm*, no qual se pode fazer as seguintes perguntas:

- Quais propriedades esses termos possuem?
- O que eu gostaria de dizer sobre esses termos?

É interessante destacar que nesse passo não é necessário preocupar-se com a sobreposição dos termos, suas relações, suas propriedades ou sua natureza (classe ou propriedade), sendo suficiente escrevê-los.

---

<sup>6</sup> <http://www.ksl.stanford.edu/software/ontolingua/>

<sup>7</sup> <http://www.daml.org/ontologies/>

<sup>8</sup> <http://www.unspsc.org/>

<sup>9</sup> <http://www.rosettanet.org/>

<sup>10</sup> <http://www.dmoz.org/>

#### 2.4.4.4 Passo 4 - Definir as Classes e Sua Hierarquia

Esse passo é responsável por descrever uma estrutura hierárquica para as classes da ontologia. Os autores destacam três abordagens para esse passo:

- **Abordagem *Top-down*:** definem-se inicialmente os conceitos mais genéricos e posteriormente suas especializações.
- **Abordagem *Bottom-Up*:** definem-se as classes mais específicas, agrupando-as posteriormente em classes mais genéricas.
- **Abordagem *Combinada*:** definem-se os conceitos mais salientes (aqueles que mais se destacam), generalizando-os e/ou especializando-os apropriadamente, bem como os relacionados com conceitos intermediários.

As classes são os termos mais importantes da lista criada no Passo 3. Para se projetar a hierarquia de classes, utiliza-se do relacionamento "*is a*" (é um) ou "*kind of*" (é um tipo de). Para isso, existe uma pequena regra: *se uma classe A é uma superclasse de B, então toda instância de B é também (necessariamente) uma instância de A.*

Não há uma abordagem melhor do que a outra para construção de ontologias. A abordagem adotada geralmente depende fortemente da visão de domínio do desenvolvedor.

#### 2.4.4.5 Passo 5 - Definir as Propriedades das Classes

Após a definição das classes, os termos que restaram na lista (Passo 3) são, geralmente, suas propriedades. As propriedades podem ser dos seguintes tipos:

- **Intrínseca:** ex. o "sabor" de um Vinho;
- **Extrínseca:** ex. o nome de um Vinho, ou sua área de origem;
- **Parte:** parte física ou abstrata de um todo. Ex. corpo ou *buquet* de um Vinho;
- **Relacionamento com outros indivíduos:** ex. a propriedade "criador" representa a relação entre a classe Vinho e a classe Produtor.

Em um contexto hierárquico, as propriedades e relacionamentos são herdados pelas subclasses de uma classe. Assim, uma propriedade deve ser atrelada à classe mais genérica que a possui.

#### 2.4.4.6 Passo 6 - Definir Restrições nas Propriedades

Ao definir restrições para as propriedades de classes, maior valor semântico ao modelo ontológico está sendo dado. Existem os seguintes tipos de restrições:

- Cardinalidade: únicos e múltiplos valores para uma propriedade. Quantidade mínima e máxima de valores para uma propriedade (0,1,N);
- Tipo do valor: String, Numérico, Booleano, Lista de valores (*enum*), Instância de classe, etc;
- Domínio e intervalo: ex. para uma classe Produtor, a propriedade "produz" possui como intervalo permitido de valores a classe Vinho. Assim, Vinho é o domínio da propriedade "produz" da classe Produtor.

#### 2.4.4.7 Passo 7 - Criar Instâncias

Nessa etapa são gerados os elementos de cada classe. Eles são equivalentes aos registros de um banco de dados. O procedimento segue a seguinte sequência:

1. Escolher uma classe;
2. Criar uma instância individual dessa classe;
3. Preencher suas propriedades.

A ontologia que está sendo desenvolvida não precisa conter todas as possíveis informações sobre um domínio. Não é recomendado especializar ou generalizar mais do que sua aplicação necessita. Isso se aplica também às propriedades.

### 2.4.5 Ontologias e Ambientes de Aprendizagem

As ontologias podem ser aplicadas em diversos contextos. Dentre eles, destacam-se os ambientes de aprendizagem, onde ela pode representar conceitos e modelos, como: Modelo

do Aluno, Modelo Pedagógico, Modelo de Colaboração, Modelo de Domínio, etc (PONTES, 2010).

## 2.5 AGENTES INTELIGENTES

Devido à grande variedade de paradigmas de agentes existentes na literatura, torna-se difícil conceituá-los de forma generalista, de modo que tal definição seja aceita nos mais diversos contextos.

Contudo, ao longo dos anos, surgiram na literatura várias iniciativas com esse intuito, como o trabalho de Franklin e Graesser (1996), que propôs uma definição formal de agente autônomo como sendo *um sistema situado em um ambiente ao qual faz parte, sentindo-o e agindo sobre o mesmo, em função do tempo, e perseguindo sua própria agenda, bem como sentindo os efeitos que suas ações irão causar no futuro.*

Em (RUSSELL e NORVIG, 2003), um agente inteligente é tratado como qualquer entidade capaz de sentir seu ambiente através de sensores e atuar sobre ele por meio de atuadores.

Já Artero (2009), além de concordar com Russel e Norvig (2003), acrescenta que os agentes inteligentes são programas que, de posse de uma representação do conhecimento e objetivos de um usuário, executam um conjunto de tarefas em seu lugar.

De modo geral, nesse trabalho, um agente inteligente pode ser genericamente descrito como qualquer entidade de hardware ou software que perceba seu ambiente, por meio de seus sensores, e execute ações sobre o mesmo, por meio de seus atuadores, de forma autônoma e proativa.

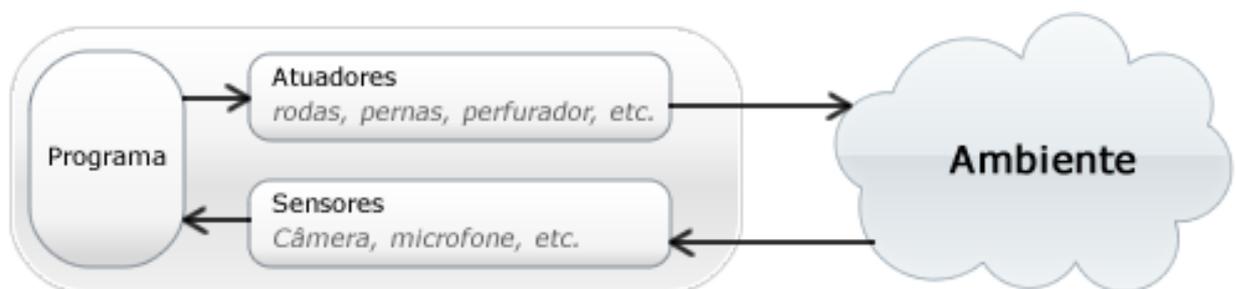


Figura 3: Visão Genérica de Agente Inteligente. Fonte: Adaptado de (ARTERO, 2009).

### 2.5.1 Tipos de Agentes

Trabalhos como (RUSSELL e NORVIG, 2003) e (ARTERO, 2009) classificam agentes inteligentes nos seguintes tipos:

- **Agente Tabela:** é o tipo de agente mais simples. Ele mantém uma tabela interna com todas as possíveis percepções e as ações que elas devem disparar;
- **Agente Reativo Simples:** aquele que, baseado somente em sua percepção atual do ambiente, escolhe a ação mais adequada. A diferença em relação ao Agente Tabela é que, ao invés de ter uma tabela percepção-ação, ele possui um conjunto de regras condição-ação.
- **Agente Reativo Baseado em Modelos:** para compensar sua observação parcial do ambiente, esse agente possui um modelo interno, que mantém o histórico de suas ações e percepções. A deliberação é fruto da análise da percepção atual em função de seu modelo de mundo.
- **Agente Baseado em Objetivos:** aquele que delibera avaliando suas ações e seus impactos, observando se tais ações o aproximam de seus objetivos.
- **Agente Baseado em Utilidades:** aquele que escolhe suas ações também visando se aproximar de um objetivo, porém sempre tentando maximizar seu grau de “felicidade”, mensurado por meio de uma *função de utilidade*. Ou seja, tenta maximizar a eficiência de suas ações.
- **Agente com Aprendizagem:** agente capaz de se adaptar às mudanças no ambiente, por meio de mecanismos de aprendizagem.

### 2.5.2 Propriedades dos Agentes

Alguns pesquisadores, ao definirem agentes, utilizam-se de duas noções: uma fraca e outra forte. Segundo Wooldridge e Jennings (1995), a noção fraca é talvez a mais utilizada, a qual se refere a sistemas de *hardware* ou *software* que apresentam as seguintes propriedades:

- **Autonomia:** característica que confere ao agente o poder de executar suas próprias ações sem nenhuma intervenção humana direta;
- **Habilidade Social:** permite que os agentes de um ambiente se comuniquem através de uma Linguagem de Comunicação entre Agentes (*Agent Communication Language - ACL*) (FIPA, 2002) ou, por exemplo, por meio de um mecanismo conhecido como *blackboard* (Quadro Negro), o qual é explicado na seção 2.5.4;
- **Reatividade:** como mencionado anteriormente, os agentes sentem o seu ambiente e reagem às mudanças nele ocorridas;
- **Proatividade:** os agentes não necessariamente atuam sobre um ambiente somente em resposta a um estímulo. Eles podem apresentar comportamentos orientados a objetivos, bem como ter iniciativa em certas ocasiões.

Já a noção forte de agente explora as propriedades listadas acima de uma forma mais profunda, utilizando-se de certas capacidades mentais encontradas nos humanos, como o conhecimento de domínio (ontologias), crenças, intenções, comprometimento, obrigações, etc (WOOLDRIDGE e JENNINGS, 1995).

Além dessas características básicas, outras características mais específicas podem ser atribuídas aos agentes (ARTERO, 2009):

- **Confiabilidade:** reflete a credibilidade que os agentes apresentam ao realizar suas tarefas, somada à certeza de que processará apenas informações verdadeiras;
- **Cooperatividade:** capacidade de trabalhar em conjunto com outros agentes, em prol da realização de uma tarefa em comum;
- **Degradação:** capacidade que o agente possui em resistir às anomalias no ambiente e concluir suas tarefas;
- **Inteligência:** capacidade de negociar em situações novas e de incertezas;
- **Mobilidade:** habilidade de poder se transportar de um ambiente para outro;
- **Persistência:** reflete o nível de coerência do agente ao longo do tempo. Ou seja, manter-se preciso ao longo do tempo;
- **Personalidade:** habilidade que o agente possui em poder demonstrar sua opinião.

### 2.5.3 Tipos de Ambientes

No contexto de agentes inteligentes, ambiente é o espaço, físico ou virtual, no qual um ou mais agentes estão inseridos. Tais agentes sentem esse ambiente através de seus sensores e o modificam através de seus atuadores. Segundo Russel e Norvig (2003), o ambiente pode ser classificado como:

- **Acessível/Inacessível:** quando um agente possui total acesso ao estado atual de um ambiente, sem que para isso ele precise manter alguma estrutura ou memória interna, considera-se este ambiente acessível ou, caso contrário, inacessível.
- **Determinístico/Não Determinístico:** um ambiente é determinístico, do ponto de vista do agente, se seu próximo estado puder ser determinado pelo estado atual e as ações que este agente venha a escolher.
- **Episódico/Não Episódico:** em um ambiente episódico, toda a interação agente-ambiente é distribuída em episódios (passos, iterações, etc.), de modo que tais episódios sejam independentes entre si.
- **Estático/Dinâmico:** para distinguir um ambiente estático de um dinâmico, basta verificar se o estado desse ambiente muda com o passar do tempo. Havendo essa mudança, o ambiente é considerado dinâmico. Caso o ambiente não mude, mas alguma propriedade do agente varie com o passar do tempo, considera-se tal ambiente *semi-dinâmico*.
- **Discreto/Contínuo:** ambientes discretos são aqueles onde há um número finito de possíveis percepções e ações envolvidas (ex. Jogo de Xadrez). Caso essas percepções e ações variem sobre uma escala contínua de valores, o chamamos de ambiente contínuo (ex. Controle de tráfego aéreo).

Ainda segundo Russel e Norvig (2003), não existe um agente ideal que se adapte bem a qualquer ambiente, ou seja, cada tipo de ambiente requer agentes que se adaptem bem às suas restrições e especificidades. Dessa forma, os agentes devem ser modelados de acordo com o ambiente no qual irão habitar. Quanto mais complexo o ambiente for, mais flexível, adaptável e dinâmico deve ser o agente. De acordo com os tipos de ambientes supracitados, é fácil observar que o tipo de ambiente mais difícil de lidar é o que possui atributos que o qualificam como inacessível, não determinístico, não episódico, dinâmico e contínuo.

## 2.5.4 Sistemas Multiagente

Os Sistemas Multiagente (SMA) representam uma subárea da Inteligência Artificial Distribuída que, segundo Hubner (2003), estuda o comportamento de um grupo organizado de agentes autônomos que cooperam na resolução de problemas que estão além das capacidades de resolução de cada um individualmente.

A estratégia de tratar problemas complexos como sendo um conjunto de problemas menores tem sido bastante utilizada. Associar agentes inteligentes a cada um desses problemas menores aumenta as chances de se obter uma solução mais rápida e confiável (ARTERO, 2009).

O projeto de sistemas dessa natureza depende fortemente do padrão arquitetural escolhido. Um dos padrões arquiteturais mais simples é o quadro negro. Nele, os agentes realizam suas tarefas cooperativamente, sem estabelecerem uma comunicação direta entre si. Para isso, eles utilizam (leitura e escrita) uma estrutura de dados central, sendo ela o único vínculo existente entre eles. Outra abordagem bastante utilizada é o padrão baseado em agentes comunicativos. Nele, os agentes estabelecem um protocolo de comunicação para que possam trocar mensagens durante seus ciclos de execução (ARTERO, 2009).

Os sistemas multiagente podem estar organizados de forma: (i) *hierárquica*, na qual se estabelecem níveis de hierarquia no controle e tomada de decisão; (ii) *comunidade de especialistas*, em que todos os agentes estão no mesmo nível de decisão, porém cada um é especialista em um dado domínio; (iii) *comunidade científica*, na qual as soluções para os problemas são definidas localmente e validadas socialmente com outros agentes solucionadores de problemas (ARTERO, 2009).

Para desenvolver um sistema multiagente é importante seguir alguma metodologia de engenharia de software orientada a agentes (ESOA). Nos últimos anos, foram propostas várias metodologias para modelagem de SMAs, das quais se pode destacar *Multiagent Systems Engineering* (MaSE) (DELOACH e KUMAR, 2005), Gaia (ZAMBONELLI, JENNINGS e WOOLDRIDGE, 2005), Tropos (GIORGINI, *et al.*, 2005), MAS–CommonKADS (IGLESIAS e GARIJO, 2005), ADELFE (ROUGEMAILLE, *et al.*, 2009), MESSAGE (GARIJO, GÓMEZ-SANZ e MASSONET, 2005), INGENIAS (PAVÓN, GOMEZ-SANZ e FUENTES, 2005), PASSI (CONSENTINO, 2005) e Prometheus (PADGHAM e WINIKOFF, 2005).

Em (MORAIS II, 2010), é feito um levantamento de todas essas metodologias citadas, comparando-as e apresentando suas qualidades e deficiências. Nesse mesmo trabalho, é proposta uma metodologia que estende a MAS-CommonKADS, a qual foi denominada MAS-CommonKADS+.

## 2.6 LÓGICA FUZZY

Uma ferramenta que desempenhou papel importante na tomada de decisão automatizada, ao longo do tempo, foi a lógica das proposições, também conhecida como lógica clássica. Ela baseia-se em um conjunto de proposições, em outras palavras, um conjunto de sentenças que afirmam ou negam algo. Cada proposição, na lógica clássica, pode assumir apenas dois valores: verdadeiro ou falso (ARTERO, 2009).

A lógica clássica obedece a dois princípios importantes: a Lei do Terceiro Excluído (LTC) e o Princípio da Não-Contradição (PNC) (SILER e BUCKLEY, 2005). A LTC postula que em duas proposições contraditórias, uma é verdadeira e a outra é falsa, não havendo nenhum terceiro valor entre elas. Essa lei pode ser expressa da seguinte forma:  $(P \vee \sim P \vee \sim\sim P)$ . Já o PNC postula que uma proposição  $P$  não pode ser verdadeira e falsa ao mesmo tempo.

Assim como na lógica clássica, a lógica *fuzzy* se interessa pela verdade das proposições. Contudo, a lógica *fuzzy* considera que em um contexto real existem proposições que não são totalmente verdadeiras (valor 1) e também não são totalmente falsas (valor 0). Em outras palavras, elas podem ser verdadeiras e falsas ao mesmo tempo ou possuírem níveis de verdade compreendidos entre  $[0, 1]$  (SILER e BUCKLEY, 2005).

### 2.6.1 Relação de Pertinência

A lógica clássica, assim como a lógica *fuzzy*, baseia-se na teoria dos conjuntos. A teoria clássica dos conjuntos permite duas possíveis relações entre um elemento e um dado conjunto: ou ele pertence ou não pertence ao conjunto (ARTERO, 2009). Essa relação é conhecida como Relação (ou Função) de Pertinência.

Dado um conjunto universo  $U$  e um subconjunto discreto  $A$ , sendo  $A \subset U$ , tem-se:

$$\mu_A(x): U \rightarrow \{0, 1\} \quad (\text{a})$$

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{se } x \in A \\ 0 & \text{se } x \notin A \end{cases} \quad (\text{b})$$

Dessa forma,  $\mu_A(x)$  define o grau de pertinência do valor  $x$  no subconjunto  $A$ , o qual pode assumir os valores 0 ou 1 (ARTERO, 2009).

Já a lógica *fuzzy*, baseia-se na teoria dos conjuntos nebulosos, a qual postula que, dado um subconjunto nebuloso  $F$  e um conjunto universo (ou *universo de discurso*)  $U$ , sendo  $F \subset U$ , o subconjunto nebuloso  $F$  é definido por uma função de pertinência (ou função de associação)  $\mu_F(x)$ , a qual associa a todo  $x \in U$  graus de pertinência que variam no intervalo  $[0, 1]$  (SILER e BUCKLEY, 2005).

$$\mu_F(x): U \rightarrow [0,1] \quad (\text{c})$$

## 2.6.2 Fuzzificação

Conforme visto na seção anterior, é possível definir conjuntos nebulosos cujos elementos possuam graus de possibilidade de pertencerem a tais conjuntos.

A esse processo de associar graus de possibilidade aos elementos de um conjunto nebuloso é dado o nome de Fuzzificação, ou seja, valores absolutos são convertidos em valores nebulosos (ARTERO, 2009).

Para exemplificar o processo de fuzzificação, vamos supor um conjunto nebuloso  $Q$  (quente), formado a partir da função de pertinência  $\mu_Q(x)$ , apresentada na fórmula (d), sendo  $x$  valores de temperatura em graus Celsius.

$$\mu_Q(x) = \begin{cases} 0 & \text{se } x \leq 50 \\ \frac{x-50}{80-50} & \text{se } 50 < x \leq 80 \\ 1 & \text{se } x > 80 \end{cases} \quad (\text{d})$$

A partir da função  $\mu_Q(x)$  é possível traçar a curva de fuzzificação para o conjunto  $Q$ , a qual pode ser visualizada na Figura 4.

Como exemplo, é possível fuzzificar a temperatura  $70^\circ$ , sendo  $\mu_Q(70) \cong 0,67$ , indicando que a temperatura  $70^\circ$  tem 67% de certeza de pertencer ao conjunto  $Q$ .

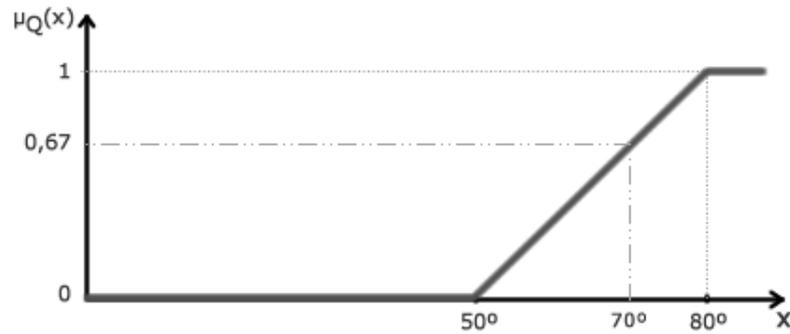


Figura 4: Curva de Fuzzificação de  $\mu_Q(x)$ . Adaptado de (ARTERO, 2009).

### 2.6.3 Variáveis Linguísticas

Na lógica *fuzzy*, variáveis linguísticas são conjuntos de termos, nomes ou rótulos representados por conjuntos *fuzzy* e que pertencem a um determinado universo de discurso (SOUSA, 2005). Sua utilização na lógica fuzzy se dá devido à facilidade de se construir proposições naturais com símbolos ao invés de fazê-lo com valores numéricos.

Como exemplos de variáveis linguísticas têm-se:

Ex.: Temperatura = {frio, morno, quente}  
 Estacao = {primavera, verao, outono, inverno}  
 Acessorio = {oculosEscuros, guardaChuva}

O exemplo acima mostra três variáveis linguísticas e seus devidos termos. Nesse exemplo, temos o termo *quente* que poderia representar o conjunto nebuloso  $Q$  da seção anterior.

A partir dessas variáveis linguísticas, é possível projetar regras *fuzzy* mais compreensíveis, como:

Ex.: SE  $\mu_{morno}(x)$  E  $\mu_{inverno}(x)$  ENTÃO  $\mu_{guardaChuva}(x)$ ;  
 SE  $\mu_{morno}(x)$  E  $\mu_{verao}(x)$  ENTÃO  $\mu_{oculosEscuros}(x)$ .

### 2.6.4 Defuzzificação

Nas regras *fuzzy* apresentadas na seção anterior, tanto as condições quanto as consequências são variáveis linguísticas, que por sua vez representam conjuntos nebulosos. Porém, uma vez processada a regra, deseja-se utilizar, na aplicação, o valor escalar pertencente ao universo de discurso. Para isso, deve-se computar esse valor escalar a partir do grau de pertinência obtido no processamento da regra. A esse processo se dá o nome de Defuzzificação (SILER e BUCKLEY, 2005).

## 2.7 SISTEMAS EDUCACIONAIS ADAPTATIVOS

Em se tratando de Sistemas Adaptativos (do inglês *Adaptive Systems*), é importante ressaltar sua diferença em relação a Sistemas Adaptáveis (*Adaptable Systems*). Segundo Takikawa (2010), um sistema adaptável é aquele que se adapta ao usuário por meio de ajustes de parâmetros de configuração. Ou seja, é uma adaptação em resposta a um estímulo externo. Já um sistema adaptativo se ajusta de forma autônoma, baseando-se no Modelo do Usuário, o qual é atualizado de acordo com o comportamento do usuário no sistema e suas características individuais.

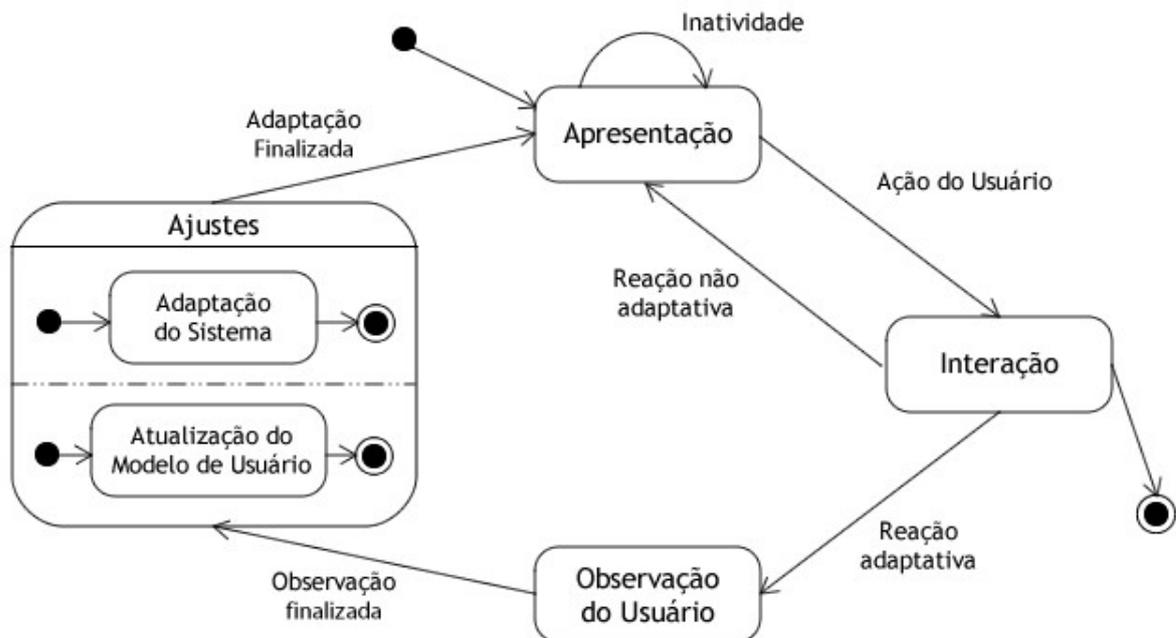


Figura 5: Ciclo de Vida da Adaptação. Adaptado de (KOCH, 2000).

Os Sistemas Educacionais Adaptativos (SEA) são sistemas que se comportam de forma diferente para diferentes alunos, levando em consideração as informações acumuladas

no modelo do aluno ou do grupo (BRUSILOVSKY e PEYLO, 2003). O ciclo de vida da adaptação em um sistema adaptativo pode ser visualizado na Figura 5.

Para Takikawa (2010), essa adaptação pode ocorrer em diferentes níveis. São eles:

- **Conteúdo**, quando diferentes informações são oferecidas de acordo com o estado atual do Modelo do Usuário;
- **Apresentação**, quando as informações selecionadas são apresentadas utilizando-se diferentes elementos de interface (ordenação, cores, tipografia, etc.); e
- **Navegação**, quando a navegação pelo sistema é disposta de diferentes formas, de acordo com o perfil do usuário, alterando-se o destino, a ordenação e/ou a quantidade de hiperligações.

Dentre as pesquisas sobre sistemas adaptativos no contexto de CSCL, três temas de investigação se destacam (MAGNISALIS, DEMETRIADIS e KARAKOSTAS, 2011):

- **Formação de Grupos:** formação de grupos é um tema de grande interesse, pois, caso seja realizada com sucesso, as chances de boas interações entre os alunos aumentam. Questões como quantidade de membros nos grupos e composição dos grupos também são levadas em consideração. Uma abordagem comum é a formação de grupos heterogêneos baseados em estilos de aprendizagem. Por exemplo, em (PAREDES e RODRIGUEZ, 2006), o modelo FSLSM é utilizado para classificar alunos em suas quatro dimensões. Como resultado, viu-se que os estilos de aprendizagem afetam o desempenho dos alunos quando estes trabalham juntos e que, em grupos contemplando diferentes estilos (Ativo/Reflexivo e Sensitivo/Intuitivo), observou-se um ganho de desempenho.
- **Suporte a Conhecimento de Domínio:** refere-se a ações tomadas pelo sistema com o intuito de ajudar os alunos a adquirirem níveis aceitáveis de conhecimento sobre o domínio instrucional. Como exemplo, em (SUEBNUKARN e HADDAWY, 2006), é ilustrado um modelo de raciocínio clínico baseado em Redes Bayesianas combinadas a estratégias comuns de tutoria. Este modelo consegue emular com sucesso dicas de tutores humanos em contextos de Aprendizagem Baseada em Problema (PBL, do inglês *Problem-Based Learning*) (HMELO-SILVER, 2004). Pesquisas nessa área

ainda são incipientes, porém mostram resultados animadores (MAGNISALIS, DEMETRIADIS e KARAKOSTAS, 2011).

- **Suporte a Interação entre Pares:** relacionado às ações tomadas pelo sistema de modo a ajudar membros de um grupo a melhorarem suas interações. Ele contribui inclusive para o desenvolvimento de conhecimento de domínio e habilidades, como argumentação, tutoria e revisão entre pares. Muitos trabalhos usam técnicas de IA, como Agentes de Software, para processar dados resultantes das interações entre pares durante as atividades colaborativas. Como exemplo, em (MORCH, DOLONEN e NAEVDAL, 2006), agentes são utilizados para processar dados estatísticos sobre o comportamento dos alunos. A partir dessa análise, os agentes sugerem certas interações, favorecendo o processo de interação como um todo, bem como a construção coletiva do conhecimento.

## 2.8 TRABALHOS RELACIONADOS

Em (SANTOS JR., *et al.*, 2010), é proposta uma abordagem para captura de estilos cognitivos dos alunos, através de Modelos Ocultos de Markov (MOM). Nesse trabalho, MOMs são utilizados para capturar dinamicamente o estilo do usuário, através de uma análise da sequência de ações que o usuário exerce no sistema (palavras-chave recuperadas, páginas visitadas, etc.). Esse método apresentou uma eficiência de 72%, mostrando-se como uma técnica passível de ser utilizada em Sistemas Educacionais Adaptativos.

Em (GRAF e KINSHUK, 2010), é proposta uma abordagem para detecção de estilos de aprendizagem, a partir dos traços cognitivos do aluno. Os autores discutem outros trabalhos que identificaram uma relação existente entre traços cognitivos, como a capacidade da memória de trabalho (*Working Memory Capacity* - WMC), e estilos de aprendizagem. Em face disso, eles propõem uma aplicação prática dessa relação, demonstrando a potencialidade desse método na identificação de estilos. Analisando os resultados, eles identificaram as seguintes relações:

- **Dimensão Processamento:** alunos muito *ativos* ou muito *reflexivos* tendem a apresentar baixa WMC;

- **Dimensão Percepção:** alunos *sensitivos* tendem a apresentar baixa WMC, enquanto alunos *balanceados* tendem a apresentar alta WMC;
- **Dimensão Entrada:** foi identificada uma relação unidirecional, onde alunos *verbais* tendem a apresentar alta WMC. Porém, alunos com alta WMC podem ser tanto *verbais* como *visuais*;
- **Dimensão Entendimento:** não foi identificada uma relação significativa.

Em (GASPARINI, *et al.*, 2009), é proposto um modelo de aluno baseado em ontologia, o qual é utilizado no sistema adaptativo AdaptWeb. Segundo os autores, modelos de aluno geralmente possuem: interesses, objetivos, preferências de interação, traços individuais e estilos de aprendizagem. Porém, eles sentiram a necessidade de agregar a esse modelo a noção de contexto, seja ele cultural ou tecnológico. Nesse trabalho, os autores descrevem como usar uma ontologia que classifica, por meio de múltiplos critérios de qualidade, materiais de aprendizagem, visando uma recomendação mais precisa de conteúdo. Ainda nesse trabalho, os autores não realizaram experimentos que validassem totalmente essa proposta.

Segundo Brusilovsky (1996), em SEA se faz necessário obter informações sobre o aluno para que a adaptação possa ocorrer. Essa obtenção de informações pode ser *colaborativa*, quando o aluno fornece explicitamente informações sobre si mesmo, ou *automática*, quando o sistema infere as características do aluno a partir de seu comportamento no sistema.

Dessa forma, os trabalhos de Santos Jr. *et al* (2010) e Graf e Kinshuk (2010), são bastante relevantes, pois apresentam formas automáticas de se capturar informações do aluno. Porém, a abordagem apresentada em (GRAF e KINSHUK, 2010) apresentou resultados significativos apenas em duas dimensões de estilos de aprendizagem, das três analisadas.

O trabalho de Gasparini *et al* (2009) também se mostra bastante relevante, pois orienta o processo de adaptação por meio de ontologias, o que torna mais flexíveis futuras modificações. Seu processo de adaptação leva em consideração os critérios de avaliação de um determinado material de aprendizagem em função do estilo de aprendizagem do aluno. Contudo, esse processo não se aplicaria no contexto do CoMIND, devido ao fato dele não prever a confecção desse material de aprendizagem pelos alunos, muito menos a relação de similaridade existente entre os estilos de aprendizagem do aluno que produziu o material e do aluno que o consumiu.

### 3 COOMIND – UM SISTEMA ADAPTATIVO DE APOIO À APRENDIZAGEM COLABORATIVA SENSÍVEL À TEORIA DA CARGA COGNITIVA

Este capítulo apresenta o CooMIND, um sistema adaptativo de apoio à aprendizagem colaborativa sensível à CLT.

#### 3.1 DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA

O CooMIND tem como objetivo central a construção colaborativa e representação do conhecimento por meio de mapas mentais<sup>11</sup>. A ideia do sistema é servir como ferramenta de apoio à aprendizagem, e não de substituir outros ambientes de ensino. O mesmo poderá ser utilizado tanto em ambiente de EaD, como presencial.

Think & Build...  
**CooMIND**  
 ...Learn & Share it!

**Sign Up**

Name:

Email:

Username:

Password:

Retry:

Role:

Figura 6: Tela de cadastro de novos usuários.

<sup>11</sup> Segundo (BUZAN e BUZAN, 1994), mapas mentais são uma expressão do pensamento radiante e é, portanto, uma função natural da mente humana. Trata-se de uma técnica gráfica muito utilizada para otimizar o processo de entendimento sobre algum assunto. O mapa mental possui quatro características: (i) assunto de atenção é cristalizado em uma imagem central; (ii) os temas principais radiam a partir desse nó central; (iii) desdobramentos ou galhos são representados por imagens ou palavras-chave; e (iv) os galhos formam uma estrutura de nós conectados. Os mapas mentais são muito utilizados por estudantes, como forma de resumo de matérias ou como forma de organizar suas tarefas acadêmicas. Mind Map é uma marca registrada por Buzan Organisation, Ltd.

A sistemática do CooMIND consiste nos seguintes passos:

- I. O professor e os alunos envolvidos se cadastram no sistema (Figura 6);
- II. O professor, ao término de cada unidade, cria uma série de tarefas no sistema, as quais consistem em temas relacionados à unidade que está sendo trabalhada com os alunos;
- III. O professor divide a turma em pequenos grupos, cada qual responsável por expandir, ou seja, representar visualmente e em forma de mapas mentais, um dos temas criados;
- IV. Os membros de cada grupo, com o auxílio do CooMIND, navegam pela Web em busca de conteúdo multimídia, colaborando entre si com o objetivo comum de concluir a expansão do tema que lhe foi atribuído;
- V. O professor avalia os mapas mentais desenvolvidos, verificando se os mesmos contemplam os tópicos mínimos de cada tema, tecendo comentários (*feedback* do professor), ocasião na qual são concluídas as tarefas;
- VI. O sistema trabalha com uma pontuação final para cada tarefa, onde o aluno é pontuado de acordo com suas interações e contribuições realizadas no processo de construção do conhecimento;
- VII. Ao término das tarefas, os mapas mentais são disponibilizados à turma, podendo haver novas discussões sobre os temas abordados (*feedback* da turma).

Essa sistemática pode ser sintetizada no diagrama apresentado na Figura 7.

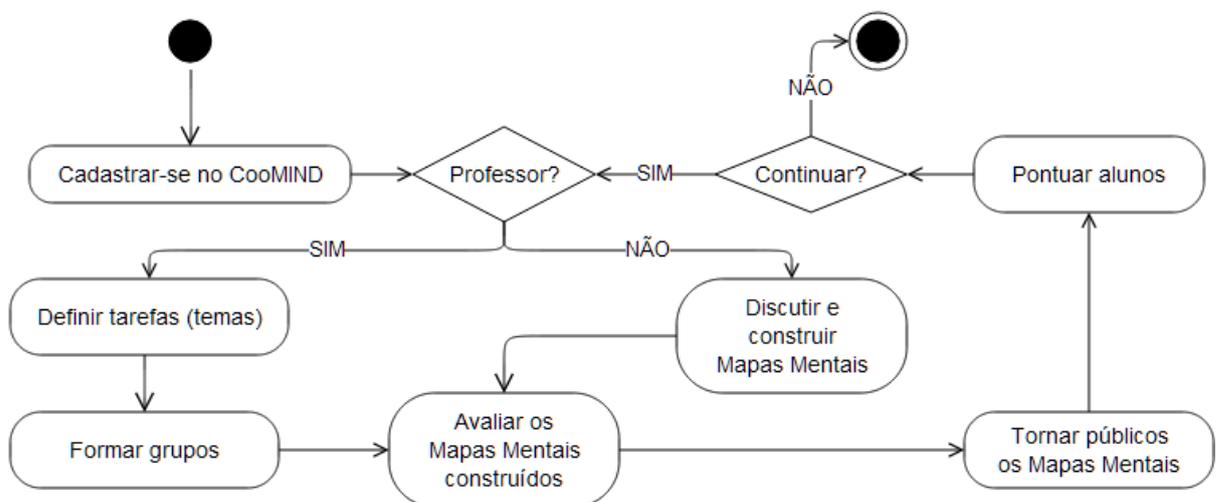


Figura 7: Sistemática do CooMIND

Para que o processo ocorra conforme o exposto acima, de forma eficiente, são utilizadas técnicas adaptativas, as quais levam em consideração o estilo de aprendizagem do aluno, os preceitos da CLT, bem como preferências individuais identificadas a partir das interações que os alunos realizam com o sistema ou com outros alunos. As informações necessárias à adaptação do ambiente são armazenadas e consultadas por meio de ontologias.

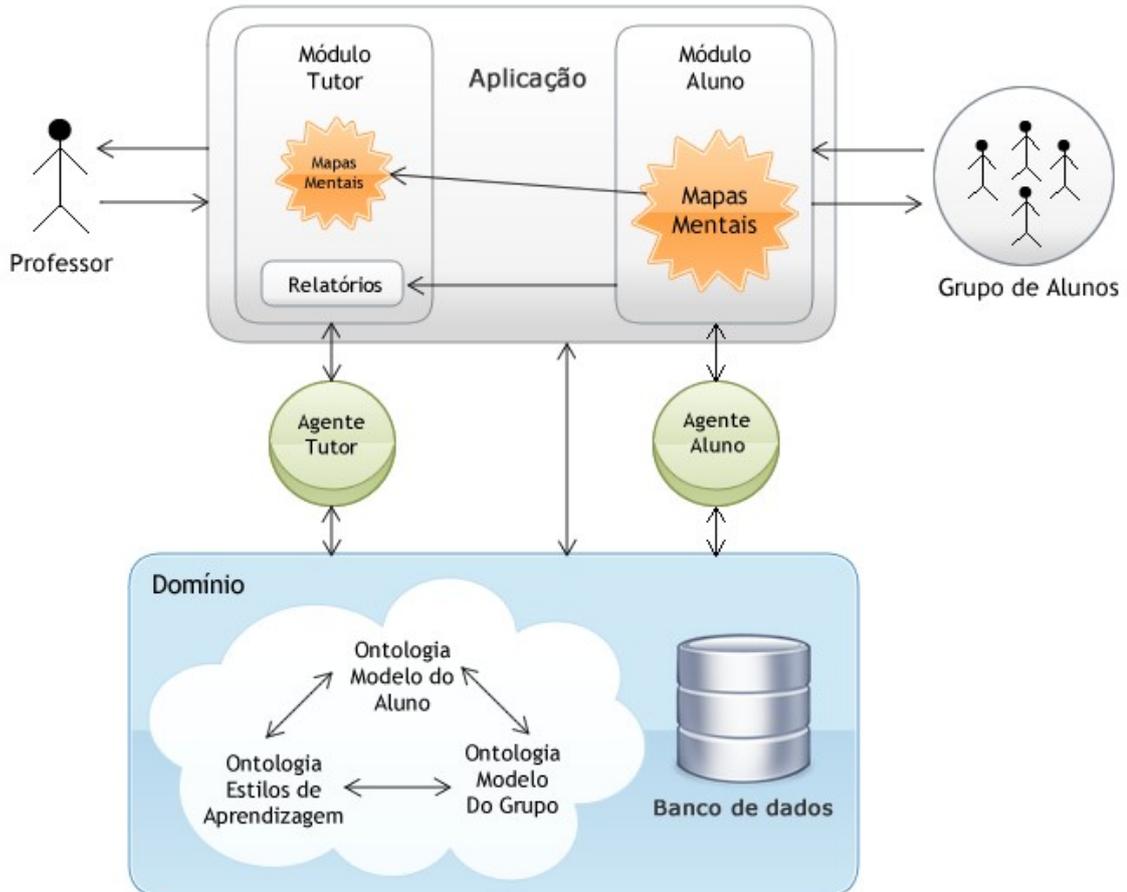


Figura 8: Visão Arquitetural do CoomIND.

Como pode ser visto na arquitetura geral do sistema (Figura 8), têm-se dois agentes inteligentes presentes no sistema: o Agente Tutor (AT) e o Agente Aluno (AA). O AT está intimamente relacionado ao professor. Ele realiza consultas no domínio em busca de anomalias que possam vir a comprometer o processo cognitivo dos alunos, seja por meio de uma carga cognitiva irrelevante (situações em que mapas mentais estão inundados por conteúdos pouco relevantes ao tema proposto ou mal estruturados), bem como por meio de uma carga cognitiva relevante pobre (onde os processos de interação estabelecidos não favorecem a criação de esquemas mentais). Caso o AT identifique tais anomalias, ele notifica o professor, para que este possa intervir a favor da aprendizagem dos alunos.

Dessa forma, este agente é responsável por: (i) identificar alunos problemáticos, cujo nível de participação na realização da tarefa esteja muito abaixo da média do grupo; (ii) notificar o professor sobre esses alunos; (iii) identificar grupos sobrecarregados, em que a maior parte dos membros esteja com carga cognitiva elevada; (iv) notificar o professor sobre esses grupos; e (v) sugerir novas formações de grupo, baseando-se nas similaridades de estilos de aprendizagem.

Já o AA é responsável por: (i) indicar conteúdos de aprendizagem, isto é, mapas ou nós criados por outros alunos, que estejam relacionados com seu estilo de aprendizagem; (ii) sugerir outros alunos que estejam produzindo material de interesse de determinado aluno; (iii) propor testes para se mensurar a carga cognitiva do aluno; e (iv) atualizar os estilos de aprendizagem do aluno, baseando-se em seu histórico de ações no sistema e seu nível de sobrecarga cognitiva.

Na arquitetura apresentada na Figura 8 estão dispostas também as seguintes ontologias:

- **Estilos de Aprendizagem:** representação dos estilos de aprendizagem do modelo FSLSM e do conjunto de comportamentos que um aluno pode adotar relacionado a cada estilo. Esse mapeamento entre estilos e comportamentos serve de base para identificar o estilo de cada aluno ao longo de sua interação com o sistema;
- **Modelo do Aluno:** representação das propriedades e comportamentos de cada aluno, de seu estilo de aprendizagem predominante, de seu histórico de ações e de suas propriedades cognitivas; e
- **Modelo de Grupo:** representação dos grupos de alunos, de suas características, de suas preferências e de seu comportamento coletivo. Possibilita que o professor tenha uma visão de alto nível de cada grupo, identificando padrões de comportamento e/ou anomalias.

A construção e representação do conhecimento por meio de mapas mentais no CooMIND é feita através da interface exibida na Figura 9. Nesta interface, os alunos podem realizar a inclusão e edição de nós textuais e/ou multimídia. Cada nó pode possuir *hyperlinks* para arquivos multimídia ou endereços externos.

Um nó pode ser associado a um elemento multimídia externo. O usuário também pode acessar conteúdos externos, por meio do navegador interno do CooMIND, e associá-los a um novo nó no mapa mental. Na Figura 10, é possível visualizar o navegador interno, bem como a barra de ferramentas que possibilita essa associação.

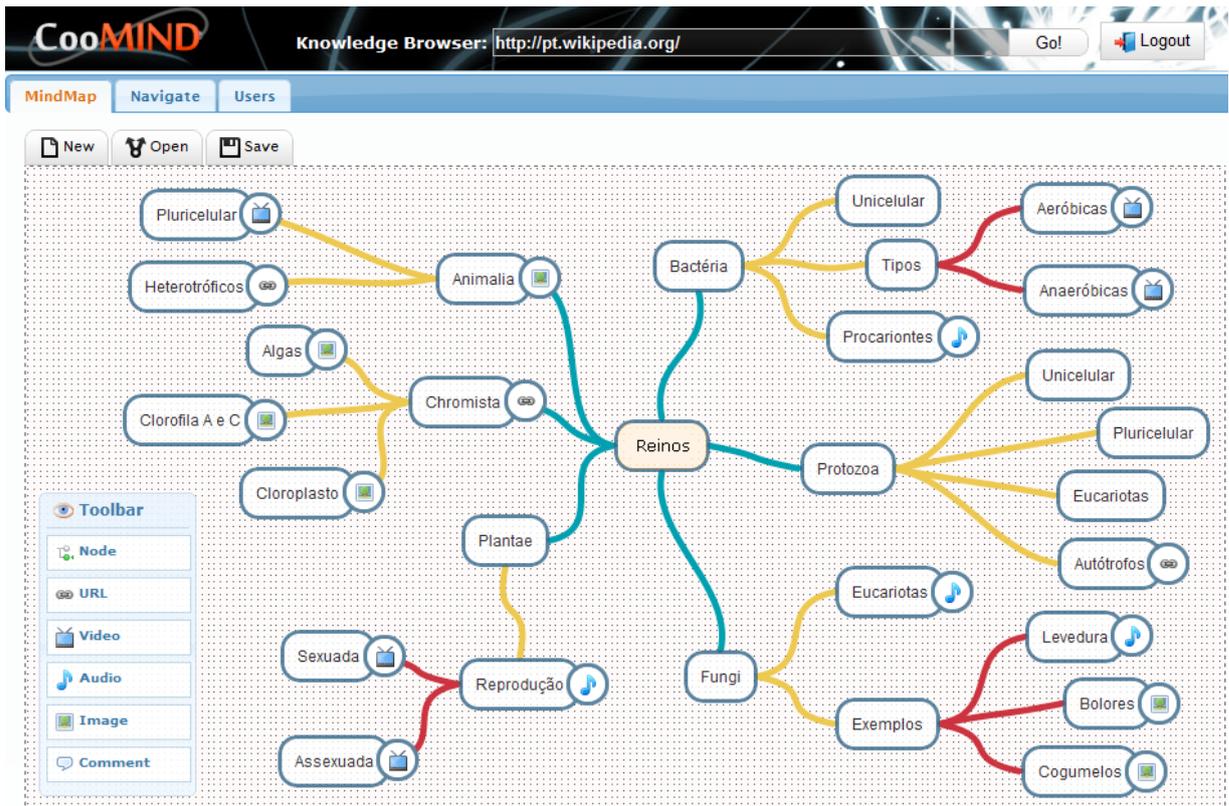


Figura 9: Interface de Construção para os Mapas Mentais.

### 3.2 IDENTIFICAÇÃO DO ESTILO DE APRENDIZAGEM

A identificação dos estilos de aprendizagem dos alunos, no Coomind, é inicialmente realizada com o auxílio do método ILS (descrito na Seção 2.3.2). O aluno, ao se cadastrar no Coomind, é convidado a responder um formulário com 44 (quarenta e quatro) perguntas (ANEXO A). Em seguida, suas dimensões de estilo de aprendizagem são calculadas e persistidas no banco de dados.

Na Figura 11 é possível ver o questionário ILS sendo aplicado no Coomind. Após essa identificação participativa, ou seja, com a intervenção direta do aluno, do estilo de aprendizagem é iniciado um ciclo de adaptação, no qual o estilo de aprendizagem passará por frequentes análises e possíveis atualizações.

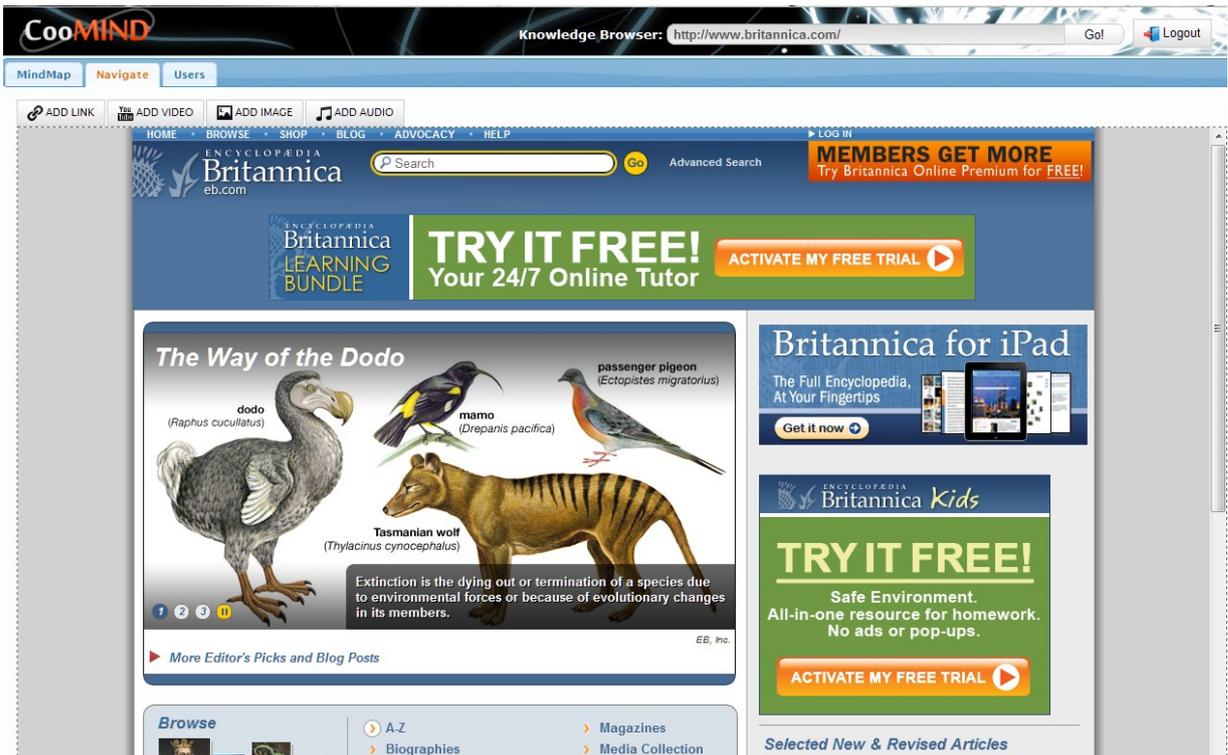


Figura 10: Utilizando o navegador interno do CooMIND.

Essa etapa é conduzida pelo AA. Inicialmente, o agente acessa o estilo de aprendizagem armazenado no banco, ou seja, aquele proveniente do método ILS. Em seguida, ele instancia esse estilo de aprendizagem na ontologia Modelo do Aluno, associando-o à instância ontológica desse aluno. Com isso, sempre que o aluno responder a um teste de carga cognitiva (aplicado ao término de uma tarefa/mapa mental), o AA analisará o histórico de ações desse aluno e, dependendo do nível de sua carga cognitiva atual, o agente realizará pequenas atualizações no estilo armazenado na ontologia.

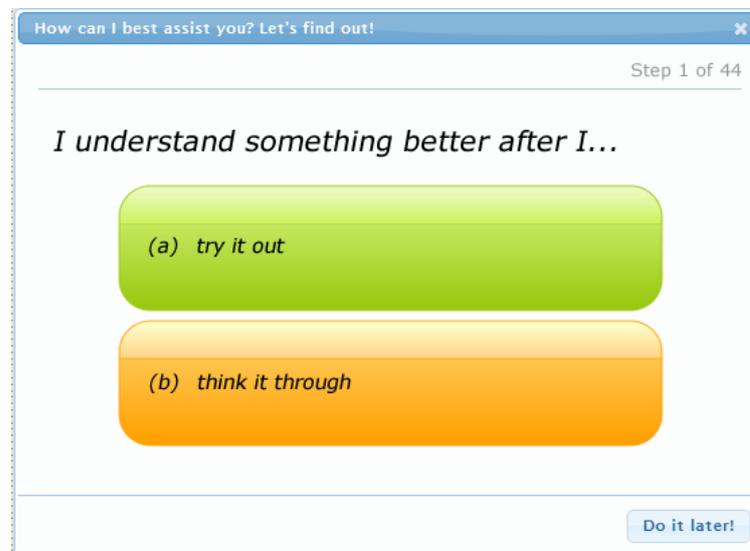


Figura 11: Aplicação do Questionário ILS.

### 3.3 MENSURAÇÃO DA CARGA COGNITIVA

Conforme mencionado anteriormente, o objetivo do CoomIND é possibilitar que alunos construam e representem conhecimento por meio de mapas mentais multimídia adaptativos<sup>12</sup>, de uma forma colaborativa. Esta adaptação ocorre principalmente por meio da identificação do estilo de aprendizagem do aluno, bem como a partir de seu estado de sobrecarga cognitiva. Essa sobrecarga pode ocorrer de diferentes formas no sistema.

Por exemplo, se o estilo de aprendizagem do aluno é principalmente visual, ele poderá ter problemas para entender mapas mentais construídos apenas por representações textuais. Para minimizar esse problema, é interessante destacar aqueles nós representados por imagens. Caso ele prefira entender um novo assunto de uma forma holística, é interessante para ele que o mapa esteja organizado de uma forma que suprima os nós mais periféricos. Assim, à medida que ele progride no seu entendimento, nós mais específicos vão sendo exibidos. Isso evita uma sobrecarga cognitiva inicial que venha a comprometer seu aprendizado.

O CoomIND, por meio de seus agentes, infere se o aluno está experimentando uma sobrecarga cognitiva, aplicando um procedimento de mensuração da carga cognitiva. Procedimento este que é executado ao término de cada tarefa passado pelo professor, bem como durante as intervenções do AA. A técnica utilizada é a NASA-TLX, a qual, segundo Windell e Wiebe (2007), mostrou-se sensível à Carga Irrelevante. Carga essa bastante presente em mapas mentais mal projetados ou que estejam sendo exibidos de forma inapropriada ao aluno em questão. A técnica NASA-TLX é um procedimento de classificação multidimensional capaz de medir a carga de trabalho global, com base em médias ponderadas de pontuações em seis escalas, que variam em vinte unidades. São elas:

- **Demanda Mental (baixa/alta):** esta dimensão está relacionada à demanda mental e perceptual exigida pela tarefa;
- **Demanda Física (baixa/alta):** esta dimensão indica o nível de atividade ou desgaste físico necessário para completar a tarefa em questão;

---

<sup>12</sup> Nesse trabalho tem-se adotado o termo “Mapas mentais multimídia adaptativos” para se referir aos mapas mentais, produzidos pelos alunos, que sejam formados por elementos multimídia (ex. áudio, vídeo, imagem) e que sejam adaptativos, por serem exibidos de acordo com o estilo de aprendizagem que esse aluno apresenta.

- **Demanda Temporal (baixa/alta):** esta dimensão quantifica a pressão exercida pelo tempo para que a tarefa fosse cumprida em seu ritmo esperado;
- **Esforço (baixo/alto):** esta dimensão se refere ao empenho necessário ou quão duro foi preciso trabalhar (tanto mentalmente, quanto fisicamente) para alcançar o desempenho obtido;
- **Desempenho (bom/fraco):** dimensão relacionada ao nível de sucesso em atingir os objetivos propostos para a tarefa;
- **Nível de Frustração (baixo/alto):** dimensão relacionada ao nível de insegurança, motivação, irritação, estresse ou algum sentimento desagradável sentido durante a tarefa.

Nesse procedimento, o aluno indica um nível para cada uma dessas escalas. Então, é solicitado que ele escolha o grau de influência de cada uma dessas escalas, por meio de comparações em pares. Esse passo é utilizado para gerar os pesos que serão utilizados na média ponderada. Na Figura 12 é possível ver como o CoomIND coleta essas informações.

Após a avaliação, caso seja detectado que o aluno encontra-se cognitivamente sobrecarregado, lhe é perguntado quais elementos do mapa mental contribuíram para essa sobrecarga. Esse passo é importante para que seu Modelo do Aluno seja atualizado e os próximos mapas mentais que esse aluno venha a trabalhar sejam exibidos de forma a diminuir sua Carga Irrelevante.

**Cognitive Load Testing** [X]

Please, fill the survey below.

Note: You will be evaluated by marking each scale at the point which matches your experience on the task. Each line has two endpoint descriptors that describe the scale. Note that "Performance" goes from "good" on the left to "bad" on the right. This order has been confusing for some people. Move the slider to the right or left with the mouse until it points at the desired location. When you are satisfied, press either button to enter your selection. Please consider your responses carefully in distinguishing among the task conditions. Consider each scale individually.

**Mental Demand**  
Low [Slider] High

**Physical Demand**  
Low [Slider] High

**Temporal Demand**  
Low [Slider] High

**Performance**  
Good [Slider] Bad

**Effort**  
Low [Slider] High

**Frustration**  
Low [Slider] High

Figura 12: Tela de Mensuração da Carga Cognitiva.

### 3.4 CAMADA DE PERSISTÊNCIA DE DADOS

O CooMIND possui, além das ontologias, uma camada de persistência de dados. É nela onde são armazenados os dados críticos do sistema, bem como informações que não necessitam estar representadas nos modelos ontológicos. Na Figura 13 é apresentado o modelo do banco de dados do CooMIND. Nele é possível visualizar todas as entidades que dão suporte ao sistema, bem como seus relacionamentos.

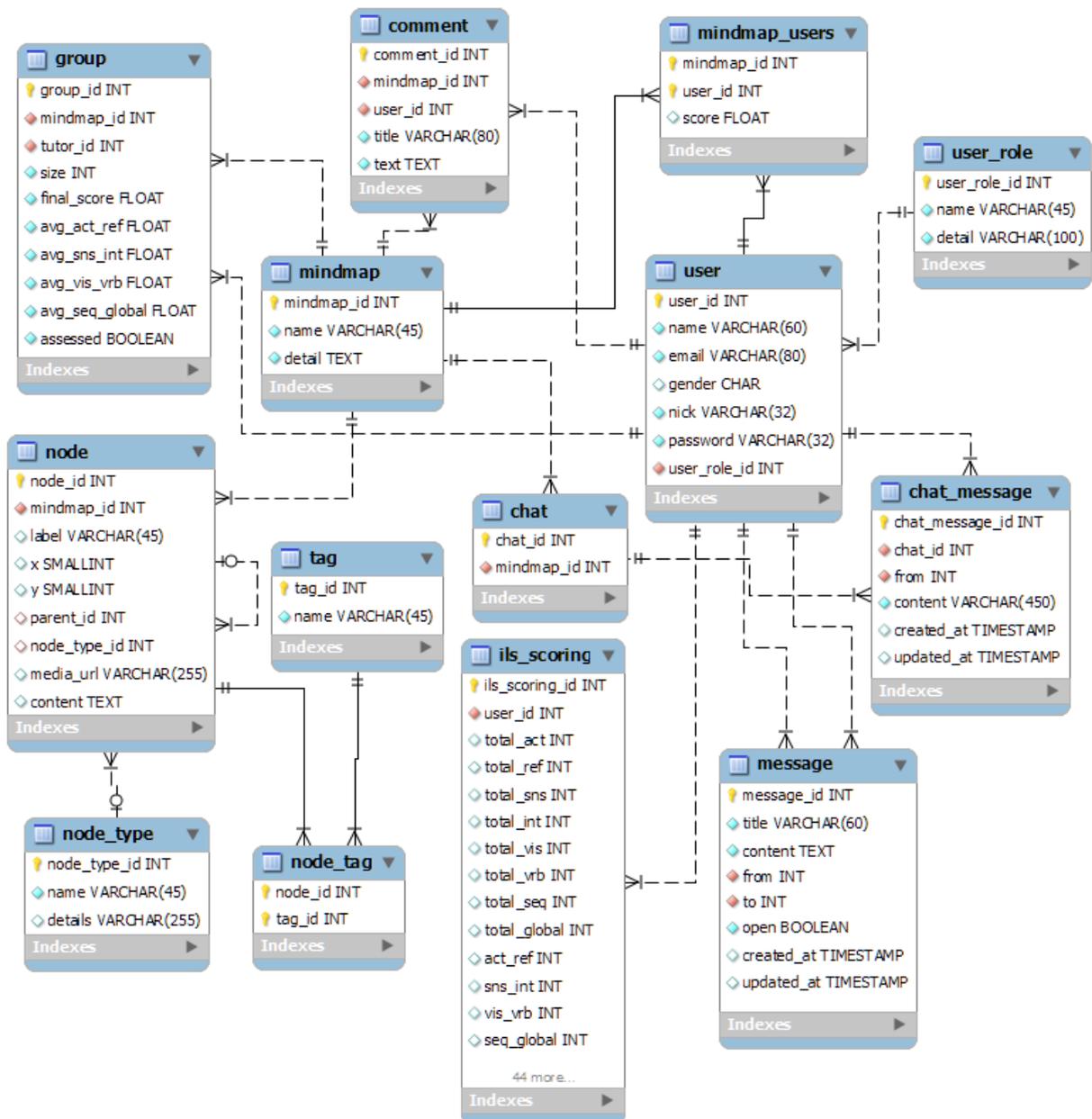


Figura 13: Modelo do Banco de Dados.

### 3.5 TECNOLOGIAS UTILIZADAS

No desenvolvimento do módulo Web do CooMIND, foram utilizadas tecnologias livres, tais como: (i) PHP 5.3<sup>13</sup>, como linguagem de servidor; (ii) MySQL 5.1<sup>14</sup>, como sistema gerenciador de banco de dados; (iii) a biblioteca JavaScript jQuery<sup>15</sup>, para prover uma maior interatividade e usabilidade no sistema. A Figura 14 apresenta o projeto arquitetural da aplicação.

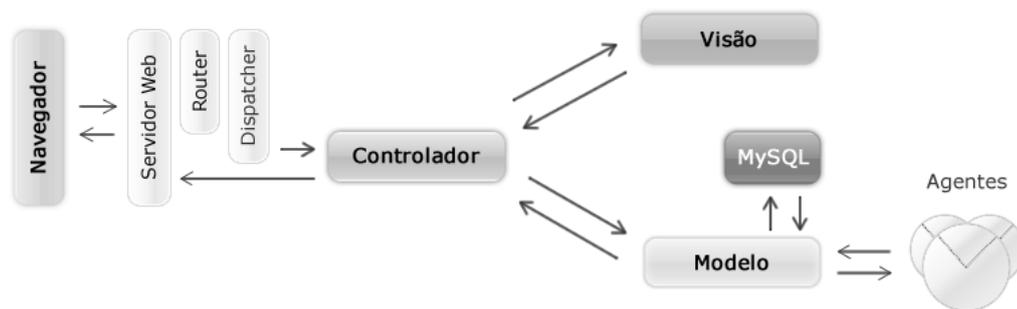


Figura 14: Projeto Arquitetural da Aplicação.

O sistema foi construído sobre o padrão arquitetural MVC Model 2 (SESHADRI, 1999), o qual é amplamente utilizado no desenvolvimento Web por prover reutilização, confiabilidade, manutenibilidade e mecanismos para o trabalho em grupo (BRAMBILLA e ORIGGI, 2008). Neste modelo arquitetural, há três elementos principais: o Modelo, a Visão e o Controlador. O modelo representa o estado atual da aplicação e suas regras de negócios, mantendo uma relação próxima com a camada de persistência, DBMS - *Database Management System*<sup>16</sup>. A Visão reúne os artefatos visíveis ao usuário (por exemplo, HTML, CSS<sup>17</sup>, JavaScript<sup>18</sup>, JSON<sup>19</sup>), observando o estado atual do modelo. Finalmente, o Controlador analisa as solicitações dos usuários, incluindo submissão de dados, *cookies*<sup>20</sup>, sessões, e assim por diante, manipulando e atualizando o modelo, bem como direcionando o fluxo da aplicação para a Visão mais adequada (BRAMBILLA e ORIGGI, 2008).

<sup>13</sup> Site oficial do PHP: [www.php.net](http://www.php.net).

<sup>14</sup> Site oficial do MySQL: [www.mysql.com](http://www.mysql.com).

<sup>15</sup> jQuery figura como uma das bibliotecas JavaScript mais utilizadas atualmente. Site oficial: [www.jquery.com](http://www.jquery.com).

<sup>16</sup> DBMS são sistemas que utilizam um método padrão para a catalogação, recuperação e consulta de dados. São popularmente conhecidos por apenas Banco de Dados. Ex.: MySQL, PostgreSQL, SQL Server, Oracle, etc.

<sup>17</sup> Cascading Style Sheets: <http://www.w3.org/Style/CSS/Overview.en.html>.

<sup>18</sup> Oitava linguagem mais utilizada no mundo, segundo a TIOBE: [http://www.tiobe.com/index.php/tiobe\\_index](http://www.tiobe.com/index.php/tiobe_index).

<sup>19</sup> JavaScript Object Notation é um formato de troca de dados leve. Site: [www.json.org](http://www.json.org).

<sup>20</sup> Conjunto de dados utilizado em navegadores com o intuito de manter sessões HTTP com um servidor Web.

## 4 MODELAGEM ONTOLÓGICA DO COOMIND

Conforme apresentado na Figura 8, o CoomIND possui, em sua camada de domínio, três ontologias: (i) Estilos de Aprendizagem, com o nome *LearningStyle* e *namespace*<sup>21</sup> “ls”; (ii) Modelo de Aluno, com o nome *LearnerModel* e *namespace* “lm”; e (iii) Modelo de Grupo, com o nome *GroupModel* e *namespace* “gm”. Foram definidas três ontologias com o objetivo de torná-las mais modulares e facilitar sua manutenção e manipulação.

As três ontologias estão interligadas entre si, por meio de referências externas, utilizando-se para isso os *namespaces* definidos. Por exemplo, em “<*Learner*><ls:hasLearningStyle><ls:LearningStyle>.”, a classe *Learner*, definida no *namespace* “lm”, está ligada à classe *LearningStyle* definida no *namespace* “ls”, por meio da propriedade *hasLearningStyle*, também presente no mesmo *namespace* “ls”.

Observando o que foi dito na Seção 2.4.4.7, as ontologias foram modeladas com o objetivo de propiciar uma taxonomia mínima para o pleno funcionamento da aplicação em questão. Não é o objetivo desse trabalho, modelar minuciosamente o domínio de AVAs adaptativos. Dessa forma, para essa primeira versão do CoomIND, foram selecionados apenas os conceitos críticos ao funcionamento do sistema.

Um dos objetivos secundários do CoomIND é oferecer a possibilidade de consulta dos dados do perfil de seus usuários por meio de um Serviço Web, de modo que outros AVAs possam ter acesso ao estado cognitivo de um determinado usuário, bem como aos seus estilos de aprendizagem identificados.

Na Seção 4.4.2 é apresentado o serviço de consulta das ontologias presentes no CoomIND, especificando quais informações estão disponíveis para consulta, bem como seu formato de entrega. Nas próximas seções serão apresentados maiores detalhes sobre a taxonomia das ontologias, seus relacionamentos, bem como as tecnologias que foram utilizadas em seu desenvolvimento.

### 4.1 ONTOLOGIA ESTILOS DE APRENDIZAGEM

---

<sup>21</sup> *Namespaces* representam um contexto para nomes e propriedades em uma determinada aplicação. Esse contexto evita que haja colisão entre nomes idênticos de diferentes vocabulários (W3C, 2009c).

A ontologia Estilos de Aprendizagem, também denominada *LearningStyles*, possui um conjunto mínimo de classes e relacionamentos que representam os estilos de aprendizagem do modelo FSLSM, apresentado na Seção 2.3.

Na

Tabela 3 são apresentados os conceitos (classes) e relacionamentos presentes nessa ontologia.

Tabela 3: Descrição da ontologia Estilos de Aprendizagem.

CLASSE	DESCRIÇÃO
<i>LearningStyle</i>	<p>Principal classe da ontologia. Responsável por armazenar informações acerca do estilo de aprendizagem de um determinado aluno. Possui quatro propriedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>hasInputting</i>: propriedade de objeto funcional<sup>22</sup> que associa uma instância do tipo <i>Inputting</i> à instância dessa classe.</li> <li>• <i>hasPerception</i>: propriedade de objeto funcional que associa uma instância do tipo <i>Perception</i> à instância dessa classe.</li> <li>• <i>hasProcessing</i>: propriedade de objeto funcional que associa uma instância do tipo <i>Inputting</i> à instância dessa classe.</li> <li>• <i>hasUnderstanding</i>: propriedade de objeto funcional que associa uma instância do tipo <i>Understanding</i> à instância dessa classe.</li> </ul>
<i>LearningDimension</i>	<p>Classe que representa as dimensões de estilos de aprendizagem presentes no modelo FSLSM.</p> <p>Possui a propriedade, do tipo inteiro, <i>dimensionAmount</i> que quantifica a preferência de estilo dessa dimensão.</p> <p>Maiores detalhes são apresentados na Seção 2.3.2. Ela serve de base para as classes: <i>Inputting</i>, <i>Processing</i>, <i>Perception</i> e <i>Understanding</i>.</p>
<i>Inputting</i>	<p>Classe que representa a dimensão de entrada do modelo FSLSM.</p> <p>Possui duas subclasses: <i>Verbal</i> e <i>Visual</i>. Ambas possuem uma propriedade escalar (<i>amount</i>) que indica quantos pontos o aluno obteve nesses estilos de acordo com o ILS (Seção 2.3.2).</p>

<sup>22</sup> Propriedade de Objeto Funcional é uma propriedade que possui apenas um único valor Y para cada instância X da classe em questão (W3C, 2009a).

<i>Processing</i>	Classe que representa a dimensão de processamento do modelo FLSLM. Possui duas subclasses: <i>Active</i> e <i>Reflective</i> . Ambas possuem uma propriedade escalar ( <i>amount</i> ) que indica quantos pontos o aluno obteve nesses estilos de acordo com o ILS.
<i>Perception</i>	Classe que representa a dimensão de percepção do modelo FLSLM. Possui duas subclasses: <i>Intuitive</i> e <i>Sensitive</i> . Ambas possuem uma propriedade escalar ( <i>amount</i> ) que indica quantos pontos o aluno obteve nesses estilos de acordo com o ILS.
<i>Understanding</i>	Classe que representa a dimensão de entendimento do modelo FLSLM. Possui duas subclasses: <i>Global</i> e <i>Sequential</i> . Ambas possuem uma propriedade escalar ( <i>amount</i> ) que indica quantos pontos o aluno obteve nesses estilos de acordo com o ILS.

#### 4.1.1 Representação Gráfica da Ontologia

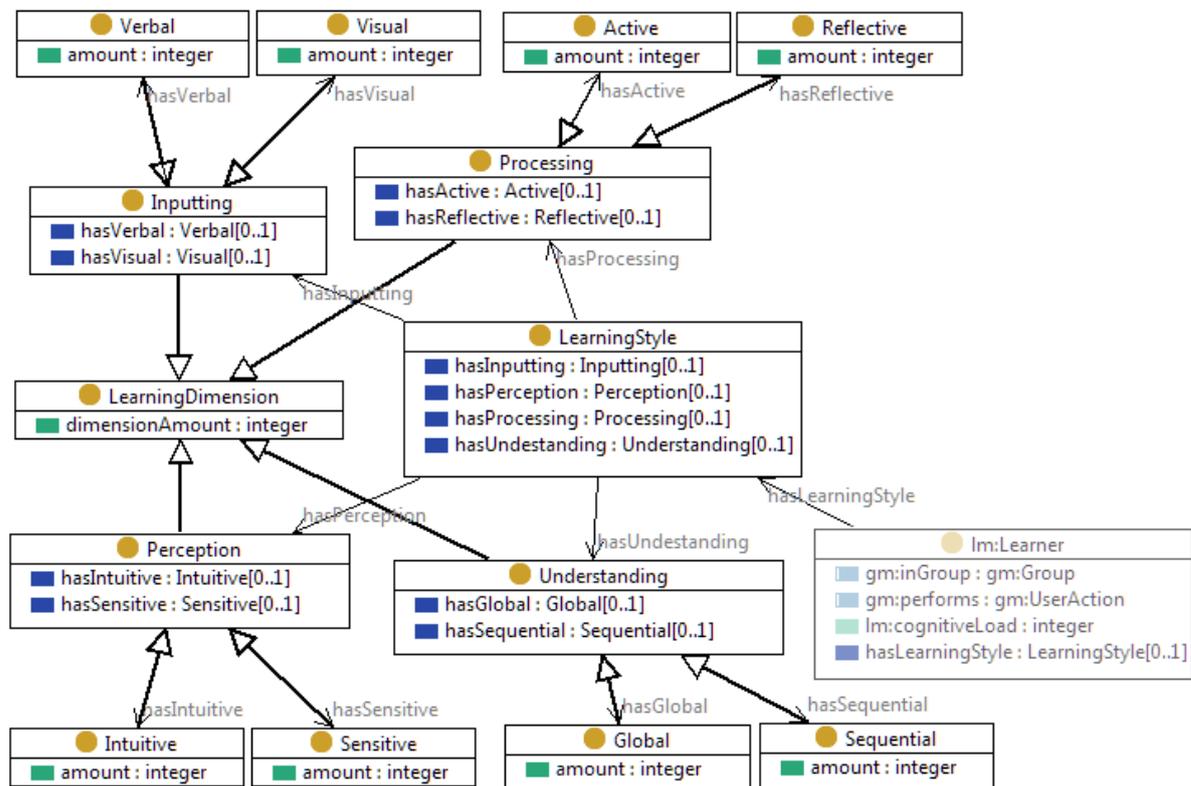


Figura 15: Ontologia de Estilos de Aprendizagem.

Na Figura 15 é possível ver ao centro a classe *LearningStyle*, ligada às quatro dimensões de estilos. Essa classe também é referenciada por uma classe da ontologia *LearnerModel*, a classe *lm:Learner*, que será apresentada na Seção 4.2.

É importante destacar que as classes e propriedades que não pertencem à ontologia, mas que de alguma forma mantêm um relacionamento com ela, são apresentadas nos diagramas com cores mais claras. Essa mesma padronização seguirá nos diagramas ontológicos que serão apresentados a seguir.

Na Tabela 4 é apresentado um conjunto de possíveis afirmações para a ontologia de estilos de aprendizagem. Essas afirmações são utilizadas no CoomIND no momento em que está sendo definido o estilo de aprendizagem do aluno. Esse exemplo pressupõe um usuário com identificador ou ID igual a 1. Dessa forma, utiliza-se o ID como sufixo em todas as instâncias relacionadas ao mesmo.

Tabela 4: Possíveis Afirmações para a Ontologia Estilos de Aprendizagem.

SUJEITO	PREDICADO	OBJETO
LS_1	É uma instância de	LearningStyle
INP_1	É uma instância de	Inputting
PRO_1	É uma instância de	Processing
PER_1	É uma instância de	Perception
UND_1	É uma instância de	Understanding
LS_1	Possui a dimensão de entrada	INP_1
LS_1	Possui a dimensão de processamento	PRO_1
LS_1	Possui a dimensão de percepção	PER_1
LS_1	Possui a dimensão de entendimento	UND_1
INP_1	Possui a propriedade <i>dimensionAmount</i> igual a	-1
PRO_1	Possui a propriedade <i>dimensionAmount</i> igual a	-7
PER_1	Possui a propriedade <i>dimensionAmount</i> igual a	5
UND_1	Possui a propriedade <i>dimensionAmount</i> igual a	9

A Figura 16 apresenta o script SPARQL utilizado para definir o estilo de aprendizagem de um aluno, cujo ID é igual a 1, na ontologia Estilos de Aprendizagem. No *script* são utilizados dois prefixos, através das variáveis PHP *\$ls* (<http://les.ufersa.edu.br/coomind/LearningStyles>) e *\$lm* (<http://les.ufersa.edu.br/coomind/LearnerModel>).

```

170     $sparql2 = "
171         INSERT INTO <http://les.ufersa.edu.br/coomind/>
172         {
173             <{$ls#LS_1}          a                <{$ls#LearningStyle} .
174
175             <{$ls#INP_1}       a                <{$ls#Inputting} .
176             <{$ls#PRO_1}       a                <{$ls#Processing} .
177             <{$ls#PER_1}       a                <{$ls#Perception} .
178             <{$ls#UND_1}       a                <{$ls#Understanding} .
179
180             <{$ls#VIS_1}       a                <{$ls#Visual} .
181             <{$ls#VER_1}       a                <{$ls#Verbal} .
182             <{$ls#ACT_1}       a                <{$ls#Active} .
183             <{$ls#REF_1}       a                <{$ls#Reflective} .
184             <{$ls#INT_1}       a                <{$ls#Intuitive} .
185             <{$ls#SEN_1}       a                <{$ls#Sensitive} .
186             <{$ls#GLO_1}       a                <{$ls#Global} .
187             <{$ls#SEQ_1}       a                <{$ls#Sequential} .
188
189             <{$ls#LS_1}        <{$ls#hasInputting} <{$ls#INP_1} .
190             <{$ls#INP_1}      <{$ls#hasVisual}   <{$ls#VIS_1} .
191             <{$ls#INP_1}      <{$ls#hasVerbal}   <{$ls#VER_1} .
192             <{$ls#LS_1}        <{$ls#hasProcessing} <{$ls#PRO_1} .
193             <{$ls#PRO_1}      <{$ls#hasActive}   <{$ls#ACT_1} .
194             <{$ls#PRO_1}      <{$ls#hasReflective} <{$ls#REF_1} .
195             <{$ls#LS_1}        <{$ls#hasPerception} <{$ls#PER_1} .
196             <{$ls#PER_1}      <{$ls#hasIntuitive} <{$ls#INT_1} .
197             <{$ls#PER_1}      <{$ls#hasSensitive} <{$ls#SEN_1} .
198             <{$ls#LS_1}        <{$ls#hasUnderstanding} <{$ls#UND_1} .
199             <{$ls#UND_1}      <{$ls#hasGlobal}   <{$ls#GLO_1} .
200             <{$ls#UND_1}      <{$ls#hasSequential} <{$ls#SEQ_1} .
201
202             <{$ls#VIS_1}       <{$ls#amount}    6 .
203             <{$ls#VER_1}       <{$ls#amount}    5 .
204             <{$ls#ACT_1}       <{$ls#amount}    9 .
205             <{$ls#REF_1}       <{$ls#amount}    2 .
206             <{$ls#INT_1}       <{$ls#amount}    3 .
207             <{$ls#SEN_1}       <{$ls#amount}    8 .
208             <{$ls#GLO_1}       <{$ls#amount}    1 .
209             <{$ls#SEQ_1}       <{$ls#amount}    10 .
210
211             <{$ls#INP_1}       <{$ls#dimensionAmount} -1 .
212             <{$ls#PRO_1}       <{$ls#dimensionAmount} -7 .
213             <{$ls#PER_1}       <{$ls#dimensionAmount} 5 .
214             <{$ls#UND_1}       <{$ls#dimensionAmount} 9 .
215
216             <{$lm#User_1}      <{$ls#hasLearningStyle} <{$ls#LS_1} .
217         }
218     ";

```

Figura 16: Implementação da Tabela 4 em SPARQL.

Nesse script, inicialmente são definidos o estilo de aprendizagem e suas dimensões. Em seguida são atribuídos valores para cada estilo (do modelo FLSM), bem como um valor para cada dimensão. Finalmente, esse estilo de aprendizagem recém instanciado é atribuído à um aluno.

## 4.2 ONTOLOGIA MODELO DO ALUNO

A ontologia Modelo do Aluno, também denominada *LearnerModel*, reúne classes que representam o usuário do CoomIND, identificando-o como um aluno ou professor. Nessa ontologia optou-se por não registrar dados sensíveis dos usuários, pois ela estará disponível à consulta externa por meio de *Web Services*. São armazenados apenas os dados necessários para que o ciclo de adaptação (Figura 5) seja realizado com sucesso. Maiores detalhes sobre os *Web Services* serão apresentados na Seção 4.4.2. Na Tabela 5 são apresentados os conceitos (classes) e relacionamentos presentes nessa ontologia.

Tabela 5: Descrição da ontologia Modelo do Aluno.

CLASSE	DESCRIÇÃO
<i>User</i>	<p>Classe responsável por armazenar informações de identificação dos usuários do sistema.</p> <p>Possui três propriedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>email</i>: representa o e-mail do usuário;</li> <li>• <i>login</i>: armazena o nome de usuário;</li> <li>• <i>name</i>: representa o nome completo do usuário em questão.</li> </ul>
<i>Tutor</i>	<p>Classe que representa o usuário Professor. Herda os atributos de <i>User</i> e é referenciado pela classe <i>Group</i> da ontologia Modelo do Grupo.</p>
<i>Learner</i>	<p>Principal classe da ontologia. Identifica um usuário como sendo um aluno. Com ela é possível:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar o grupo do aluno, por meio da propriedade <i>gm:inGroup</i>;</li> <li>• Registrar as ações que o aluno realiza no sistema, através da propriedade <i>gm:performs</i>;</li> <li>• Informar seu estado atual de carga cognitiva, com a propriedade <i>cognitiveLoad</i>; e</li> <li>• Associar um estilo de aprendizagem, através da propriedade <i>ls:hasLearningStyle</i>.</li> </ul>

#### 4.2.1 Representação Gráfica da Ontologia

Na Figura 17 é possível observar as classes *Learner* e *Tutor*, herdando de *User* suas três propriedades: *email*, *login* e *name*. A classe *Learner* está associada à classe: (i) à classe *gm:Action*, por meio da propriedade de objeto *gm:performs*; (ii) à classe *gm:Group*, através da propriedade *gm:inGroup*; e (iii) à classe *ls:LearningStyle*, por meio da propriedade *ls:hasLearningStyle*.

É importante destacar que *ls:hasLearningStyle* é uma propriedade de objeto funcional, ou seja, ela só pode ter um valor associado, no caso, um objeto do tipo *ls:LearningStyle*. Diferentemente, *gm:inGroup* e *gm:performs* não são propriedades de objeto funcionais. Logo, à medida que novos grupos vão sendo criados e novas ações realizadas, novos objetos são associados a tais propriedades.

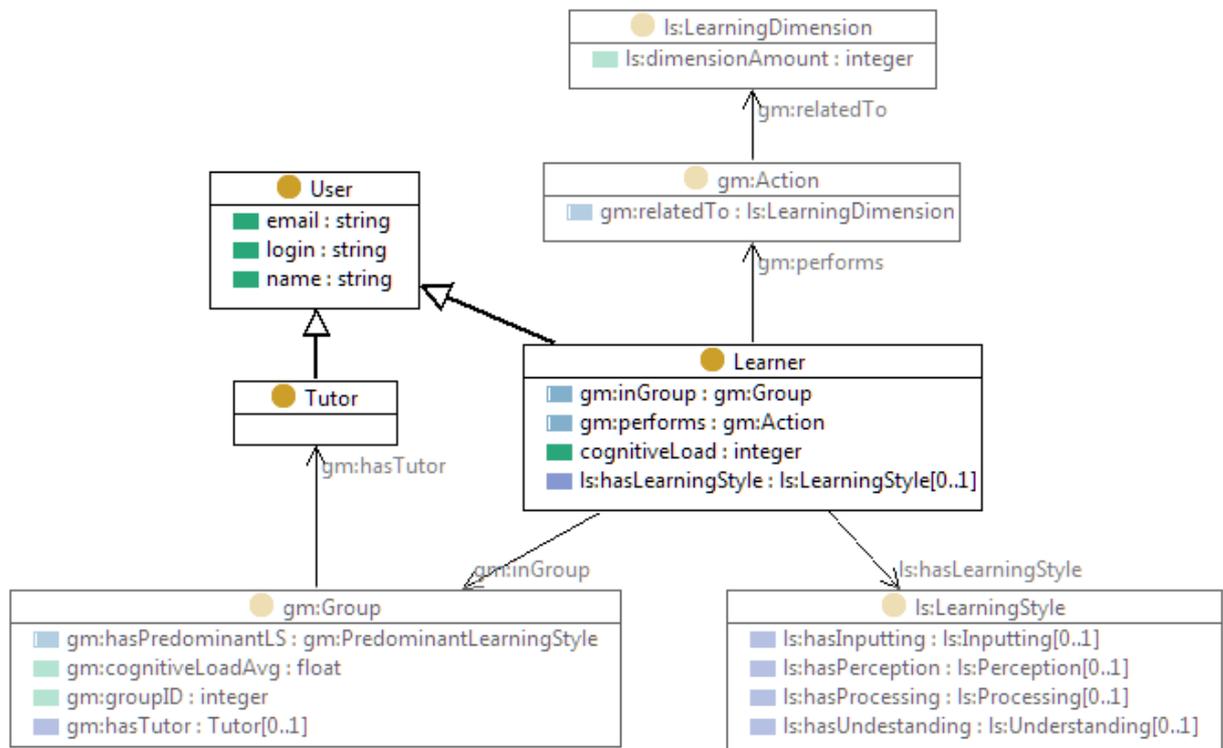


Figura 17: Ontologia Modelo do Aluno.

Na Tabela 6 é apresentado um conjunto de possíveis afirmações para a ontologia Modelo do Aluno.

Tabela 6: Possíveis Afirmações para a Ontologia Modelo do Aluno.

SUJEITO	PREDICADO	OBJETO
USER_1	É uma instância de	Learner
TUTOR_1	É uma instância de	Tutor
GROUP_1	É uma instância de	gm:Group
LS_1	É uma instância de	ls:LearningStyle
USER_1	Tem o nome igual a	“Marcos”
USER_1	Pertence ao grupo	GROUP_1
USER_1	Possui o estilo de aprendizagem	LS_1
USER_1	Está com a carga cognitiva ( <i>cognitiveLoad</i> ) igual a	56
GROUP_1	Possui como seu tutor	TUTOR_1

A Figura 18 apresenta o script SPARQL utilizado para inserir novas instâncias das classes *Learner*, *Tutor*, *Group* e *LearningStyle* na ontologia. Nesse mesmo script (i) são definidos os dados de identificação do aluno e tutor, (ii) a nova instância de aluno é associada ao grupo recém criado, (iii) é definido seu estilo de aprendizagem e, finalmente, (iv) o tutor é atribuído ao grupo. Nesse exemplo, assim como no exemplo anterior (Figura 16), são utilizados três prefixos, através das variáveis PHP:

- *\$ls* (<http://les.ufersa.edu.br/coomind/LearningStyles>);
- *\$lm* (<http://les.ufersa.edu.br/coomind/LearnerModel>); e
- *\$gm*. (<http://les.ufersa.edu.br/coomind/GroupModel>).

```

220     $sparql3 = "
221         INSERT INTO <http://les.ufersa.edu.br/coomind/>
222         {
223             <{$lm#USER_1}> a <{$lm#Learner}> .
224             <{$lm#TUTOR_1}> a <{$lm#Tutor}> .
225             <{$gm#GROUP_1}> a <{$gm#Group}> .
226             <{$ls#LS_1}> a <{$ls#LearningStyle}> .
227
228             <{$lm#USER_1}> <{$lm#name}> 'Marcos' .
229             <{$lm#USER_1}> <{$lm#email}> 'marcos@domain.com' .
230             <{$lm#USER_1}> <{$lm#login}> 'marcos' .
231             <{$lm#USER_1}> <{$lm#cognitiveLoad}> 56 .
232
233             <{$lm#TUTOR_1}> <{$lm#name}> 'Joao' .
234             <{$lm#TUTOR_1}> <{$lm#email}> 'joao@domain.com' .
235             <{$lm#TUTOR_1}> <{$lm#login}> 'joao' .
236
237             <{$lm#USER_1}> <{$gm#inGroup}> <{$gm#GROUP_1}> .
238             <{$lm#USER_1}> <{$ls#hasLearningStyle}> <{$ls#LS_1}> .
239
240             <{$gm#GROUP_1}> <{$gm#hasTutor}> <{$lm#TUTOR_1}> .
241         }
242     ";

```

Figura 18: Implementação da Tabela 6 em SPARQL

### 4.3 ONTOLOGIA MODELO DO GRUPO

A ontologia Modelo do Grupo, também denominada *GroupModel*, reúne um conjunto de classes que representam (i) os grupos de usuários do CooMIND, (ii) o estilo de aprendizagem predominante nesses grupos, (iii) as ações realizadas por esses usuários no sistema, bem como (iv) os possíveis tipos de ações mapeadas.

Nessa ontologia é possível observar um forte relacionamento com classes das outras ontologias apresentadas. Na Tabela 7 são apresentados os conceitos (classes) e relacionamentos presentes nessa ontologia.

Tabela 7: Descrição da ontologia Modelo do Grupo

CLASSE	DESCRIÇÃO
<i>Group</i>	<p>Classe responsável por armazenar informações sobre os grupos.</p> <p>Possui quatro propriedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>hasPredominantLS</i>: propriedade de objeto que indica qual estilo de aprendizagem ocorre com maior frequência entre os usuários do grupo;</li> <li>• <i>cognitiveLoadAvg</i>: armazena a média das cargas cognitivas dos usuários desse grupo;</li> <li>• <i>groupID</i>: informa o identificador do grupo; e</li> <li>• <i>hasTutor</i>: propriedade de objeto funcional que indica qual o tutor responsável pelo grupo.</li> </ul>
<i>PredominantLearningStyle</i>	<p>Classe equivalente à classe <i>ls:LearningStyle</i>, possuindo as mesmas propriedades. Está ligada a quatro instâncias de objeto do tipo <i>ls:LearningDimension</i>.</p>
<i>Action</i>	<p>Classe que representa uma ação de usuário dentro do sistema. Está associada a alguma dimensão de estilo de aprendizagem ou alguma de suas subclasses, por meio da propriedade <i>relatedTo</i>.</p> <p>Com o uso dessa classe é possível saber, por exemplo, se a maior parte das ações do usuário está relacionada com alguma dimensão ou estilo, indicando um possível caminho adaptativo.</p>
<i>Comunication</i> <i>Collaboration</i>	<p>Essas classes representam os tipos de ações de usuário no sistema. Com esses tipos é possível classificar e quantificar as</p>

<i>Creation</i>	ações realizadas no sistema, criando uma massa estatística necessária para se inferir a preferência dos usuários.
<i>Change</i>	
<i>Evaluation</i>	

### 4.3.1 Representação Gráfica da Ontologia

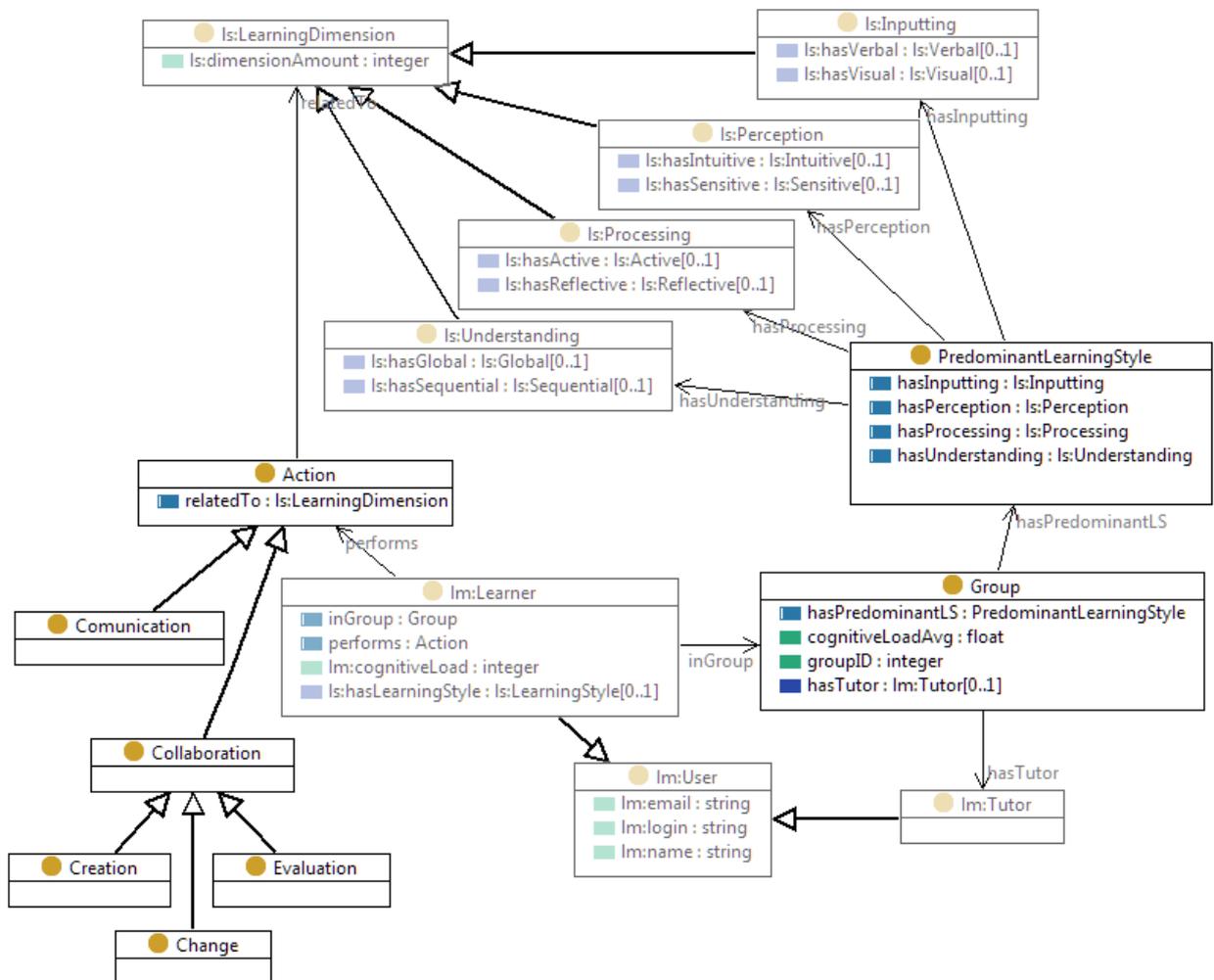


Figura 19: Ontologia Modelo do Grupo

Na Tabela 8 é apresentado um conjunto de possíveis afirmações para a ontologia Modelo do Grupo.

Tabela 8: Possíveis Afirmações para a Ontologia Modelo do Grupo.

SUJEITO	PREDICADO	OBJETO
USER_1	É uma instância de	Im:Learner
TUTOR_1	É uma instância de	Im:Tutor
GROUP_1	É uma instância de	Group

PLS_1	É uma instância de	PredominantLearningStyle
GROUP_1	Possui como tutor	TUTOR_1
GROUP_1	Possui o estilo de aprendizagem predominante	PLS_1
GROUP_1	É identificado pelo ID	1
USER_1	Pertence ao grupo	GROUP_1
COM_1	É uma instância de	Communication
USER_1	Realiza a ação	COM_1

A Figura 20 apresenta o script SPARQL utilizado na criação e manipulação de uma nova instância da classe *Group* na ontologia. Nesse mesmo script (i) é associado um novo usuário ao grupo, (ii) é indicado seu estilo de aprendizagem predominante, bem como (iii) é registrada uma nova ação, do tipo *Communication*, realizada pelo usuário. Nesse exemplo, também são utilizados três prefixos, através das variáveis PHP:

- *\$ls* (<http://les.ufersa.edu.br/coomind/LearningStyles>);
- *\$lm* (<http://les.ufersa.edu.br/coomind/LearnerModel>); e
- *\$gm* (<http://les.ufersa.edu.br/coomind/GroupModel>).

```

244 $sparql4 = "
245   INSERT INTO <http://les.ufersa.edu.br/coomind/>
246   {
247     <$lm#USER_1>    a                <$lm#Learner> .
248     <$lm#TUTOR_1>  a                <$lm#Tutor> .
249     <$gm#GROUP_1>  a                <$gm#Group> .
250     <$gm#PLS_1>    a                <$gm#PredominantLearningStyle> .
251
252     <$gm#GROUP_1>  <$gm#hasTutor>    <$lm#TUTOR_1> .
253     <$gm#GROUP_1>  <$gm#hasPredominantLS> <$gm#PLS_1> .
254     <$gm#GROUP_1>  <$gm#groupID>     1 .
255     <$lm#USER_1>   <$gm#inGroup>     <$gm#GROUP_1> .
256
257     <$gm#COM_1>    a                <$gm#Communication> .
258     <$lm#USER_1>   <$gm#performs>    <$gm#COM_1> .
259   }
260 ";

```

Figura 20: Implementação da Tabela 8 em SPARQL

#### 4.4 TECNOLOGIAS UTILIZADAS NA MODELAGEM ONTOLÓGICA

Durante o desenvolvimento das ontologias, alguns requisitos foram levados em consideração. O primeiro deles é que as ontologias deveriam ser minimamente expressivas ao ponto que possibilitasse o ciclo de adaptação proposto para essa versão inicial do CoomIND.

Outro requisito está relacionado ao padrão de serialização das ontologias. Elas deveriam estar representadas em formato padrão, amplamente conhecido e suportado pelas ferramentas atuais, além de ser compatível com as tecnologias utilizadas no CooMIND.

Conforme apresentado na seção 2.4.3, os formatos de ontologias recomendados pelo W3C são o RDF/RDFS e o OWL2. Embora o OWL2 possua uma maior expressividade semântica, ele não é plenamente suportado pelas principais plataformas de desenvolvimento Web, devido ser um padrão mais recente.

No caso específico do CooMIND, por ele ser desenvolvido em PHP, foi constatada essa falta de suporte pleno ao padrão OWL2, o que motivou uma busca por bibliotecas que oferecessem suporte ao padrão RDF/RDFS. Dentre as opções disponíveis, foi escolhida a biblioteca ARC2<sup>23</sup>, por ser mais robusta, de fácil integração, suportar consultas em SPARQL, além de persistir os dados no mesmo DBMS utilizado pelo CooMIND, o MySQL.

#### 4.4.1 Ferramenta Case

Como ferramenta case<sup>24</sup>, foi utilizado o TopBraid Composer, um ambiente de desenvolvimento integrado baseado em Eclipse, mantido pela empresa TopQuadrante (TOPQUADRANT, 2012). A ferramenta possui três edições: uma gratuita e duas comerciais.

Como principais recursos oferecidos, destacam-se:

- Carregar, editar e salvar ontologias em formato RDF/XML;
- Definir ontologias usando editores em formato de formulário;
- Criar e executar regras e consultas SPARQL;
- Possibilitar a visualização de modelos RDF por meio de diagramas, grafos e mapas.

Na Figura 21 é apresentada uma tela de visualização e edição de diagramas ontológicos. Nessa tela, é exibido o diagrama da ontologia *LearningStyles*.

---

<sup>23</sup> Biblioteca PHP com suporte a manipulação de arquivos RDFs e consultas SPARQL. É um projeto código-aberto, disponível em: <https://github.com/semsol/arc2/wiki>.

<sup>24</sup> Do inglês *Computer-Aided Software Engineering*, as ferramentas CASE são ferramentas que auxiliam ou automatizam alguma etapa do processo de desenvolvimento de software.

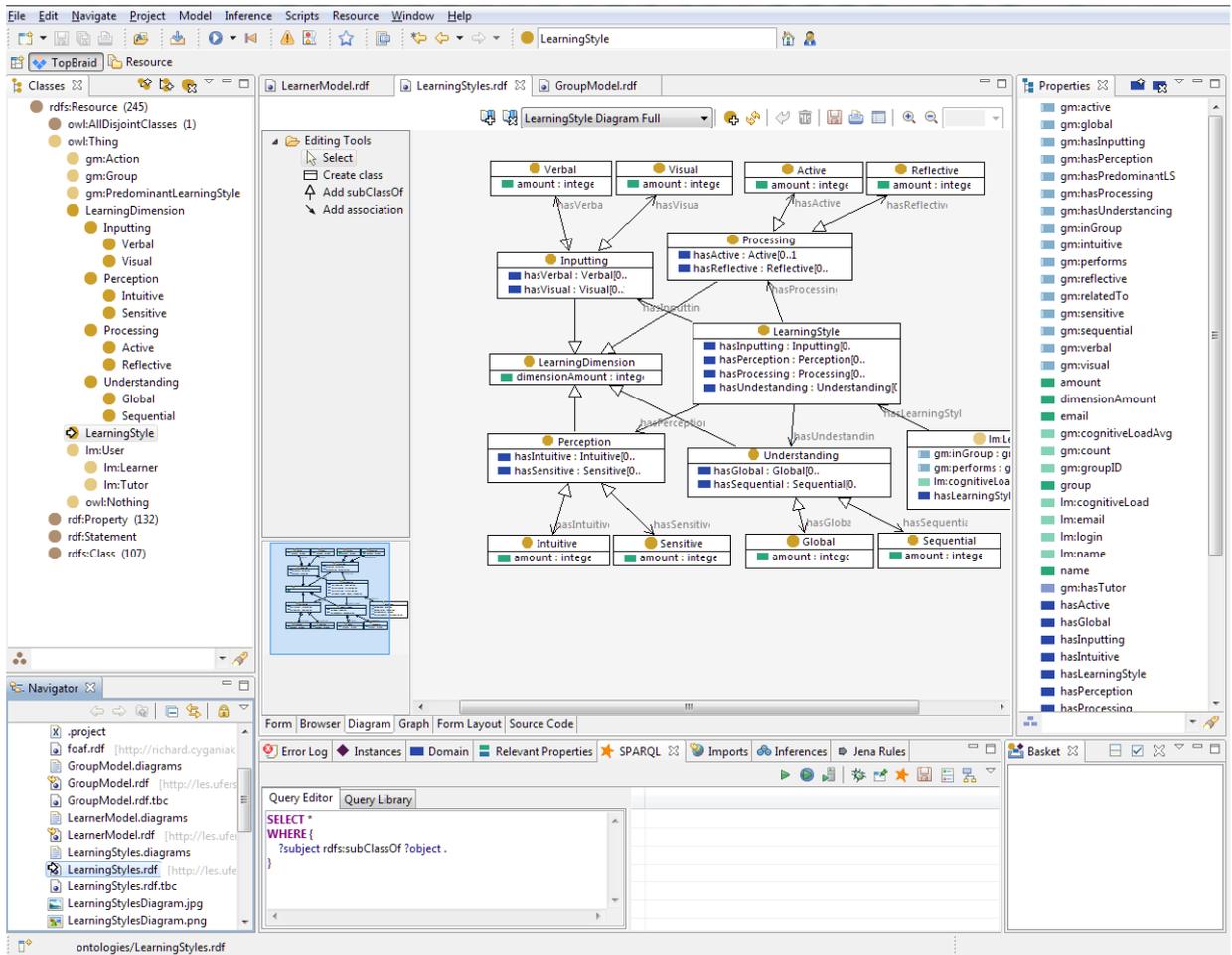


Figura 21: Tela do *TopBraid Composer*

#### 4.4.2 Serviço de Consulta das Ontologias

Durante o desenvolvimento do CooMIND, identificou-se a possibilidade de flexibilizar ainda mais sua utilização no contexto educacional. Para isso, foi desenvolvido um Serviço Web<sup>25</sup> que possibilita a outros sistemas consultarem algumas informações coletadas sobre os alunos, tornando o conhecimento gerado sobre estes, disponível a outros contextos.

<sup>25</sup> Um Serviço Web (do inglês *Web Service*) é uma solução tecnológica que permite sistemas distintos trocarem informações entre si, por meio de um formato de dado e/ou protocolo comum (normalmente o XML). Contudo, novos formatos de Serviços Web utilizam padrões mais simples, como o JSON, focando na praticidade e manutenibilidade. Grandes serviços como (YAHOO!, 2012) e (GOOGLE, 2009) já permitem uma comunicação por meio do JSON, além do tradicional XML.

O principal conhecimento produzido pelo CoomIND sobre seus usuários é o modelo do aluno, em especial seu estilo de aprendizagem.

Em face disso, foi desenvolvido um Serviço Web simples que pode ser facilmente acessado por outros sistemas ou usuários.

Nessa primeira versão, foram desenvolvidos dois serviços:

1. **Consulta de Usuário:** esse serviço tem como objetivo possibilitar que outros sistemas verifiquem se algum de seus usuários está cadastrado no CoomIND. Esse serviço é essencial, pois informa se o sistema possui dados referentes a um determinado usuário, evitando que sejam feitas consultas em vão;
2. **Consulta de Estilos de Aprendizagem:** esse serviço possibilita que outros sistemas tenham acesso ao estilo de aprendizagem de um determinado aluno. Estilo esse baseado no FSLSM, mensurado pelo ILS e atualizado pelo CoomIND durante seu uso.

Os serviços foram desenvolvidos para serem acessados por meio do protocolo HTTP, por ser um protocolo leve e amplamente utilizado em aplicações Web.

As informações oferecidas pelos serviços são apresentadas por meio de estruturas de dados serializadas no formato JSON (*JavaScript Object Notation*). O JSON é um formato leve de troca de dados, de fácil leitura por humanos, fácil processamento em sistemas e baseado na linguagem JavaScript (JSON, 2006). É um formato bastante utilizado por serviços Web atuais, inclusive por grandes empresas como a Yahoo! (YAHOO!, 2012) e a Google (GOOGLE, 2009).

Os serviços estão acessíveis a partir dos seguintes endereços:

1. HTTP://HOST/PATH/ webservice / has\_user / USERNAME / EMAIL
2. HTTP://HOST/PATH/ webservice / learning\_style / ( USERNAME | EMAIL )

Sendo,

- HOST: endereço do servidor Web;
  - Ex.: les.ufersa.edu.br
- PATH: diretório raiz do projeto CoomIND, dentro do servidor de aplicação;
  - Ex.: /coomind/
- USERNAME: nome de usuário utilizado para se autenticar no CoomIND;
  - Ex.: Joao
- EMAIL: endereço de e-mail do usuário.
  - Ex.: joao@les.ufersa.edu.br

Vale salientar que, no serviço 1 (*has\_user*), deve-se informar na URL tanto o USERNAME quanto o EMAIL do usuário. Caso contrário, o serviço irá informar que o usuário não existe. Já no serviço 2 (*learning\_style*), pode-se utilizar uma das duas opções, o USERNAME ou o EMAIL.

Nas Figura 22 é possível ver o formato de saída do serviço Consulta de Usuário. Na Figura 23 é apresentado o formato de saída dos dois serviços, caso não seja encontrado o aluno ou caso os parâmetros necessários não tenham sido passados corretamente. Na Figura 24 é apresentado o formato de saída do serviço Consulta de Estilos de Aprendizagem.

```
{
  registered: true,
  username:  'NOME DE USUÁRIO',
  email:    'EMAIL DO USUÁRIO'
}
```

Figura 22: Exemplo de saída do serviço Consulta de Usuário.

```
{
  registered: false
}
```

Figura 23: Exemplo de erro durante a consulta.

```
{
  username:  'NOME DE USUÁRIO',
  email:    'EMAIL DO USUÁRIO',
  ls_vis_ver: '3a',
  ls_int_sen: '5a',
  ls_act_per: '1b',
  ls_glo_seq: '3b'
}
```

Figura 24: Exemplo de saída do serviço Consulta de Estilos de Aprendizagem.

## 5 MODELAGEM DOS AGENTES INTELIGENTES

Para a modelagem do SMA presente no CoomIND, optou-se por seguir a metodologia MAS-CommonKADS+, devido à sua maior expressividade na tarefa de definição dos agentes, seus comportamentos e técnicas de IA utilizadas (MORAIS II, 2010).

Conforme apresentado na Seção 3.1, o CoomIND possui o agente AT e o agente AA. Na versão atual do CoomIND, não está prevista comunicação direta entre esses agentes. Para tanto, será adotada uma comunicação indireta, seguindo o padrão Quadro Negro. A estrutura de dados compartilhada entre eles são as ontologias Modelo do Aluno, Modelo do Grupo e Estilos de Aprendizagem. A organização do SMA é do tipo comunidade de especialistas, pois os agentes estão no mesmo nível hierárquico e desempenham atividades especializadas.

Devido ao fato dos agentes não se comunicarem diretamente, alguns modelos da metodologia foram suprimidos, pois, no contexto desse trabalho, não apresentaria prejuízo ao entendimento do SMA desenvolvido.

Dessa forma, esse capítulo foi organizado em três seções. Na Seção 5.1, são apresentadas as tarefas que o SMA desempenha sobre o CoomIND. Nas Seções 5.2 e 5.3, são apresentados os agentes Tutor e Aluno, por meio de modelos de agente e diagramas de atividades.

### 5.1 MODELO DE TAREFAS

Segundo Morais II (2010), o modelo de tarefas descreve as atividades necessárias para atingir determinada meta. No caso específico do CoomIND, a tarefa principal do SMA é a adaptação do sistema em relação aos alunos. Porém, para que essa tarefa seja concluída com sucesso, uma série de subtarefas necessita ser realizada a priori. O modelo de tarefas para o SMA do CoomIND pode ser visto na Figura 25.

No modelo de tarefas da Figura 25, estão presentes tarefas como: Identificar Alunos Problemáticos, Notificar Tutor Sobre Aluno, Identificar Grupos Sobrecarregados, Notificar Tutor Sobre Grupo, Sugerir Formação de Grupos, Indicar Material Didático, Propor Teste Cognitivo, Atualizar Estilo de Aprendizagem, e Indicar Alunos de Estilos Compatíveis.



Figura 25: Modelo de Tarefas dos Agentes.

## 5.2 AGENTE TUTOR

Para modelar os agentes de um SMA, a metodologia indica o uso de *templates* textuais, os quais informam uma série de informações sobre esses agentes. Na Tabela 9 é apresentado o *template* textual do AT.

Tabela 9: *Template* textual do Agente Tutor

<b>Agente: AT</b>
<b>Objetivo:</b> Auxiliar o professor em tarefas onerosas de se fazer manualmente, como é o caso de identificar alunos problemáticos, grupos sobrecarregados e formar grupos compatíveis.
<b>Parâmetros de Entrada:</b> Identificador do professor no sistema.
<b>Parâmetros de Saída:</b> Notificações para o professor.
<b>Condição de Ativação:</b> Após algum professor se autenticar no sistema.
<b>Condição de Finalização:</b> Após o professor ser notificado.
<b>Informação Associada:</b> Esse agente possui um comportamento cíclico, ou seja, enquanto houver professores recém autenticados que não tenham sido notificados, ele realiza um

ciclo.

**Descrição:** Esse agente monitora alunos que não estejam produzindo na mesma velocidade que seu grupo; monitora grupos cuja maioria de seus membros estejam sobrecarregados; sugere formações de grupos, baseando-se na similaridade de estilos de aprendizagem dos alunos; e notifica o professor sobre esses eventos.

Para entender melhor o fluxo de execução do AT é apresentado, na Figura 26, o diagrama de atividades desse agente.

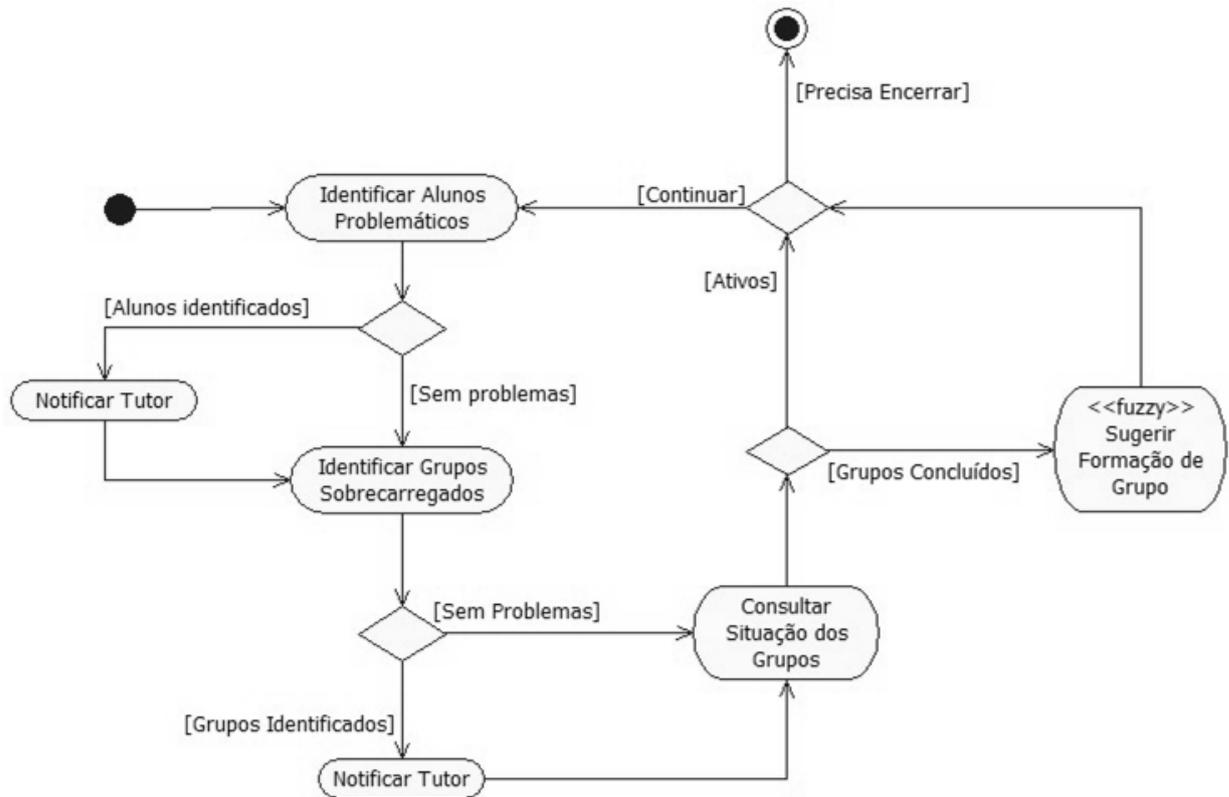


Figura 26: Diagrama de Atividades do Agente Tutor

### 5.3 AGENTE ALUNO

Uma vez descrito e modelado o AT, é preciso fazer o mesmo com o AA. Na Tabela 10 é apresentado o *template* textual do AA.

Tabela 10: *Template* textual do Agente Aluno

<b>Agente: AA</b>
<b>Objetivo:</b> Auxiliar o aluno em tarefas onerosas, como descobrir outros alunos que

compartilhem o mesmo estilo de aprendizagem, indicando inclusive material didático produzido por esses alunos. Além disso, esse agente tem como objetivo mensurar continuamente a carga cognitiva dos alunos, podendo inclusive atualizar seu estilo de aprendizagem.
<b>Parâmetros de Entrada:</b> Identificador do aluno no sistema.
<b>Parâmetros de Saída:</b> Notificações para o aluno.
<b>Condição de Ativação:</b> Após algum aluno se autenticar no sistema.
<b>Condição de Finalização:</b> Após o aluno ser notificado e não haver outros alunos para analisar.
<b>Informação Associada:</b> Esse agente possui um comportamento cíclico, ou seja, enquanto houver alunos recém autenticados que não tenham sido analisados, ele realiza um ciclo.
<b>Descrição:</b> Esse agente analisa e indica alunos com estilos de aprendizagem compatíveis; indica materiais didáticos apropriados para o estilo de aprendizagem do aluno; propõe testes de carga cognitiva; e, caso o aluno esteja sobrecarregado, atualiza o estilo de aprendizagem do aluno.

Para entender melhor o fluxo de execução do AA é apresentado, na Figura 27, o diagrama de atividades desse agente.

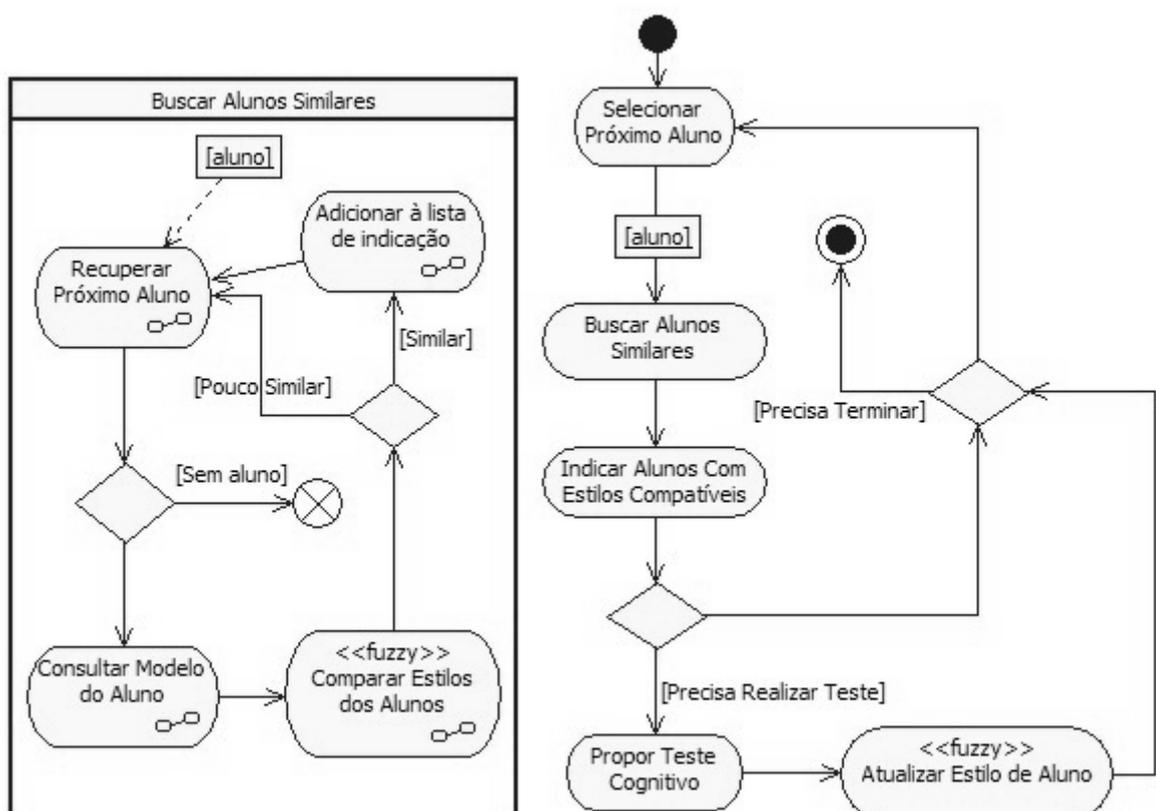


Figura 27: Diagrama de Atividades do Agente Aluno

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Ao longo das últimas décadas, a aprendizagem colaborativa vem ocupando um papel de destaque dentre as abordagens educacionais. Seu uso, por parte dos professores, tem-se mostrado bastante benéfico ao processo de ensino-aprendizagem, proporcionando um maior alcance cognitivo dos alunos, por meio de estratégias metacognitivas, bem como alunos mais motivados, realizando tarefas com maior facilidade.

Aplicar essa abordagem no contexto da EaD, por meio de AVAs, tem sido objeto de estudo de muitos pesquisadores. O uso desses ambientes virtuais colaborativos por usuários cada vez mais heterogêneos evidenciou a necessidade de torná-los mais atrativos e adaptados às necessidades individuais. Com isso, surgiu um forte interesse por SEAs.

Uma das preocupações apresentadas ao se projetar um SEA era quais características do aluno deveriam ser consideradas no ciclo de adaptação. Trabalhos como o de Janssen *et al* (2010) sugerem que as características cognitivas dos alunos sejam levadas em consideração e que os princípios da CLT sejam utilizados durante o projeto de conteúdos de aprendizagem.

Diante disso, esse trabalho se propôs a desenvolver o CooMIND, um sistema adaptativo de apoio à aprendizagem colaborativa sensível à CLT, cujo foco é a construção e representação do conhecimento por meio de mapas mentais multimídia adaptativos. O CooMIND foi projetado para que sua adaptação levasse em consideração os estilos de aprendizagem dos alunos, bem como seu nível de carga cognitiva. Carga essa mensurada por meio do método NASA-TLX.

Para auxiliar no processo de adaptação, foram projetados agentes inteligentes que inferem o momento adequado de adaptar o sistema e que representam essa adaptação em modelos ontológicos.

Visando aumentar o leque de possibilidades de uso do sistema, foi disponibilizado um serviço Web de consulta, a partir do qual é possível que outros sistemas recuperem informações sobre determinados alunos, tais como estilos de aprendizagem e carga cognitiva.

É importante salientar que está além do escopo desse trabalho validar os resultados da adaptação do CooMIND no processo de aprendizagem de alunos, uma vez que, para isso, testes com alunos se fazem necessários. Porém, é objetivo desse trabalho garantir que o processo de adaptação, baseado na identificação dos estilos de aprendizagem em função dos níveis de carga cognitiva, ocorra conforme projetado.

O desenvolvimento do CooMIND abre portas para alguns trabalhos futuros, dentre os quais se destacam:

- Desenvolvimento de Agentes de Interface que se comuniquem com os agentes existentes e que apresentem notificações ao professor, bem como aos alunos;
- Transformar o *Web Service* desenvolvido em um *Web Service Semântico*, aumentando a expressividade do mesmo, bem como aumentando as possibilidades de integração com outros sistemas;
- Realizar um estudo dos impactos gerados pela adaptação do CooMIND no processo de aprendizagem dos alunos;
- Realizar uma avaliação de usabilidade e comunicabilidade do sistema, visando identificar situações que possam gerar uma carga cognitiva irrelevante, comprometendo o processo de aprendizagem.

## REFERÊNCIAS

ARTERO, A. O. **Inteligência Artificial - Teórica e Prática**. 1ª. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2009.

BRAMBILLA, M.; ORIGGI, A. **MVC-Webflow: An AJAX Tool for Online Modeling of MVC-2 Web Applications**. Eighth International Conference on Web Engineering, 2008. ICWE '08. Yorktown Heights, NJ : [s.n.]. 2008. p. 344-349.

BRUSILOVSKY, P. Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia. **User Modeling and User-Adapted Interaction**, v. 6, p. 87-129, 1996.

BRUSILOVSKY, P.; PEYLO, C. Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 13, 2003.

BUZAN, T.; BUZAN, B. **The Mind Map Book: How to Use Radiant Thinking to Maximize Your Brain's Untapped Potential**. New York, USA: Penguin Books USA Inc, 1994.

CARVER, C. A.; HOWARD, R. A.; LANE, E. D. Addressing different learning styles through course hypermedia. **Education, IEEE Transactions on**, v. 42, p. 33-38, 1999.

CONSENTINO, M. From requirements to code with the passi methodology. In: HENDERSON-SELLERS, B.; GIORGINI, P. **Agent-Oriented Methodologies**. Hershey, PA: IDEA Group Publishing, 2005. Cap. IV, p. 79-106.

COUTINHO, C. P.; BOTTENTUIT, J.; BATISTA, J. Collaborative learning using Wiki: a pilot study with master students in educational technology In Portugal. In: MONTGOMERIE, C.; SEALE, J. **Proceedings of World Conference on Educational Multimédia, Hypermedia e Telecommunications (ED-MEDIA)**. Vancouver, Canadá: [s.n.], 2007. p. 1786--1791.

DELOACH, S.; KUMAR, M. Multiagent systems engineering: An overview and case study. In: HENDERSON-SELLERS, B.; GIORGINI, P. **Agent-Oriented Methodologies**. Hershey, PA: IDEA Group Publishing, 2005. Cap. XI, p. 317-340.

DILLENBOURG, P. What do you mean by collaborative learning. **Collaborative learning: Cognitive and computational approaches**, p. 1--16, 1999.

ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA ONLINE. Means-ends Analysis. [S.l.]: [s.n.], 2011.

FELDER, R. M.; SILVERMAN, L. K. Learning and Teaching Styles in Engineering Education. **Engr. Education**, v. 78, p. 674--681, 1988.

FELDER, R. M.; SOLOMAN, B. A. ILS Scoring Sheet. **Index of Learning Styles**, 1994. Disponivel em: <<http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/ILSdir/ILS.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2012.

FELDER, R. M.; SOLOMAN, B. A. INDEX OF LEARNING STYLES (ILS), 2004. Disponivel em: <<http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/ILSpag.html>>. Acesso em: 01 mar. 2012.

FELDER, R. M.; SPURLIN, J. Applications, Reliability, and Validity of the Index of Learning Styles. **International Journal of Engineering**, v. 21, n. 1, p. 103-112, 2005.

FIPA. FIPA ACL Message Structure Specification. **FOUNDATION FOR INTELLIGENT PHYSICAL AGENTS**, 2002. Disponivel em: <<http://www.fipa.org/specs/fipa00061/SC00061G.html>>. Acesso em: 01 mar. 2012.

FRANKLIN, S.; GRAESSER, A. **Is it an Agent, or just a Program?: A Taxonomy for Autonomous Agents**. [S.l.]: [s.n.]. 1996. p. 21-35.

GARIJO, F. J.; GÓMEZ-SANZ, J. J.; MASSONET, P. The MESSAGE Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design. In: HENDERSON-SELLERS, B.; GIORGINI, P. **Agent-Oriented Methodologies**. Hershey, PA: IDEA Group Publishing, 2005. Cap. VIII, p. 203-234.

GASPARINI, I. et al. **Quality Ontology for Recommendation in an Adaptive Educational System**. International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems, 2009. INCOS '09. Barcelona: [s.n.]. 2009. p. 329 -334.

GIORGINI, P. et al. Tropos: A requirements-driven methodology for agent-oriented software. In: HENDERSON-SELLERS, B.; GIORGINI, P. **Agent-Oriented Methodologies**. Hershey, PA: IDEA Group Publishing, 2005. Cap. II, p. 20-45.

GOOGLE. Using JSON in the Google Data Protocol. **Google Data Protocol**, 2009. Disponivel em: <<http://code.google.com/apis/gdata/docs/json.html>>. Acesso em: 01 mar. 2012.

GRAF, S.; KINSHUK, K. **Using Cognitive Traits for Improving the Detection of Learning Styles**. 2010 Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA). Bilbao: [s.n.]. 2010. p. 74 -78.

GRUBER, T. R. A translation approach to portable ontology specifications. **Knowledge Acquisition - Special issue: Current issues in knowledge modeling**, v. 5, n. 2, p. 199-220, June 1993. ISSN 1042-8143.

GUARINO, N. **Formal Ontologies and Information Systems**. Proceedings of FOIS'98. Trento, Italy: [s.n.]. 1998. p. 3-15.

HART, S. G. **NASA-Task Load Index (NASA-TLX); 20 Years Later**. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 50th Annual Meeting. Santa Monica: [s.n.]. 2006. p. 904-908.

HMELO-SILVER, C. E. Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? **Educational Psychology Review**, v. 16, n. 3, 2004.

HUBNER, J. F. **Um modelo de reorganização de sistemas multiagentes**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 224. 2003.

IGLESIAS, C. A.; GARIJO, M. The Agent-Oriented Methodology MAS-CommonKADS. In: HENDERSON-SELLERS, B.; GIORGINI, P. **Agent-Oriented Methodologies**. Hershey, PA: IDEA Group Publishing, 2005. Cap. III, p. 46-78.

JANSSEN, J. et al. Making the Black Box of Collaborative Learning Transparent: Combining Process-Oriented and Cognitive Load Approaches. **Educational Psychology Review**, 4 May 2010. ISSN 1040-726X.

JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T. An Educational Psychology Success Story: Social Interdependence Theory and Cooperative Learning. **EDUCATIONAL RESEARCHER**, v. 38, p. 365-379, 1 June 2009.

JSON. Introducing JSON, 2006. Disponível em: <<http://www.json.org/json-pt.html>>. Acesso em: 01 mar. 2012.

KIRSCHNER, P. A. Cognitive load theory: implications of cognitive load theory on the design of learning. **Learning and Instruction**, v. 12, p. 1 - 10, 2002. ISSN 0959-4752.

KOCH, N. **Software engineering for Adaptive Hypermedia Systems: reference model, modeling techniques and development process**. Tese de Doutorado. Ludwig-Maximilians-University. Munique. 2000.

KULJIS, J.; LIU, F. **A comparison of learning style theories on the suitability for learning**. IASTED International Conference on Web Technologies, Applications and Services. Calgary, Alberta, Canada: [s.n.]. 2005. p. 191-197.

LACASTA, J.; ISO, J. N.; SORIA, F. J. Z. **Terminological Ontologies - Design, Management and Practical Applications**. New York: Springer Science, 2010.

LITZINGER, T. A. et al. A Psychometric Study of the Index. **Journal of Engineering Education**, v. 96, n. 4, p. 309-319, 2007.

MAGNISALIS, I.; DEMETRIADIS, S.; KARAKOSTAS, A. Adaptive and Intelligent Systems for Collaborative Learning Support: A Review of the Field. **IEEE Transactions on Learning Technologies**, v. 99, 2011. ISSN 1939-1382.

MEDEIROS, F.; TEDESCO, P.; GOMES, A. **Arquiteturas de Suporte à Aprendizagem Colaborativa Sensível ao Contexto**. 3 Simpósio Hipertexto e Tecnologias na Educação: redes sociais e aprendizagem. Recife: [s.n.]. 2010.

MERRIAM-WEBSTER. Axiom, 2012. Disponível em: <<http://www.merriam-webster.com/dictionary/axiom>>. Acesso em: 24 fev. 2012.

MILLER, G. A. The magic number seven plus or minus two: some limits on our capacity to process information. **Psychological Review**, v. 63, p. 81-97, 1956.

MORAIS II, M. J. D. O. **MAS-CommonKADS+: Uma Extensão à Metodologia Mas-CommonKADS para Suporte ao Processo Detalhado de Sistemas Multiagentes Racionais**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Ceará - UECE. Fortaleza, CE. 2010.

MORCH, A. I.; DOLONEN, J. A.; NAEVDAL, J. E. An evolutionary approach to prototyping pedagogical agents: from simulation to integrated system. **J. Netw. Comput. Appl.**, v. 29, n. 2, p. 177-199, April 2006. ISSN 1084-8045.

NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. **Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology**. Stanford University, Stanford, CA, 2001. Disponível em: <<http://www.ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/ontology101/ontology101-noy-mcguinness.htm>>.

PADGHAM, L.; WINIKOFF, M. Prometheus: A practical agent-oriented methodology. In: HENDERSON-SELLERS, B.; GIORGINI, P. **Agent-Oriented Methodologies**. Hershey, PA: IDEA Group Publishing, 2005. Cap. V, p. 107-135.

PAREDES, P.; RODRIGUEZ, P. **The application of learning styles in both individual and collaborative learning**. Proceedings of the Sixth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. Kerkrade : [s.n.]. 2006. p. 1141 -1142.

PAVÓN, J.; GOMEZ-SANZ, J. J.; FUENTES, R. The INGENIAS Methodology and Tools. In: HENDERSON-SELLERS, B.; GIORGINI, P. **Agent-Oriented Methodologies**. Hershey, PA: IDEA Group Publishing, 2005. Cap. IX, p. 236-276.

PEREZ, A. G.; CORCHO, O. Ontology language for the semantic web. **IEEE Intelligent Systems**, p. 54-60, 2002.

PONTES, A. A. A. **Uma Arquitetura de Agentes para Suporte a Colaboração na Aprendizagem Baseada em Problemas em Ambientes Virtuais de Aprendizagem**. Dissertação de Mestrado. UFERSA. Mossoró. 2010.

ROUGEMAILLE, S. et al. ADELFE Design, AMAS-ML in Action. In: ARTIKIS, A. A. P. G. A. V. L. **Engineering Societies in the Agents World IX**. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2009. p. 105-120.

RUSSELL, R.; NORVIG, P. **Artificial Intelligence, a Modern Approach 2nd Edition**. New Jersey: Prentice Hall, 2003.

SANTOS JR., E. et al. **Impacts of Analysts Cognitive Styles on the Analytic Process**. WI-IAT '10 Proceedings of the 2010 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology. Washington: IEEE Computer Society. 2010. p. 601--610.

SANTOS, E. O. Addressing different learning styles through course hypermedia. **Revista FAEBA**, v. 12, 2003.

SESHADRI, G. Understanding JavaServer Pages Model 2 architecture. **JavaWorld**, 1999. Disponível em: <<http://www.javaworld.com/javaworld/jw-12-1999/jw-12-ssj-jspmvc.html>>. Acesso em: 01 mar. 2012.

SHEN, J.; HILTZ, S. R.; BIEBER, M. Learning Strategies in Online Collaborative Examinations. **Professional Communication, IEEE Transactions on**, v. 51, p. 63 -78, march 2008. ISSN 0361-1434.

SILER, W.; BUCKLEY, J. J. **Fuzzy Expert Systems and Fuzzy Reasoning**. Birmingham, AL: John Wiley & Sons, Inc., 2005.

SOUSA, J. N. D. P. E. **Aplicação De Lógica Fuzzy em Sistemas de Controle de Tráfego Metropolitano em Rodovias Dotadas de Faixas Exclusivas Para Ônibus**. Dissertação de Mestrado. UFRJ. Rio de Janeiro, p. 97. 2005.

SOWA, J. F. **Ontologies for Knowledge Sharing**. Manuscript of the invited talk at Terminology and Knowledge Engineering Congress (TKE '96). Vienna: [s.n.]. 1996.

STANICH, K. **Processamento Cognitivo Relacionado à Produção em Língua Estrangeira e Aprendizagem de Falantes Não-Nativos de Alemão: Hipótese Explicativa**. Tese de Doutorado. USP. São Paulo. 2008.

SUEBNUKARN, S.; HADDAWY, P. A Bayesian approach to generating tutorial hints in a collaborative medical problem-based learning system. **Artif. Intell. Med.**, v. 38, n. 1, p. 5-24, September 2006. ISSN 0933-3657.

SWELLER, J. Cognitive load during problem solving: Effects on learning. **Cognitive Science**, v. 12, p. 257-285, 1988.

SWELLER, J. Cognitive architecture and instructional design. **Educational Psychology Review**, v. 10, p. 251-296, 1998.

TAKIKAWA, F. K. **Arquitetura de Sistemas Hipermídia Adaptativos Baseada em Atributos de Qualidade**. Dissertação de Mestrado. USP. São Paulo. 2010.

TOPQUADRANT. Company Overview, 2012. Disponível em: <[http://www.topquadrant.com/company/company\\_overview.html](http://www.topquadrant.com/company/company_overview.html)>. Acesso em: 01 mar. 2012.

TRACY, J. P.; ALBERS, M. J. **Measuring Cognitive Load to Test the Usability of Web Sites**. 53rd Annual Conference on Society for Technical Communication. Las Vegas, NV: [s.n.]. 2006.

VAN MERRIENBOER, J. J.; SWELLER, J. Cognitive Load Theory and Complex Learning: Recent Developments and Future Directions. **Educational Psychology Review**, v. 17, p. 147-177, 1 June 2005. ISSN 1040-726X.

VOGEL-WALCUTT, J. J. et al. Cognitive load theory vs. constructivist approaches: which best leads to efficient, deep learning? **Journal of Computer Assisted Learning**, 2010.

W3C. RDF Primer, 2004a. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/2004/REC-rdf-primer-20040210/>>. Acesso em: 01 mar. 2012.

W3C. Resource Description Framework (RDF). **W3C**, 2004b. Disponível em: <<http://www.w3.org/RDF/>>. Acesso em: 01 mar. 2012.

W3C. OWL Web Ontology Language: Overview, 2004c. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-features-20040210/>>. Acesso em: 01 mar. 2012.

W3C. OWL 2 Web Ontology Language: Structural Specification and Functional-Style Syntax, 2009a. Disponível em: <[http://www.w3.org/TR/2009/REC-owl2-syntax-20091027/#Functional\\_Object\\_Properties](http://www.w3.org/TR/2009/REC-owl2-syntax-20091027/#Functional_Object_Properties)>. Acesso em: 03 mar. 2012.

W3C. OWL 2 Web Ontology Language: Document Overview, 2009b. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/owl2-overview/>>. Acesso em: 01 mar. 2012.

W3C. Namespaces in XML 1.0 (Third Edition), 2009c. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/REC-xml-names/>>. Acesso em: 01 mar. 2012.

WINDELL, D.; WIEBE, E. N. **Measuring Cognitive Load in Multimedia Instruction: A Comparison of Two Instruments**. Annual meeting of the American Educational Research Association. Chicago, IL: [s.n.]. 2007.

WOOLDRIDGE, M.; JENNINGS, N. R. Addressing different learning styles through course hypermedia. **Knowledge Engineering Review**, v. 10, p. 115-152, 1995.

YAHOO! Using JSON (JavaScript Object Notation) with Yahoo! Web Services, 2012. Disponível em: <<http://developer.yahoo.com/javascript/json.html>>. Acesso em: 01 mar. 2012.

YAMANE, D. Collaboration and Its Discontents: Steps toward Overcoming Barriers to Successful Group Projects. **Teaching Sociology**, v. 24, p. 378-383, 1996.

ZAMBONELLI, F.; JENNINGS, N.; WOOLDRIDGE, M. Multi-agent systems as computational organizations: The gaia methodology. In: HENDERSON-SELLERS, B.; GIORGINI, P. **Agent-Oriented Methodologies**. Hershey, PA: IDEA Group Publishing, 2005. Cap. VI, p. 136-171.

ZHANG, J.; ZHONG, D.; ZHANG, J. **Knowledge Visualization: An Effective Way of Improving Learning**. Education Technology and Computer Science (ETCS), 2010 Second International Workshop on. Wuhan : [s.n.]. 2010. p. 598 -601.

ZYWNO, M. S. **A Contribution to Validation of Score Meaning for FelderSoloman's Index of Learning Styles**. Index of Learning Styles, Proc. 2003 Annual ASEE Conference, ASEE. [S.l.]: [s.n.]. 2003. p. 16.

## ANEXO A – QUESTIONÁRIO ORIGINAL DO ILS

For each of the 44 questions below select either "a" or "b" to indicate your answer. Please choose only one answer for each question. If both "a" and "b" seem to apply to you, choose the one that applies more frequently.

**1) I understand something better after I**

- (a) try it out.
- (b) think it through.

**2) I would rather be considered**

- (a) realistic.
- (b) innovative.

**3) When I think about what I did yesterday, I am most likely to get**

- (a) a picture.
- (b) words.

**4) I tend to**

- (a) understand details of a subject but may be fuzzy about its overall structure.
- (b) understand the overall structure but may be fuzzy about details.

**5) When I am learning something new, it helps me to**

- (a) talk about it.
- (b) think about it.

**6) If I were a teacher, I would rather teach a course**

- (a) that deals with facts and real life situations.
- (b) that deals with ideas and theories.

**7) I prefer to get new information in**

- (a) pictures, diagrams, graphs, or maps.
- (b) written directions or verbal information.

**8) Once I understand**

- (a) all the parts, I understand the whole thing.
- (b) the whole thing, I see how the parts fit.

**9) In a study group working on difficult material, I am more likely to**

- (a) jump in and contribute ideas.
- (b) sit back and listen.

**10) I find it easier**

- (a) to learn facts.
- (b) to learn concepts.

**11) In a book with lots of pictures and charts, I am likely to**

- (a) look over the pictures and charts carefully.
- (b) focus on the written text.

**12) When I solve math problems**

- (a) I usually work my way to the solutions one step at a time.
- (b) I often just see the solutions but then have to struggle to figure out the steps to get to them.

**13) In classes I have taken**

- (a) I have usually gotten to know many of the students.
- (b) I have rarely gotten to know many of the students.

**14) In reading nonfiction, I prefer**

- (a) something that teaches me new facts or tells me how to do something.
- (b) something that gives me new ideas to think about.

**15) I like teachers**

- (a) who put a lot of diagrams on the board.
- (b) who spend a lot of time explaining.

**16) When I'm analyzing a story or a novel**

- (a) I think of the incidents and try to put them together to figure out the themes.
- (b) I just know what the themes are when I finish reading and then I have to go back and find the incidents that demonstrate them.

**17) When I start a homework problem, I am more likely to**

- (a) start working on the solution immediately.
- (b) try to fully understand the problem first.

**18) I prefer the idea of**

- (a) certainty.
- (b) theory.

**19) I remember best**

- (a) what I see.
- (b) what I hear.

**20) It is more important to me that an instructor**

- (a) lay out the material in clear sequential steps.
- (b) give me an overall picture and relate the material to other subjects.

**21) I prefer to study**

- (a) in a study group.
- (b) alone.

**22) I am more likely to be considered**

- (a) careful about the details of my work.
- (b) creative about how to do my work.

**23) When I get directions to a new place, I prefer**

- (a) a map.
- (b) written instructions.

**24) I learn**

- (a) at a fairly regular pace. If I study hard, I'll "get it."
- (b) in fits and starts. I'll be totally confused and then suddenly it all "clicks."

**25) I would rather first**

- (a) try things out.
- (b) think about how I'm going to do it.

**26) When I am reading for enjoyment, I like writers to**

- (a) clearly say what they mean.
- (b) say things in creative, interesting ways.

**27) When I see a diagram or sketch in class, I am most likely to remember**

- (a) the picture.
- (b) what the instructor said about it.

**28) When considering a body of information, I am more likely to**

- (a) focus on details and miss the big picture.
- (b) try to understand the big picture before getting into the details.

**29) I more easily remember**

- (a) something I have done.
- (b) something I have thought a lot about.

**30) When I have to perform a task, I prefer to**

- (a) master one way of doing it.
- (b) come up with new ways of doing it.

**31) When someone is showing me data, I prefer**

- (a) charts or graphs.
- (b) text summarizing the results.

**32) When writing a paper, I am more likely to**

- (a) work on (think about or write) the beginning of the paper and progress forward.
- (b) work on (think about or write) different parts of the paper and then order them.

**33) When I have to work on a group project, I first want to**

- (a) have "group brainstorming" where everyone contributes ideas.
- (b) brainstorm individually and then come together as a group to compare ideas.

**34) I consider it higher praise to call someone**

- (a) sensible.
- (b) imaginative.

**35) When I meet people at a party, I am more likely to remember**

- (a) what they looked like.
- (b) what they said about themselves.

**36) When I am learning a new subject, I prefer to**

- (a) stay focused on that subject, learning as much about it as I can.
- (b) try to make connections between that subject and related subjects.

**37) I am more likely to be considered**

- (a) outgoing.
- (b) reserved.

**38) I prefer courses that emphasize**

- (a) concrete material (facts, data).
- (b) abstract material (concepts, theories).

**39) For entertainment, I would rather**

- (a) watch television.
- (b) read a book.

**40) Some teachers start their lectures with an outline of what they will cover. Such outlines are**

- (a) somewhat helpful to me.
- (b) very helpful to me.

**41) The idea of doing homework in groups, with one grade for the entire group,**

- (a) appeals to me.
- (b) does not appeal to me.

**42) When I am doing long calculations,**

- (a) I tend to repeat all my steps and check my work carefully.
- (b) I find checking my work tiresome and have to force myself to do it.

**43) I tend to picture places I have been**

- (a) easily and fairly accurately.
- (b) with difficulty and without much detail.

**44) When solving problems in a group, I would be more likely to**

- (a) think of the steps in the solution process.
- (b) think of possible consequences or applications of the solution in a wide range of areas.