

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

ANA MARILZA PERNAS FLEISCHMANN

**Sensibilidade à Situação em Sistemas  
Educação na Web**

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

Prof. Dr. José Palazzo Moreira de Oliveira  
Orientador

Porto Alegre, julho de 2012

## CIP – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Pernas, Ana Marilza

Sensibilidade à Situação em Sistemas Educacionais na Web/  
Ana Marilza Pernas Fleischmann – Porto Alegre: Programa de  
Pós-Graduação em Computação, 2012.

164 p.:il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.  
Programa de Pós-Graduação em Computação. Porto Alegre, BR –  
RS, 2012. Orientador: José Palazzo Moreira de Oliveira.

1. Sensibilidade ao Contexto. 2. Ambientes e-Learning  
3. Ontologias I. Palazzo Moreira de Oliveira, José III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Carlos Alexandre Netto

Vice-Reitor: Prof. Rui Vicente Oppermann

Pró-Reitor de Pós-Graduação: Prof. Aldo Bolten Lucion

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

Coordenador do PPGC: Prof. Álvaro Freitas Moreira

Bibliotecária-Chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro

## Agradecimentos

Agradeço primeiramente à minha família, que me deu todo o suporte que precisei durante esses quatro anos de doutorado. Agradeço especialmente ao meu marido, Anderson, pelo companheirismo, compreensão, dedicação e apoio principalmente no período de estágio “sanduíche”, quando precisou “segurar as pontas” de tudo sozinho por um longo ano. Agradecimento especial também à Yuki, pois sem o companheirismo e a presença dela, constantemente no meu colo, os meses de escrita da tese teriam sido muito mais difíceis e solitários ☺.

Agradeço muito ao meu orientador, prof. José Palazzo Oliveira, que esteve sempre presente, me orientando no rumo certo a seguir e que, além de orientador, foi sempre um exemplo de profissionalismo e caráter que vou tentar seguir na minha carreira como professora daqui para frente. Gostaria de agradecer também à prof<sup>a</sup>. Amel Bouzeghoub, pelo grande apoio, orientação e amizade que me foi dedicado durante o estágio de doutorado “sanduíche”. Agradeço também à prof<sup>a</sup>. Renata Galante, pela grande ajuda no início do doutorado e acompanhamento e orientação nos primeiros semestres de desenvolvimento da tese.

Agradeço muito aos amigos que compartilharam comigo vários momentos de alegrias e angústias no desenvolvimento deste trabalho, em especial: Giseli Lopes, Isabela Gasparini, Daniel Lichtow, Leila Weitzel, Jonas Gassen e Alencar Machado, que foram praticamente minha família neste período. Além de todos outros colegas do laboratório 213, que me acompanharam nestes anos.

Agradeço muito às três instituições de ensino às quais estive vinculada neste período. Primeiramente à UFPel, que permitiu o meu afastamento para desenvolvimento deste trabalho e que apoiou minha qualificação. À UFRGS e todo pessoal técnico-administrativo, que oferecem apoio, na grande parte das vezes “invisível”, ao desenvolvimento do nosso trabalho. À TELECOM Sud-Paris, que me acolheu durante o período do doutorado “sanduíche”.

Agradeço também a todo o pessoal da Casa do Brasil, na França, e a todos os amigos que fiz no período de estágio sanduíche. Foram também minha família e segurança durante o ano de doutorado “sanduíche”.

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>10</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>11</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>12</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1 Objetivos e Etapas de Desenvolvimento.....	16
1.2 Principais Contribuições.....	17
1.3 Organização do Texto.....	17
<b>2 SENSIBILIDADE AO CONTEXTO.....</b>	<b>19</b>
2.1 Base Conceitual.....	19
2.1.1 Dados Relevantes para Análise de Contexto.....	21
2.1.2 Modelagem de Dados de Contexto.....	23
2.2 Sensibilidade à Situação.....	26
2.2.1 Gerência de Situação.....	28
2.2.1.1 Eventos.....	29
2.3 Trabalhos Correlatos.....	30
2.3.1 Abordagem Teórica e Lógica.....	30
2.3.2 Espaços Contextuais.....	31
2.3.3 Ontologias.....	32
2.3.4 Abordagens Probabilísticas.....	34
2.3.5 Análise dos Trabalhos Correlatos.....	34
2.4 Considerações Finais.....	35
<b>3 AMBIENTES DE APRENDIZAGEM NA WEB.....</b>	<b>37</b>
3.1 Introdução.....	37
3.2 Sistemas Hiperídia Adaptativos.....	38
3.2.1 A que Adaptar – Modelo do Usuário.....	39
3.2.2 O que Adaptar – Modelo de Adaptação.....	42
3.2.2.1 Adaptação de Conteúdo.....	43
3.2.2.2 Adaptação da Navegação.....	44
3.2.2.3 Adaptação da Apresentação.....	45
3.3 Objetos de Aprendizagem.....	45
3.3.1 Padronização LOM.....	47
3.4 Trabalhos Relacionados.....	48
3.4.1 Ontologias Voltadas a ELEs.....	49

3.4.2	Modelagem de Ambientes Educacionais Sensíveis ao Contexto .....	50
3.5	<b>Considerações Finais .....</b>	<b>52</b>
<b>4</b>	<b>DETERMINAÇÃO DAS SITUAÇÕES COM APOIO DE CENÁRIOS ...</b>	<b>53</b>
4.1	<b>Cenário Educacional .....</b>	<b>53</b>
4.2	<b>Análise do Cenário Educacional Apresentado .....</b>	<b>55</b>
4.3	<b>Situações de Aprendizagem e seus Fatores Dinâmicos.....</b>	<b>57</b>
4.3.1	Fatores Dinâmicos Relativos à Localização do Aluno .....	62
4.3.2	Fatores Dinâmicos Relativos ao Tipo de Tecnologia Usada .....	63
4.3.3	Fatores Dinâmicos Relativos ao Aproveitamento do Aluno .....	65
4.4	<b>Generalização da Análise Desenvolvida .....</b>	<b>66</b>
4.5	<b>Considerações Finais .....</b>	<b>67</b>
<b>5</b>	<b>MODELAGEM DO CONTEXTO.....</b>	<b>69</b>
5.1	<b>Modelagem dos Dados – Visão Geral .....</b>	<b>69</b>
5.2	<b>Definição de Rede de Ontologias.....</b>	<b>71</b>
5.3	<b>Projeto da Rede de Ontologias .....</b>	<b>73</b>
5.3.1	Rede de Ontologias do Domínio Educacional .....	74
5.3.2	Rede de Ontologias do Domínio Tecnológico .....	76
5.3.3	Ontologia do Aluno.....	78
5.3.4	Ontologia de Situação .....	79
5.3.5	Rede das Redes de Ontologias .....	80
5.4	<b>Desenvolvimento da Rede de Ontologias.....</b>	<b>84</b>
5.4.1	Estrutura Interna da Rede do Domínio Educacional .....	84
5.4.2	Estrutura Interna da Rede do Domínio Tecnológico.....	86
5.4.3	Estrutura Interna da Ontologia do Aluno e da Situação .....	87
5.5	<b>Considerações Finais.....</b>	<b>89</b>
<b>6</b>	<b>SITUAÇÕES DE APRENDIZAGEM.....</b>	<b>91</b>
6.1	<b>Formalização.....</b>	<b>93</b>
6.1.1	Formalização das Regras de Inferência.....	93
6.2	<b>Elementos de Contexto Instanciado.....</b>	<b>96</b>
6.2.1	Elementos de Contexto do Perfil Comportamental .....	97
6.2.2	Elementos de Contexto do Domínio Educacional .....	97
6.2.3	Elementos de Contexto do Domínio Tecnológico .....	98
6.3	<b>Identificação das Situações para Análise.....</b>	<b>99</b>
6.4	<b>Filtragem dos OAs e Adaptação.....</b>	<b>101</b>
6.5	<b>Análise das Situações.....</b>	<b>104</b>
6.6	<b>Considerações Finais.....</b>	<b>107</b>
<b>7</b>	<b>APLICAÇÃO DO MODELO - ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>109</b>
7.1	<b>Ambiente Educacional AdaptWeb® .....</b>	<b>109</b>
7.1.1	Motivação para Escolha do Ambiente.....	112
7.1.2	Análise de Viabilidade e Alterações Necessárias ao Modelo.....	113
7.2	<b>AdaptWeb® Sensível à Situação .....</b>	<b>113</b>
7.2.1	Metodologia de Desenvolvimento .....	114
7.2.2	Arquitetura Estendida .....	115
7.3	<b>Obtenção dos Elementos de Contexto e Tratamento do Ambiente para Extensão.....</b>	<b>117</b>
7.3.1	Sensoriamento dos Elementos de Contexto .....	120
7.3.2	Deteção dos Eventos .....	123
7.4	<b>Funcionamento Conjunto ao Módulo CONIC.....</b>	<b>124</b>
7.4.1	Lógica de Funcionamento .....	124
7.4.2	Lógica de Desenvolvimento.....	128
7.5	<b>Simulações Desenvolvidas.....</b>	<b>131</b>
7.6	<b>Análise Final das Simulações e do Estudo de Caso .....</b>	<b>135</b>
7.7	<b>Considerações Finais.....</b>	<b>136</b>

<b>8</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>137</b>
8.1	Contribuições.....	139
8.2	Trabalhos Futuros.....	141
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>145</b>
	<b>APÊNDICE A – DIAGRAMAS DA REDE DE ONTOLOGIAS .....</b>	<b>155</b>
	<b>APÊNDICE B – MÉTODOS PARA DETECÇÃO DE SITUAÇÃO .....</b>	<b>157</b>
	<b>ANEXO A – ESTRUTURA DE CONTEÚDOS DA DISCIPLINA TOCI-15</b>	<b>159</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHAM	<i>Adaptive Hypermedia Application Model</i>
AHAM-MI	<i>Adaptive Hypermedia Application Model – Multiple Inteligences</i>
AHS	<i>Adaptive Hypermedia Systems</i>
AIES	<i>Adaptive and Intelligent Educational Systems</i>
BD	Banco de Dados
CLUE	<i>Collaborative-Learning support-system with an Ubiquitous Environment</i>
CML	<i>Context Modeling Language</i>
CONIC	<i>Context Ontology Network for sItuation deteCtion</i>
DCMI	<i>Dublin Core Metadata Initiative</i>
DTD	<i>Document Type Definition</i>
EAD	Ensino a Distância
<i>e-learning</i>	<i>electronic Learning</i>
GLC	<i>Global Learning Consortium</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HTML	<i>Hyper Text Markup Language</i>
IA	Inteligência Artificial
ICAI	<i>Intelligent Computer Aided Isntruction</i>
IHC	Interação Humano-Computador
IMS	<i>Instructional Management System</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
ITS	<i>Intelligent Tutorial Systems</i>
LMS	<i>Learning Management System</i>
LOM	<i>Learning Object Metadata</i>
LTSC	<i>Learning Technology Standards Committee</i>
<i>m-learning</i>	<i>mobile Learning</i>
ORM	<i>Object-Role Modeling</i>

OWL	<i>Web Ontology Language</i>
OWL-DL	<i>Web Ontology Language – Description Logics</i>
OWL-S	<i>Web Ontology Language - Services</i>
<i>p-learning</i>	<i>pervasive learning</i>
PC	<i>Personal Computer</i>
PDA	<i>Personal Digital Assistant</i>
PHP	<i>Hypertext Preprocessor</i>
RDF	<i>Resource Description Framework</i>
SHA	Sistema Hiper <span>­</span> m <span>­</span> idia Adaptativo
SHASIM	Sistema Hiper <span>­</span> m <span>­</span> idia Adaptativo baseado em Semi <span>­</span> ótica e Intelig <span>­</span> encias M <span>­</span> ultiplas
SQWRL	<i>Semantic Query-Enhanced Web Rule Language</i>
SWRL	<i>Semantic Web Rule Language</i>
<i>u-learning</i>	<i>ubiquitous learning</i>
UDESC	Universidade do Estado de Santa Catarina
UEL	Universidade Estadual de Londrina
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
UNISINOS	Universidade do Vale dos Sinos
XML	<i>eXtreme Markup Language</i>
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>
WGS84	<i>World Geodetic System 84</i>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Visão geral do modelo desenvolvido.....	16
Figura 2.1: Sugestão de classificação dos tipos de contexto .....	22
Figura 2.2: Diferentes informações usadas para o modelo de contexto .....	24
Figura 2.3: Subespaço contextual.....	31
Figura 2.4: Exemplo de ontologia para sensibilidade à situação.....	32
Figura 2.5: Exemplo de ontologia para sensibilidade à situação.....	33
Figura 3.1: Taxonomia das técnicas de adaptação em hipermídias adaptativas.....	42
Figura 4.1: Fluxo do processamento sensível à situação.....	66
Figura 5.1: Detalhamento das fontes de dados de contexto que compõem o modelo....	69
Figura 5.2: Taxonomia de termos.....	70
Figura 5.3: Ontologia de topo DOOR .....	72
Figura 5.4. A rede das redes de ontologias de contexto .....	73
Figura 5.5. A rede de ontologias do Domínio Educacional .....	76
Figura 5.6. A rede de ontologias do Domínio Tecnológico .....	78
Figura 5.7. A ontologia do aluno .....	79
Figura 5.8. A ontologia de situação.....	80
Figura 5.9. Classes e relacionamentos da rede de ontologias desenvolvida.....	82
Figura 5.10. Relacionamento entre as instâncias na rede de ontologias .....	83
Figura 6.1. Generalização das situações de aprendizagem.....	92
Figura 6.2. Regra geral usada para definição da situação de aprendizagem .....	96
Figura 7.1. Arquitetura do AdaptWeb® .....	110
Figura 7.2. Geração dos arquivos XML .....	111
Figura 7.3. Arquitetura do ambiente estendido .....	115
Figura 7.4. DTD da Estrutura de Conceito da Disciplina.....	118
Figura 7.5. DTD da Estrutura do Conteúdo dos Conceitos .....	119
Figura 7.6. Sensoriamento da localização do usuário .....	121
Figura 7.7. Sensoriamento dos dados do dispositivo computacional .....	122
Figura 7.8. Armazenamento de evento relativo à troca de OA de tipo “conceito” .....	123
Figura 7.9. Estados desde a entrada do aluno no ambiente até o início da navegação. ....	125
Figura 7.10. Tela que lista as disciplinas disponíveis ao aluno .....	125
Figura 7.11. Tela para escolha da forma de navegação no conteúdo da disciplina.....	126
Figura 7.12. Tela com conteúdo da disciplina.....	127
Figura 7.13. Estados internos à navegação em uma disciplina .....	127
Figura 7.14. Generalização dos passos executados .....	128
Figura 7.15. Diagrama de classes do módulo de autoria estendido.....	129
Figura 7.16. Diagrama de classes do módulo de navegação estendido.....	130
Figura 8.1. Pirâmide metodológica.....	138

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Análise das técnicas para modelagem de contexto.....	25
Tabela 5.1: Propriedades de dado da rede de ontologias do Domínio Educacional.....	85
Tabela 5.2: Propriedades de objeto da rede de ontologias do domínio Educacional .....	86
Tabela 5.3: Propriedades de objeto das ontologias do domínio tecnológico.....	86
Tabela 5.4: Propriedades de dado das ontologias do domínio tecnológico.....	87
Tabela 5.5: Espaço de nomes da ontologia Aluno.....	87
Tabela 5.6: Propriedades de dado da ontologia Aluno.....	88
Tabela 5.7: Propriedades de objeto internas à ontologia Aluno .....	88
Tabela 5.8: Propriedades de objeto entre domínios.....	88
Tabela 6.1: Condições de ligação .....	95
Tabela 6.2: Relação dos elementos contextuais instanciados para análise.....	100
Tabela 6.3: Filtragem dos OAs de acordo com suas propriedades de dado .....	103
Tabela 6.4: Filtragem dos OAs de acordo com suas propriedades de objeto .....	104
Tabela 6.5: Situações analisadas e respectivas regras de filtragem.....	107
Tabela 7.1: Mapeamento entre os elementos educacionais e os dados do AdaptWeb®	120
Tabela 7.2: Elementos contextuais instanciados inicialmente usados nas simulações.	134
Tabela 7.3: Resultado das simulações realizadas .....	134

## RESUMO

Adaptação e sensibilidade ao contexto andam juntos em diferentes tipos de aplicações. A sensibilidade ao contexto não necessariamente implica em adaptação, mas para que um sistema sensível ao contexto possa guiar uma adaptação efetiva, precisa acompanhar a ocorrência de determinados eventos no sistema e reagir de forma adequada a estes eventos. Este caráter adaptativo tem sido buscado em sistemas Web, de forma a se comportarem de maneira personalizada em atendimento às necessidades particulares do usuário. Dentre uma diversidade de sistemas Web que se propõem a apresentar como diferencial caráter sensível ao contexto do usuário, este trabalho estuda um domínio de aplicação específico: os sistemas de educação adaptativos baseados na Web. Este domínio se mostra crítico, pois necessita ser personalizado tendo em vista um usuário não comum e com uma série de particularidades que devem ser levadas em conta: o aluno.

O objetivo principal deste trabalho é apresentar uma solução para o problema da adaptação de ações sensíveis às situações vivenciadas por alunos em um sistema de educação adaptativo baseado na Web. Este problema engloba diversas questões que são atualmente foco de pesquisa em áreas relacionadas à sensibilidade ao contexto, entre elas: (i) as formas de obtenção dos dados relativos ao contexto do aluno; (ii) a análise dos diferentes grupos e modelos de contexto que descrevem a situação em si, vivenciada pelo aluno no momento atual; (iii) as formas de avaliação e relacionamento dos dados de contexto do aluno, de forma a permitir inferência de sua situação atual.

Para este fim, foi desenvolvida uma solução capaz de auxiliar o funcionamento de sistemas de educação adaptativos, de forma a apresentarem caráter reativo à situação vivenciada pelo aluno. A solução desenvolvida consiste de um módulo de sensibilidade à situação, construído com o objetivo de analisar as diversas particularidades existentes no cotidiano atual do aluno, se mantendo útil a ele independentemente do seu local atual, do dispositivo computacional utilizado e da tarefa em curso, respeitando as características individuais do aluno. De acordo com a situação detectada, ações de adaptação são fornecidas à mídia adaptativa, com intuito de prover uma experiência educacional voltada às necessidades reais do aluno. Ao final, o funcionamento da solução proposta foi simulado em conjunto a um ambiente de ensino real, de forma a verificar sua aplicabilidade prática.

**Palavras-Chave:** situação, contexto, adaptação, sistemas de aprendizagem adaptativos.

# Situation-Awareness in Web-Based Learning Systems

## ABSTRACT

Adaptation and context awareness walk together in different kinds of applications. Context awareness doesn't imply necessarily in adaptation, but an adaptive system in order to guide an effective adaptation need to be aware about the occurrence of specific events and properly react to them. This adaptive character has been looked in web systems, in order to behave in a personalized way in attending the particular needs of the user. Among a variety of web systems that propose to present a context aware character, this work presents a case study in a specific application domain: web-based adaptive educational systems. This area is critical because the system needs to be customized in order to attend a not common user, with a variety of particularities that should be taken into account: the student.

The main objective of this work is to present a solution to the problem of adaptation of situation-aware actions lived by students in a web-based adaptive educational system. This problem involves several issues that are currently focus of research in areas related with context-awareness, like: (i) the ways of obtaining student's context data, which often lead to uncertain and ambiguous analysis (ii) the analysis of different groups and context models that describe the situation itself, experienced by the student at the present time, (iii) the ways of evaluating and correlating student's context data, to allow the inference of their current situation.

To this end, we developed a solution capable to assist the functioning of adaptive educational systems; in order to present a reactive character to the situations lived by the student. The solution consists on situation-aware module which aiming at evaluating the several particularities of the student's actual routine to remain useful to him, regardless of his current location, the computing device used, day of week and the ongoing task, respecting the individual characteristics of the student. According to the detected situation, adaptive actions are presented to the adaptive hypermedia, aiming at providing a better educational experience to the student. At the end of this work, the solution developed is tested with a real e-learning environment to verify its practical appliance.

**Keywords:** situation, context, adaptation, adaptive educational systems.

# 1 INTRODUÇÃO

Adaptação e sensibilidade ao contexto são temas que andam juntos em diferentes momentos. A sensibilidade ao contexto não necessariamente implica adaptação, mas um sistema adaptativo, em geral, precisa estar ciente da ocorrência de determinados eventos no sistema e reagir de forma adequada a estes eventos. Independentemente da aplicação, pode-se citar uma série de áreas que têm feito uso de adaptação e/ou sensibilidade ao contexto, sendo mais característico de aplicações autodenominadas móveis, pervasivas e/ou ubíquas.

Nestes tipos de sistemas a sensibilidade ao contexto é usada para manter o sistema consistente em termos de funcionamento (efetivo), e também mantê-lo capaz de proativamente perceber as melhores condições de ação e agir de acordo com esta percepção. Entretanto, a tarefa de adaptação é bastante complexa, uma vez que para determinar as alterações no contexto do ambiente muitas vezes não se avalia somente modificações isoladas, mas de vários aspectos combinados.

Com o crescimento da Internet e dos sistemas baseados na Web, cresce o interesse em fazer com que estes sistemas apresentem caráter adaptativo, sendo capazes de realizar análises a respeito do contexto atual de interesse do usuário e se adaptar em atendimento às necessidades particulares deste usuário. Por exemplo, se um usuário precisa comprar passagens de avião para chegar à determinada cidade, o sistema pode apresentar as melhores soluções de rota e de companhias para esta tarefa, analisando o contexto atual do usuário e traçando um plano coerente com suas necessidades. Neste enfoque, a aplicação deve avaliar diferentes dimensões no contexto do usuário, além de local e mobilidade, deve avaliar seus interesses, objetivos e necessidades.

A mobilidade e facilidade de acesso aos sistemas Web por meio de novas tecnologias, como *Tablets*, *SmartPhones* e PDAs (*Personal Digital Assistants*), tem também impulsionado estes avanços, onde o problema da mobilidade não necessariamente diz respeito ao dispositivo computacional utilizado, mas ao próprio usuário, que está em constante movimento e acessa ao ambiente Web em diferentes locais através de diversos tipos de dispositivos computacionais, móveis ou não. O desafio, neste caso, é personalizar a aplicação Web independentemente do contexto atual do usuário.

Em consequência dos avanços apontados, cresce também o uso e aplicação de sistemas Web adaptativos nas mais variadas áreas. Um exemplo delas é a educação, onde se percebe que o ensino tradicional, controlado pelo professor em sala de aula, vem cedendo espaço ao ensino a distância (EAD), o qual têm se apresentado cada vez mais flexível e personalizável às características e necessidades próprias de cada aluno e ao seu ritmo de vida.

Esta mudança na forma tradicional de ensino também tem apoio nos atuais avanços tecnológicos, materializados em novos dispositivos computacionais existentes no mercado. Essas tecnologias têm apresentado melhoria com relação ao acesso à Internet via rede de dados – redes 3G e, futuramente, 4G – o que facilita ainda mais o acesso à Internet por parte dos alunos, a qualquer tempo e em qualquer lugar. Além disso, a utilização destes dispositivos vem crescendo também por estarem cada vez mais acessíveis financeiramente, apresentando, mesmo os modelos mais simples, sistemas operacionais abertos, de última geração e com possibilidade de acesso à Internet via rede de dados.

Ainda com relação à disseminação da educação apoiada pelo uso de ambientes de ensino na Web (*e-learning environments* – ELEs), em levantamento apresentado no anuário de 2008 da ABRAEAD (Anuário Brasileiro Estatístico de Educação Aberta e a Distância), fica claro que a mídia impressa tem cedido espaço para a utilização do *e-learning*. O número de instituições que utilizam mídias em *e-learning* chega a 62,9%, próximo aos 77% das instituições que ainda utilizam mídias impressas. Ainda, a mesma pesquisa conclui que o modelo de interatividade preferido pelas instituições que utilizam *e-learning* é o de tempo real, e fóruns de discussões são o apoio tutorial *on-line* mais utilizado (62,9%), seguido pelas salas de bate-papo (58,6%) e pelo telefone (54,3%) (ABRAEAD, 2008).

Obviamente, não se defende neste trabalho que o EAD deva substituir o ensino presencial, mas sim que este possa funcionar como uma ferramenta poderosa para auxílio ao professor em suas tarefas didáticas. Neste aspecto, é importante se ter em mente que, nestes sistemas, está se lidando com um usuário não comum, isto é, que possui uma série de particularidades, preferências e limitações que devem ser levadas em conta no desenvolvimento e gerenciamento dos ELEs. Além disso, a questão motivacional do ambiente não pode ser esquecida, pois os alunos devem sentir-se interessados em utilizar o ambiente e interagir com ele.

Desta forma, no presente trabalho são tratados os temas adaptação e sensibilidade ao contexto no âmbito de sistemas Web – o que se entende como sinônimo de constante interação com o usuário final. Como existe uma diversidade de sistemas com foco na Web, este trabalho trata dos sistemas de educação adaptativos baseados na Web (ou ELEs adaptativos).

Neste tema, pesquisadores passaram a buscar formas de adaptar os ELEs de acordo com fatores relevantes a determinado grupo ou indivíduo que o acessa, buscando sua personalização. Palazzo et al. (2003a) define a adaptação como uma característica chave para melhoria do aproveitamento do ensino na Web, sendo o estudo personalizado uma das promessas mais significativas para o EAD. Neste foco, os Sistemas Hiperídia Adaptativos (SHAs ou, em inglês, *Adaptive Hipermedia Systems* – AHS) consistem de sistemas que constroem um modelo dos objetivos, preferências e conhecimento de um usuário em específico e utilizam este conhecimento modelado para adaptar a interação do sistema com este usuário (BRUSILOVSKY, 2001). Nestes sistemas, o grande responsável por guiar a adaptação é o conhecimento representado no **modelo do usuário**, o qual pode representar informações relativas ao seu conhecimento; objetivos; experiências adquiridas; e preferências (BRUSILOVSKY, 1999).

A adaptação baseada no modelo do usuário (ou, no caso do enfoque dado a este trabalho, modelo do aluno), presente em grande parte dos ELEs, diz respeito a uma adaptação guiada pelo contexto particular do aluno, que o diferencia pessoalmente dos

demais. Tradicionalmente, esta adaptação é concretizada na forma com que o conteúdo educacional é apresentado ao aluno, por exemplo, adaptando como e quais objetos de aprendizagem (OAs) são mostrados; ou na forma com que a navegação do aluno é possibilitada no ambiente educacional, adaptando a disposição dos *links* existentes; ou na forma com que o conteúdo é estruturado (BRUSILOVSKY, 2001; KOCH, 2001).

Neste trabalho, coloca-se como principal questão de pesquisa não o que deve ser adaptado nos ELEs, mas sim a que se deve adaptar, isto é, quais dados seriam relevantes para definição da adaptação dos ELEs. Atualmente, com os avanços tecnológicos e mobilidade dos alunos, colocados acima, seria suficiente adaptar o ambiente somente com relação ao modelo do usuário (ou do aluno)? Ou seria necessária uma ampliação do que é relevante para esta adaptação? Questões relativas à forma com que a adaptação é apresentada aos alunos também são tratadas no decorrer do trabalho.

Assim, defende-se que a análise mais ampla do contexto, que configura a **situação** vivenciada pelo aluno no tempo corrente, deva ser levada em consideração para adaptação do ELE. A situação do aluno consiste de seu estado atual e condições gerais enquanto acessa o ELE, as quais são válidas dentro de um intervalo de tempo específico.

Para se compreender a situação do aluno, diversas dimensões de contexto devem ser analisadas. Estas dimensões devem ser combinadas de maneira a fornecer resposta às perguntas: quem é o usuário (aluno); o que o usuário está fazendo (atividade); para quê (objetivo); onde (local); como (dispositivo); e quando (tempo). Responder estas perguntas é uma tarefa complexa para o sistema computacional, que precisa ter informação contínua de um conjunto grande de elementos contextuais para definir a situação do aluno.

Desta forma, as seguintes hipóteses de pesquisa são investigadas no presente trabalho:

- É possível modelar formalmente uma situação de forma a aperfeiçoar as características de adaptabilidade de um sistema Web.
- É possível realizar o mapeamento do modelo do domínio educacional; do modelo do aluno; do modelo físico e do modelo tecnológico, permitindo a geração de ações de adaptação que venham a auxiliar no funcionamento do ambiente educacional adaptativo.

Para desenvolvimento destas hipóteses de pesquisa, foi realizada a modelagem de um sistema sensível à situação capaz de ser alinhado a um sistema educacional existente, estendendo assim suas funcionalidades. Para o desenvolvimento deste modelo, o contexto que representa a situação vivenciada pelo aluno foi considerado tendo em vista os elementos contextuais possíveis de serem obtidos (de forma automática ou não) em um ELE.

A Figura 1.1 apresenta uma visão abstrata dos elementos de contexto relevantes para o desenvolvimento da modelagem realizada. Esta modelagem foi implementada na forma de um protótipo, com objetivo de analisar seu funcionamento. O funcionamento do protótipo foi simulado utilizando-se um ambiente real de ensino na Web, para testes.

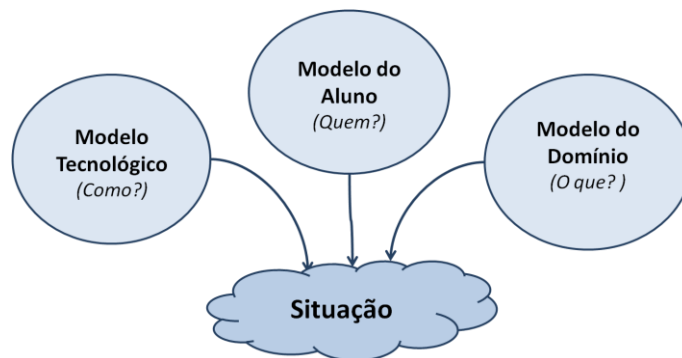


Figura 1.1: Visão geral do modelo desenvolvido

## 1.1 Objetivos e Etapas de Desenvolvimento

Tendo-se comprovada as hipóteses de pesquisa, este trabalho tem como objetivo apresentar uma solução para o problema da adaptação de ações sensíveis às situações vivenciadas por alunos em um ambiente educacional adaptativo baseado na Web (ELE adaptativo). Este problema engloba, direta ou indiretamente, diversas questões que são atualmente foco de pesquisa em áreas relacionadas ao desenvolvimento de sistemas sensíveis ao contexto: (i) as formas de obtenção dos dados relativos ao contexto do aluno; (ii) a análise dos diferentes grupos e modelos de contexto que descrevem a situação em si, vivenciada pelo aluno no momento atual; (iii) as formas de avaliação e relacionamento dos dados de contexto do aluno, de forma a permitir inferência de sua situação atual.

Ao final, espera-se fornecer um modelo e protótipo que sejam utilizados de forma a prover uma experiência educacional voltada às necessidades reais do aluno. Consequência da modelagem de diferentes ações de adaptabilidade aplicadas à situação sendo vivenciada.

As etapas a serem cumpridas para atingir o objetivo descrito são as seguintes:

- Definição dos principais conceitos no escopo da tese, relacionados à sensibilidade à situação, eventos e contexto.
- Levantamento dos dados necessários para compor uma situação e uma situação de aprendizagem.
- Estudo dos ELEs, suas metodologias de desenvolvimento, dados gerenciados, navegabilidade nos conteúdos didáticos e restrições.
- Definição de cenários educacionais que expressem as formas de adaptabilidade dos ELEs apoiada pela sensibilidade à situação do aluno.
- Definição do modelo de contexto sensível à situação, explorando as técnicas usadas para representação interna e modelagem dos elementos de contexto, além de métodos para interpretação dos dados.
- Análise de como explorar o conhecimento da situação atual do estudante na tarefa de adaptação do ELE.
- Estudo da aplicabilidade do modelo desenvolvido em um ambiente real e simulação de seu funcionamento.



## 1.2 Principais Contribuições

As principais contribuições desta tese são identificadas abaixo e detalhadas no Capítulo de Conclusões, onde são ligadas às publicações obtidas com o trabalho desenvolvido:

- Estudo teórico e definição dos conceitos relacionados ao tema sensibilidade ao contexto e situação, assim como dos elementos que compõem uma situação, na forma de cenários de aplicação.
- Definição de um modelo de situações de aprendizagem em alto nível a partir de um cenário educacional prático, visando sua aplicação.
- Com base no conhecimento compartilhado no meio educacional e tecnológico (MUÑOZ, 2004; IEEE, 2002; W3C, 2003; CHEN, 2003; FELDER; BRENT, 2005) definição de um modelo para gerência de situações de aprendizagem, na forma de uma rede de redes de ontologias, construída a partir do mapeamento do modelo do aluno, do modelo do domínio educacional e do modelo tecnológico.
- A partir do conhecimento compartilhado representado em ontologias de situação (BAUMGARTNER et al., 2010; MATHEUS et al., 2005), definição de uma ontologia de situação genérica e sua construção internamente à rede de ontologias de contexto desenvolvida.
- Definição formal de uma situação de aprendizagem e seu mapeamento voltado à representação prática de situações do dia-a-dia a partir da análise dos elementos de contexto instanciados relevantes para análise de situação e filtragem de OAs para adaptação. Definição e teste das regras de inferência relativas às situações modeladas.
- Definição de uma arquitetura de compartilhamento de dados entre a rede de ontologias de contexto definida e um ambiente real de aprendizagem na Web, assim como testes e simulações práticas com dados reais do repositório de dados do ambiente utilizado.

## 1.3 Organização do Texto

O conteúdo desta tese está estruturado da seguinte forma:

- O Capítulo 2 apresenta a base conceitual relacionada à área de Sistemas Sensíveis ao Contexto e Situação, contendo conceitos relativos à situação, contexto, modelagem e gerência de dados de contexto. Ao final do capítulo, várias abordagens correlatas para tratamento de contexto situacional são apresentadas.
- O Capítulo 3 descreve a base conceitual estudada neste trabalho relacionada aos ELES, ambiente fim do estudo desenvolvido. Os conceitos abordados se referem à base para desenvolvimento destes ambientes, como conceitos a respeito dos modelos cognitivos, projetos instrucionais e OAs eletrônicos. Ao final, trabalhos correlatos ao tema desta tese são apresentados.
- O Capítulo 4 introduz a pesquisa em si desenvolvida nesta tese, apresentando a visão tratada a respeito de situação e situação de aprendizagem. A aplicação do

conceito de situação em ambientes de aprendizagem na Web é explorada por meio de um cenário prático de aplicação, explicitando os aspectos dinâmicos em cada situação vivenciada pelo aluno e como a análise da situação corrente pode auxiliar na adaptação do ambiente educacional.

- O Capítulo 5 apresenta a modelagem de contexto desenvolvida nesta tese. O modelo foi criado a partir do estudo dos dados relevantes para análise de contexto da situação do aluno, desenvolvido no Capítulo 4. Neste, cada fonte de dados usada para descrição da situação do aluno é explicada em detalhe. O modelo é desenvolvido na forma de uma rede de ontologias, apresentada neste capítulo.
- O Capítulo 6 explora as situações de aprendizagem tratadas neste trabalho, tendo como base os elementos contextuais identificados no Capítulo 4 e o modelo de contexto definido no Capítulo 5. Primeiramente, o capítulo apresenta uma análise dos elementos contextuais válidos dentro das situações de aprendizagem tratadas. Em seguida, essas situações são formalizadas e regras de filtragem específicas para cada uma delas são apresentadas.
- O Capítulo 7 aplica o modelo de situação desenvolvido em um ELE real, de forma a verificar a viabilidade de sua utilização prática. O capítulo apresenta os passos executados, desde verificação de aplicabilidade do modelo ao ambiente educacional, passando pelas alterações necessárias ao ambiente e ao modelo, e finalizando com as simulações desenvolvidas.
- O trabalho é finalizado no Capítulo 8, onde as conclusões, contribuições e os trabalhos futuros são apresentados.

## 2 SENSIBILIDADE AO CONTEXTO

A sensibilidade ao contexto busca analisar e descrever o comportamento de um sistema de acordo com as mudanças que ocorrem em seu interior. Sistemas sensíveis ao contexto se dispõem a apresentar caráter proativo às modificações ocorridas, adaptando-se a elas. A tarefa de adaptação é bastante complexa, uma vez que para determinar as alterações no contexto do ambiente muitas vezes não são avaliadas modificações isoladas, mas de vários aspectos combinados. Este capítulo define o tema geral sensibilidade ao contexto, iniciando pelos seus conceitos básicos: sensibilidade e contexto e finalizando na subárea central neste estudo, a sensibilidade à situação. No decorrer do capítulo, diversas formas de representação, tratamento e gerência de contexto são apresentadas, com base em diferentes áreas do conhecimento.

### 2.1 Base Conceitual

O termo sensibilidade, em inglês *awareness*, trata da capacidade de um sistema de perceber ou estar ciente da ocorrência de eventos, objetos ou padrões de sensores existentes ao redor. Do ponto de vista das interações entre agentes e o ambiente, é definido simplesmente como o conhecimento a respeito do estado de algum ambiente, limitado no tempo e no espaço (GUTWIN, 1997). O termo **sensibilidade** usado isoladamente ou em conjunto com **contexto** possui basicamente o mesmo significado, como será constatado após a definição de contexto. A questão é que o conceito de sensibilidade ao contexto explora a conhecimento do estado atual de funcionamento do sistema, de tudo que o cerca e influencia suas ações e comportamento.

Segundo Dey e Abowd (1999), em uma situação normal do dia-a-dia, onde duas pessoas conversam, elas podem utilizar explicitamente informações sobre tudo que acontece ao seu redor (contexto) para melhorar a forma com que a interação entre elas ocorre. Infelizmente, isto não se aplica na interação entre humanos e computadores, uma vez que computadores não estão habilitados a explorar o contexto durante a interação com humanos. Desta forma, definir contexto no âmbito de sistemas computacionais se torna uma tarefa delicada, pois este precisa ser tratado em um nível de detalhamento que permita seu processamento interno no sistema computacional sendo desenvolvido.

De forma simples, pode-se entender que contexto se trata de tudo o que ocorre ao redor do usuário e que influencia na forma com que este interage com o ambiente físico e com as outras pessoas. Uma definição abrangente de contexto é dada em (DEY; ABOWD, 1999; PREKOP; BURNETT, 2003), os quais definem contexto como “qualquer informação que possa ser usada para caracterizar a situação de uma entidade”. Entidade entende-se por qualquer pessoa, lugar ou objeto considerado relevante na interação entre o usuário e a aplicação. Já Chen e Kotz (2000) definem

contexto de uma forma mais específica, como o conjunto de estados do ambiente que determina o comportamento da aplicação ou algum comportamento apresentado pela aplicação que seja interessante para o usuário.

Além de contexto, Santos (2008) determina o conceito de **elemento contextual**, definido como qualquer dado, informação ou conhecimento que permite caracterizar uma entidade em um domínio. A autora relaciona o elemento contextual com o contexto, determinando que o contexto da interação entre um agente e uma aplicação, para executar alguma tarefa, consiste do conjunto de elementos contextuais instanciados que são necessários para apoiar a tarefa atual.

Segundo Schilit, Adams e Want (1994), três aspectos são importantes para avaliação do contexto: quem é o usuário, com quem ele está e quais recursos estão próximos no momento. Um detalhe importante se refere aos recursos, podendo estes se referir a pessoas, salas, equipamentos, acontecimentos, entre outros. Dey (2000) ainda coloca a importância de se avaliar, além de quem são os usuários do sistema, onde os usuários estão, quando e o que estão fazendo (quais são as suas atividades), sendo estas questões necessárias para que o sistema possa determinar porque uma situação está ocorrendo. Segundo mesmo autor, o sistema não determina o motivo de uma determinada situação, mas sim o projetista, que utiliza informações de contexto para determinar o porquê da ocorrência de uma situação, usando informações de contexto para projeto das ações a serem desempenhadas pela aplicação.

Desta forma, a definição de contexto e o discernimento do comportamento desejável por parte do sistema, em reconhecendo o contexto corrente, é tarefa inicial para desenvolvimento de sistemas sensíveis ao contexto (*context-aware*). Sistemas sensíveis ao contexto são definidos como sistemas que utilizam contexto para prover informações e/ou serviços relevantes ao usuário, onde a relevância depende das tarefas desempenhadas pelo usuário (DEY, 2001). Além de serem dependentes do contexto do usuário, sistemas sensíveis ao contexto precisam necessariamente estar aptos a entender e a reagir de forma ativa aos eventos que ocorrem ao seu redor. Eventos dizem respeito a todas as ocorrências de modificação relevantes ao contexto corrente, podendo aqui o termo ‘contexto’ se referir a dados geográficos, comportamentais, entre outros.

Aplicações sensíveis ao contexto consistem de uma classe de aplicações, relativamente nova, as quais exigem que o sistema se adapte de acordo com a localização do usuário, a coleção de pessoas próximas a ele, os *hosts* e dispositivos próximos e as mudanças que ocorrem entre estas entidades (SCHILIT; ADAMS; WANT, 1994). Entretanto, não se pode tratar qualquer aplicação que considera informações relevantes do usuário como sensível ao contexto, mas apenas aquelas que são *principalmente* guiadas pelo contexto do usuário (BROWN; BOVEY; CHEN, 1997). Dessa forma, o conceito apresentado em (DEY; ABOWD, 1999; PREKOP; BURNETT, 2003) parece mais sintético, onde os autores definem aplicação sensível ao contexto como uma aplicação que usa o contexto de uma entidade para modificar o seu comportamento de forma a atender adequadamente o usuário.

Considerando as definições descritas acima e a natureza da pesquisa apresentada neste trabalho, a qual trata o contexto de uma forma centrada no aluno, adota-se aqui um conceito particular de contexto, que seria: *todos os dados que influenciam e são influenciados pelo usuário*. Adota-se também o conceito de elemento contextual definido por Santos (2008), onde um elemento contextual pode ser um dispositivo

computacional, um local (sala, prédio, laboratório), um objetivo ou uma intenção, isto é, um elemento de contexto bruto.

### 2.1.1 Dados Relevantes para Análise de Contexto

Com relação aos dados que são pertinentes para definição do contexto de execução e do usuário, pode-se dividir o contexto em dois grupos (PREKOP; BURNETT, 2003): os de dimensões externas, onde os dados buscados são relativos às informações do ambiente em si, como informações de sensores; e de dimensões internas, em que as informações relativas ao usuário são mais importantes, como tarefas, objetivos e atividades executadas.

Esta divisão pode ser aplicável em uma visão inicial, mas é extremamente simples tendo em vista a heterogeneidade dos trabalhos que estudam o contexto. Assim, entende-se que é necessário criar uma classificação de contexto de acordo com os diversos enfoques práticos dados. Segundo Prekop e Burnett (2003), trabalhos pioneiros em computação ciente de contexto tratam o local em que a aplicação está sendo executada como aspecto chave para adaptação. Como exemplo, cita-se o trabalho descrito em (SCHILIT; ADAMS; WANT, 1994), que é geralmente tratado como *location-aware*, pois a sensibilidade ao contexto é guiada de acordo com a alternância da localização onde a aplicação é executada. Trabalhos mais recentes utilizam dados vindos de sensores para guiar a adaptação, como luminosidade, proximidade a outros objetos, temperatura, entre outros. Estes já são tratados de uma forma mais ampla, como *context-aware*. Ainda em (PREKOP; BURNETT, 2003), o contexto ganha outra visão, sendo tratado como *activity-centric*, onde os autores focam nos elementos de contexto que envolvem o desenvolvimento de uma atividade por um agente. Neste caso, as aplicações são também sensíveis ao contexto, mas suportam a definição de atividades mais complexas dentro do ambiente.

No projeto CLUE (OGATA; YANO, 2004), os autores associam a ubiquidade do ambiente à sensibilidade ao conhecimento dos integrantes do ambiente, usando para isto o termo *knowledge awareness* (sensibilidade ou ciência de conhecimento). O projeto é voltado aos ambientes de aprendizagem ubíqua (*u-learning*), e diz que apesar de um ambiente de computação ubíqua permitir que as pessoas aprendam em qualquer lugar, o principal desafio é apresentar aos aprendizes a informação certa, na hora certa e da forma certa (FISCHER, 2001; OGATA; YANO, 2004), daí a presença do termo *knowledge awareness*.

Atualmente, uma denominação que tem sido muito utilizada é a de aplicações *situation-aware*. Segundo Anagnostopoulos, Ntarladimas e Hadjiefthymiades (2006) aplicações *situation-aware* podem ser consideradas como uma particularização de *context-aware*, onde situações são vistas como contextos logicamente inter-relacionados. Neste enfoque, o raciocínio e a modelagem de determinadas situações faz com que as situações sejam classificadas, permitindo sua organização na forma de contextos pré-estabelecidos. Esta nova forma de tratar a adaptação ao contexto tem sido adotada em vários trabalhos, pois através dela objetiva-se pré-determinar possíveis situações pelas quais o usuário deve passar no ambiente.

Quanto melhor o tratamento dado ao contexto, mais complexas são as atividades permitidas dentro do ambiente. Aplicações iniciais eram simples, lidavam apenas com mudanças de localização e de temperatura. Agora, por exemplo, as aplicações já procuram se adaptar às intenções do usuário, buscando modelar todo o seu cenário de

atuação. De acordo com as diferentes abordagens dadas para contexto nos trabalhos analisados, a Figura 2.1 sumariza as abordagens apresentadas, tendo como ponto de partida a divisão existente entre dimensões de contexto externas e internas (PREKOP; BURNETT, 2003).

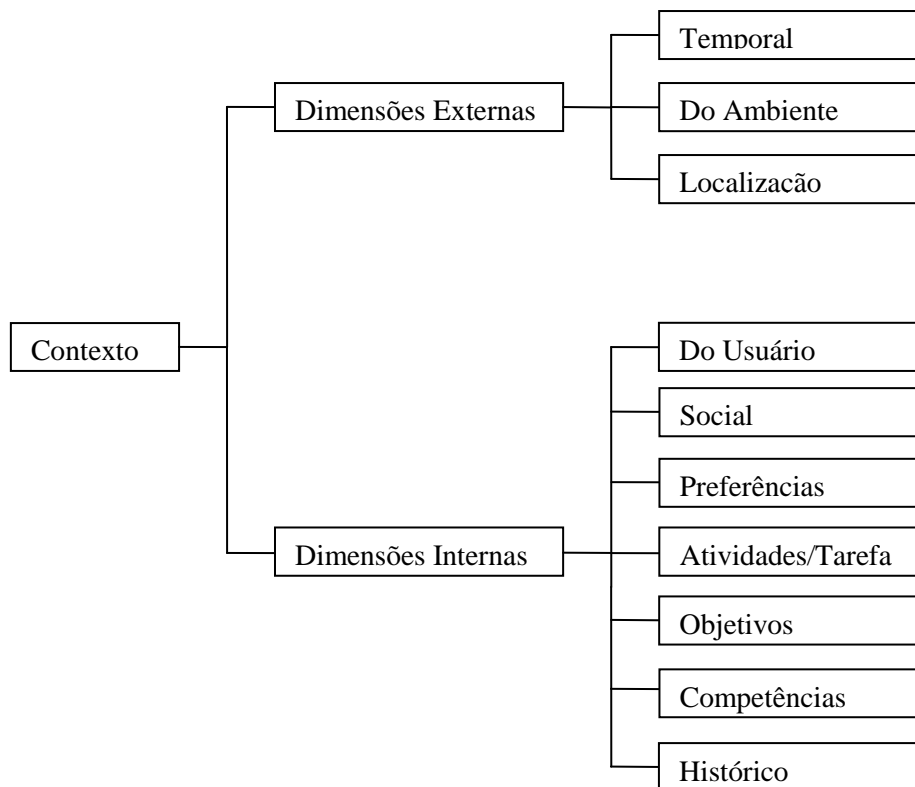


Figura 2.1: Sugestão de classificação dos tipos de contexto

Na Figura 2.1, o contexto é primeiramente dividido em contexto de dimensões externa e interna. O contexto de dimensão externa pode ser dividido da seguinte forma:

- **Temporal** - consiste de informações relativas ao tempo ou instante em que determinada instância de contexto ocorre. Pode ser tratado em função de início/fim de determinada situação ou evento ocorrido no contexto do ambiente. É definido como contexto externo por poder ser independente da ação do usuário. A sua granularidade é variável.
- **Do Ambiente** - consiste de elementos específicos do ambiente em questão, como temperatura, espaço físico ocupado (tamanho), umidade, condições de operação.
- **Localização** - se refere a elementos de contexto específicos de localização. A localização é definida como contexto externo pelo mesmo motivo do contexto Temporal, no qual a localização não se refere necessariamente ao usuário, mas a qualquer recurso relevante ao sistema.

O contexto de dimensão interna pode ser definido da seguinte forma:

- Do Usuário – se refere a elementos de contexto que identificam o usuário e que não variam continuamente no tempo.
- Social – dita o contexto social do usuário no ambiente. Os contextos sociais variam de acordo com a aplicação em questão, por exemplo, em um ambiente de aprendizagem o contexto social pode definir se um usuário é professor ou aluno, ou ainda sua relação com os demais usuários.
- Preferências – define quais as preferências do usuário, isto é, dependendo da aplicação em questão, quais itens são preferidos pelo usuário, em detrimento de outros. Seguindo o exemplo de aprendizagem, as preferências podem determinar quais tipos de OAs são preferidos pelo aluno durante o seu aprendizado. Por exemplo, o aluno pode preferir assistir a um vídeo explicativo ao invés de ler algum texto ou manual para aprender determinado tópico.
- Atividades ou Tarefas – definem as atividades ou tarefas que um usuário necessita seguir para atingir determinado objetivo. Pode ser uma sequência de cursos que um aluno deve fazer para finalizar um módulo de aprendizagem, ou a sequência de tarefas que um professor precisa atribuir aos alunos até o final do semestre.
- Objetivos – são os objetivos finais do usuário de acordo com determinado conjunto de tarefas definidas. Um usuário pode ter mais de um objetivo em um mesmo ambiente, dependendo dos outros contextos em que está inserido.
- Competências – ou conhecimentos, significam as aptidões do usuário para determinada área ou atividade.
- Histórico de Acessos – possui natureza um pouco distinta dos demais tipos de contexto. Descreve as últimas ações desempenhadas pelo usuário no ambiente. Pode ser usado em conjunto com outras dimensões de contexto como, por exemplo, tempo e localização, auxiliando na definição de novos contextos.

### **2.1.2 Modelagem de Dados de Contexto**

Para começar este estudo, primeiramente será feito um apanhado geral sobre os dados de contexto que precisam ser modelados. Isto é necessário para melhor compreensão dos modelos para representação dos dados de contexto. Na sequência, os modelos serão tratados mais especificamente.

Tendo em vista ambientes sensíveis ao contexto, de uma forma geral, Jameson (2001) realiza uma reflexão interessante sobre os aspectos a serem modelados, iniciando com um modelo simples de contexto, levando apenas em consideração informações sobre o ambiente, chegando até um modelo complexo, onde são levados em conta aspectos de ambiente (dados a respeito de local); de estado do usuário (estado cognitivo atual e psicológico); do comportamento do usuário em relação a sua atuação no sistema; e de longa duração, como características pessoais (idade, profissão), nível de conhecimento, nível de interesse em tópicos particulares, suas habilidades e limitações.

Após este levantamento sobre o que deve ser considerado para modelagem de ambientes sensíveis ao contexto, Jameson (2001) chega ao modelo genérico apresentado

na Figura 2.2, onde um sistema qualquer  $S$  adapta o seu comportamento de acordo com o contexto do usuário  $U$ . Na Figura, as caixas inferiores representam variáveis de contexto analisadas para a adaptação, o círculo representa a tomada de decisão de acordo com as variáveis analisadas e o losango representa a conclusão se determinada decisão tomada no ambiente  $S$  é útil para o usuário  $U$ . Ainda na Figura 2.2, as setas sólidas representam influência causal e as setas tracejadas representam que a variável é levada em consideração para a decisão da adaptação de  $S$ .

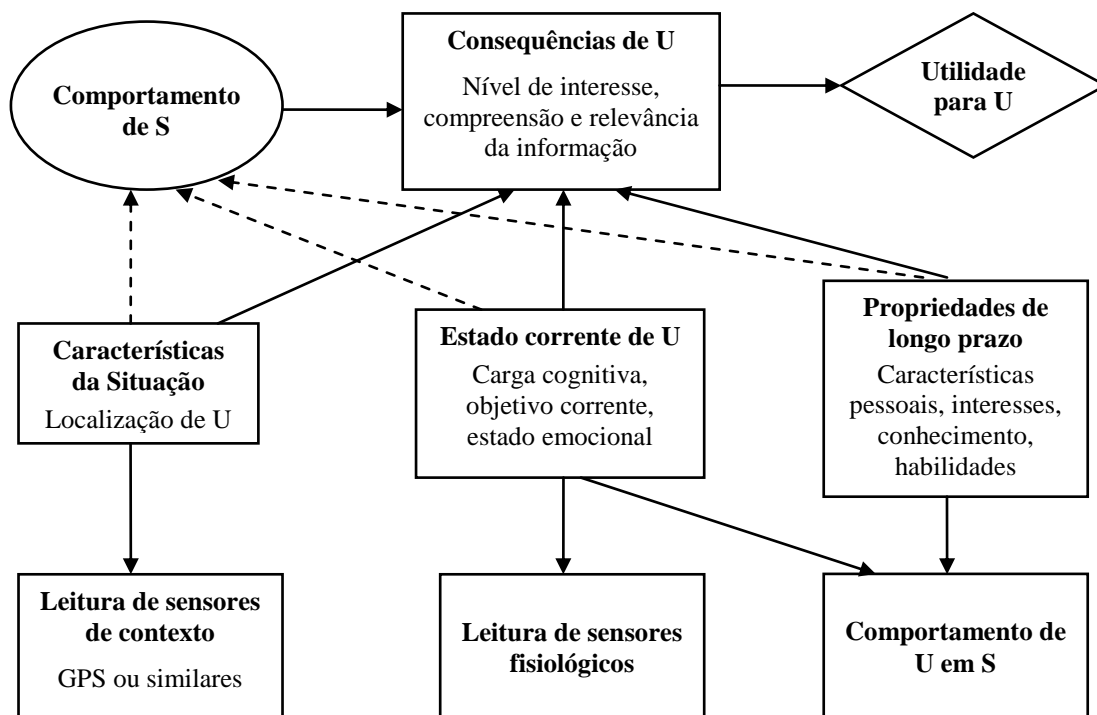


Figura 2.2: Diferentes informações usadas para o modelo de contexto  
Fonte: adaptado de JAMESON, 2001

Segundo Moore et al. (2007) o objetivo da modelagem de contexto é modelar entidades que combinam entre si, para ser possível a criação dos relacionamentos existentes entre elas. Devido à diversidade de variáveis colocadas na análise de Jameson (2001) é possível imaginar a complexidade do desenvolvimento de sistemas sensíveis ao contexto, pois, nestes ambientes, a concepção da modelagem a ser utilizada deve ser coerente com o tipo de técnica a ser aplicada para tratamento do problema da adaptação.

Fazendo um estudo dos tipos de modelagem aplicados na prática para o desenvolvimento de sistemas sensíveis ao contexto, buscou-se focar especificamente na estrutura de dados aplicada para representação interna dos dados de contexto, mostrando como estes dados se relacionam para a adaptação. Neste enfoque, destacam-se três trabalhos desenvolvidos com o intuito de servir como *surveys* relativos ao tema “modelagem de contexto”. Dois deles serão explicados em conjunto, devido à grande relação entre eles, enquanto que o terceiro será apresentado em seguida.

Um primeiro foi escrito por Strang e Linnhoff-Popien (2004), onde são identificadas seis diferentes abordagens para modelagem de contexto: modelos baseados em pares valor-chave, modelos baseados em esquemas de marcação, modelos gráficos, modelos orientados a objetos, modelos baseados em lógica e modelos baseados em ontologias. O segundo, escrito por Moore et al. (2007), referencia Strang e Linnhoff-Popien (2004),



identificando uma abordagem a mais para modelagem de contexto: os modelos baseados em aprendizagem de máquina.

Relacionado a estes dois primeiros trabalhos, serão apresentados aqui somente os resultados. Na Tabela 2.1 é apresentado o comparativo final, onde as colunas apresentam as métricas usadas para análise dos modelos e as linhas apresentam as técnicas avaliadas. O sinal de (-) significa limitação do modelo para atendimento das requisições necessárias à métrica referente, e o sinal de (--) significa limitação ainda maior do modelo para atendimento da métrica. Por exemplo, modelos baseados em lógica são colocados como fracos com relação à validação parcial (-), dada a dificuldade imposta por ser um modelo altamente coeso e complexo, levando a ocorrência de erros durante validação parcial, e são colocados como realmente problemáticos com relação à aplicação aos ambientes ubíquos existentes na época da pesquisa dos autores (--), devido à complexidade de desenvolvimento de *reasoners* totalmente lógicos. Já as identificações (+) e (++) significam maior atendimento às requisições da métrica. Para maiores detalhes a respeito da análise completa realizada pelos autores, recomenda-se a leitura dos artigos.

Tabela 2.1: Análise das técnicas para modelagem de contexto

<i>Modelos</i>	<i>Métricas</i>					
	Composição distribuída	Validação parcial	Qualidade das informações	Dados incompletos	Formalidade	Aplicabilidade
Pares Valor-Chave	-	-	--	--	--	+
Esquemas de Marcação	+	++	-	-	+	++
Gráficos	--	-	+	-	+	+
Orientados a Objetos	++	+	+	+	+	+
Baseados em Lógica	++	-	-	-	++	--
Baseados em Ontologias	++	++	+	+	++	+
Aprendizagem de Máquina	+	+	-	++	++	--

Fonte: STRANG, LINNHOFF-POPIEN, 2004; MOORE et al., 2007

A conclusão final obtida pelos autores é que as ontologias apresentam estrutura mais promissora para utilização na modelagem de ambientes ubíquos. Moore et al. (2007) ainda coloca que a *Web Semântica* pode ser usada nos modelos baseados em ontologias para auxílio no critério de aplicabilidade a ambientes existentes, que apresenta resultado relativamente fraco na análise acima. Ainda no critério de aplicabilidade, *web services* são também sugeridos para utilização nos demais modelos de contexto.

O terceiro trabalho, mais recente, que trata sobre a modelagem de dados de contexto é o de Bettini et al. (2010). Neste, os autores discutem o problema com uma abstração diferente, mais alta, falando de forma mais ampla a respeito das formas para modelagem de contexto. Assim, focam centralmente em três técnicas:

- **Object-Role Modeling (ORM)** – modelo que possui suas raízes nas técnicas de modelagem de bases de dados. No *survey*, os autores dão ênfase à linguagem CML (*Context Modeling Language*), onde o ORM é apontado como um modelo que permite o mapeamento simples de sua representação a outros modelos, como o relacional, e também a representação de uma variedade de

restrições, importantes à modelagem de contexto (HENRICKSEN; INDULSKA; RAKOTONIRAINY, 2003).

- **Modelos Espaciais** – modelagens nas quais o espaço é considerado como questão principal para modelagem do contexto. Não faz referência somente às aplicações *location-aware*, mas a todas que utilizam o espaço como dimensão de contexto. Com relação à abstração de contexto centrada na situação vivida pelo usuário, a resposta à pergunta “Onde você está?” é a de maior importância para contextualização. Dessa forma, técnicas de *reasoning* são aplicadas sobre elementos de contexto de forma a determinar a localização do usuário, assim como realizar avaliações sobre seu entorno.
- **Ontologias** – os autores destacam as ontologias como mais adequadas para representação do conhecimento. Destacam como vantagens da sua utilização: expressividade; fornecimento de uma semântica formal para representação dos dados; grande quantidade de ferramentas disponíveis para *reasoning*. Como desvantagem, destacam: dificuldade para representação do tempo; dificuldade para representar contextos complexos em OWL-DL (*Ontology Web Language – Description Logics*); problema do desempenho para *reasoning* em OWL-DL.

## 2.2 Sensibilidade à Situação

Como introduzido na seção anterior, sensibilidade à situação tem surgido como foco de pesquisa internamente ao estudo dos sistemas sensíveis ao contexto, tratando o contexto com foco central na situação vivenciada pelo usuário. Apesar de ter ganhado ênfase recentemente devido às pesquisas realizadas no âmbito de sistemas pervasivos e ubíquos, os conceitos de situação e sensibilidade à situação têm sido estudados há longo tempo, sendo bem definidos nas áreas de filosofia e ciências cognitivas. Uma teoria de situação é proposta por Barwise e Perry (1983) para a descrição formal de situações do dia-a-dia. Mais perto de sua aplicação à Ciência da Computação, McCarthy (1993) propõe o cálculo de situações, o qual permite a descrição de situações como objetos formais.

Existem muitas definições para situação e sensibilidade à situação, de forma que aqui são apresentados conceitos voltados especificamente à sensibilidade à situação no âmbito de sistemas computacionais. Como o termo ‘situação’ vem sendo usado de forma muito relacionada ao termo ‘contexto’ e ‘sensibilidade ao contexto’, que por sinal é a forma adotada nesta tese, optou-se por listar primeiramente uma série de definições mais antigas de situação e não relacionadas ao tema ‘contexto’:

- É a consciência adaptativa a objetivos externamente definidos. Sensibilidade à situação especifica o que deve ser conhecido para solução de uma classe de problemas existentes quando se interage com ambientes dinâmicos (SMITH; HANCOCK, 1995).
- Consiste da acessibilidade a uma representação compreensiva e coerente de uma situação, a qual está continuamente sendo atualizada de acordo com os resultados de acessos recorrentes a esta situação (SARTER; WOODS, 1991 apud FLACH, 1995).
- O conhecimento momentâneo requerido para operar ou manter um sistema (ADAMS et al., 1995 apud GUTWIN, 1997).

- Tudo que está acontecendo ao redor e o que é significativo para este conhecimento (ENDSLEY, 2000).
- Consiste da percepção dos elementos do ambiente com respeito a tempo e/ou espaço, a compreensão de seus significados e a projeção do seu estado após a variação de alguma variável como, por exemplo, tempo<sup>1</sup>.

Relacionando conceitos mais voltados a área de sensibilidade ao contexto, abaixo estão listadas outras definições do termo sensibilidade à situação:

- Conjunto de características do contexto que são invariáveis em um determinado intervalo de tempo (WEIßENBERG et al., 2006).
- Conjunto de contextos, sobre um período de tempo, que afeta o comportamento futuro do sistema (BOUZEGHOUB et al., 2006).
- Conjunto de objetos inter-relacionados, possuindo uma localização no tempo e no espaço e sendo relacionado a outros objetos do espaço (BAUMGARTNER; RETSCHITZEGGER, 2006).
- Sequência de contextos com uma característica invariante em determinado tempo, representada por:

$$S = (t_{início}, t_{fim}, CS)$$

Onde:

$t_{início}$  é o tempo de início da situação,

$t_{fim}$  é o tempo de fim da situação, e

$CS$  é o conjunto de características invariantes no dado intervalo de tempo (MEISSEN, et.al., 2004).

- Uma abstração de um padrão de observações feita por um sistema, como uma rede de sensores (CARDELL-OLIVER; LIU, 2010).

Após análise das várias definições existentes, assume-se neste trabalho o seguinte conceito de situação:

*Uma **situação** consiste da interpretação de um conjunto de elementos de contexto instanciado, relacionando cada um de forma a prover alguma informação válida em um intervalo de tempo específico.*

De forma mais simples, uma situação identifica o contexto válido em determinado intervalo de tempo, o qual representa um estado específico do usuário – sua situação. Um exemplo de situação pode ser a de um aluno, sentado em um trem, entre as 11h15 e 12h da manhã, usando seu PDA para ler algum material disponível da disciplina de cálculo. O aluno irá permanecer nesta mesma situação por um tempo específico, e a sua situação restará inalterada até a ocorrência de um evento, que pode ser, por exemplo, a chegada do aluno ao seu destino final.

---

<sup>1</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Situation\\_awareness](http://en.wikipedia.org/wiki/Situation_awareness)

Para formar uma situação, os elementos contextuais instanciados são analisados neste trabalho de forma conjunta, formando relações semânticas que validam uma situação. Detalhes a respeito são tratados nos Capítulos 4 e 6 desta tese.

### 2.2.1 Gerência de Situação

O crescimento das pesquisas na área de sistemas sensíveis à situação é responsável pelo surgimento de novas áreas, como é o caso da área de Gerência de Situação (*Situation Management* - SM), a qual se dispõe ao estudo de métodos, teorias e tecnologias para: **modelagem de situação, reconhecimento de situação e raciocínio sobre situações.**

Com relação ao reconhecimento e raciocínio sobre situações, algumas abordagens específicas são apresentadas na Seção 2.3 deste capítulo, como Trabalhos Correlatos. Especificamente a respeito da modelagem de situação, Jakobson, Buford e Lewis (2007) identificam três principais componentes para modelagem: **estruturais; dinâmicos; e representacionais.** Componentes estruturais identificam o mundo, sistemas e objetos individuais, isto é, as entidades que compõem o mundo; os atributos destas entidades; classes de entidades e o relacionamento entre elas. Os componentes dinâmicos estão relacionados com o comportamento destas entidades no tempo, os quais representam ações de monitoramento e eventos. Componentes representacionais referem-se ao conjunto de linguagens, interpretadores e ambientes para a construção de sistemas sensíveis à situação.

Ainda relacionado à modelagem e definição de situações, O'Brien (2009) define que para que um sistema esteja apto a detectar a situação corrente, as seguintes informações devem ser descritas na definição da situação ou nos objetos relacionados:

- O **contexto** relevante durante a situação detectada;
- Os **eventos** que poderão participar da situação detectada;
- Quando e sob quais condições o evento é consumido (ADI; BOTZER; ETZION, 2002).
- As **condições semânticas** que devem ser satisfeitas de forma a detectar a situação;

O contexto relevante é definido por meio dos elementos contextuais considerados necessários à situação, juntamente com seu tempo de validade. Assim como na avaliação de contexto, para a situação devem ser analisadas questões referentes a quem são os usuários do sistema, onde estão, quando e o que estão fazendo. Para isso, seis questões são importantes para determinação do contexto relevante: quem está realizando a ação no ambiente (*who*); o que ela está fazendo (*what*); onde ela está (*where*); quando a ação está sendo desempenhada (*when*); porque o usuário está realizando a ação (*why*); e como está realizando a ação (*how*) (GUTWIN; GREENBERG, 2002; VIEIRA et al., 2004).

As condições semânticas para determinação da situação estão ligadas a especificidades do sistema sensível à situação sendo modelado. Neste trabalho, o Capítulo 6 trata a respeito das condições semânticas válidas para cada situação. Os eventos relevantes em um ambiente sensível à situação e as condições para que sejam consumidos também são relativos à aplicação sendo desenvolvida. A próxima subseção trata de forma geral a respeito do conceito de evento dentro de sistemas sensíveis à situação.

### 2.2.1.1 *Eventos*

O conceito de **evento** também é muito importante quando se trata de sensibilidade à situação, pois eventos são responsáveis por armazenar e tratar todas as mudanças ocorridas em qualquer situação que esteja ocorrendo no momento (BOUZEGHOUB; DO; LECOCQ, 2007).

Em um ambiente sensível à situação, diferentes tipos de eventos podem ser definidos e, dependendo do evento ocorrido em um dado instante de tempo, uma nova situação pode ser configurada. O que determina as condições para ocorrência de um evento são as ações executadas sobre o sistema, podendo estas ações serem definidas de forma direta, por exemplo, por meio de uma ação do usuário, ou por meio de axiomas internos.

Em McCarthy (2002) os conceitos de evento e situação são definidos com relação às ações desenvolvidas por agentes, as quais são classificadas como um tipo particular de evento. Neste trabalho os eventos não estão relacionados a ações desempenhadas por agentes. Entretanto, entende-se que, da mesma forma com que McCarthy define evento no contexto de Cálculo de Situação (BARWISE; PERRY, 1983; MCCARTHY, 1993), o comportamento dos geradores dos eventos se assemelha ao tratamento dado neste trabalho. Assim, destacam-se aqui dois tipos principais de evento:

- Eventos externos – consistem de eventos os quais resultam diretamente de ações. Para McCarthy, todos os eventos são descritos e resultam de axiomas formais, mas eventos externos envolvem axiomas de ação (efeito), isto é, eventos que terão efeito na ocorrência de um resultado  $r$  de um evento  $e$  (uma ação) (MCCARTHY, 2002). Por exemplo, se um usuário está acessando o sistema computacional por meio de seu PDA e o tipo de sua conexão de rede muda (devido a uma mudança de localização, por exemplo) isto pode ser visto como um evento externo, pois resulta de uma ação efetuada externamente ao sistema computacional.
- Eventos internos – consistem de eventos que não resultam diretamente de ações. Da mesma forma, eventos internos são relativos a axiomas os quais determinam as condições para a ocorrência do evento (MCCARTHY, 2002). Ainda segundo o autor, usualmente ações de usuários são tratadas como eventos externos. Entretanto, se o sistema pré-define que o usuário poderá realizar uma determinada ação e se esta ação for definida em um axioma de efeito, então este consiste de um evento interno (internamente definido pelo sistema). Por exemplo, é possível a existência de um axioma que determine que se um usuário está utilizando um dispositivo móvel para acesso ao sistema e ele passa a se posicionar próximo a um determinado local, uma mensagem específica é enviada a ele. Este pode ser visto como um evento interno, pois não é resultado direto de uma ação, mas da detecção de valores específicos de variáveis de estado que passam a satisfazer algum axioma definido no sistema.

Esta é uma classificação bastante abrangente para os eventos que são possíveis de ocorrência no sistema computacional. Entretanto, quando as particularidades de determinado sistema são estudadas, são também particulares os eventos relevantes para ocorrência de adaptação. Assim, entende-se que, dependendo de cada sistema, eventos

específicos devem ser considerados, sendo definidos internamente à classificação definida por McCarthy (2002).

## 2.3 Trabalhos Correlatos

Nesta seção, trabalhos que abordam diferentes formas de representação de contexto são descritos resumidamente, com exemplos práticos de sua aplicação em sistemas sensíveis à situação. Dentre estas formas, foram estudadas aplicações ligadas à teoria, à lógica, à probabilidade, a espaços dimensionais e à ontologia.

### 2.3.1 Abordagem Teórica e Lógica

Consistem de abordagens com formalização totalmente teórica do contexto. Um caso bastante representativo é a teoria de situações desenvolvida por Barwise e Perry (1983), a qual apresenta uma teoria completa para tratamento e reconhecimento de situações. Sua natureza descritiva está mais voltada à modelagem de diferentes tipos de situações do que propriamente a sua automatização, estando ela mais próxima da linguística que da computação.

A automatização aparece mais como foco do **Cálculo de Situação** (*Situation Calculus*) desenvolvido por McCarthy (1993), onde o contexto é descrito na forma de objetos formais. McCarthy apresenta como principais objetivos do Cálculo de Situações: (i) permitir a construção de axiomas simples para formalização dos fenômenos de senso comum; (ii) avaliar o contexto associado a uma circunstância particular. No Cálculo de Situação, o contexto é representado por meio de fórmulas, como em (1), que significa que a proposição ‘ $p$ ’ é verdadeira dentro do contexto ‘ $c$ ’.

$$ist(c,p) \tag{1}$$

Para se adaptar a natureza subjetiva e dependente de contexto das situações na vida real, as fórmulas são regressivas, como apresentado em (2).

$$ist(c', ist(c,p)) \tag{2}$$

Existem trabalhos que aplicam as regras descritas pelo Cálculo de Situação, a maior parte deles ligados à pesquisa em áreas relacionadas à Inteligência Artificial (IA). Um exemplo é a tese desenvolvida por Guha (1995), a qual busca desenvolver uma lógica para resolver problemas de avaliação de contexto em problemas práticos da IA. Outro exemplo é o trabalho de Akman e Surav (1996) que aplica análise do contexto no processamento de linguagem natural. Existem ainda abordagens híbridas, como é o caso da pesquisa apresentada por O'Brien (2009), a qual mescla regras teóricas baseadas na teoria de situações de Barwise e Perry com uma ontologia para modelagem de situações focada na consciência de mobilidade dos usuários (HMP - *highly mobile people*). O exemplo prático apresentado pelo autor diz respeito a uma situação de mudança automática de itinerário de voo a um usuário classificado como HMP.

Para concluir, a possibilidade de regressão apresenta uma boa alternativa para situações que em que não se pode tratar com certeza o contexto corrente, já que uma determinada proposição será válida somente em um determinado contexto. Entretanto, não permite que sejam realizadas aproximações sobre os valores dados às variáveis de contexto, dificultando a modelagem de um sistema realístico. Por isso, assim como na teoria de situações, observa-se o Cálculo de Situações sendo usado no momento de

modelagem do sistema sensível ao contexto, não de raciocínio a respeito das ações adaptativas.

É possível também representar o contexto utilizando predicados em lógica de primeira ordem. Neste caso, a conclusão é similar à obtida nas abordagens teóricas: possível realizar a modelagem de situações do cotidiano, mas complexo para realizar raciocínio realístico. Um exemplo é o trabalho de Ranganathan e Campbell (2003) que descreve o desenvolvimento de um módulo para sensibilidade ao contexto junto ao ambiente de computação ubíqua GAIA. Neste módulo é permitido ao desenvolvedor incluir, de maneira independente ao funcionamento do sistema, regras para representação do contexto.

### 2.3.2 Espaços Contextuais

Espaços contextuais são usados para se descobrir situações onde o contexto é descrito como um objeto em um espaço multidimensional, nomeado subespaço situacional (PADOVITZ; LOKE; ZASLAVSKY, 2004). No modelo, cada dimensão representa uma região aceita (na Figura 2.3,  $R_i$ ), com os valores aceitos para um atributo de contexto específico ( $c_i$  e  $c_w$ ), como mostra a Figura 2.3.

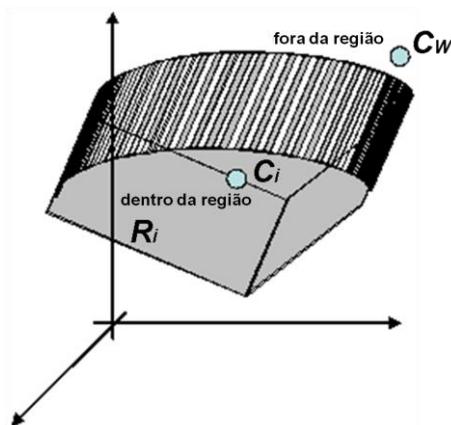


Figura 2.3: Subespaço contextual

Fonte: adaptado de PADOVITZ; LOKE; ZASLAVSKY, 2004

Os principais conceitos relativos a Espaços Contextuais são:

- Atributo de contexto ( $a_i$ ): dados pertencentes a cada região, usados para se descobrir a situação do usuário.
- Estado contextual ( $S_i$ ): responsável para descrever o estado atual da aplicação com relação aos elementos contextuais escolhidos. Consiste de uma coleção de valores de elementos contextuais, que são utilizados para representar um estado preciso do sistema no tempo  $t$ , como mostrado em (3).

$$S_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}) \quad (3)$$

- Espaço situacional ( $R_i$ ): representa uma situação real. É uma coleção de regiões de valores de atributos que correspondem a uma situação pré-definida.

$$R_i = (r_1, r_2, \dots, r_n) \quad (4)$$

$$\text{Região } r_i = (a_i, p_i, 's/n'); \quad a_i: \text{atributo}; p_i: \text{peso}; \quad (5)$$

O ponto positivo da utilização dos espaços contextuais diz respeito à flexibilidade existente para se modelar e desenvolver uma nova região de contexto, visto que consiste apenas em se definir o espaço de valores permitidos na região contextual.

O ponto negativo é a necessidade em se determinar, antecipadamente, todas as regiões e valores permitidos para cada situação modelada. Entretanto, como todas as situações são definidas com valores bem específicos e de forma independente do restante do modelo, pode-se definir, com o passar do tempo, novas situações que inicialmente não eram conhecidas, o que se torna difícil em modelagens baseadas em lógica de primeira ordem, por exemplo. Exige observação e manutenção constante do ambiente. Os pesos são importantes para os casos em que alguns dados não estão disponíveis para determinação da situação corrente.

### 2.3.3 Ontologias

Suas motivações e vantagens já foram apresentadas na Seção 2.1.1. São usadas tanto para modelagem como para raciocínio sobre o contexto. Em geral, para a descoberta de conhecimento, são utilizadas com apoio de ferramentas de *reasoning*. Na literatura, podem ser citados diversos trabalhos que utilizam ontologias para modelagem de contexto. Puramente sobre situação, serão apresentados quatro trabalhos, que tratam especificamente sobre ontologias para modelagem de situações.

O trabalho apresentado em (MATHEUS et al., 2005) define uma ontologia genérica para modelagem de situação, desenvolvida para um sistema denominado SAWA (*Situation Awareness Assistant*). O objetivo dos autores é definir uma estrutura de conceitos a partir da qual seja possível representar uma gama de situações em diferentes cenários contextuais. A partir dessa ontologia genérica, central, outros conceitos poderiam ser definidos, podendo ela ser estendida para modelagem de situações em cenários específicos. A Figura 2.4 apresenta a ontologia definida por Matheus et al. (2005), representada por meio de um diagrama UML (*Unified Modeling Language*), onde os retângulos representam as classes e as linhas representam os relacionamentos.

A classe Situação (*Situation*) define uma situação como uma coleção de Objetivos (*Goals*), Objetos de Situação (*SituationObjects*) e Relações (*Relations*).

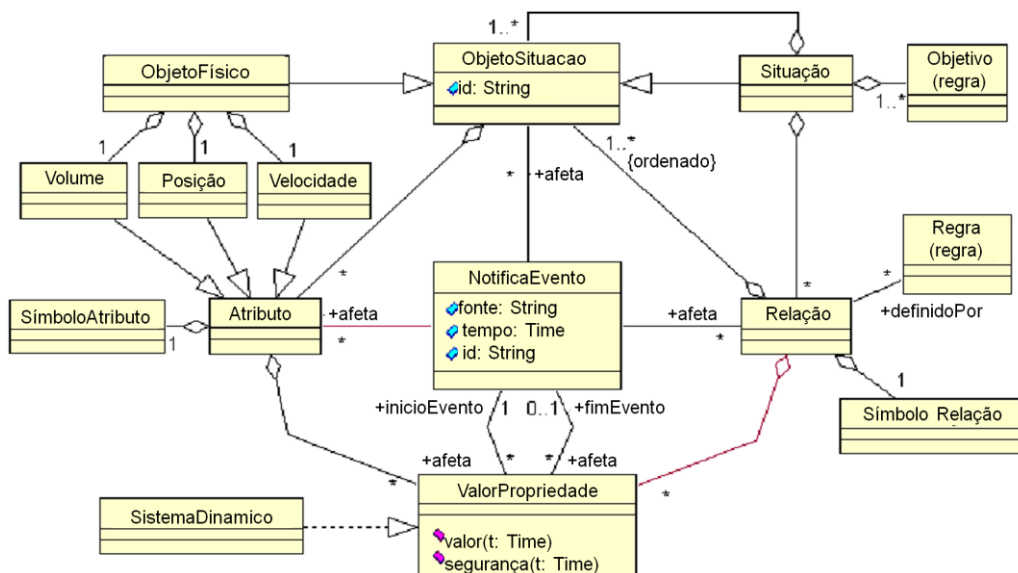


Figura 2.4: Exemplo de ontologia para sensibilidade à situação  
Fonte: adaptado de MATHEUS; KOKAR; BACLAWSI, 2003



Em (ZHAN; XU; MAO, 2007) o foco são os ambientes *e-learning*, buscando desenvolver uma ontologia para representar situações específicas, vivenciadas pelos alunos enquanto utilizam o software educacional. Apesar de voltada para *e-learning*, o objetivo dos autores é deduzir as diferentes emoções apresentadas pelos alunos enquanto passam por diferentes situações no ambiente de aprendizagem, buscando, com essa informação, encorajá-los no desenvolvimento de sua atividade.

Outro exemplo é a ontologia para sistemas sensíveis à situação apresentada em (O'BRIEN, 2009), a qual já foi citada juntamente às abordagens teóricas. O autor emprega um híbrido de ontologia e teoria de situações para modelagem das situações voltadas à HMP.

O último trabalho correlato é definido em (BAUMGARTNER et al., 2010), denominado BeAware! A ontologia tem foco nos sistemas de trânsito (*road traffic*), onde a dimensão tempo é muito importante, pois é necessário detectar o momento específico em que os eventos ocorrem no sistema. Desta forma, conceitos de alto nível são especializados para modelagem da dimensão tempo. Os conceitos e relacionamentos principais desta ontologia estão apresentados na Figura 2.5, onde os autores representam a ontologia por meio de um diagrama ER (Entidade-Relacionamento).

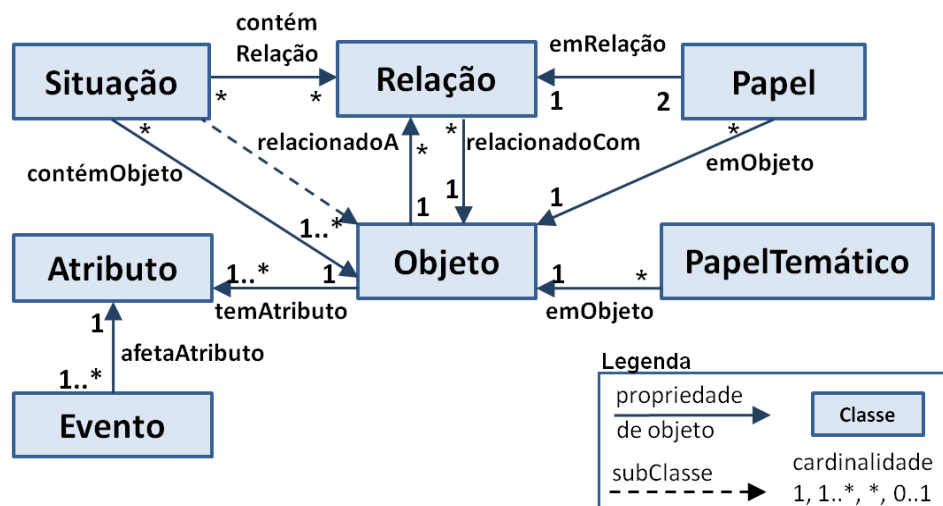


Figura 2.5: Exemplo de ontologia para sensibilidade à situação  
Fonte: adaptado de BAUMGARTNER et al. 2010, p.1184

As ontologias definidas em (BAUMGARTNER et al., 2010) e em (MATHEUS et al., 2005) apresentam conceitos que podem ser reutilizados em outros domínios, sendo mais flexíveis. Além disso, as duas ontologias apresentam conceitos bastante similares. Baumgartner et al. (2010) afirma que a grande diferença entre as duas propostas é que em (BAUMGARTNER et al., 2010) são incorporados tipos de relacionamentos espaço temporais, diferente da solução proposta em (MATHEUS et al., 2005).

No caso da ontologia de Matheus et al. (2005), o interesse consiste no desenvolvimento de uma ontologia naturalmente genérica, capaz de ser aplicada a uma grande variedade de domínios a partir da simples redefinição do domínio do conhecimento usado. A ontologia de Baumgartner et al. (2010) apresenta melhorias possíveis de ser constatadas pelos seguintes trabalhos, publicados anteriormente pelos mesmos autores: (BAUMGARTNER; RETSCHITZEGGER; SCHWINGER 2007; BAUMGARTNER et al., 2007), nos quais a ontologia parece ter sido revisada de forma a representar a dimensão tempo em grande nível de detalhe.

### 2.3.4 Abordagens Probabilísticas

Abordagens probabilísticas, como as Redes Bayesianas, permitem o tratamento de hipóteses, isto é, qual a probabilidade da ocorrência de uma hipótese  $H$  antes de se ter conhecimento de um conjunto de dados  $D$  (BERNARDO; SMITH, 1994). Essa possibilidade é que as tornam fortes candidatas para aplicação no tratamento de problemas ligados aos casos onde existe falta de dados para determinar a situação corrente, isto é, tratamento de incertezas. Desta forma, pode-se perceber como ponto positivo de sua adoção a natural consideração da existência de incertezas, ponto necessário para adaptação em situações onde não é possível definir com certeza o valor instanciado aos elementos contextuais que determinam a situação.

Exemplo de aplicação das Redes Bayesianas para tratamento de situação é o trabalho de Castro e Muntz (2000), o qual trata do desenvolvimento de uma infraestrutura para espaços inteligentes (*smart spaces*). O objetivo dos autores é fornecer um ambiente inteligente, no qual há fusão de serviços oferecidos aos usuários, como geolocalização, gerenciamento de agenda e identificação de usuários. Os dados são obtidos por meio de sensores e o raciocínio é realizado através de um modelo de serviços baseado em Redes Bayesianas.

Outro exemplo é o ambiente apresentado em (KORPIÄÄ et al., 2003) para análise de dados de áudio sensorados no cenário de uma casa (reconhecimento de contexto). Os autores defendem que, dependendo da resolução de áudio analisada, é possível determinar a situação vivenciada no interior do ambiente (apesar de muitos dos contextos válidos parecerem ser restritos a cenários específicos). Usam Redes Bayesianas para o reconhecimento da situação, nas quais são processados os dados de diversos sensores, entre eles uma combinação de características de sinais de áudio, obtidas a partir de algoritmos de processamento de sinais derivado do padrão MPEG-7.

### 2.3.5 Análise dos Trabalhos Correlatos

Após apresentação das diferentes abordagens existentes relativas à representação de contexto e situações, é necessário realizar uma discussão geral a respeito de cada um deles e analisar a aplicabilidade de cada abordagem no presente trabalho.

A abordagem de Cálculo Situacional apresenta como vantagem a possibilidade de análise de um contexto tendo em vista contextos anteriores, por meio da regressão possibilitada no modelo. Entretanto, a inferência de situações complexas, com muitas dimensões de contexto, como é o caso deste trabalho, se mostra muito difícil de representação nesta abordagem. No caso do uso de lógica, o principal problema indentificado se refere à impossibilidade de validação parcial, como indentificado no *survey* de Strang e Linnhoff-Popien (2004).

Inicialmente, a abordagem relativa aos espaços contextuais pareceu muito promissora para utilização no trabalho, pois permitia a representação das várias dimensões de contexto identificadas como relevantes à determinação da situação do aluno. Entretanto, por não existir um modelo de alto nível para representação dos elementos contextuais e situações, a abordagem acaba por apresentar características muito restritas à determinação das regiões válidas em cada uma das situações. Por exemplo, na determinação de novos valores válidos para uma determinada região, nova situação deve ser criada, sendo o próprio modelo alterado. Além disso, cada uma das regiões é definida com seus possíveis valores pré-estabelecidos, o que funciona muito bem com elementos contextuais de natureza numérica, mas não se mostra muito

adequado para representação de elementos contextuais que identificam interesses e objetivos, por exemplo.

Com relação às abordagens probabilísticas, como ponto negativo existe a inconveniência destes métodos exigirem a análise de todas as possibilidades de caminhamiento na rede para chegar a uma conclusão. Este tempo despendido torna-se um problema sério, pois o sistema precisa se adaptar para atender uma necessidade iminente do aluno. Caso o sistema demore um longo tempo para reconhecer a situação, esta já pode ter sido modificada por fatores externos, como a saída do aluno do sistema. Além disso, esses métodos exigem a existência prévia de dados para treinamento e análise das tabelas de probabilidade, o que nem sempre se dispõem. No caso deste trabalho de tese, a aplicação de probabilidade poderia ocorrer posteriormente à coleta de uma grande quantidade de elementos de contexto instanciados e das situações decorrentes, para análise.

Sobre os trabalhos que utilizam ontologias para representação do contexto, o principal ponto considerado na análise diz respeito à possibilidade ou não de reuso. Entre as ontologias estudadas, a ontologia definida em (O'BRIEN, 2009) é a mais difícil de ser reusada, pois o próprio modelo desenvolvido não reusa conceitos existentes e a ontologia definida pelo autor é muito específica a aplicações sensíveis à localização, sendo pouco flexível. A ontologia apresentada em (ZHAN; XU; MAO, 2007) também tem foco em ambientes educacionais. Entretanto, o objetivo da ontologia é deduzir as diferentes emoções apresentadas pelos alunos enquanto utilizam determinado software educacional, buscando encorajá-los no desenvolvimento de suas atividades educacionais. Como a ontologia dos autores possui um propósito bem diferenciado da desenvolvida neste trabalho, não foi possível reusar os conceitos apresentados.

As ontologias definidas em (BAUMGARTNER et al., 2010) e em (MATHEUS et al., 2005) se pareceram mais flexíveis para reuso, além de serem bastante similares. Uma questão interessante, que motivou também a tentativa de reuso da ontologia proposta por Baumgartner et al., (2010), é a sua adoção dos conceitos vindos da teoria de situações de Barwise e Perry (1983) e das ontologias de topo definidas por Sowa (2000) (BAUMGARTNER; RETSCHITZEGGER, 2006). De fato, os conceitos de "Situação" e "Evento" são definidos na ontologia de topo definida por Sowa (2000) e tipos de situação, papéis e espaço são definidos na teoria de situações de Barwise e Perry (1983).

Como conclusão da análise realizada, optou-se pela utilização de ontologias para modelagem de contexto e situação neste trabalho. No desenvolvimento, foram reusados alguns conceitos vindos das ontologias de (BAUMGARTNER et al., 2010) e (MATHEUS et al., 2005), como é apresentado em detalhes no Capítulo 5.

## **2.4 Considerações Finais**

Neste capítulo foram apresentados os principais conceitos relativos ao tema sensibilidade ao contexto, buscando mostrar sua base conceitual, os diferentes dados que podem ser relevantes no tratamento do contexto e as formas de modelagem destes dados. Em seguida, o tema sensibilidade à situação foi abordado, juntamente com suas diferentes conceituações.

Ao final, foram apresentados diferentes trabalhos correlatos ao tema gerência de contexto e situação, mostrando diferentes abordagens existentes, seus pontos positivos e

negativos. Enfoque especial foi dado às ontologias para representação de situação, uma vez que consiste da abordagem escolhida neste trabalho para modelagem, gerência e raciocínio dos elementos contextuais que formam a situação.

Com relação às questões estruturais, dinâmicas e representacionais apontadas como centrais ao tema Gerência de Situação (JAKOBSON; BUFORD; LEWIS, 2007), apresentado na Seção 2.2.1, esta tese propõe soluções voltadas à representação de situações em ELES. O contexto relevante, ou componentes estruturais, são identificados no Capítulo 4, juntamente com os aspectos dinâmicos (eventos) das situações. Os elementos representacionais são apresentados no Capítulo 5, onde é apresentado o modelo de situação baseado em redes de ontologias desenvolvido, assim como a linguagem escolhida para sua codificação. Já na visão de O'Brien (2009), as condições semânticas que definem cada situação e os elementos contextuais instanciados válidos são analisados no Capítulo 6 desta tese.

## 3 AMBIENTES DE APRENDIZAGEM NA WEB

Neste capítulo é feito um estudo a respeito da fundamentação conceitual relativa aos sistemas de aprendizagem adaptativos baseados na Web (ou ELEs adaptativos), os quais podem ser também referenciados como SHAs educacionais, por se tratarem de um tipo específico de SHA. Não se espera realizar um estudo exaustivo a respeito da área educacional, mas alguns conceitos, importantes para este trabalho, são apresentados, entre eles a definição dos modelos educacionais, projeto instrucional, modelos cognitivos e situações didáticas. Estes conceitos são explorados e aplicados na análise dos ELEs adaptativos, buscando relacioná-los.

### 3.1 Introdução

Como apontado no Capítulo de Introdução, a crescente aplicação de EAD no Brasil e em outros países exige o desenvolvimento de soluções mais eficazes e flexíveis. Assim, uma diversidade de ambientes para gerenciamento de EAD, conhecidos como LMS (*Learning Management System*) são desenvolvidos e aprimorados constantemente. Exemplos são os ambientes: Moodle<sup>2</sup>, Teleduc<sup>3</sup>, BlackBoard<sup>4</sup>, SAIKAI<sup>5</sup> e CoL<sup>6</sup>, os quais referem-se a ambientes onde o principal objetivo é a estruturação e gerência do conteúdo, não necessariamente: adaptação do conteúdo às particularidades do aluno; facilidades de interação entre o professor e o aluno e fornecimento de um ambiente de autoria para desenvolvimento de objetos de aprendizagem (OAs) ao professor. Essas demais funcionalidades, não presentes nos LMSs tradicionais, têm sido requeridas na medida em que estes sistemas são mais intensivamente utilizados e se tornam facilmente acessíveis via Web.

Segundo Brusilovsky (1999), historicamente, quase todos os Sistemas Educacionais Inteligentes e Adaptativos baseados na Web (AIES - *Adaptive and Intelligent Educational Systems*) provêm de dois tipos de AIES anteriores: sistemas tutores inteligentes (STI) e sistemas hipermídia adaptativos (SHA). Os Sistemas Tutores Inteligentes (*Intelligent Tutoring Systems* – ITS) têm como objetivo usar o conhecimento existente a respeito do domínio, do aluno e das estratégias de aprendizagem de forma a suportar aprendizado e tutoria flexíveis e inteligentes (BRUSILOVSKY, 1999). STIs têm sua origem nos sistemas ICAI (*Intelligent Computer Aided Instruction*) os quais objetivam simular algumas capacidades cognitivas do aluno e utilizar os resultados

---

<sup>2</sup> <http://moodle.org/>

<sup>3</sup> <http://www.teleduc.org.br/>

<sup>4</sup> <http://www.blackboard.com/>

<sup>5</sup> <http://sakaiproject.org/>

<sup>6</sup> <http://col.redealuno.usp.br/portal/oCoL.asp>

como base das decisões pedagógicas a serem tomadas (GIRAFFA, 1999). Sistemas ICAI aplicam técnicas da área de IA na interação com o aluno, sendo objetivo máximo dos STIs apresentarem comportamento o mais próximo possível de um professor humano (GIRAFFA, 1999).

Os Sistemas Hipermídia Adaptativos (SHAs) aplicam o modelo do usuário para adaptar o conteúdo e os *links* em páginas hipermídia ao usuário. Estes ambientes aplicam tecnologias para suporte à navegação adaptativa, buscando auxiliar o aluno na navegação e orientação no hiperespaço através da mudança na aparência dos *links* visíveis (BRUSILOVSKY, 1999).

Esta tese apresenta foco relacionado ao segundo tipo de AIES citado, os SHAs, uma vez que utilizam a Web como plataforma primária de desenvolvimento. Desta forma, neste capítulo os conceitos necessários para entendimento do trabalho serão descritos vinculando-se a sua aplicação nos SHAs, como introduz a Seção 3.2. Conceitos relacionados a objetos de aprendizagem, também importantes para compreensão deste trabalho, são apresentados de forma separada dos SHAs, na Seção 3.3.

### **3.2 Sistemas Hipermídia Adaptativos**

Os SHAs constroem um modelo dos objetivos, preferências e conhecimento de cada usuário, usando este modelo durante a interação de forma a adaptar o sistema hipermídia de acordo com as necessidades individuais deste usuário (BRUSILOVSKY, 2001). Sistemas de hipermídia não são aplicados apenas no domínio educacional, mas em qualquer outro domínio onde suas características de adaptabilidade e personalização sejam necessárias. Vários exemplos de utilização são citados em (BRUSILOVSKY, 1996; BRUSILOVSKY, 2001), entre eles sistemas de informação *on-line*; sistemas de ajuda *on-line*; sistemas de recuperação de informações; sistemas de hipermídia institucional; e sistemas educacionais, principal foco desta tese.

Brusilovsky (1999) define que, primariamente, um SHA deve satisfazer a três critérios: deve ser um sistema em hipertexto ou hipermídia; deve possuir um modelo de usuário; e deve ser habilitado a adaptar a hipermídia (ou o hipertexto) de acordo com este modelo. Um hiperdocumento pode ser definido como o conjunto de elementos de textos interconectados que permite múltiplos caminhos de navegação, com suporte multimídia (som, imagem e vídeo), podendo ter estruturas mais complexas como documentos estruturados e semi-estruturados. A Web é um hipermídia com maiores limitações de espaço, em que cada página pode ser caracterizada por ser um hiperdocumento. Generalizando, hipermídia consiste de conjuntos de nós ou hiperdocumentos conectados por *links* (GASPARINI, 2003).

O estudo dos SHAs é definido por Brusilovsky (1996) como o estudo de sistemas, arquiteturas, métodos e técnicas capazes de promover a adaptação de sistema hipermídia e hiperdocumento aos objetivos, necessidades, preferências e desejos de seus usuários. Com relação à arquitetura destes sistemas ou, como visto na literatura associada, seus modelos de referência, não foi encontrado um modelo padrão que defina os componentes básicos que estes sistemas devem apresentar. Wu (2001) define um modelo de referência para arquitetura de aplicações de hipermídia adaptativa. Neste modelo de referência, o autor determina que este tipo de aplicação deva conter, basicamente, três modelos:

- Modelo do domínio: responsável pela descrição de como o conteúdo da aplicação ou os hiperdocumentos são estruturados;
- Modelo do usuário: importante para guiar a adaptação destes sistemas, é responsável pela manutenção de informações relativas às preferências, conhecimento, objetivos, histórico de navegação, assim como outras questões relevantes a respeito do usuário;
- Modelo de adaptação: segundo o autor, o modelo de adaptação consiste das regras de adaptação existentes no SHA, as quais definem os processos de geração da apresentação adaptativa e são responsáveis pela geração da apresentação adaptativa e de atualização do modelo do usuário.

Puga (2008) faz um apanhado a respeito dos principais modelos de referência existentes para SHAs, descrevendo os modelos de Dexter (HALASZ; SCHWARTZ, 1990), AHAM (*Adaptive Hypermedia Application Model*) (WU; HOUBEN; DE BRA, 1998), de Munich (KOCH, 2001) e AHAM-MI (*Multiple Intelligence*) (BUGAY, 2006). Em sua pesquisa, Puga (2008) estende e adequa os modelos de referência citados de forma a criar um novo modelo de referência, denominado SHASIM (Sistema Hipermédia Adaptativo baseado em Semiótica e Inteligências Múltiplas). Maiores detalhes a respeito dos modelos de referência podem ser encontrados na bibliografia associada.

Com relação ao modelo de referência de Wu (2001) apresentado acima, as próximas seções irão descrever mais especificamente o modelo do usuário e o modelo de adaptação dos SHAs. Quanto ao modelo do domínio, como este trabalho tem foco no domínio educacional, a Seção 3.4 trata dos OAs que formam o modelo do domínio nestes sistemas.

### 3.2.1 A que Adaptar – Modelo do Usuário

A adaptação em SHAs, como já mencionado em seu modelo de referência, é primariamente guiada pelo **modelo do usuário**. Brusilovski (1996) destaca cinco características dos usuários utilizadas por SHAs para adaptação: objetivos; conhecimento; *background*; experiência no uso de hipermédias e preferências. Em (BRUSILOVSKY, 2001), além destas características citadas, são apresentadas duas novas: os interesses do usuário e suas características individuais. Estas características são brevemente descritas abaixo:

- Conhecimento: característica utilizada por grande parte dos SHAs para guiar a adaptação, se refere ao conhecimento do usuário no assunto sendo apresentado. Para que o sistema possa reconhecer o nível de conhecimento do usuário no assunto, deve analisar as mudanças que ocorrem no conhecimento do usuário e atualizar o modelo do usuário a todo o momento, de forma a refletir esta modificação. Consiste de um caracter isolado, pois o conhecimento se refere a um usuário específico em determinado assunto. Brusilovsky (1996) apresenta duas técnicas utilizadas para reconhecimento do conhecimento do usuário em determinado assunto: a técnica de modelo de *overlays*; e o uso de estereótipos.
- Objetivos: esta característica consiste do objetivo do usuário enquanto utiliza o SHA. Pode ser entendido como a tarefa em curso, não representando necessariamente uma tarefa específica. No presente trabalho, o objetivo do

aluno é um critério importante para adaptação, pois representa um dos 5 W's apresentados no Capítulo 2, a respeito de sensibilidade ao contexto, no caso, "Why?" – "Por que o aluno está usando o ambiente?". Consiste de uma característica difícil de ser modelada, pois muda a todo o momento. Assim, é importante que o SHA possua alguma forma de representação das diversas atividades executadas pelo usuário, assim como seus objetivos. Brusilovsky (1996) apresenta como exemplo uma técnica semelhante ao modelo de *overlays*, onde o sistema suporta uma série de tarefas e objetivos possíveis de serem reconhecidos pelo sistema.

- *Background*: característica similar ao conhecimento, mas representa o conhecimento do usuário no assunto externamente ao conteúdo apresentado na mídia adaptativa. Inclui características relacionadas à profissão e experiências do aluno nas áreas relacionadas ao assunto sendo estudado.
- *Experiência*: se relaciona à experiência do usuário no hiperespaço, isto é, o quão familiar ele está com a estrutura do ambiente e quão facilmente pode navegar pela estrutura de conteúdos existente.
- *Preferências*: se refere às preferências do usuário enquanto utiliza a mídia adaptativa. Brusilovsky (1996) define que as preferências não podem ser deduzidas puramente pelo sistema, mas que devem ser apontadas pelo usuário. Um exemplo é a preferência pelo estilo de navegação no ambiente educacional, no sistema AdaptWeb<sup>®</sup> (2003a), por exemplo, o aluno pode optar pela forma com que deseja navegar na mídia educacional, se em modo livre ou tutorial.
- *Interesses*: os interesses identificam aspectos específicos do contexto atual do usuário que podem ser úteis à adaptação. Por exemplo, um sistema para recomendação turística que faz uso de hipermídias adaptativas pode usar informações contextuais relativas aos interesses do usuário para guiar adaptação (restaurantes típicos, por exemplo).
- *Características individuais*: consistem de características que diferenciam um usuário dos demais. No caso dos SHAs educacionais, um exemplo de característica individual se refere ao modelo cognitivo de aprendizagem do aluno, explicado em maiores detalhes na sequência desta seção.

Para conhecer as características particulares de um aluno, De Bra (2008) diz que os SHAs educacionais podem fazer uso das seguintes possibilidades: (a) o sistema pode monitorar o andamento do processo de aprendizagem do aluno, de forma a conhecer quais tópicos já foram estudados e quais não foram; e (b) o sistema pode conhecer o **estilo cognitivo de aprendizagem** do aluno, ou outro aspecto de seu contexto que possa ser usado para adaptação (DE BRA, 2008).

Conhecer o estilo cognitivo de aprendizagem do aluno pode auxiliar no processo de adaptação do SHA educacional, uma vez que os estilos cognitivos de aprendizagem determinam qual a característica dominante no aluno com relação à forma com que ele recebe e processa informações. Existem vários estudos na definição dos fatores que determinam os estilos de aprendizagem de cada aluno. Um dos modelos mais usados é o modelo de estilos de aprendizagem definido por Felder-Silvermann (FELDER; SILVERMAN, 1988; FELDER; BRENT, 2005). Autores colocam que este modelo, além de ser o mais frequentemente usado, é o modelo mais apropriado para uso em



ELEs adaptativos (GRAF; KINSHUK, 2008; CARVER, HOWARD, LANE, 1999). Por este motivo, adota-se neste trabalho o modelo de estilos cognitivos de aprendizagem de Felder-Silverman, o qual define quatro dimensões de estilos de aprendizagem, descritas abaixo:

- Sensorial (*Sensorial*) - Intuitivo (*Intuitive*): diz respeito à percepção da informação por parte do aluno. Segundo os autores, pessoas com estilo cognitivo sensorial percebem o mundo através de observações, obtendo informações por meio dos sentidos e preferindo fatos e experimentações. Já pessoas intuitivas percebem o mundo de forma indireta, através do inconsciente (imaginação, especulação), preferindo princípios e teorias a fatos.
- Visual (*Visual*) – Verbal (*Verbal*): diz respeito à forma com que o aluno capta a informação. Pessoas com estilo cognitivo visual tendem a captar melhor informações apresentadas em diagramas e figuras, tendo melhor lembrança a respeito do que vêem. Pessoas verbais captam mais facilmente sons e palavras, lembrando mais facilmente do que ouvem e falam do que vêem;
- Ativo (*Active*) – Reflexivo (*Reflective*): se refere ao processamento da informação pelo aluno. O processamento de maneira ativa reporta a ações sobre a informação no mundo externo, por meio de experimentos. O processamento reflexivo envolve o tratamento da informação por meio de verificação e manipulação, de maneira introspectiva. Alunos ativos se sentem mais confortáveis com experimentações ativas da informação, ao contrário dos reflexivos, que podem optar por reflexões e teorias;
- Sequencial (*Sequential*) – Global (*Global*): se refere à forma com que o aluno entende a informação. Alguns alunos podem se sentir mais a vontade recebendo a informação de maneira sequencial, seguindo um raciocínio linear para solução de problemas. Outros preferem “pular” intuitivamente entre conceitos a respeito de um mesmo conteúdo, entendendo melhor a informação desta forma. Alunos sequenciais são capazes de trabalhar com um conteúdo mesmo quando o entendem de forma parcial ou superficial, alunos globais já necessitam de uma visão geral a respeito da informação sendo recebida.

Com base neste modelo de estilos de aprendizagem, Soloman e Felder (2012) desenvolveram um instrumento, nomeado *Index of Learning Styles*, para acesso às preferências cognitivas das quatro dimensões. Este instrumento consiste de um questionário de 44 perguntas disponível *online*, podendo ser usado sem custos desde que para propósitos educacionais. A aplicação deste questionário para compreensão dos estilos cognitivos facilita o seu tratamento, uma vez que pode ser usado pelo professor para auxílio em classe. Os autores enfatizam que o questionário não deve ser usado de forma definitiva a respeito das características e preferências de cada aluno, mas como um indicativo das possíveis potencialidades e tendências de cada aluno.

Além do modelo do usuário, Brusilovsky (2001) aponta também questões ligadas ao **ambiente** como significativas para a determinação da adaptação. Estas se referem a aspectos do ambiente que não estejam relacionados ao usuário em si, mas que o rodeiam. Exemplos que elementos do ambiente seriam: o dispositivo usado (hardware e software); a taxa de conexão com a Internet disponível no momento; e a localização do usuário.

### 3.2.2 O que Adaptar – Modelo de Adaptação

Tendo-se as características relevantes do ambiente e do usuário para guiar a adaptação no SHA, torna-se importante analisar o que exatamente pode ser adaptado internamente a estes ambientes. Uma hipermídia consiste, em geral, de um conjunto de nodos ou hiperdocumentos (também chamados de páginas) interconectados por meio de *links*. Cada página contém informações locais e um determinado número de *links* para outras páginas com conteúdo relacionado. Além disso, podem conter índices e alguma estrutura de mapa, para visualização global dos *links* existentes (BRUSILOVSKY, 1996). Dentro desta estrutura de hipermídia, um SHA deve ser capaz de adaptar a apresentação, tanto do conteúdo instrucional quanto da estrutura de *links*, às preferências de leitura e navegação do usuário (WU, 2001).

Brusilovsky (1996, 2001) distingue dois tipos possíveis de adaptação nas hipermídias: adaptação do conteúdo apresentado (ou apresentação adaptativa); e adaptação da disposição dos *links* na mídia adaptativa (ou navegação adaptativa). A Figura 3.1 mostra a classificação proposta pelo autor.

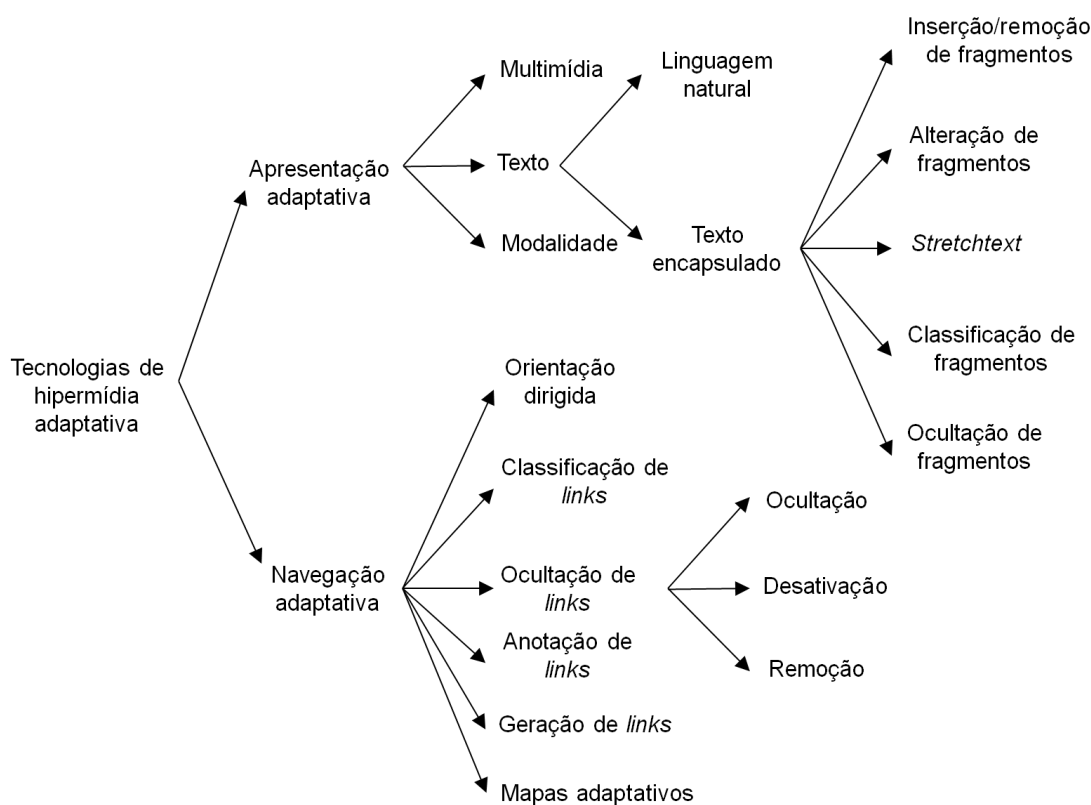


Figura 3.1: Taxonomia das técnicas de adaptação em hipermídias adaptativas

Fonte: adaptado de BRUSILOVSKY, 2001, p.100

Outra classificação, definida por Koch (2001), faz distinção entre a apresentação do conteúdo e o conteúdo em si, dividindo as possibilidades de adaptação na mídia adaptativa em três níveis: conteúdo; estrutura; e apresentação. O conteúdo consiste de trechos de informação inclusos nas aplicações, como textos, imagens, vídeos, gravações e animações. A estrutura diz respeito à organização do conteúdo na mídia, com relação a o que será visto e como será visto durante a navegação. A apresentação diz respeito à visualização do conteúdo, dos elementos interativos e da navegação, que suportam as funcionalidades do sistema hipermídia.

A determinação das técnicas e métodos a serem aplicados no SHA para prover adaptação é uma tarefa que deve ser realizada com cuidado, pois devem ser não intrusivos, motivadores, úteis e não levar à desorientação do usuário (KOCH; ROSSI, 2004). De acordo com a classificação de Koch (2001) e também de Brusilovsky (1996, 2001), as próximas seções descrevem brevemente alguns métodos e técnicas existentes para prover adaptação em SHAs.

### 3.2.2.1 *Adaptação de Conteúdo*

A adaptação do conteúdo a ser apresentado ao usuário está presente em grande parte das classificações. Com relação mais especificamente a SHAs educacionais, De Bra (2008), determina que a adaptação de conteúdo, em geral, acontece de três formas:

- Quando o conteúdo possui conceitos ainda não conhecidos pelo aluno ou quando seu entendimento necessita de alguma informação adicional. Nestes casos, uma pequena explicação dos pré-requisitos necessários é adicionada ao conteúdo, o que permite com que o aluno permaneça no andamento escolhido, ao invés de “pular” entre conceitos anteriores para obter o entendimento necessário.
- Quando o conteúdo possui conceitos que podem ser mais bem elaborados de acordo com conceitos já conhecidos pelo aluno ou quando o aluno já tem bom nível de conhecimento no conceito, uma explicação adicional pode ser oferecida ao aluno, enquanto navega neste conteúdo.
- Quando é possível a comparação entre o conceito estudado e um conceito anterior, já estudado pelo aluno. Nestes casos, a comparação entre o conceito atual e o anterior pode ser apresentada ao aluno, juntamente ao conceito sendo estudado no momento.

O desenvolvimento de cada uma dessas formas de adaptação pode ser implementado pelas técnicas de adaptação de texto encapsulado, apresentadas na taxonomia da Figura 3.1. Koch (2001) também descreve algumas técnicas para adaptação de conteúdo em SHAs, as quais são apresentadas resumidamente abaixo:

- *Stretchtext*: nesta técnica o texto é disposto na hipermídia em espaços reservados, onde o SHA determina quais fragmentos de texto são apresentados de forma expandida ou reduzida para apresentação inicial do conteúdo ao usuário. Neste ponto, o usuário decide qual espaço reservado deseja que seja expandido ou reduzido na hipermídia, para continuação de sua navegação.
- Fragmentos condicionais: nesta técnica, uma mesma página apresenta vários conceitos, os quais são formados por diversos trechos de informação (GASPARINI, 2003). O sistema, de acordo com o modelo do usuário e o relacionamento existente entre os conceitos que formam o conteúdo, irá determinar qual trecho de informação deve ou não ser apresentado ao usuário.
- Páginas variantes: nesta técnica, o SHA mantém duas ou mais variantes de uma mesma página, as quais dispõem o mesmo conteúdo de diferentes formas. As páginas são apresentadas alternativamente ao usuário, dependendo, por exemplo, do nível de conhecimento do usuário no conteúdo apresentado (inicial; intermediário ou avançado).

- Abordagem baseada em *frames*: nesta técnica toda informação relacionada é incluída em um *frame*, o qual pode ser apresentado, ocultado, alternativamente apresentado ou ordenado de acordo com regras específicas.

### 3.2.2.2 Adaptação da Navegação

A adaptação da navegação, como se pode ver pela taxonomia das tecnologias de adaptação apresentada na Figura 3.1, se relaciona a forma com que os *links* são dispostos na hipermídia. A adaptação dos *links* pode ocorrer de duas formas: o SHA pode fazer sugestões a respeito de quais *links* o usuário deve seguir ou evitar; ou o SHA pode mudar a apresentação destes *links*, fazendo com que apareçam, desapareçam ou apontem para diferentes destinos de acordo com o nível de conhecimento do usuário (DE BRA, 2008).

Koch (2001) define que os métodos para adaptação da navegação do usuário na hipermídia variam de acordo com: **condução global** ou **local** da navegação do usuário, onde o objetivo é auxiliar o usuário a encontrar o menor caminho a ser percorrido para chegar à informação que precisa, seja localmente, em um único “salto” entre *links* ou globalmente no conteúdo; **orientação global** ou **local**, que objetiva orientar o usuário no conhecimento da estrutura global de navegação no hiperespaço ou orientar nas diferentes possibilidades de navegação a partir do local onde está; e **visões personalizadas**, que consistem da geração e manutenção de visões personalizadas do hiperespaço.

Quanto às técnicas para suporte à navegação adaptativa, estas operam por meio da manipulação de âncoras e *links* de forma a adaptar a navegação dinamicamente de acordo com as informações contidas no modelo do usuário (GASPARINI, 2003). As principais técnicas são descritas em Brusilovsky (1996), as quais estão apresentadas na Figura 3.1 e serão brevemente descritas abaixo:

- Orientação dirigida: consiste da orientação do próximo melhor nodo a ser pesquisado de acordo com o modelo do usuário. Para implementar esta técnica, o SHA pode destacar visualmente o *link* para o melhor nodo a ser seguido. Esta técnica é indicada para aplicação em conjunto com outra(s) técnica(s) para adaptação da navegação, pois não apresenta possibilidade de auxílio a usuários que optam por não seguir a recomendação sugerida.
- Classificação de *links*: consiste da classificação de todos os *links* existentes em uma página de acordo com o modelo do usuário ou outro critério específico, posicionando os classificados como mais relevantes no alto da página.
- Ocultação de *links*: esta técnica é subdividida na Figura 3.1 como ocultação, desativação e remoção de *links*, uma vez que sua ideia consiste em restringir o acesso a *links* para páginas não relevantes ao usuário no momento por, por exemplo, não terem relação com seu objetivo atual.
- Anotação adaptativa de *links*: consiste da extensão dos *links* por meio de alguma forma de comentário, textual ou não, que ofereça alguma informação ao usuário a respeito das páginas existentes por trás dos *links*.
- Geração de *links*: consiste da geração de *links* novos, não criados originalmente pelo autor do conteúdo, à estrutura de navegação da página. Esta técnica inclui

três possibilidades: a descoberta de novos *links* úteis entre documentos e sua inclusão permanente na estrutura de *links*; a geração de *links* para navegação entre ítems baseada em similaridade; e a recomendação dinâmica de *links* relevantes.

- Mapas adaptativos: esta técnica se refere à adaptação na forma com que os mapas globais e locais da hipermídia são apresentados ao usuário.

### 3.2.2.3 Adaptação da Apresentação

A adaptação da apresentação diz respeito à visualização do conteúdo, dos elementos interativos e da navegação, que suportam as funcionalidades do hipermídia. Métodos para apresentação adaptativa auxiliam o usuário por meio da adaptação do *layout* ou da linguagem no qual o conteúdo é apresentado (KOCH, 2001), como é apresentado abaixo:

- Linguagens múltiplas: neste método, a linguagem na qual o conteúdo é apresentado é adaptada de acordo com a escolha ou contexto do usuário.
- *Layout* variante: neste método, todas as alternativas possíveis de serem requeridas pela apresentação são incluídas, isto é, cores, tamanhos e tipos de fontes, tamanhos máximos de imagens, orientação do texto, ordem dos fragmentos, entre outros.

## 3.3 Objetos de Aprendizagem

Até o momento, este capítulo tratou das tecnologias empregadas no desenvolvimento de LMSs, com enfoque nos SHAs. Neste ponto, torna-se importante abordar um tópico relativo especialmente aos SHAs educacionais, foco desta tese, que se refere ao conteúdo instrucional efetivamente apresentado ao aluno na hipermídia adaptativa. A forma e estrutura deste conteúdo instrucional são gerenciadas pelo SHA de forma a adaptar sua apresentação de acordo com o modelo de cada aluno ou grupo de alunos.

Independentemente do LMS em questão, determinadas questões, bastante consolidadas no ensino presencial, devem ser transportadas para o EAD. No ensino presencial, em geral, o professor segue um projeto instrucional para apresentação do conteúdo educacional aos seus alunos. Modelos instrucionais consistem de orientações ou conjuntos de estratégias na qual são baseadas as abordagens usadas pelos professores para ensinar. Segundo Reigeluth (1999), teorias voltadas ao desenvolvimento de projetos instrucionais descrevem os métodos de instrução e as situações nas quais estes métodos devem ser usados. Os métodos podem ser divididos em componentes menores e mais simples.

No ensino presencial este modelo instrucional pode seguir o próprio estilo cognitivo do professor, que o vai ajustando no decorrer do curso de acordo com seu projeto instrucional próprio. Esta visão de modelo instrucional persiste no desenvolvimento de disciplinas e cursos por meio de LMS, embora se apresente de forma fechada à livre escolha dos professores. Entretanto, este modelo instrucional é quem define como os

**objetos de aprendizagem (OAs)** devem ser usados no desenvolvimento das atividades pedagógicas.

Willey (2000) define que para se realizar raciocínio sobre a situação de aprendizagem do aluno e identificar ações de aprendizagem é necessário ao sistema selecionar OAs individuais e combiná-los, de uma forma que faça sentido instrucional. Em outras palavras, o autor define que para se promover o ensino, a tecnologia deve ser guiada pelos princípios instrucionais.

Segundo Willey (2000), uma implementação bem sucedida de OAs exige: (i) uma teoria instrucional; (ii) uma taxonomia dos OAs; e (iii) material de aprendizagem que conecte a teoria instrucional existente à taxonomia de termos, provendo auxílio do tipo “para este objetivo de aprendizagem, use este tipo de objeto de aprendizagem”.

Após esta visão inicial, percebe-se a importância de uma definição consolidada dos OAs que compõem o ambiente educacional, de sua taxonomia de termos e do projeto instrucional que guia o seu uso e aplicação no ambiente educacional.

Os objetos de aprendizagem são definidos como “qualquer entidade, digital ou não digital, que possa ser utilizada, reutilizada ou referenciada durante o aprendizado apoiado por meios tecnológicos” (IEEE LTSC, 2012). No aprendizado apoiado por computador destacam-se os ambientes interativos de aprendizagem; os sistemas de EAD; ambientes de aprendizagem colaborativa, entre outros. Exemplos de OAs incluem: conteúdo multimídia; conteúdo instrucional; objetivos de aprendizagem; softwares e ferramentas instrucionais; pessoas, organizações ou eventos participantes no aprendizado apoiado por tecnologias (IEEE LTSC, 2012).

Existem diversos trabalhos que se destinam ao desenvolvimento de ferramentas de software para auxílio na criação de OAs, assim como repositórios de armazenamento destes objetos, permitindo sua interoperação e uso distribuído. Entretanto, é necessária adoção de um padrão comum de desenvolvimento destes recursos, a fim de se projetar material instrucional possível de ser compartilhado entre diferentes sistemas.

Com este intuito, diversas organizações propuseram padrões para metadados educacionais. Exemplos destes padrões são: o LOM (*Learning Object Metadata*), proposto pelo LTSC (*Learning Technology Standards Committee*); o IMS (*Instructional Management System*) proposto pelo IMS GLC (*Global Learning Consortium*); e o OBBA (Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes) proposto pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em parceria com a Universidade do Vale dos Sinos (UNISINOS).

Dos padrões citados acima, o LOM (IEEE, 2002) e o IMS (IMS, 2012) consistem de padrões mais antigos e consolidados. No desenvolvimento desta tese foi utilizado o padrão LOM, o qual é apresentado em maiores detalhes na próxima subseção.

O padrão OBBA consiste de um esforço mais recente no desenvolvimento de um padrão para metadados de OAs multiplataforma. O principal objetivo do padrão OBBA foi de estabelecer uma especificação padronizada para os requisitos técnicos e funcionais de uma plataforma de produção, edição e distribuição de conteúdos digitais interativos, como os OAs (VICARI et al., 2010). O padrão busca ser usado para o desenvolvimento de OAs interoperáveis, a serem aplicados em ambientes Web e TV digital, com possíveis extensões para telefones móveis (OBBA, 2012).

Para descrição de conteúdos educacionais o padrão OBBA estende os padrões LOM e IMS. De forma a prover interoperabilidade entre diferentes plataformas, agrega também padrões para catalogação de arquivos multimídia e TV-Digital (VICARI et al., 2010). Assim como o padrão LOM, o OBBA é definido em categorias. Ele estende as nove categorias do LOM, determinando duas novas categorias: categoria *Accessibility*, que padroniza metadados de acessibilidade; e categoria *SegmentInformationTable*, que padroniza metadados de segmentação. Além disso, adiciona novos elementos nas categorias *Technical* e *Educational* do padrão LOM, que será visto na próxima seção. Mais detalhes a respeito do padrão OBBA são disponíveis no portal oficial do projeto (OBBA, 2012).

### 3.3.1 Padronização LOM

Como mencionado anteriormente, o LOM consiste de um padrão, definido pelo LTSC, proposto para fornecer descrições de metadados estruturados a respeito de recursos de aprendizagem visando à interoperabilidade semântica entre aplicações no domínio de *e-learning* (IEEE, 2002).

A padronização LOM tem como propósito facilitar a busca, avaliação, aquisição e uso dos OAs a professores, instrutores, processos automatizados de software entre outras entidades que fazem uso destes recursos educacionais. Além disso, com esta padronização é facilitado o compartilhamento e a troca de OAs entre entidades, possibilitando a criação de catálogos e repositórios destes recursos independentemente das diversidades culturais e contextos específicos nos quais estes OAs são empregados (IEEE, 2002).

O padrão descreve uma série de *elementos de dado*, os quais descrevem os OAs e são agrupados em categorias. São identificadas nove categorias para classificação dos elementos de dado, as quais são descritas abaixo:

1. Geral (*General*): nesta categoria são agrupadas informações que descrevem os OAs como um todo;
2. Ciclo de Vida (*Life Cycle*): a categoria agrupa informações relacionadas ao histórico e ao estado corrente dos OAs;
3. Meta-Metadados (*Meta-Metadata*): agrupa informações a respeito da instância de metadados usada para descrever o OA;
4. Técnica (*Technical*): esta categoria agrupa informações relativas às restrições tecnológicas exigidas pelos OAs e suas características técnicas;
5. Educacional (*Educational*): a categoria educacional agrupa as características educacionais e pedagógicas dos objetos;
6. Direitos (*Rights*): agrupa informações a respeito das propriedades e direitos intelectuais dos OAs, além de suas regras de condições de uso.
7. Relações (*Relation*): agrupa características que definem os relacionamentos existentes entre os OAs descritos;
8. Anotações (*Annotation*): esta categoria provê comentários a respeito do uso educacional do OA, informando também quando e por quem os comentários foram criados;

9. Classificação (*Classification*): esta categoria descreve o OA em relação à classificação particular de determinado sistema.

Algumas das categorias descritas são disponibilizadas em formato RDF (*Resource Description Framework*), o que facilita grandemente o uso dos metadados definidos pelo padrão LOM na definição dos vocabulários. Neste trabalho, foram usadas as categorias LOM Educacional, LOM Ciclo de Vida e LOM Técnica na definição da rede de ontologias do Domínio Educacional, apresentada no Capítulo 5.

Cada elemento existente nas categorias apresentadas é descrito por meio dos seguintes metadados:

- nome: nome a partir do qual o elemento é referenciado;
- explicação: definição textual do elemento;
- tamanho: o número de valores permitido no elemento;
- ordem: aplicável somente a elementos que consistem de lista de valores – determina a ordem do elemento na lista;
- exemplo: um exemplo ilustrativo do elemento descrito.

No caso dos elementos simples, o padrão LOM define ainda os seguintes metadados:

- espaço de valores: define o conjunto de valores aceitos para cada elemento, tipicamente na forma de um ítem de vocabulário ou como referência a outro padrão existente;
- tipo de dado: indica o tipo do elemento, podendo consistir de: conjuntos de caracteres de texto (*LangString* ou *CharacterString*); relativo a espaço-tempo (*DateTime*); intervalo específico de tempo (*Duration*); item de vocabulário (*Vocabulary*); ou de tipo indefinido (*Undefined*).

Elementos formados por listas de valores são também classificados como ordenados ou não ordenados. Outra classificação importante diz respeito ao nível de agregação de cada elemento, que representa a sua granularidade no padrão, isto é, se consiste de um elemento simples ou composto.

### 3.4 Trabalhos Relacionados

Com relação especialmente ao desenvolvimento de SHAs, apresentados neste capítulo, vários trabalhos podem ser citados como referência de soluções para o desenvolvimento de AIES (SANTIBAÑEZ; FERNANDES, 1998; DE BRA et al., 2003; CANALES et al., 2007). Um exemplo destas pesquisas é o ambiente de ensino-aprendizagem adaptativo na Web AdaptWeb<sup>®</sup>, o qual foi escolhido como base para experimentação prática neste trabalho, pois: (i) apresenta arquitetura de desenvolvimento aberta e de fácil obtenção e instalação; (ii) é comprovadamente funcional; (iii) está em constante aprimoramento, como pode ser constatado nos trabalhos de Muñoz et al. (2008) e Gasparini et al. (2010). Detalhes a respeito do



ambiente AdaptWeb<sup>®</sup> são apresentados no estudo de caso desenvolvido durante esta tese, descrito no Capítulo 7.

Um dos objetivos deste trabalho de tese é apresentar uma solução para adaptação e sensibilidade à situação em sistemas Web – mais especificamente, com foco em ELEs. Desta forma, esta seção de trabalhos correlatos apresenta foco em trabalhos relacionados a este tema além de, preferencialmente, trabalhos que considerem a modelagem por meio de ontologias.

Talvez por ser a análise do contexto relativo à situação do aluno em ELEs adaptativos um tema relativamente novo, não foram encontrados trabalhos especificamente sobre este assunto. Na Seção 3.4.1 abordagens relacionadas a ontologias voltadas a ELEs são tratadas. A Seção 3.4.2 mostra trabalhos relacionados à adaptação sensível ao contexto e à situação em ambientes *e-learning*, *m-learning* ou *u-learning*, sendo que alguns deles não utilizam ontologias para modelagem e representação do conhecimento.

### 3.4.1 Ontologias Voltadas a ELEs

Existem diversos trabalhos que propõem o desenvolvimento e aplicação de ontologias em ELEs, seja para modelagem de seu conteúdo (GASCUEÑA; FERNÁNDEZ-CABALLERO; GONZÁLEZ, 2006; TETCHUENG; GARLATTI; LAUBE, 2007; EYHARABIDE; AMANDI, 2007; BOUZEGHOUB; WIVES; DO, 2009), seja para apoio no funcionamento destes sistemas (HENZE; DOLOG; NEJDL, 2004; TETCHUENG; GARLATTI; LAUBE, 2007; OLIVEIRA et al., 2011). Entretanto, esta seção apresenta foco em um trabalho específico, desenvolvido por Muñoz (2004), bastante utilizado e referenciado nesta tese, pois propõe duas das ontologias utilizadas na rede de ontologias desenvolvida: a ontologia do Conteúdo do Conhecimento (*Content Knowledge ontology*) e a ontologia do Domínio do Conhecimento (*Domain Knowledge ontology*).

O trabalho de Muñoz (2004) propõe a modelagem do conteúdo educacional e do perfil do aluno por meio de ontologias. Para essa modelagem, a autora reusa e refina uma série de padrões e metadados já existentes na Web, de forma a apoiar a interoperabilidade semântica do modelo, entre eles o padrão IEEE LOM, descrito na seção anterior. O trabalho desenvolvido nesta tese é bastante relacionado ao trabalho de Muñoz (2004) também pelo fato da autora ter modelado estas ontologias tendo em vista sua aplicação no ambiente AdaptWeb<sup>®</sup>, usado como estudo de caso na presente tese. Em seu trabalho de mestrado, Muñoz (2004) possui como ponto de partida dois objetivos: (i) análise da aplicação de técnicas de Web Semântica para a melhoria da adaptabilidade em SHAs; e (ii) aplicação destas técnicas no ambiente AdaptWeb<sup>®</sup>.

Assim, Muñoz (2004) propõem três ontologias para modelagem do domínio educacional e também do usuário, as quais são modeladas na forma de um repositório de metadados inserido ao ambiente educacional. A ontologia do usuário não foi reutilizada neste trabalho, pois Muñoz (2004) utiliza outros critérios para desenvolvimento do modelo do usuário. Entretanto, a taxonomia desenvolvida para representação do domínio educacional (domínio do conhecimento) e o modelo dos conteúdos, com base nos metadados definidos na LOM, foram reutilizados neste trabalho. Maiores detalhes a respeito das ontologias desenvolvidas e das partes que foram reusadas são apresentadas no Capítulo 5.

### 3.4.2 Modelagem de Ambientes Educacionais Sensíveis ao Contexto

Nesta seção, são apresentados alguns trabalhos correlatos à tese. Não foi feita uma separação entre os trabalhos por serem, de maneira geral, classificados como pesquisas relevantes voltadas a modelagem de ambientes educacionais sensíveis a diferentes níveis de contexto do usuário, não necessariamente relativos à situação configurada.

Um exemplo de trabalho correlato relacionado a ambientes ubíquos de educação é o projeto CLUE (*Collaborative-Learning support-system with an Ubiquitous Environment*) (OGATA; YANO, 2004), o qual busca gerenciar a aprendizagem colaborativa guiada por computador. Neste ambiente de aprendizagem, o conhecimento atual (em formação) é relacionado com outros conhecimentos já trabalhados. O diferencial está no fato de analisar o histórico de acessos do aprendiz e de outros usuários, auxiliando no processo de aprendizagem. O trabalho também contempla uma aplicação-teste, relativa ao aprendizado de línguas, uma vez que esta é bastante dependente da situação atual (contexto) em que o aluno está inserido. Neste caso, o sistema busca interações passadas com o ambiente e experiências adquiridas, com base no contexto corrente, e fornece ao aluno a expressão correta a ser usada.

Outra infraestrutura para aprendizagem ubíqua é apresentada em (TETCHUENG; GARLATTI; LAUBE, 2007) onde é proposto um ambiente para prover aprendizado colaborativo com base em três sistemas: um sistema *peer-to-peer* para acesso ao conteúdo e adaptação; um sistema personalizado de gerência de anotações; e um sistema multimídia em tempo real para discussão de grupos. Os autores propõem a utilização de ontologias para modelagem de contexto e para análise das diferentes dimensões de contexto para avaliar a interação entre os alunos. O protótipo desenvolvido possui como objetivo melhorar a colaboração entre os alunos.

Um pouco mais voltado a *m-learning* (*mobile learning*), mas também preocupado em facilitar a disseminação de informações de forma adaptativa aos usuários, o trabalho apresentado em (WIVES et al., 2008) tem como objetivo buscar informações relacionadas ao ambiente educacional em que o usuário está inserido e às atividades educacionais desempenhadas pelo usuário. Para isto, o sistema considera como importante a detecção dos recursos e das pessoas que estejam disponíveis em locais próximos ao usuário do ambiente. O sistema considera, também, as necessidades e atividades do usuário, buscando apresentar recursos importantes que possam ser utilizados no desenvolvimento de suas atividades. Um aspecto importante deste trabalho, que não é focado em outros trabalhos, diz respeito aos recursos, tratados como extremamente relevantes no funcionamento do ambiente. Segundo os autores, recursos podem ser lugares (prédios, salas), eventos (reuniões, aulas) ou pessoas registradas no sistema (WIVES et al., 2008).

Já com relação à adaptação guiada pela situação do aluno (*situation-aware*), destaca-se o projeto SIMBAD (BOUZEGHOUB; DO; LECOCQ, 2007). SIMBAD é um ambiente para aprendizagem pervasiva (*p-learning*), no qual a adaptação é definida de acordo com um conjunto de situações, que são comparadas e filtradas. Ontologias de domínio são usadas tanto para modelar o contexto de mais alto nível, com conceitos compartilhados por todos os usuários, quanto para modelar dimensões contextuais específicas, como: contexto do aprendiz, contexto das atividades de aprendizagem, contexto do ambiente, dispositivos, localização e tempo. De forma mais detalhada, estas ontologias estão inseridas nos três modelos que compõem o sistema SIMBAD: o modelo de domínio; o modelo do aprendiz, que mantém os dados referentes ao

aprendiz; e o modelo pedagógico, que descreve os OAs, onde as ontologias de contexto são exploradas (BOUZEGHOUB; WIVES; DO, 2009). Diferente do presente trabalho, a pesquisa desenvolvida pelos autores não leva em consideração aspectos ligados às preferências e estilos cognitivos do aluno, apresentando enfoque ligado mais fortemente à análise do local onde está o aluno e quais são os recursos mais próximos que possam ser úteis a ele. Além disso, a determinação da situação é baseada em um histórico de experiências passadas (*case based*), e não deduzida a cada momento, por meio de regras como as apresentadas neste trabalho.

Um exemplo de trabalho relacionado à modelagem de situações e cenários é apresentado em (YANG, 2006), onde os autores propõem a modelagem de cenários adaptativos e sensíveis ao contexto baseados em: uma teoria didática; um modelo do domínio; um modelo do aluno; e um modelo de contexto. No trabalho, os autores primeiramente desenvolvem uma série de cenários baseados em um cenário comum de aprendizagem. Em seguida, utilizam uma teoria em antropologia didática do conhecimento para aquisição do modelo de cenário e do ambiente didático. Ainda, o modelo de cenário baseado na teoria didática é transformado em um modelo hierárquico de tarefas processável por computador. Acredita-se que esta abordagem é uma das mais próximas desta proposta de tese, entretanto, não leva em consideração a situação particular do aluno.

Com relação à filtragem baseada em conteúdo aplicada em ambientes *e-learning*, um exemplo é o trabalho apresentado em (YU et al., 2007). Neste trabalho os autores apresentam um ambiente de *e-learning* sensível ao contexto, onde o processo de recomendação de conteúdo é realizado com base nos conteúdos já acessados pelo aluno e que fazem parte de seus objetivos de aprendizagem. Os autores não analisam a navegação do aluno nem o aspecto amplo ligado à situação vivenciada por ele, apenas os conteúdos para acesso.

Por fim, o trabalho apresentado em (EYHARABIDE; AMANDI, 2007) não se trata de um ambiente em si, mas de uma modelagem detalhada de contexto e de perfil de usuário em uma visão sensível à situação. Em contraste com a idéia de contexto vago apresentada em (ANAGNOSTOPOULOS; NTARLADIMAS; HADJIEFTHYMIANES, 2006), que define o contexto a partir das situações que ocorrem nele, as autoras dão ênfase à importância da modelagem do contexto como primeiro passo no desenvolvimento, afirmando que, para se manipular o contexto eficientemente, primeiro deve-se defini-lo precisamente e modelá-lo explicitamente (EYHARABIDE; AMANDI, 2007). Na modelagem proposta, a situação é colocada como parte integrante do perfil do usuário, não sendo a situação usada para definir o contexto do usuário. O trabalho é focado no uso de agentes para manipular dados de perfis de usuários, com cada agente auxiliando um usuário específico no ambiente. Como contribuição final o trabalho apresenta uma ontologia, que descreve o modelo de perfil de usuário criado. Esta ontologia é definida como sendo multinível, pois descreve o modelo em três níveis: o meta-modelo, que é representado por uma ontologia de alto nível, que contém os conceitos mais amplos no ambiente; o modelo, representado por uma ontologia de domínio; e o nível de objeto, definido por instanciações da ontologia de domínio do nível de modelo.

### 3.5 Considerações Finais

Neste capítulo, foi apresentada uma visão geral a respeito da base conceitual relativa aos sistemas de aprendizagem baseados na Web, necessária para a compreensão dos ambientes a que se destina este trabalho. Foram apresentados conceitos relativos aos Sistemas de Hipermídia Adaptativa (SHAs), que consistem dos LMS foco da pesquisa apresentada na tese. Não foi realizado estudo exaustivo a respeito da área, mas uma verificação geral dos modelos de referência utilizados no desenvolvimento destes sistemas; das características relevantes com relação ao usuário (modelo do usuário), as quais suprem primariamente a tarefa de adaptação nestes ambientes; e dos métodos e técnicas, já bastante consolidados na área de SHAs, necessários para prover adaptação do conteúdo, apresentação e navegação nas hipermídias.

O capítulo também trata de aspectos relevantes à modelagem do domínio educacional, como a definição e importância de um projeto instrucional e dos OAs que o compõem.

Para finalizar, foram apresentados alguns trabalhos correlatos à tese, ligados ao desenvolvimento de ontologias para ELEs e à aplicação de sensibilidade ao contexto e situação na modelagem de ambientes de aprendizagem. Com relação a estes últimos, foram mostradas diferentes abordagens existentes, apresentando ao final de cada abordagem alguns de seus pontos negativos e positivos, visando relacionar com o modelo de sensibilidade a situações de aprendizagem proposto no presente trabalho.

Analisando-se comparativamente os trabalhos correlatos apresentados na Subseção 3.4.2 percebe-se que grande parte deles apresenta soluções voltadas à resolução de problemas educacionais específicos, aplicando conceitos em abordagens válidas somente no escopo da aplicação desenvolvida. Abordagens como as apresentadas em (TETCHUENG; GARLATTI; LAUBE, 2007; OGATA, YANO, 2004; YU et al., 2007) exploram a sensibilidade ao contexto em ambientes educacionais específicos, não apresentando uma ampla análise do modelo conceitual que suporta a sensibilidade ao contexto do aluno. Além disso, ontologias aplicadas especificamente para representação da situação do aluno não são abordadas.

Assim, entende-se que pouca atenção tem sido dada a uma visão mais abstrata e geral de sensibilidade à situação, sendo necessária uma mudança de foco da implementação e aplicação de soluções específicas para a modelagem de uma solução mais ampla, possível de ser aplicada em diferentes cenários educacionais. A abordagem apresentada nesta tese tem como diferencial apresentar uma investigação ampla a respeito da modelagem do contexto relativo à situação, buscando avaliar todas as fases de desenvolvimento de um sistema apto a detectar a situação do aluno, desde sua modelagem conceitual à sua modelagem lógica e física.

## 4 DETERMINAÇÃO DAS SITUAÇÕES COM APOIO DE CENÁRIOS

Como visto no Capítulo 2, conceitos em sensibilidade à situação são aplicados em áreas distintas e de formas distintas, tendo em comum a necessidade de avaliar as mudanças ocorridas no sistema e reagir adequadamente a essas mudanças. Neste Capítulo, é apresentada a visão específica deste trabalho a respeito de sensibilidade à situação, aplicada explicitamente aos ambientes educacionais baseados na Web, buscando caracterizar a situação vivenciada pelo aluno no sistema. Para isto, a aplicação do conceito de situação em ELEs é explorada por meio de um cenário prático de aplicação, explicitando os aspectos dinâmicos em cada situação vivenciada pelo aluno e mostrando como a análise da situação corrente pode auxiliar na adaptação do ambiente educacional. Ao final do capítulo, é realizada uma análise geral do fluxo de processamento das situações, buscando generalizar seu funcionamento.

No Capítulo 2, diferentes conceitos de situação foram apresentados. De acordo com o objetivo da aplicação, diferentes elementos contextuais serão relevantes para descrição da situação. Em alguns tipos de situações, os elementos contextuais analisados possuem granularidade baixa, podendo ter seu valor variando dentro de um intervalo específico de valores. Por exemplo, o elemento contextual instanciado com valores relativos à temperatura de uma sala, que podem assumir qualquer valor entre 10 e 20° Celsius. Em outros casos, as situações podem apresentar elementos com granularidade maior, relacionados, por exemplo, a comportamentos, objetivos e ações. Neste trabalho não é apresentada nenhuma classificação específica para as situações, entretanto, diferentes abordagens são possíveis, como as apresentadas no Capítulo 2, onde são apresentados exemplos de situações centradas no comportamento do usuário e situações centradas no comportamento do sistema.

No Capítulo 2 foram apresentadas as informações que devem ser descritas em um sistema para que ele esteja apto a identificar uma situação: (i) **os eventos** que participam da situação; (ii) as **condições** para consumo dos eventos; (iii) o **contexto relevante** à situação; e (iv) as **condições semânticas** que devem ser satisfeitas na definição da situação (O'BRIEN, 2009). Este capítulo busca analisar, por meio de um cenário educacional de aplicação, esses grupos de informações de forma a definir uma situação ou, no escopo deste trabalho, uma situação de aprendizagem.

### 4.1 Cenário Educacional

De acordo com a visão geral de situação adotada neste trabalho, nesta seção objetiva-se focar nas situações de aprendizagem, isto é, situações ocorridas dentro de um ambiente educacional. Para definição das situações de aprendizagem relevantes

neste estudo, utiliza-se uma abordagem apoiada por *cenários de aplicação*. Um cenário de aplicação consiste da descrição completa de uma atividade contextualizada do aluno, onde os valores esperados no início e no fim de uma atividade são claramente definidos.

Cenários são muito explorados pela Web Semântica na demonstração da operação prática de sistemas (BERNERS-LEE; HENDLER; LASSILA, 2001). Analogamente, esta seção descreve um cenário de aprendizagem típico, consistindo de diferentes situações internas sendo iniciadas e finalizadas através de eventos, resultado de ações do aluno sobre o ambiente educacional ou vindas do próprio ambiente. O cenário apresentado pré-entende a sensibilidade à situação de aprendizagem do aluno por parte do ambiente, mostrando quais elementos contextuais devem ser analisados a cada momento e as possíveis adaptações realizadas na mídia adaptativa.

Inicialmente, descreve-se o cenário de aprendizagem do início ao fim, para facilitar a compreensão. Nas próximas seções, este cenário é analisado em diferentes aspectos, sendo retomado passo a passo, explicando cada situação configurada; os elementos contextuais identificados e os aspectos dinâmicos observados em cada uma das situações.

#### Cenário de Aprendizagem:

*“José é aluno do 3º ano do curso de Ciência da Computação e está cursando a disciplina de Computação Gráfica”. Para esta disciplina, o professor montou um projeto instrucional no qual são baseadas todas as fases do processo de aprendizagem, que inicia identificando a meta instrucional e termina na sua avaliação. De acordo com os estilos de aprendizagem definidos por Felder e Brent (2005), José apresenta comportamento ativo (aprende por meio de tentativas e experimentações, preferindo trabalhar em grupo a sozinho) e visual (tem preferência por materiais em representação visual, como imagens, figuras, diagramas e fluxos de dados).*

*É manhã de quinta-feira (10h) e José está na biblioteca da universidade, desenvolvendo uma atividade da disciplina citada. Para interação com o ELE, José utiliza seu notebook, com display de 15 polegadas (resolução 800x600), sistema operacional Windows, browser para navegação Chrome. Está conectado à rede da universidade por cabo (conexão fixa).*

*A atividade desempenhada por José consiste de um exercício no tópico de ‘Representação de Objetos e Cenas’, mais especificamente no subtópico ‘Sistemas de Representação Vetorial versus Matricial’. O objetivo deste exercício no contexto do projeto instrucional é analisar as diferentes formas de objetos pertencentes a cada um dos modelos de representação (que podem ser cinco, entre elas a Vetorial). Assim, para atingir este objetivo, o aluno precisa executar três atividades internas, onde necessita (1) identificar esta forma de representação entre um grupo de quatro formas apresentadas; (2) identificar em um gráfico quais componentes compõem a forma de representação vetorial; e (3) implementar um polígono em 2D no sistema OpenGL usando a forma de representação vetorial.*

*José está no início desta atividade (de tipo exercício) e o ambiente permite que José navegue livremente pelo conteúdo da disciplina. Portanto, a mídia adaptativa apresenta as três atividades internas para o aluno, sem seguir um caminho previamente determinado pelo professor. Como o estilo de aprendizagem de José com relação à apresentação do conteúdo é visual, o sistema expõe o primeiro*

*exercício (1) como primeiro na disposição das tarefas, pois consiste de imagens com representações de gráficos 2D e 3D em representação vetorial. José opta pelo primeiro exercício (1) e começa seu desenvolvimento. Na próxima tela, seis objetos pertencentes a diferentes tipos de representação (Vetorial, Aramado, Paramétrico, Cena) são apresentados a José, onde ele clica no que lhe parece ser o Vetorial. Ele erra o exercício, podendo realizá-lo mais duas vezes (como determina o projeto instrucional do professor - que define três tentativas para o exercício). Ele realiza mais uma tentativa e erra novamente.*

*Devido aos dois erros consecutivos (evento), neste momento o sistema analisa o local onde José está; seu estilo de aprendizagem e conhecimento prévio (conhecendo seu ponto de desenvolvimento no projeto instrucional). Como está na biblioteca, sua conexão é fixa e seu estilo de aprendizagem com relação à percepção do conteúdo é intuitivo (preferindo princípios e teorias), o sistema apresenta a mídia adaptada com uma lista de objetos de aprendizagem que podem auxiliar José nesta atividade. Entre estes objetos, o primeiro listado consiste da consulta a um livro, apontado pelo professor como referência neste ponto do projeto instrucional e que pode ser encontrado nesta biblioteca. José clica nesta referência, visualiza sua localização e o consulta. Após consulta, José acerta o exercício e passa para o próximo ponto.*

*José se sente confiante e passa diretamente ao terceiro exercício (3), que consiste em implementar um polígono em 2D em OpenGL. Este exercício possui uma complexidade mais alta, e José é ainda definido como aluno em conhecimento básico. Portanto, o sistema é adaptado apresentando objetos de aprendizagem mais básicos, dentre eles um link para o tutorial básico em OpenGL. Além disso, como José está na biblioteca, o sistema sugere livros e manuais existentes para consulta local. No passo seguinte José não escolhe nenhum objeto apresentado, mas retorna para o exercício (2), abandonando a tarefa em aberto e começando outra. Neste ponto, o sistema precisa perceber que a sessão é a mesma, mas a tarefa em curso é outra – pertencente à mesma atividade, mas com outros objetos de aprendizagem relevantes para a adaptação.*

*O professor estipulou no projeto instrucional que a cada mudança de tarefa, uma visão geral do que consiste a atividade é apresentada, juntamente com o objetivo buscado com essa atividade desenvolvida. Assim, José lê o texto apresentado e permanece com a opção de desempenhar o exercício (2), onde José resolve diretamente o exercício, acertando na primeira tentativa. Ele então retorna para o exercício (3), que consiste do desenvolvimento do protótipo. Como anteriormente, a mídia adaptativa é apresentada incluindo objetos em aspecto mais básico, com: exemplos de protótipos desenvolvidos por alunos em anos anteriores; códigos e rotinas de processamento. José analisa os objetos de aprendizagem apresentados, tendo êxito no desenvolvimento do exercício. Após essa atividade, ele tem seu desempenho aumentado para mediano, pois já adquiriu conhecimento nos pontos abordados nessa atividade finalizada.”*

## **4.2 Análise do Cenário Educacional Apresentado**

O cenário apresentado consiste de uma atividade simples, de uma disciplina de Computação Gráfica para alunos dos cursos de Computação. Neste cenário, uma atividade de tipo exercício é apresentada ao aluno, para que seja respondida em no

máximo três tentativas. Entretanto, o sistema não aguarda as três tentativas para apresentar uma ação de adaptação, pois no final destas três tentativas o sistema já deve enviar uma resposta final e passar para o próximo exercício (evento final).

Para analisar o cenário apresentado com relação às situações configuradas, primeiramente são avaliados os elementos contextuais relevantes com base nas questões apresentadas no Capítulo 2 como importantes na definição da situação corrente:

- 1) **Quem?** José, aluno do curso de Ciência da Computação, cursando a disciplina de Computação Gráfica (**dados pessoais**). Estilo cognitivo visual, ativo e intuitivo, estilo navegacional livre, com conhecimento nos pré-requisitos necessários por alunos deste curso (**dados comportamentais**).
- 2) **Como?** Está usando *notebook* com tela resolução 800x600, sistema operacional (SO) Windows, *browser* de navegação com a Internet Chrome e conexão fixa (**dados tecnológicos**).
- 3) **Quando?** As 10h de quinta-feira (**dados temporais**).
- 4) **Onde?** Na biblioteca da Universidade (**dados de localização**).
- 5) **O que?** Desenvolvendo uma atividade da disciplina de Computação Gráfica (**dados do domínio educacional**).

De acordo com esta análise inicial, percebe-se que para definição da situação de aprendizagem na qual o aluno se apresenta deve-se analisar os seguintes grupos de elementos contextuais:

- **Dados Pessoais e Comportamentais** – nome, cursos matriculados, disciplina, línguas conhecidas (fluência), conhecimento, preferências no uso do ambiente educacional (no caso, estilos cognitivos de aprendizagem definidos por Felder e Brent (2005)), e forma de navegação no conteúdo didático.
- **Dados do Domínio** – dados relativos aos OAs disponíveis ao aluno (domínio educacional) e projeto instrucional criado pelo tutor.
- **Dados Tecnológicos** – dados a respeito do dispositivo computacional utilizado para navegação no conteúdo didático.
- **Dados de Localização** – local onde o aluno está situado.
- **Dados de Tempo** – tempo corrente de acesso ao sistema educacional.

Assim, optou-se por representar a situação de aprendizagem válida em um dado intervalo de tempo por meio da tupla  $S$ , apresentada em (6),

$$S = (P_d, D_d, T_d, L_d, T_i, T_f) \quad (6)$$

onde:

- $P_d$  – elementos contextuais relativos ao perfil e comportamento do usuário;
- $D_d$  – elementos contextuais relativos ao domínio de aplicação (educacional);
- $T_d$  – elementos contextuais relativos ao domínio tecnológico;
- $L_d$  – elementos contextuais que descrevem a localização do usuário;



- $T_i$  – tempo inicial;
- $T_f$  – tempo final;

A partir dos elementos contidos na tupla  $S$ , adicionados aos seus valores instanciados no decorrer do tempo, é possível definir a situação de aprendizagem do aluno enquanto utiliza o ambiente educacional.

### 4.3 Situações de Aprendizagem e seus Fatores Dinâmicos

O cenário apresentado na Seção 4.1 apresenta internamente uma série de situações distintas. Estas situações vão sendo alteradas no decorrer do tempo de acordo com a ação executada pelo aluno no ambiente educacional. Estas ações podem ser as mais variadas, por exemplo: finalização da atividade em curso e encerramento do sistema; sequência no desenvolvimento de uma atividade; troca de atividade; enfim, o aluno é livre para decidir suas ações em um ambiente de *e-learning*, uma vez que não existe a figura do professor para auxílio na atividade sendo executada.

Não se objetiva neste trabalho delinear todas as possíveis ações executadas pelo aluno ou todas as situações de aprendizagem possíveis de ocorrência em função dessas ações, uma vez que diferentes cenários de aplicação deveriam ser vistos para análise de todas as ações possíveis de execução por parte do aluno. Desta forma, para ilustrar alguns fatores os quais se acredita serem importantes na determinação da mudança entre situações, nesta seção primeiramente será retomado o cenário visto de forma completa no início da Seção 4.1, mas agora mostrando separadamente cada uma das situações configuradas. Para cada situação de aprendizagem, os dados pertencentes à tupla  $S$  serão analisados, seguido de seus eventos iniciais e finais.

Após estas situações, três elementos contextuais são identificados como chave para dinamicidade entre situações: localização; dispositivo; e desempenho na atividade executada. Para compreensão da dinamicidade das situações em cada um destes casos algumas situações, dentro do mesmo cenário de aplicação, são ilustradas.

Retornando ao cenário de aprendizagem inicial, no momento de entrada no ambiente e escolha de navegação na disciplina de Computação Gráfica em modo livre, é possível identificar os seguintes elementos válidos no cenário educacional de José:

- Evento de início – *login*
- Situação – elementos contextuais instanciados que caracterizam a tupla  $S_0 (P_0, D_0, T_0, L_0, T_{0i}, T_{0f})$ :
  - $P_0$  – José, português, programação, álgebra, ativo, visual, intuitivo, livre;
  - $D_0$  – Ciência da Computação, Computação Gráfica, projeto instrucional;
  - $T_0$  – dispositivo notebook (Windows, 800x600, Chrome), velocidade de conexão alta;
  - $L_0$  – biblioteca da Universidade;
  - $T_{0i}$  – 10:00:00; 19/01/2012;
  - $T_{0f}$  – a ser definido na ocorrência do próximo evento válido.

Os tempos de início e fim de uma situação são determinados por meio de eventos. Como somente o evento de início pode ser identificado, o tempo de fim fica em aberto até a ocorrência do próximo evento válido. Neste cenário de exemplo apresentado e nas

situações configuradas, para simplificar o tratamento serão definidos eventos apenas de entrada no sistema (*login*), saída do sistema (*logout*) e continuidade da mesma atividade.

A situação  $S_0$  inicia com a entrada de José no ambiente. Para esta primeira situação são avaliados os elementos contextuais instanciados em  $S_0$ . A adaptação realizada na mídia adaptativa será apresentar a disciplina para José de acordo com seus elementos contextuais instanciados neste momento, respeitando local, tecnologia, ponto no projeto instrucional e perfil.

A situação  $S_0$  finaliza no momento em que José opta por realizar uma atividade na disciplina. Entre um evento de fim e de início, o histórico da situação é armazenado, sinalizando o que se altera de uma situação para outra (qual ação foi responsável pela mudança de situação). Aqui o histórico é definido também na forma da tupla apresentada em (7),

$$H = (S, A, R, T) \quad (7)$$

onde:

- $S$  – situação detectada;
- $A$  – adaptação realizada na mídia adaptativa;
- $R$  – ação resultante, executada pelo usuário (o que ele fez);
- $T$  – intervalo de tempo em que a situação foi válida ( $T_f - T_i$ ).

A partir destas definições, o fim da primeira situação define os elementos:

- Evento de fim – continuidade.
- $T_{of}$  – 10:05:00, 19/01/2012

O histórico da situação, armazenado no momento de mudança na situação, é definido pela tupla  $H_0(S_0, A_0, R_0, T_0)$ , onde:

- $S_0$  – realizando exercício de computação gráfica na biblioteca com notebook;
- $A_0$  – mostrar exercícios sem ordem definida, focando em atividades em aberto nesta disciplina;
- $R_0$  – clique no exercício para iniciar a atividade 1 - continuidade;
- $T_0$  – 5 minutos.

Tendo-se definido os elementos contextuais instanciados relevantes para esta primeira situação e seu evento de fim (o qual define o armazenamento do histórico de situação), continua-se a avaliação do cenário e sua progressão:

“... A atividade desempenhada por José consiste de um **exercício** no tópico de **‘Representação de Objetos e Cenas’**, mais especificamente no subtópico **‘Sistemas de Representação Vetorial versus Matricial’**. O objetivo deste exercício no contexto do projeto instrucional é analisar as diferentes formas de objetos pertencentes a cada um dos modelos de representação (que podem ser cinco, entre elas a Vetorial). Assim, para atingir este objetivo, o aluno precisa executar três atividades internas, onde necessita (1) identificar esta forma de representação entre um grupo de quatro

*formas apresentadas; (2) identificar em um gráfico quais componentes compõem a forma de representação vetorial; e (3) implementar um polígono em 2D no sistema OpenGL usando a forma de representação vetorial.*

*José está no início desta atividade (de tipo **exercício**) e possui um estilo de navegação **livre**, portanto, a mídia adaptativa apresenta as três atividades internas para o aluno, sem seguir um caminho previamente determinado pelo professor. Como o estilo de aprendizagem de José com relação à apresentação do conteúdo é **visual**, o sistema expõe o primeiro exercício (1) como primeiro na disposição das tarefas, pois consiste de imagens com representações de gráficos 2D e 3D em representação vetorial. José opta pelo **primeiro exercício** (1) e começa seu desenvolvimento...”*

Quando José escolhe um objeto de aprendizagem específico para acesso no ELE, essa ação configura um evento de continuidade na atividade sendo executada. Neste ponto, configura-se a segunda situação de aprendizagem de José no ambiente educacional, uma vez que houve uma mudança, relativa à troca do objeto de aprendizagem sendo acessado. Para a segunda situação, os elementos válidos são os seguintes:

- Evento de início – *continuidade.*
- Situação –  $S_1(P_1, D_1, T_1, L_1, T_{1i}, T_{1f})$ :
  - $P_1$  – José, português, programação, álgebra, ativo, visual, intuitivo, livre.
  - $D_1$  – Ciência da Computação, Computação Gráfica, projeto instrucional 01; Exercício 01; Nível de complexidade médio; exigência tecnológica básica.
  - $T_1$  – dispositivo notebook (Windows, 800x600, Chrome), velocidade de conexão alta.
  - $L_1$  – biblioteca da Universidade.
  - $T_{1i}$  – 10:05:00; 19/01/2012

A situação  $S_1$  inicia com a continuidade da atividade de José. A adaptação executada pela mídia adaptativa refere-se à ordenação dos exercícios apresentados de acordo com o perfil comportamental de José e seu nível de desempenho na disciplina, uma vez que o objeto de aprendizagem não apresenta requisitos físicos para apresentação.

A situação  $S_1$  finaliza no momento em que José opta pelo primeiro objeto na disposição do conteúdo. Entre um evento de fim e outro de início, o histórico da situação é armazenado em  $H_1$ , sinalizando o que muda de uma situação para outra (qual ação foi responsável pela mudança de situação), como apresentado abaixo:

- Evento de fim – *continuidade*
- $T_{1f}$  – 10:06:00; 19/01/2012

Histórico representado por  $H_1(S_1, A_1, R_1, T_1)$ :

- $S_1$  – realizando exercício de computação gráfica na biblioteca com notebook
  - Elementos contextuais instanciados relativos ao domínio educacional: projeto instrucional 01, atividade 01, tipo Exercício;
- $A_1$  – ordem da disposição dos objetos de aprendizagem de acordo com o perfil e nível do aluno;

- $R_1$  – primeiro objeto na ordem de preferência adaptada;
- $T_1$  – 50 segundos

Abaixo, o cenário é retomado da situação seguinte:

*“... Na próxima tela, seis objetos pertencentes a diferentes tipos de representação (Vetorial, Aramado, Paramétrico, Cena) são apresentados a José, onde ele clica no que lhe parece ser o Vetorial. Ele **erra** o exercício, podendo realizá-lo mais duas vezes (como determina o projeto instrucional do professor - que define três tentativas para o exercício)...”*

Esta situação ( $S_2$ ) não descreve nenhuma adaptação no cenário, relatando somente continuidade no desenvolvimento do exercício e incremento no número de tentativas executadas pelo aluno.

- Evento de início – *continuidade*
- $T_{2i}$  – 10:07:00, 19/01/2012
- Situação –  $S_2(P_2, D_2, T_2, L_2, T_{2i}, T_{2f})$ : mesma de  $S_1$ , apenas ocorrendo em outro intervalo de tempo. Permanece a mesma ação de adaptação.

A situação  $S_2$  finaliza no momento em que José, recebendo como retorno a mesma tela anterior para resposta, realiza outra tentativa. Neste caso, a situação é finalizada e os seguintes elementos são armazenados;

- Evento de fim – *continuidade*
- $T_{2f}$  – 10:08:00, 19/01/2012

O histórico é representado por  $H_2(S_2, A_2, R_2, T_2)$ :

- $S_2$  – *realizando exercício de computação gráfica na biblioteca com notebook;*
- $A_2$  – *ordem da disposição dos objetos de aprendizagem de acordo com o perfil e nível do aluno;*
- $R_2$  – *submissão de resposta incorreta;*
- $T_2$  – *1 minuto.*

Retomando a sequência de ações do cenário educacional:

*“ ... Ele realiza mais uma tentativa e erra novamente. Devido aos dois erros consecutivos (evento), neste momento o sistema analisa o local onde José está; seu estilo de aprendizagem e conhecimento prévio (conhecendo seu ponto de desenvolvimento no projeto instrucional). Como está na biblioteca, sua conexão é fixa e seu estilo de aprendizagem com relação à percepção do conteúdo é intuitivo (preferindo princípios e teorias), o sistema apresenta a mídia adaptada com uma **lista de objetos de aprendizagem** que podem auxiliar José nesta atividade. Entre estes objetos, o primeiro listado consiste da consulta a um livro, apontado pelo professor como referência neste ponto do projeto instrucional e que pode ser encontrado nesta biblioteca. José clica nesta referência, visualiza sua localização e o consulta. Após consulta, José **acerta** o exercício e passa para o próximo ponto...”*

Nesta nova situação ( $S_3$ ), o ponto relativo ao número de tentativas para realização de adaptação é atingido (evento interno), o que leva o sistema educacional a analisar o contexto de José e realizar uma adaptação sensível à situação. Nesta análise, dados

relativos ao local, tecnologia usada e perfil comportamental são levados em consideração para determinar qual objeto de aprendizagem é mais adequado para ser apresentado a José. Esta adaptação pode não ser a ideal, portanto, o sistema deve considerar outros OAs para apresentação ao aluno.

- Evento de início – *continuidade*.
  - Evento interno – *número de tentativas*.
- O que mudou – *continuidade* – progresso na atividade com necessidade de adaptação
- Situação –  $S_3(P_3, D_3, T_3, L_3, T_{3i}, T_{3f})$ :
  - $P_3$  – José, português, programação, álgebra, ativo, visual, intuitivo, livre.
  - $D_3$  – Ciência da Computação, Computação Gráfica, projeto instrucional 01; Exercício 01; Composto; Nível de complexidade médio; exigência tecnológica básica; queda de desempenho na tarefa.
  - $T_3$  – dispositivo notebook (Windows, 800x600, Chrome), velocidade de conexão alta.
  - $L_3$  – biblioteca da Universidade.
  - $T_{3i}$  – 10:05:00; 19/01/2012.
- Adaptação – *busca de objetos de aprendizagem com filtro no contexto do aluno (localidade, tecnologia, comportamento)*.

A situação  $S_3$  finaliza no momento em que José acessa o objeto de aprendizagem, vindo posteriormente a acertar o exercício (1). Neste momento o histórico é armazenado.

- Evento de fim – *continuidade*
- $T_{3f}$  – 10:10:00, 19/01/2012

Histórico representado por  $H_3(S_3, A_3, R_3, T_3)$ :

- $S_3$  – realizando exercício de computação gráfica na biblioteca com notebook;
- $A_3$  – apresentação de objetos de aprendizagem seguindo filtro de contexto, em ordem adaptada;
- $R_3$  – escolha do primeiro objeto de aprendizagem na listagem;
- $T_3$  – 1 minuto.

As demais situações (submissão de resposta correta ao exercício, passagem para o próximo tópico) terão comportamento similar às apresentadas, analisando sempre: as ações executadas pelo aluno; os eventos de início e fim de cada situação e a necessidade ou não de adaptação.

A análise desenvolvida até este momento ocorreu em torno da ocorrência de três tipos de eventos específicos: entrada no ambiente educacional; continuidade em uma atividade; saída do ambiente. Entretanto, existem outros fatores responsáveis pelo dinamismo da situação do aluno nestes ambientes. Nas próximas subseções são exemplificadas três possíveis mudanças no ambiente, as quais são consideradas como sendo as que envolvem maior análise do contexto para adaptação: da localização do aluno; do aproveitamento obtido na atividade desenvolvida; e do tipo de tecnologia usada.

### 4.3.1 Fatores Dinâmicos Relativos à Localização do Aluno

Sendo um ambiente educacional baseado na Web, é permitido ao aluno acessar o ambiente em locais distintos, como: em casa; no ônibus; na universidade; dentre outros. Assim, a localização do aluno no decorrer do tempo passa a se apresentar como fator dinâmico no comportamento do ambiente, pois a proximidade a novos recursos, não antes disponíveis, deve ser avaliada pelo ambiente adaptativo.

O local onde o aluno está situado enquanto navega no ambiente educacional é possível de ser determinado de maneira automática através da análise dos dados relativos à latitude e longitude do ponto onde se encontra. Isto é feito a partir do endereço IP (*Internet Protocol*) concedido ao dispositivo computacional que o aluno está usando ou ao servidor de Internet ao qual ele está conectado. Seria possível utilizar recursos vindos de serviços de GPS (*Global Positioning System*), mas isto exigiria instalação de serviços extras no dispositivo do aluno, o que não está sendo avaliado neste trabalho.

Para demonstrar essa dinamicidade, o cenário apresentado no início desta seção é retomado, ilustrando uma condição de mudança de localização por parte do aluno. Inicialmente, o cenário apresenta uma situação de fim da atividade sendo desenvolvida e, em seguida, uma nova situação é configurada, agora com novos dados de localização.

O cenário inicial é retomado a partir do ponto onde a última situação foi válida. Após esta situação, o aluno opta por sair do ambiente. Desta forma, no momento de nova entrada, uma nova situação  $S_0$  será iniciada.

*“... Após consulta, José acerta o exercício e passa para o próximo ponto. Neste momento, ele percebe que está atrasado para um compromisso no centro da cidade e sai do ambiente. À noite ele se conecta novamente no ambiente educacional, em sua casa, retornando a disciplina de Computação Gráfica no seu notebook. No momento em que ele opta pela disciplina de Computação Gráfica, o ambiente retorna ao mesmo ponto abandonado anteriormente. José havia finalizado o primeiro exercício (1) com êxito, portanto o ambiente apresenta este exercício em uma cor diferenciada (por exemplo). José continua na atividade e, se sentindo confiante, passa diretamente ao terceiro exercício (3), que consiste em implementar um polígono em 2D em OpenGL. Este exercício possui uma complexidade mais alta, e José é ainda definido como aluno em conhecimento básico, portanto o sistema apresenta inicialmente um link para tutorial básico em OpenGL. Além disso, como José está em casa, com uma boa conexão de rede, o sistema apresenta alguns exemplos de trabalhos desenvolvidos por outros alunos, disponíveis na Web, e outros manuais mais extensos para download...”*

Como o elemento contextual que identifica a localização de José foi alterado, o cenário que descreve as ações dele e reações do sistema também foi alterado. No momento em que José percebe que está atrasado para um compromisso e sai do ambiente, o histórico da situação corrente é armazenado. No momento em que José retorna ao ambiente educacional, agora em casa, e opta por continuar a atividade em curso anteriormente, o sistema precisa avaliar esta primeira situação de forma adaptativa, mostrando o exercício já concluído de forma diferente dos demais e adaptando a apresentação e conteúdo de acordo com os novos elementos de contexto instanciados.

- Evento de início – entrada no sistema (*login*).
- Situação –  $S_0(P_0, D_0, T_0, L_0, T_{0i}, T_{0f})$ :
  - $P_0$  – José, português, programação, álgebra, ativo, visual, intuitivo, livre;
  - $E_0$  – Ciência da Computação, Computação Gráfica, projeto instrucional 1, Introdução, atividade 1 iniciada;
  - $T_0$  - dispositivo notebook (Windows, 800x600, Chrome), velocidade de conexão baixa;
  - $L_0$  – em casa;
  - $T_{0i}$  – 20:00:00; 19/01/2012.

A nova situação  $S_0$  inicia com a reentrada de José no sistema educacional. Nesse caso, o contexto deve ser avaliado totalmente, já buscando as alterações tornadas estáveis no último acesso. O sistema inicia o carregamento do conteúdo da disciplina de Computação Gráfica de acordo com o ponto anterior, mas agora tendo em vista a situação atual de José.

A situação  $S_0$  finaliza no momento em que José opta por continuar esta atividade, escolhendo o terceiro exercício na ordem apresentada. A adaptação deve considerar o local atual, mostrando objetos de aprendizagem (recursos) aptos de serem obtidos neste local. O final da situação  $S_0$  registra o seguinte conjunto de dados:

- Evento de fim – continuidade
- $T_{0f}$  – 20:03:00, 19/01/2012
- Histórico representado por  $H_0(S_0, A_0, R_0, T_0)$ :
  - $S_0$  – realizando exercício de computação gráfica em casa com notebook;
  - $A_0$  – apresenta o primeiro exercício, já finalizado, em cor diferente dos demais;
  - $R_0$  – escolha do terceiro exercício;
  - $T_0$  – 3 minutos.

A próxima situação ( $S_1$ ) é marcada pela escolha de José pela atividade (3). Neste caso, como José está em casa, outros OAs serão apresentados para ele, mais adequados a atual localização.

#### 4.3.2 Fatores Dinâmicos Relativos ao Tipo de Tecnologia Usada

Assim como a localização do aluno, o tipo de dispositivo computacional usado para acesso ao ambiente *e-learning* pode ser alterado. O aluno pode acessar o conteúdo da disciplina por meio de seu computador PC, ou seu *smartphone*, isto é, pode estar portando diferentes dispositivos na situação corrente. Além disso, em decorrência da utilização de um dispositivo móvel, por exemplo, a localização também é alterada, assim como a taxa de conexão e o tipo de rede ao qual o aluno está conectado.

De forma similar à seção anterior, o cenário apresentado na Seção 5.2 é retomado no mesmo ponto, ilustrando uma condição de mudança de tecnologia utilizada pelo aluno:

*“... Após consulta, José acerta o exercício e passa para o próximo ponto. Neste momento, ele percebe que está atrasado para um compromisso no centro da cidade e sai do ambiente. Enquanto aguarda a chegada do trem que o levará ao centro da cidade, ele conecta para seguir o exercício, agora usando seu **dispositivo celular** (smartphone). No momento em que ele opta pela disciplina de Computação Gráfica,*

*o ambiente retorna ao mesmo ponto abandonado anteriormente. José havia finalizado o primeiro exercício (1) com êxito, portanto o ambiente apresenta este exercício em uma cor diferenciada (por exemplo). José continua na atividade e, se sentindo confiante, passa diretamente ao terceiro exercício (3), que consiste em implementar um polígono em 2D em OpenGL. Este exercício possui uma complexidade mais alta, e José é ainda definido como aluno em conhecimento básico, portanto o sistema apresenta inicialmente um link para tutorial básico em OpenGL. Além disso, como José está **em trânsito**, com **baixa conexão de rede**, o sistema apresenta alguns manuais em texto que podem ser mais facilmente obtidos pelo aluno nesta situação.”*

No momento em que José percebe que está atrasado para um compromisso e sai do ambiente, o histórico da situação corrente é armazenado. Quando o aluno retorna ao ambiente educacional, agora acessando de um ponto qualquer da cidade (podendo ser considerado como “em trânsito” pelo sistema educacional, pois está em trânsito de um ponto “A” a um ponto “B” qualquer) por meio de seu dispositivo móvel, e opta por continuar a atividade em curso anteriormente, o sistema precisa avaliar esta primeira situação de forma adaptativa, mostrando o exercício já concluído de forma diferente dos demais e adaptando a apresentação e conteúdo de acordo com novo contexto.

- Evento de início – entrada no sistema (*login*).
- Situação –  $S_0(P_0, D_0, T_0, L_0, T_{0i}, T_{0f})$ :
  - $P_0$  – José, português, programação, álgebra, tutorial, visual, intuitivo;
  - $D_0$  – Ciência da Computação, Computação Gráfica, projeto instrucional 1, Introdução, atividade 1 iniciada;
  - $T_0$  - dispositivo *smartphone* (Android, 800x480, Android Mobile), velocidade de conexão baixa;
  - $L_0$  – em trânsito;
  - $T_{0i}$  – 11:00:00; 19/01/2012.

A situação  $S_0$  inicia com a reentrada de José no sistema educacional. Nesse caso, o contexto deve ser avaliado totalmente, já buscando as alterações tornadas estáveis no último acesso. O sistema inicia o carregamento do conteúdo da disciplina de Computação Gráfica de acordo com o ponto anterior, mas agora tendo em vista a situação atual de José e o novo dispositivo computacional usado. Como o ponto de entrada consiste apenas da apresentação das três atividades de tipo exercício, nada precisa ser adaptado para o dispositivo móvel de José.

A situação  $S_0$  finaliza no momento em que José opta por continuar esta atividade, escolhendo o terceiro exercício na ordem apresentada. Neste caso, a apresentação dos OAs precisa levar em conta a resolução do dispositivo móvel usado e a baixa taxa de conexão com a Internet, sem esquecer suas características comportamentais. O final da situação  $S_0$  registra o seguinte conjunto de dados:

- Evento de fim – continuidade
- $T_{0f}$  – 11:05:00; 19/01/2012

Histórico representado por  $H_0(S_0, A_0, R_0, T_0)$ :

- $S_0$  – realizando exercício de computação gráfica em trânsito com dispositivo móvel;



- $A_0$  – versão dos objetos respeitando a resolução de tela do dispositivo utilizado e atual taxa de conexão com a Internet;
- $R_0$  – escolha do terceiro exercício;
- $T_0$  – 5 minutos.

Como anteriormente, a próxima situação ( $S_1$ ) é marcada pela escolha de José pela atividade (3). Neste caso, como José está na rua, aguardando a chegada do trem (local identificado pelo sistema como “em trânsito”), usando seu *smartphone*, com baixa taxa de conexão, o ambiente não deve apresentar OAs difíceis de serem visualizados ou obtidos na situação atual.

### 4.3.3 Fatores Dinâmicos Relativos ao Aproveitamento do Aluno

Além da tecnologia associada e localização do aluno, um fator dinâmico na utilização do ambiente educacional se refere ao desempenho do aluno nas atividades sendo desenvolvidas no sistema. Mensurar acréscimo ou decréscimo de desempenho de forma automática e sem intervenção do professor na atividade sendo executada pelo aluno é uma tarefa delicada em ambientes educacionais, pois cada aluno possui suas particularidades no desenvolvimento das atividades, possuindo caráter subjetivo para avaliação. Trabalhos relacionados à computação afetiva empregam esforços visando detectar os estados afetivos dos alunos de forma a auxiliá-los no desenvolvimento de suas tarefas. Exemplo de pesquisa nessa área é o trabalho desenvolvido por Iepsen et al. (2011), onde os autores apresentam uma ferramenta para auxílio aos alunos na disciplina de Algoritmos. A ferramenta busca inferir o estado afetivo frustração por meio da captura das variáveis comportamentais dos alunos que antecedem ao clique do usuário em um botão “Estou frustrado”, presente na ferramenta. Aos alunos que evidenciam sinais de frustração, mensagens curtas com dicas sobre cada exercício são apresentadas.

Como visto no Capítulo 3, o Projeto Instrucional define o andamento das atividades educacionais do ambiente, podendo assim estipular, de acordo com o objetivo de cada atividade, alguns passos a serem executados pelo aluno de forma a concluir uma atividade qualquer. O monitoramento do andamento do aluno pode ser feito de forma a tentar apresentar um conteúdo que esteja de acordo as suas necessidades e preferências pessoais, mas determinar automaticamente seu rendimento no desenvolvimento de um curso se torna difícil pelas particularidades de cada aluno no uso do ambiente educacional, não sendo o foco específico deste trabalho de tese.

A alternativa adotada neste trabalho foi analisar o número de tentativas em uma determinada atividade educacional, especialmente em atividades de tipo exercício, e realizar uma adaptação caso o número de tentativas chegue ao seu limite (como apresentado no cenário de exemplo). Em uma associação ao aproveitamento do aluno nesta atividade em especial, o número elevado de tentativas não bem sucedidas pode levar o sistema a buscar OAs com conteúdo introdutório no assunto, que facilitariam a compreensão do conteúdo por parte do aluno.

Desta forma, considera-se a variável aproveitamento apenas em atividades do tipo “exercício”, nas quais é possível ao ambiente analisar o andamento tendo como base passos e tentativas especificadas pelo professor no projeto instrucional. Atividades relacionadas, por exemplo, a estudo, leitura, síntese de conteúdo, trabalhos práticos, entre outros, não serão avaliadas com respeito ao aproveitamento do aluno.

Além do aproveitamento do aluno é possível que ocorram mudanças no seu estilo cognitivo de aprendizagem. Entretanto, o acompanhamento dessas mudanças é geralmente monitorado em espaços mais longos de tempo como, por exemplo, a cada seis meses. Assim, a variação da instanciação dos elementos contextuais referentes ao estilo cognitivo de aprendizagem do aluno não é tratada de forma dinâmica, apesar de se estilo poder variar no decorrer de seu aprendizado.

#### 4.4 Generalização da Análise Desenvolvida

A abordagem guiada por um cenário de aplicação para análise de situações de aprendizagem tornou explícitos os fatores apontados por O'Brien (2009) como necessários para determinação de uma situação, os quais foram apresentados no início deste capítulo.

Para finalizar a análise desenvolvida, abaixo é feito um resumo a respeito dos fatores-chave identificados no cenário analisado:

- O início e o fim de uma situação são caracterizados pela ocorrência de eventos;
- Nas situações analisadas, os eventos foram determinados por axiomas internos (número de erros atingido) ou por ações do usuário;
- Três tipos de eventos foram sempre analisados: entrada no sistema (evento A), continuidade na atividade (evento B), saída do sistema (evento C);
- A cada evento, a situação do aluno é calculada levando em conta os elementos contextuais instanciados no momento atual;
- A cada situação determinada, adaptações são definidas na mídia adaptativa, as quais poderão corresponder a determinadas reações do aluno no ambiente. Este conjunto de dados (situação, adaptação e reação) foi armazenado para registro do histórico da interação do aluno do ambiente educacional sensível à situação;
- A situação é representada pela tupla  $S = (P, D, T, L, T_i, T_f)$ ;
- O histórico é representado pela tupla  $H = (S, A, R, T)$ .

Generalizando os passos de análise desenvolvidos a cada evento executado pelo aluno no ambiente, dando origem a novas situações, chegou-se ao fluxo no processamento sensível a situação apresentado na Figura 4.1, levando-se em consideração os passos desenvolvidos em uma mesma atividade e sessão do aluno no ambiente.

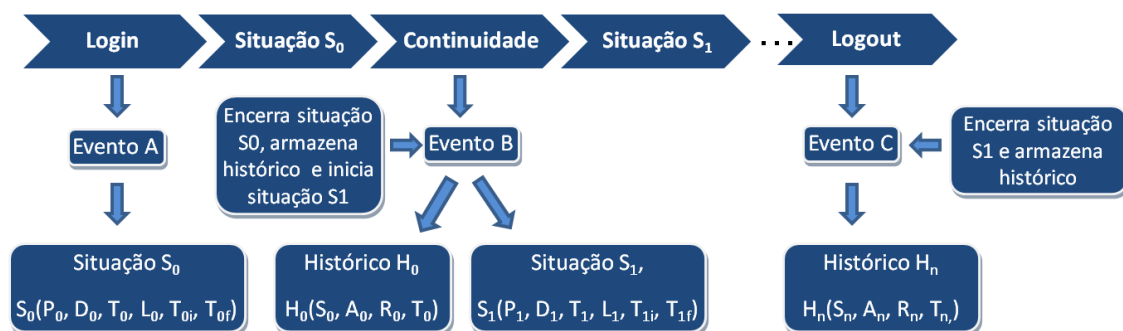


Figura 4.1: Fluxo do processamento sensível à situação

De acordo com as ações do aluno, o sistema precisa ser notificado. Na Figura 4.1 a ação de entrada no sistema determina a ocorrência do evento *A*. Este evento é responsável pelo início de uma situação  $S_0$ , a qual permanece ativa até a ocorrência do próximo evento. Se o aluno permanece no ambiente educacional, apenas trocando o objeto de aprendizagem sendo acessado, por exemplo, esta ação irá determinar um novo evento, representado na Figura 4.1 como evento *B* (continuidade). Este evento será responsável pela conclusão da situação  $S_0$  e início da próxima situação  $S_1$ , com valores de contexto diferentes da situação  $S_0$ . Ainda, antes de iniciar a situação  $S_1$ , é necessário armazenar em  $H_0$  a situação prévia, a adaptação realizada (se for o caso) e a reação do aluno no ambiente. Este processo irá ocorrer por repetidas vezes, dependendo da ação do usuário no sistema. A Figura 4.1 apresenta o fim da navegação do aluno no ambiente denotado pelo evento *C*, o qual irá determinar o armazenamento dos elementos contextuais relativos a uma situação em  $H_n$ .

Na análise desenvolvida neste capítulo, a cada evento configurado todos os elementos contextuais instanciados foram analisados, não se considerando diretamente o tipo de evento ocorrido. Entretanto, a avaliação do histórico de múltiplas interações dos alunos pode levar à melhoria deste cálculo de situação, sendo determinada a partir da análise de grupos específicos de elementos contextuais, e não do todo. Ainda, é possível realizar uma análise apenas do contexto que foi alterado entre uma situação e outra. Desta forma, diferentes abordagens são possíveis para análise e tratamento da situação do aluno no ambiente educacional. A solução apresentada neste trabalho não tem por objetivo ser unânime, mas mostrar uma possibilidade funcional de tratamento do contexto ligado à situação corrente.

## 4.5 Considerações Finais

Neste capítulo um cenário educacional foi analisado, de forma a se compreender: as situações configuradas com o decorrer do tempo; algumas ações do usuário responsáveis por determinar eventos relevantes no sistema sensível à situação; quais aspectos do contexto do aluno no ambiente educacional são dinâmicos; e as possíveis adaptações que podem ser executadas na mídia adaptativa, de forma a permanecer efetiva às necessidades do aluno.

Ao final, buscou-se generalizar os passos executados a cada evento detectado, explicitando os dados referentes à situação do aluno e ao histórico do último acesso (situação, ação, reação e tempo). Com essa generalização, seria possível automatizar o processo de análise da situação a cada modificação ocorrida no ambiente. A análise do histórico armazenado com o decorrer do tempo pode facilitar a determinação da situação sem a necessidade de avaliação de todos os elementos contextuais instanciados, mas somente dos elementos vinculados ao evento detectado.



## 5 MODELAGEM DO CONTEXTO

Este capítulo descreve o desenvolvimento de uma modelagem conceitual voltada à representação de dados de contexto para descrição e gerência do contexto que representa uma situação. Esta modelagem foi desenvolvida tendo como foco os ambientes educacionais baseados na Web, objetivo deste trabalho, e se baseou nos dados de contexto avaliados como importantes para determinação da situação do aluno, analisados por meio do cenário educacional apresentado no Capítulo 4. Após descrição detalhada do modelo, seus dados e relacionamento entre eles, o desenvolvimento prático deste modelo é apresentado utilizando uma linguagem específica para desenvolvimento de ontologias em um ambiente voltado a este propósito.

### 5.1 Modelagem dos Dados – Visão Geral

A visão geral apresentada na Figura 1.1 do Capítulo de Introdução deste trabalho mostra uma abstração bem alta das fontes dos dados de contexto que formam o modelo desenvolvido. Estas fontes foram retomadas no Capítulo 4 para análise do papel de cada uma delas em um cenário educacional real. A Figura 5.1 abaixo apresenta estas fontes em um nível maior de detalhamento.

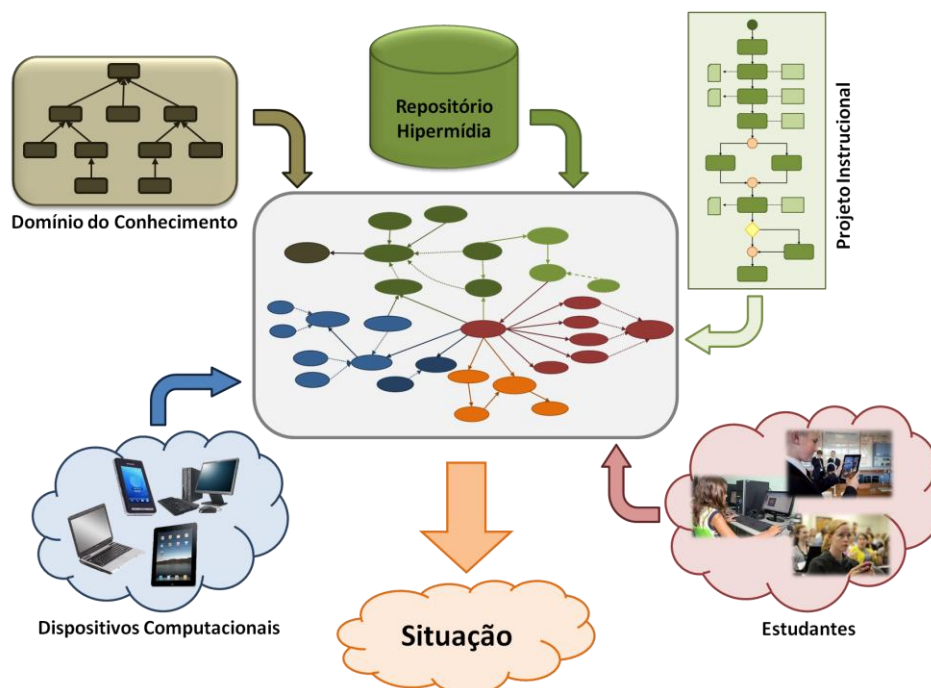


Figura 5.1: Detalhamento das fontes de dados de contexto que compõem o modelo

Como mencionado no Capítulo 1, este modelo foi idealizado de forma a conter dados suficientes para determinação da situação do aluno, mas não dados demais, que dificultem o tratamento adequado por parte de um ELE. Assim, o modelo foi desenvolvido tendo em vista o necessário e possível de ser obtido a respeito do contexto atual do aluno.

Analisando a Figura 5.1, os elementos na parte superior da figura, Domínio do Conhecimento, Repositório Hiperfídia e Projeto Instrucional, dizem respeito ao **Domínio Educacional** idealmente existente nos ELEs. Cada um destes elementos é descrito abaixo:

- **Domínio do Conhecimento:** consiste de uma taxonomia de termos pertencentes à determinada área do conhecimento. Um exemplo é apresentado na Figura 5.2, relativo ao domínio do conhecimento da disciplina de Estrutura de Dados dada a cursos de Computação. O domínio do conhecimento determina a hierarquia de conteúdos a serem apresentados aos alunos, por exemplo, dentro de uma disciplina.

- 
1. Árvores de Pesquisa
    - 1.1 Árvores de Pesquisa Binária
      - 1.1.1 Consulta em Árvore Binária de Pesquisa
      - 1.1.2 Inserção em Árvore Binária de Pesquisa
      - 1.1.3 Exclusão em Árvore Binária de Pesquisa
      - 1.1.4 Balanceamento de Árvores Binárias e Árvores AVL
    - 1.2 Árvores Digitais
      - 1.2.1 Árvores Digitais n-Árias
      - 1.2.2 Árvores Digitais Binárias
        - 1.2.2.1 Árvores Binárias de Prefixo
        - 1.2.2.2 Árvores PATRICIA
    - 1.3 B-Trees
      - 1.3.1 Procedimento de Busca em uma B-Tree
      - 1.3.2 Particionamento
      - 1.3.3 Inicialização
- 

Figura 5.2: Taxonomia de termos

Fonte: adaptado de SANTOS; AZEREDO, 2001.

- **Repositório Hiperfídia:** consiste do repositório de OAs desenvolvidos pelos professores e disponíveis aos alunos no ELE. Objetos de aprendizagem foram definidos no Capítulo 3 deste trabalho.
- **Projeto Instrucional:** descreve as atividades a serem seguidas no aprendizado de uma disciplina ou curso, juntamente com o objetivo a ser atingido em cada atividade e os OAs relevantes para cada atividade. Os elementos de um Projeto Instrucional foram apresentados no Capítulo 3.

Voltando à Figura 5.1, conhecer o dispositivo computacional sendo usado pelo aluno enquanto navega no ambiente é importante na definição de sua situação, uma vez que restringe a forma com que o conteúdo sendo estudado é apresentado ao aluno. Além dos dados que definem o dispositivo computacional em si, como resolução de tela, conexão de rede, entre outros, é importante definir a localização deste dispositivo para

determinar, em consequência, a localização do aluno. A fonte de elementos contextuais que caracteriza a localização do dispositivo não está definida na Figura 5.1, mas entende-se como importante na determinação da situação do aluno. Para simplificação, neste trabalho define-se que tanto os elementos contextuais relativos aos dispositivos computacionais quanto à localização deste dispositivo pertencem ao **Domínio Tecnológico**.

Além do Domínio Educacional e do Domínio Tecnológico, é importante modelar o contexto do próprio aluno, definindo seu perfil, preferências e objetivos no sistema educacional. A este se denomina **Domínio do Aluno**.

Tendo estes três domínios como fundamentais para ampla determinação da situação do usuário, cada um deles foi modelado separadamente, adotando-se uma representação semântica, na forma de ontologias, na sua modelagem. Optou-se por utilizar ontologias no desenvolvimento do modelo devido, basicamente, ao estudo bibliográfico apresentado no Capítulo 2. Além disso, a seção de Trabalhos Correlatos do Capítulo 2 também apresenta as ontologias como uma solução para gerência e tratamento dos dados de contexto situacional, dada a possibilidade de inferência sobre seu conhecimento.

Uma ontologia consiste de uma especificação formal e explícita de uma *conceituação* compartilhada (GRUBER, 1993; FENSEL, 2000; GAVA; MENEZES, 2003), onde, segundo Studer, Benjamins e Fensel (1998) e Fensel (2000), *conceituação* se refere ao modelo abstrato de algum fenômeno do mundo o qual identifica conceitos relevantes do próprio fenômeno; *explícita* significa que o tipo de conceito usado e os requisitos para o seu uso são definidos explicitamente; *formal* se refere ao fato da ontologia ser interpretável por máquina; e *compartilhada* reflete a noção de que uma ontologia captura o conhecimento apresentado não somente por um único indivíduo, mas por um grupo.

Assim, a utilização de ontologias para modelagem dos dados de contexto exige a consideração de uma série de requisitos impostos por esta técnica de representação de conhecimento (implícitos em sua definição apresentada acima), como: reuso; flexibilidade; interoperabilidade; e compartilhamento. A construção de uma ontologia entende a pesquisa de conhecimento comum já existente, de forma a refletir o conhecimento do domínio. Pesquisando a respeito dos três domínios considerados como necessários para determinação da situação do aluno, percebeu-se que uma série de ontologias deveria ser construída, de forma a representar todo o conhecimento referente aos três domínios. Neste ponto, optou-se por executar a fase de engenharia das ontologias adotando método definido pelas **redes de ontologias** (*ontology networks*). Nas próximas sessões são apresentados, respectivamente, a definição de redes de ontologias e a rede de ontologias desenvolvida neste trabalho.

## 5.2 Definição de Rede de Ontologias

De acordo com D'Aquin, Gangemi e Haase (2006), ontologias na Web não podem ser tratadas como artefatos isolados, pois estão relacionadas umas às outras de uma forma que pode afetar seu significado por serem inerentemente distribuídas em uma rede de recursos semânticos interligados. Desta forma, os autores definem uma rede de ontologias como uma coleção de ontologias relacionadas umas com as outras a partir de uma variedade de tipos de relacionamentos. Uma rede de ontologias difere de um conjunto de ontologias distintas interconectadas devido ao meta-relacionamento

definido entre as ontologias envolvidas em uma rede de ontologias ser expresso explicitamente (SUAREZ-FIGUEROA et al., 2009). Existem diversos tipos de meta-relacionamentos, alguns deles são descritos abaixo:

- Dependências e importações: consistem do tipo mais simples de relacionamento, ocorrendo quando uma ontologia, para definir seu próprio modelo, requer a referência a definições incluídas em outra ontologia.
- Versionamento: consiste da atividade de manter o registro das diferentes versões existentes de uma mesma ontologia.
- Alinhamento: se refere à técnica de colocar modelos diferentes em correspondência, declarando quais de suas entidades devem ser consideradas como sendo as mesmas ou como sendo mais genéricas do que as demais.
- Modularização: uma ontologia é a modularização de outra quando consiste de uma divisão do modelo ontológico como um todo, sendo autocontida e mantendo seus componentes interligados, os quais podem ser considerados independentemente, mas que participam cada um em um aspecto específico ou subdomínio da ontologia.

Allocca, d’Aquin e Motta (2009) formalizam os relacionamentos apresentados acima na ontologia DOOR (*Descriptive Ontology of Ontology Relations*). A ontologia DOOR modela o principal relacionamento abstrato *ontologyRelatedTo* que é então especializado em relacionamentos mais específicos, como: *includedIn*; *similarTo*; *isAlignedTo*; *disagreesWith*; *agreesWith*; e *isTheSchemaFor*, como mostra a Figura 5.3.

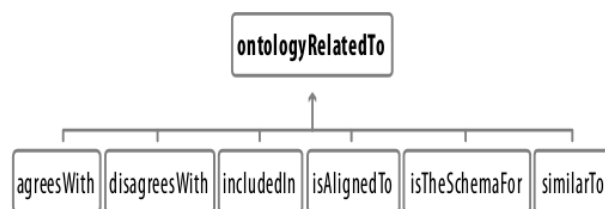


Figura 5.3: Ontologia de topo DOOR  
Fonte: ALLOCA; D’AQUIN; MOTTA, 2009.

Díaz, Edelweiz e Motz (2011) identificam um novo relacionamento entre as ontologias, definido pelos autores como *usesSymbolsOf*. Este relacionamento ocorre quando as propriedades de uma ontologia  $O$  envolvem indivíduos vindos de outra ontologia  $O'$ .

Atualmente, as redes de ontologias estão sendo vistas como um novo conceito na área de engenharia de ontologias, o qual tem sido grandemente aplicado em detrimento ao desenvolvimento personalizado de ontologias a partir do zero. Métodos distribuídos e colaborativos para o projeto de ontologias, como o DILIGENT (VRANDECIC et al., 2005) e a abordagem do projeto NeOn (SUAREZ-FIGUEROA et al., 2009), permite o projeto local de modelos baseado em um modelo central, o qual integra os modelos locais.

Intuitivamente, o desenvolvimento de uma rede de ontologias ocorre para se selecionar um conjunto de ontologias interligadas por meio da identificação dos diferentes relacionamentos existentes entre as ontologias. Entretanto, a criação de um modelo de conhecimento por meio de uma rede de ontologias implica na definição de



informações de metadados sobre as ontologias que fazem parte da rede. Os metadados das ontologias se referem a informações adicionadas à própria ontologia, e não ao seu conteúdo. Os metadados devem conter informações relativas à proveniência da ontologia, seu propósito e sua relação com as demais ontologias que fazem parte da rede e demais recursos semânticos (ROHRER; MOTZ; DIAZ, 2011).

### 5.3 Projeto da Rede de Ontologias

Nesta seção e nas subseções seguintes é apresentada a rede de ontologias de contexto desenvolvida no trabalho, a qual é aplicada de forma subjacente a um ELE com o intuito de dar suporte a uma estratégia adaptativa baseada na detecção automática da situação do aluno. A rede de ontologias modela os elementos contextuais que descrevem o dispositivo computacional utilizado pelo aluno, sua localização física, perfil e particularidades do aluno e o domínio educacional. Em se aplicando o conceito de rede de ontologias, um número de ontologias conhecidas e aceitas pelo domínio são inter-relacionadas em novas ontologias de domínio, tendo como objetivo o desenvolvimento de um sistema mais flexível e expressivo. Uma vantagem proporcionada pela rede de ontologias é a melhor compreensão dos relacionamentos existentes entre as ontologias participantes, seus conceitos e propriedades.

Como explicado na Seção 5.1, esta rede de ontologias cobre os diferentes domínios considerados para conceituar o contexto do aluno. A proposta consiste em desenvolver cada domínio em redes de ontologias separadas e, então, combiná-las em uma rede de redes de ontologias. Desta forma, existem: (i) *Rede do Domínio do Aluno*, a qual representa o modelo do aluno (ontologia *Aluno*) e a sua situação de aprendizagem (ontologia *Situação*); (ii) *Rede de Ontologias do Domínio Educacional*, que representa o modelo do domínio; e (iii) *Rede de Ontologias do Domínio Tecnológico*, que modela o contexto físico e tecnológico. A rede das redes de ontologias resultante é apresentada de forma geral na Figura 5.4. Sua construção foi feita a partir dos meta relacionamentos apresentados na Figura 5.3.

Cada uma das redes de ontologias possui sua estrutura interna bem definida, não interferindo nas demais exceto nos relacionamentos interdomínios (relacionamentos entre as redes de diferentes domínios, ilustrado na Figura 5.4 pela seta com linha contínua). Os relacionamentos intradomínios (relacionamentos entre as ontologias internas a uma mesma rede de ontologias) são explicados separadamente.

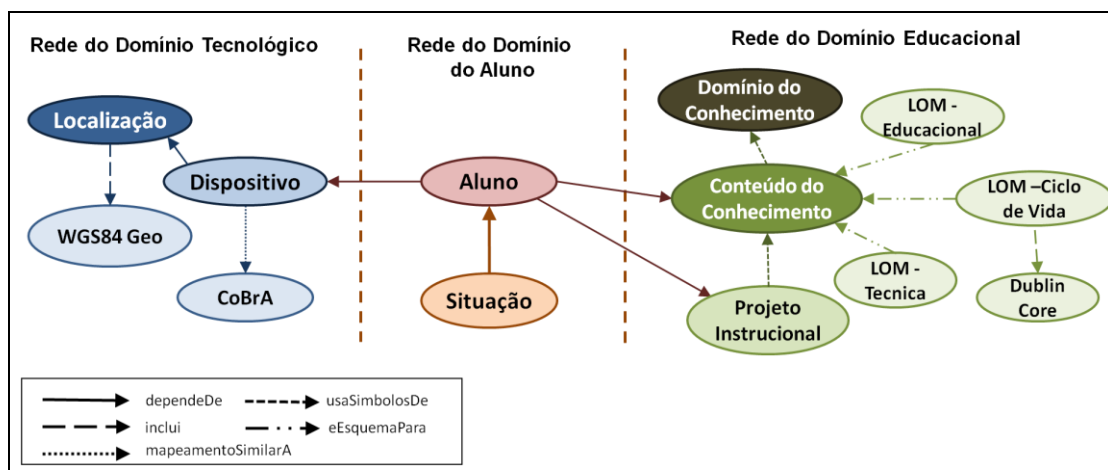


Figura 5.4. A rede das redes de ontologias de contexto

As próximas subseções detalham cada rede de ontologias, iniciando pelo Domínio Educacional, seguindo pelo Domínio Tecnológico e finalizando pela apresentação da ontologia Aluno. A ontologia Situação é explicada separadamente.

### 5.3.1 Rede de Ontologias do Domínio Educacional

O primeiro domínio modelado neste trabalho foi o Domínio Educacional. A rede de ontologias do Domínio Educacional tem por objetivo estruturar o conteúdo usado para aprendizagem e conceitos relativos a cursos e disciplinas ministrados em ELEs. Além disso, a ontologia precisa representar a taxonomia de termos do domínio do conhecimento, representado pelos OAs existentes no repositório, e o projeto instrucional definido pelo professor. No caso dos ELEs, o projeto instrucional se torna especialmente importante, pois ele define as atividades a serem desempenhadas pelos alunos e seus objetivos educacionais. Essa definição é muito importante para o cálculo da situação sendo vivenciada pelo aluno e para determinação das ações de adaptação do ambiente.

Para desenvolvimento da rede de ontologias foi feito o levantamento do conhecimento do domínio para buscar outras ontologias que pudessem ser reutilizadas. Assim, foram reutilizadas as seguintes ontologias para o desenvolvimento da rede do Domínio Educacional:

- LOM-Ciclo de Vida: tem por objetivo conceituar metadados relacionados ao histórico e estados corrente dos OAs, contendo conceitos como: estado, versão, colaborador e criador (originalmente *status*, *version*, *contributor* e *creator*, nessa ordem) (IEEE, 2002);
- LOM-Técnica: identifica os requisitos técnicos necessários para correta instalação e reprodução (acesso) dos OAs (IEEE, 2002);
- LOM-Educacional: conceitua os OAs, identificando seus tipos, tipo de interação, nível de dificuldade e para quais tipos de usuários é destinada (IEEE 2002);
- Dublin Core: os metadados existentes na ontologia Dublin Core, desenvolvida pelo grupo DCMI (*Dublin Core Metadata Initiative*) consistem de um conjunto de elementos que visam descrever recursos simples e genéricos. Seu objetivo inicial consiste de formar um vocabulário comum de metadados simples, de forma que outros vocabulários especializados a usassem para descrição de seus recursos. Definido como norma ISO 15836:2009 (DCMI, 2011);
- Conteúdo do Conhecimento: consiste de uma ontologia definida por Muñoz (2004) a qual define os conceitos relativos aos OAs, cursos, disciplinas e seus inter-relacionamentos. Foi usada como base no desenvolvimento da ontologia apresentada nesta tese, pois foram necessárias mudanças na estrutura definida pelos autores;
- Domínio do Conhecimento: também definida por Muñoz (2004), consiste de uma taxonomia para definição da hierarquia de conteúdos que representam uma área específica do conhecimento.

No lado direito da Figura 5.4 encontram-se as ontologias da rede do Domínio Educacional. Como ilustrado na figura, os relacionamentos intradomínio, apresentados na Subseção 5.2, que formam a rede são: *incluir*, *usaSimbolosDe* e *éEsquemaPara*

(originalmente definidos como *includedIn*, *usesSymbolsOf* e *isTheSchemaFor* (ALLOCA; D'AQUIN; MOTTA, 2009; DIAZ; EDELWEIZ; MOTZ, 2011)). No caso, o relacionamento *inclui* ocorre entre a ontologia LOM-Ciclo de Vida e Dublin Core, pois a primeira inclui termos da segunda como, por exemplo, criador e editor (originalmente, *creator* e *publisher*).

O relacionamento *usaSimbolosDe* é identificado na rede do Domínio Educacional da Figura 5.4 entre as ontologias Conteúdo do Conhecimento e Domínio do Conhecimento, pois a ontologia Conteúdo do Conhecimento define propriedades que determinam a área abrangida por um tópico, a qual utiliza valores (instâncias) vindas de indivíduos da ontologia Domínio do Conhecimento. De acordo com Muñoz (2004), OAs existem para materializar tópicos, os quais descrevem algum conteúdo estruturado na taxonomia definida pela ontologia Domínio do Conhecimento.

A ontologia para representar o conhecimento do Projeto Instrucional, desenvolvida nesta tese, contém os conceitos que identificam as atividades de cada projeto instrucional e os OAs relativos a elas. Assim, o relacionamento *usaSimbolosDe* também é identificado entre as ontologias Projeto Instrucional e Conteúdo do Conhecimento.

Ainda a respeito da rede do Domínio Educacional, o relacionamento *éEsquemaPara* ocorre entre as ontologias do Conteúdo do Conhecimento e as três ontologias LOMs por estas terem sido utilizadas como meta-modelo para o desenvolvimento da ontologia Conteúdo do Conhecimento.

Os relacionamentos descritos nos parágrafos anteriores são responsáveis por explicitamente definir a relação entre as diversas ontologias utilizadas para desenvolvimento da rede de ontologias do Domínio Educacional, efetivamente utilizada neste trabalho. Na Figura 5.5, a rede de ontologias completa é apresentada de maneira uniforme. As cores foram mantidas para diferenciar as ontologias que geraram cada um dos conceitos. As letras minúsculas “*d*” e “*v*” na Figura 5.5 e nas demais figuras que ilustram as ontologias correspondem, nessa ordem, ao domínio e a variação dos valores das instâncias vinculadas ao relacionamento ilustrado entre as classes.

Como ilustra a Figura 5.5, a taxonomia Domínio do Conhecimento é representada pela classe *Taxonomia*. A taxonomia Domínio do Conhecimento original, definida por Muñoz (2004), consistia de outras classes associadas. Esta estrutura foi simplificada neste trabalho por se entender que assim facilita o tratamento da taxonomia na rede de ontologias desenvolvida. A classe *Taxonomia* se relaciona com a classe *Objeto de Aprendizagem* por possuir os termos do conhecimento sendo *descritos*, *aplicados*, *definidos* ou *introduzidos* pelos OAs instanciados pela classe *Objeto de Aprendizagem*.

Em verde escuro, na Figura 5.5, estão definidas as classes da ontologia do Conteúdo do Conhecimento. Esta ontologia foi definida com base no esquema definido pelas ontologias LOM, apresentadas no Capítulo 3 desta tese, portanto, todo *Objeto de Aprendizagem* possui uma ou mais *PalavraChave* associada e é criado por um *Colaborador*. Além disso, a LOM define que OAs possuem diferentes níveis de agregação, podendo estes se constituir de estruturas simples, como um único tópico, ou complexas, como uma disciplina. Ainda motivado pela agregação, definida na LOM, um tópico pode conter demais tópicos internos (relacionamento *parteDe*).

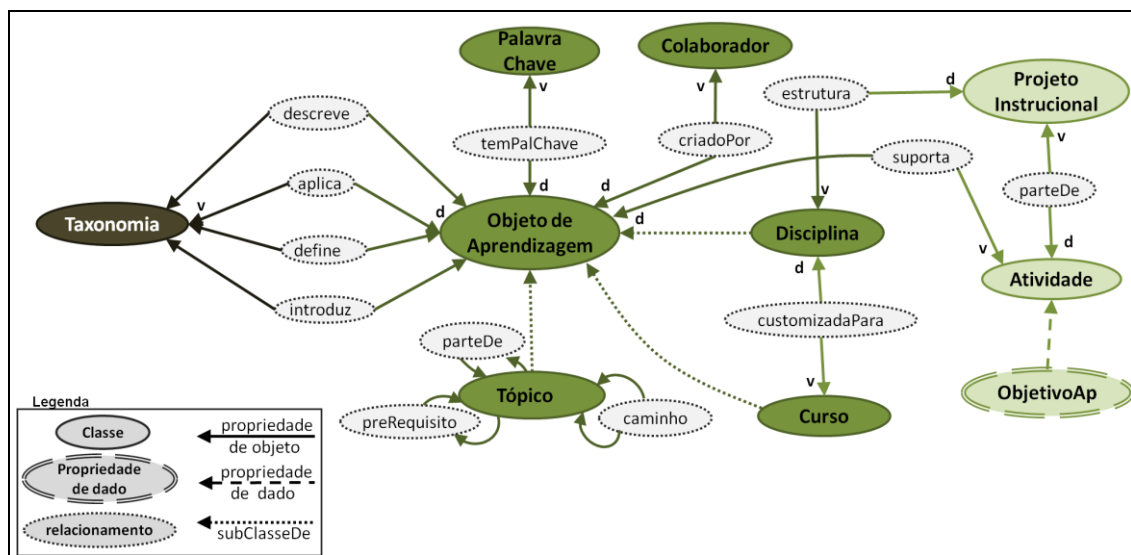


Figura 5.5. A rede de ontologias do Domínio Educacional

Seguindo o vocabulário definido por Muñoz (2004), tópicos podem possuir outros tópicos como pré-requisito, de forma a atender as exigências impostas no desenvolvimento dos conteúdos didáticos. Além disso, a hierarquia de tópicos forma um caminho do conhecimento, pois todo tópico possui seu anterior e posterior na taxonomia de tópicos, definida na ontologia Domínio do Conhecimento.

A respeito da ontologia Projeto Instrucional, se trata da mais difícil de ser imposta para representação no modelo, pois muitos ambientes educacionais não exigem que o autor defina o projeto instrucional a ser usado para o aprendizado do aluno, como discutido no Capítulo 3 desta tese. Entretanto, mesmo que não consista de um projeto instrucional completo, é importante para o sistema saber que tipo de atividade o aluno está executando no ambiente e qual seu objetivo pedagógico. A dedução desta informação de forma automática pelo sistema se torna arriscada, pois determinados tipos de atividade didática podem determinar a execução repetida de uma determinada ação (que irá configurar um evento interno ao sistema) e outras atividades podem ser determinadas para execução direta por parte do aluno, sem múltiplas repetições. Devido à dificuldade em exigir este tipo de dado, o modelo busca simplificar esta requisição, determinando somente a representação da *Atividade* sendo realizada; os *Objetos de Aprendizagem* vinculados a ela e seu *Objetivo de Aprendizagem*.

### 5.3.2 Rede de Ontologias do Domínio Tecnológico

A rede de ontologias do Domínio Tecnológico é responsável pela representação e gerência dos dados de contexto relacionados ao ambiente tecnológico e físico do aluno. Este agrupamento foi feito devido ao sensoriamento da localização ser executado por meio do dispositivo computacional usado e se tratar de dados de identificação da latitude e longitude do ponto onde o dispositivo computacional sendo usado pelo aluno está localizado.

Assim, a rede de ontologias do Domínio Tecnológico é composta pelas seguintes ontologias:

- WGS84 Geoposicionamento: consiste de um vocabulário RDF simples que provê um espaço de nomes para representação de latitude, longitude e altitude

para descrição de recursos geolocalizados, usando WGS84 (*World Geodetic System*, revisão 84) como dado de referência (W3C, 2003);

- *CoBrA (Context Broker Architecture)*: consiste de ontologias completas, desenvolvidas no padrão W3C (*World Wide Web Consortium*) OWL (*Web Ontology Language*), para suporte a sistemas sensíveis ao contexto em espaços inteligentes (*smart spaces*), representando conhecimento relativo a recursos contextuais (pessoas, dispositivos, agentes, eventos, tempo, espaço, entre outros) (CHEN, 2003);
- *Dispositivo*: contém informações relativas ao dispositivo computacional usado pelo aluno, como: resolução de tela; sistema operacional usado; e conexão de rede;
- *Localização*: representa os locais onde o aluno pode estar localizado, por exemplo: em casa; na universidade; na biblioteca; ou em trânsito. Para cada local, identifica sua localização geográfica.

No lado esquerdo da Figura 5.4 encontram-se as ontologias da rede do Domínio Tecnológico. Como ilustra a figura os relacionamentos intradomínio, apresentados na Subseção 5.2, que formam a rede são: *mapeamentoSimilarA* e *includi* (originalmente *mappingSimilarTo* e *includedIn*).

O relacionamento *mapeamentoSimilarA* é muito parecido com o relacionamento modularização, o qual ocorre quando uma ontologia consiste de uma divisão do modelo ontológico de outra. De acordo com Diaz, Edelweiz e Motz (2011) o relacionamento *mapeamentoSimilarA* ocorre quando existe um alinhamento de uma ontologia *O* para outra ontologia *O'* e este alinhamento cobre parte da ontologia *O*. Neste caso, o relacionamento *mapeamentoSimilarA* ocorre pois foi feito um alinhamento da ontologia *CoBrA* para a ontologia *Dispositivo*, onde a ontologia *Dispositivo* cobre parte da ontologia *CoBrA*, uma vez que o módulo da *CoBrA* que conceitua os dispositivos existentes em um ambiente inteligente (conceitos como dispositivo móvel, tela de exibição, entre outros) foi utilizado para compor a ontologia *Dispositivo*. A ontologia *CoBrA* foi escolhida por ser bastante conhecida e aceita pela área de sensibilidade ao contexto, consistindo de um modelo bastante completo para representação do conhecimento.

Ainda a respeito dos relacionamentos entre as ontologias do Domínio Tecnológico, o relacionamento *includi* ocorre pelo fato da ontologia *Localização* incluir o vocabulário definido pela WGS84 em sua definição para geolocalização dos locais frequentados pelo aluno enquanto desempenha suas atividades educacionais.

Assim como foi feito da seção anterior para descrição das ontologias do domínio educacional, aqui os parágrafos sucessores serão responsáveis por explicitamente definir a relação entre as diversas ontologias utilizadas no desenvolvimento da rede de ontologias do Domínio Tecnológico. A Figura 5.6 demonstra a rede do Domínio Tecnológico, com suas classes e relacionamentos. As cores foram mantidas para diferenciar as ontologias que geraram cada uma das classes. Esta rede foi bastante simplificada, tendo como objetivo representar somente o conhecimento realmente possível de ser obtido em um ambiente real.

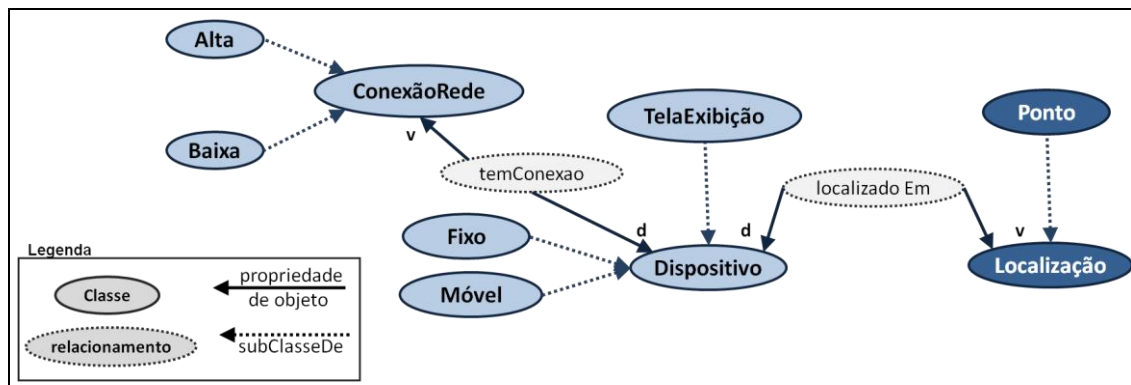


Figura 5.6. A rede de ontologias do Domínio Tecnológico

A classe principal da ontologia Dispositivo é o próprio *Dispositivo* computacional usado, o qual tem como subclasses: *TelaExibição*, que descreve o tamanho, em pixels, da tela de exibição do dispositivo; e *Fixo* e *Móvel*, que determinam se este se trata de um dispositivo fixo (como um computador pessoal) ou móvel (como celular, *smartphone*, *notebook* ou *tablet*). Cada *Dispositivo* é relacionado a uma instância da classe *ConexãoRede*, que determina somente se a conexão do dispositivo apresenta taxa de conexão com a rede alta ou baixa.

No caso da *Localização*, representa o local onde o dispositivo está localizado (relacionamento *localizadoEm*) juntamente com as coordenadas geográficas deste local.

### 5.3.3 Ontologia do Aluno

A ontologia Aluno conceitua as preferências (estilo cognitivo de aprendizagem e estilo navegacional), trajetória de aprendizado, competências e objetivos do aluno (MUÑOZ; PALAZZO, 2004). Para o tratamento da situação vivenciada pelo aluno, adicionou-se também a representação do dispositivo computacional usado para navegação no ambiente educacional e o local onde se encontra no momento corrente.

Os estilos de aprendizagem determinam qual a característica dominante no aluno com relação à forma com que ele recebe e processa informações. Existem vários estudos na definição dos fatores que determinam os estilos de aprendizagem de cada aluno. Neste trabalho adota-se o modelo de estilos cognitivos de aprendizagem definido por Felder e Brent (2005), apresentado na Seção 3.2 do Capítulo 3 deste trabalho. Os estudos de Felder e Brent (2005) definem quatro dimensões de estilos de aprendizagem, relacionados à: percepção da informação, podendo o aluno ser classificado como sensorial (*sensorial*) ou intuitivo (*intuitive*); captação da informação, classificado como visual (*visual*) ou verbal (*verbal*); processamento da informação, podendo ser ativo (*active*) ou reflexivo (*reflective*); e com relação ao entendimento da informação, sendo classificado como sequencial (*sequential*) ou global (*global*).

Com relação aos demais dados relacionados às preferências do aluno, o tipo de navegação específica como ele prefere navegar no conteúdo educacional proposto pelo tutor, se de forma livre, podendo avançar e retornar livremente em todos os OAs disponíveis, ou seguindo uma sequência de atividades e OAs previamente definidos como requisitos pelo professor.

A trajetória de aprendizado do aluno determina uma dependência da ontologia Aluno com a rede de ontologias do Domínio Educacional, pois consiste de um histórico armazenado de acordo com os OAs já acessados e finalizados pelo aluno. O mesmo

ocorre com as competências, pois estas são inferidas de acordo com os conceitos já vistos e dominados pelo aluno.

No caso dos objetivos, seguindo a proposta de Muñoz e Palazzo (2004), o objetivo final do aluno consiste no desenvolvimento de um determinado curso no qual esteja matriculado. Entretanto, neste trabalho esta noção de objetivo do aluno foi expandida, de forma que o objetivo está ligado à atividade específica sendo desempenhada pelo aluno, o que é implícito ao OA sendo acessado (no caso deste estar ligado a uma atividade educacional caracterizada pelo tutor).

A Figura 5.7 apresenta a ontologia do aluno sem as dependências definidas pelas demais redes de ontologias. A Figura 5.4 mostra as dependências existentes na forma de relacionamentos intermodelos (relacionamento *dependeDe*). Na Figura 5.7 apenas os relacionamentos intramodelo são apresentados.

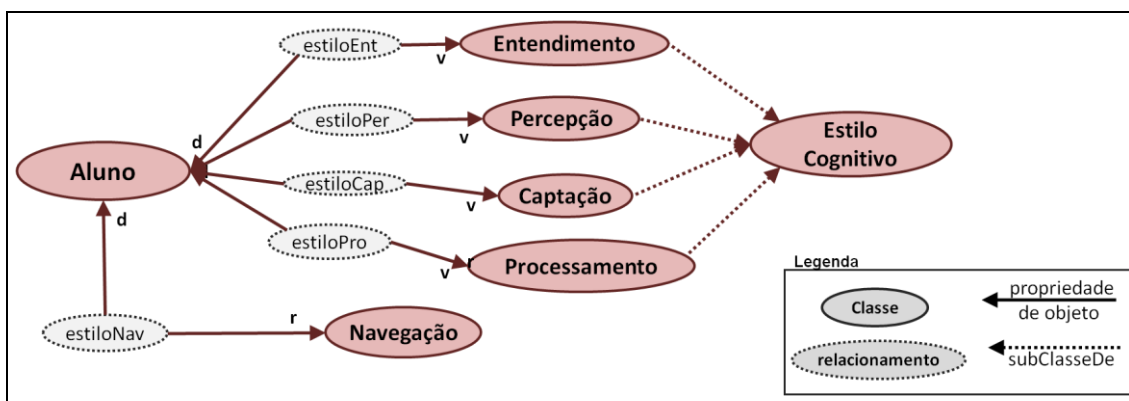


Figura 5.7. A ontologia do aluno

A forma com que o contexto é tratado neste trabalho tem o aluno como centro do modelo. Por este motivo, todas as ontologias do modelo têm ligação direta ou indireta com o usuário. Pelo mesmo motivo, a ontologia Aluno é tão dependente das demais para definição da situação corrente.

### 5.3.4 Ontologia de Situação

Todo o conhecimento modelado até este momento consiste dos dados de contexto avaliados para determinação da situação vivenciada pelo aluno no ambiente educacional, objetivo final deste trabalho. No Capítulo 4 foi definido do que consiste uma situação em um contexto educacional e a variação de quais elementos contextuais deve ser analisada para determinação das situações pelas quais um aluno pode passar no decorrer do tempo.

Como se optou por representar e gerenciar o contexto por meio de ontologias buscou-se também representar as situações do aluno por meio destas. A ontologia de situação desenvolvida é responsável por acessar os elementos contextuais definidos anteriormente e desempenhar alguma forma de raciocínio sobre estes dados, de forma a definir a situação corrente.

A definição desta ontologia de situação não foi feita de maneira isolada. Como ocorreu em todo o desenvolvimento do modelo apresentado, outras ontologias de situação foram pesquisadas de forma a estender o conhecimento representado nestas ontologias, caso possível. Como explica a análise dos trabalhos correlatos, apresentada na Subseção 2.3.5, a ontologia de situação foi desenvolvida com base no reuso de

alguns conceitos existentes nas ontologias de Baumgartner et al. (2010) e de Matheus et al. (2005), pois se mostraram mais flexíveis e conterem conceitos bem fundamentados. Entretanto, não foi possível simplesmente estender seus modelos para desenvolvimento da ontologia de situação proposta neste trabalho. Isso se deu em parte pelos relacionamentos definidos nas duas ontologias estudadas não serem adequados aos necessários para representar a situação do aluno. Nas ontologias apresentadas, a situação é em geral atribuída a objetos e recursos computacionais, e a estes objetos são impostos atributos e relações que não ocorrem com pessoas, principais atores nas situações educacionais representadas no modelo descrito neste trabalho. Assim, foi concluído que, para melhor representar as situações em ambientes educacionais, alguns conceitos seriam reusados, mas não em mesmo nível de detalhe e não adotando os mesmos relacionamentos propostos pelos autores.

A Figura 5.8 apresenta os conceitos e relacionamentos adotados para a ontologia de situação desenvolvida neste trabalho. Esta ontologia é ligada aos demais modelos apresentados anteriormente, como mostra a Figura 5.4, em um relacionamento de dependência com relação à ontologia do aluno.

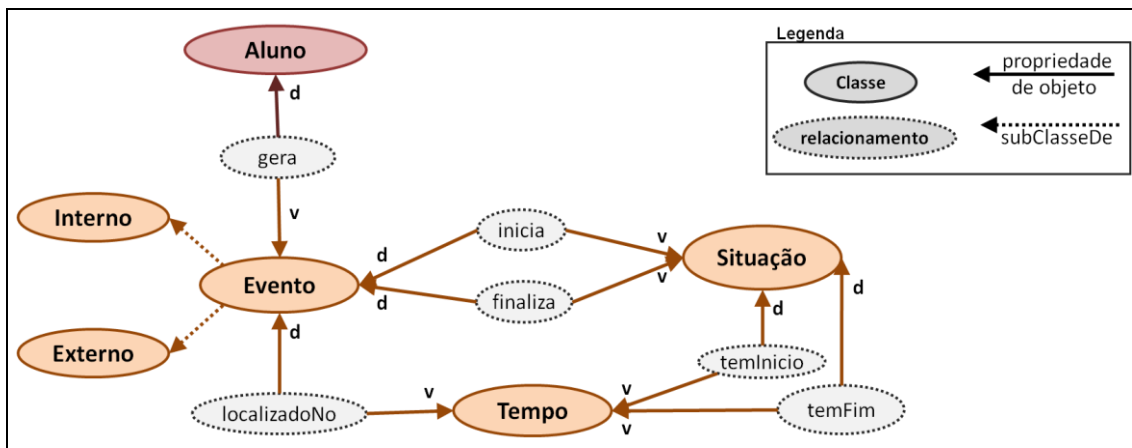


Figura 5.8. A ontologia de situação

Na ontologia de situação apresentada na Figura 5.8, o *Aluno* é responsável pela geração de um *Evento*. Este *Evento* pode ser classificado como *Externo* ou *Interno*. Toda *Situação* é iniciada e finalizada por um *Evento*, seja ele *Interno* ou *Externo*, o qual possui sempre uma localização no tempo (relacionamento *localizadoNo*). Em geral, a mesma ação do aluno que gera o evento de início de situação irá também finalizar a execução da situação anterior. Toda *Situação* está também localizada no tempo, possuindo tempo de início (*temInicio*) e tempo de fim (*temFim*).

### 5.3.5 Rede das Redes de Ontologias

Com as classes e relacionamentos das ontologias do modelo detalhadas, pode-se perceber a razão porque o relacionamento que une todas elas na Figura 5.4 consiste do relacionamento *dependeDe*, visto que as ontologias do aluno e da situação dependem das demais ontologias existentes no modelo. Todos os axiomas existentes na ontologia Aluno estão ligados a alguma classe ou relação existente no Domínio Tecnológico ou no Domínio Educacional.

Na Figura 5.9 estão apresentadas as classes e relacionamentos existentes na rede de ontologias de contexto definida neste trabalho. Nesta figura, pode-se perceber que o



modelo é totalmente centrado no aluno, tendo esta ontologia relação com os demais domínios. No decorrer do tempo, o aluno *faz* atividades vinculadas ao ELE em questão. Em cada atividade desenvolvida, o aluno pode ter um *bomDesempenho* ou *mauDesempenho* de acordo com seu andamento nesta atividade. Cada atividade possui *objetivos de aprendizagem* específicos, entretanto, o aluno *temObjetivo* de concluir determinado curso ao qual esteja inscrito. No ambiente, o aluno *acessa* uma diversidade de tópicos do conhecimento disponíveis a ele, e *temConhecimento* a respeito de outros tópicos, já acessados. Enquanto acessa, o aluno *usa* determinado dispositivo computacional e está sempre *localizadoEm* algum ponto do espaço.

Enquanto navega no ambiente educacional, o aluno executa uma série de ações, que podem ser a troca de tópico sendo estudado, ou envio de requisição de resposta a um exercício, entre várias outras ações (exemplificadas no cenário de aprendizagem do Capítulo 4), as quais são responsáveis pela *geração* de eventos. De acordo com os eventos gerados e os elementos de contexto instanciados em um intervalo de tempo, o aluno pode *estarEm* diferentes situações no ambiente educacional.

Apesar de ser centrada no aluno, existem relacionamentos entre outros domínios fora o do aluno. Estes são necessários uma vez que os OAs apresentam restrições relativas ao meio tecnológico em que são apresentados, o que não é possível de ser representado no padrão LOM, adotado neste trabalho. Assim, os relacionamentos *reqDisplay* e *reqConexao* ligam os OAs do Domínio Educacional aos recursos computacionais do Domínio Tecnológico.

Na Figura 5.10, o modelo completo é apresentado novamente, mas ilustrando os elementos contextuais instanciados na rede de ontologias definida. A codificação da rede de ontologias em uma linguagem voltada para este fim é apresentada na Seção 5.4.



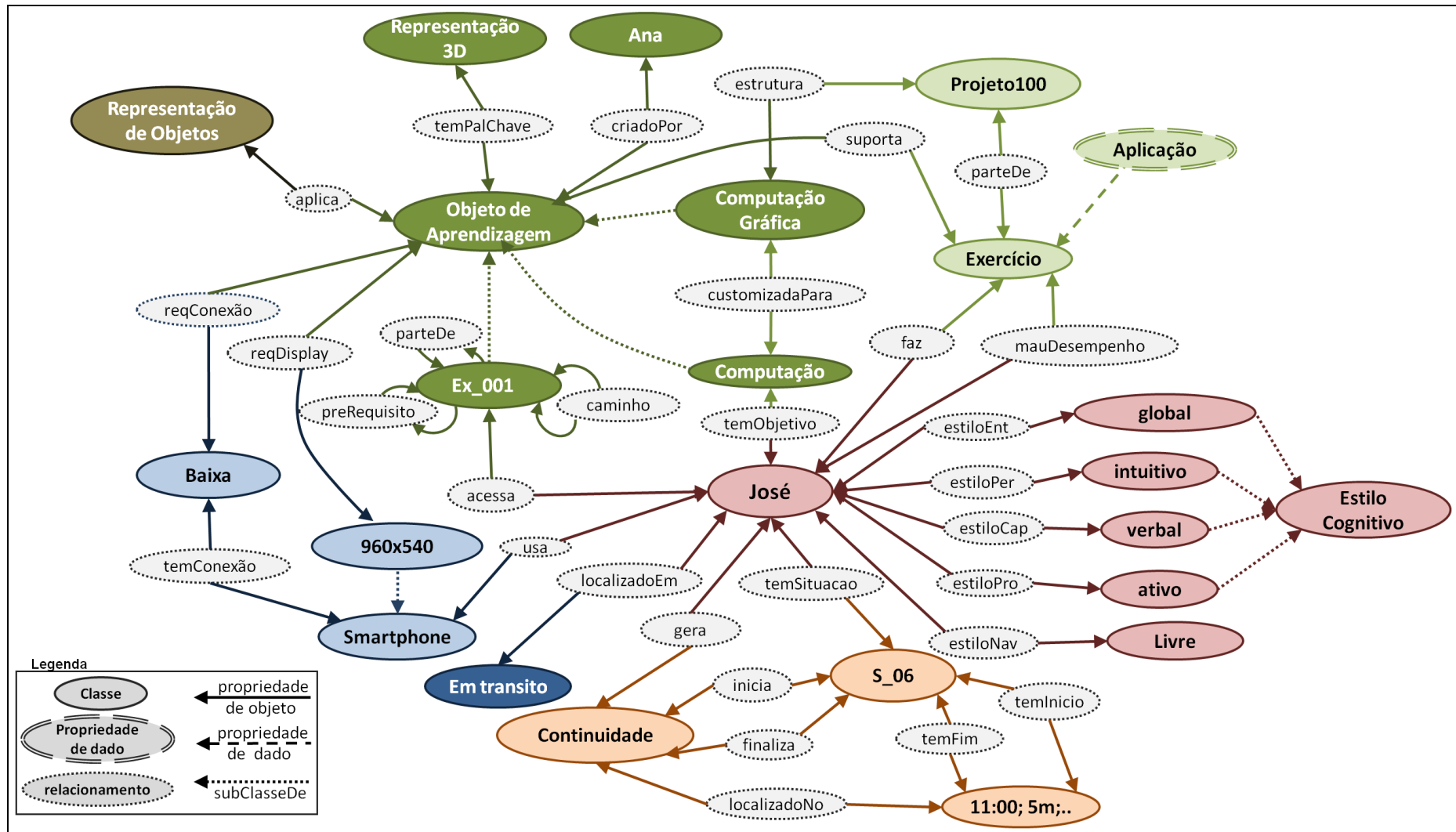


Figura 5.10. Relacionamento entre as instâncias na rede de ontologias

## 5.4 Desenvolvimento da Rede de Ontologias

Na Seção 5.3 foi apresentado o modelo de contexto da situação desenvolvido neste trabalho. Ele consiste de uma rede de ontologias, interligadas de forma a representar os domínios do conhecimento necessários para determinação da situação de aprendizagem do aluno enquanto navega em um ELE. Nesta seção é apresentada a codificação deste modelo, permitindo seu uso prático.

Para codificação da rede de ontologias, foi utilizada a linguagem OWL, subdivisão OWL-DL, padrão W3C para projeto de ontologias. A OWL consiste de uma linguagem para descrição das classes, propriedades e instâncias de uma ontologia, oferecendo uma semântica formal que especifica como derivar consequências lógicas implícitas à ontologia (OWL, 2004). A linguagem possui base na Lógica Descritiva, na qual um domínio é estruturado em categorias denominadas *classes* ou *conceitos*; *indivíduos* são representados por predicados complexos; e os relacionamentos entre conceitos são denominados *propriedades* ou *papéis*. A Lógica Descritiva, por sua vez, possui base na Lógica de 1ª Ordem, assim conceitos atômicos são representados na forma de predicados unários; propriedades na forma de predicados binários; e indivíduos na forma de constantes. A representação formal de alguns relacionamentos da rede de ontologias e das relações que formam as situações é apresentada no Capítulo 6 deste trabalho.

Como explicado na Seção 5.3, a rede de ontologias de contexto foi desenvolvida com base em relacionamentos interdomínios e intradomínios. No caso dos relacionamentos interdomínios, estes foram implementados usando recursos OWL *owl:subclass* e *owl:import*. Com isto, foi possível utilizar o projeto de uma ontologia pré-existente dentro de outra sendo desenvolvida. A codificação da ontologia foi realizada com apoio de um software voltado a este fim, denominado Protégé<sup>7</sup>. Figuras que mostram as classes e relacionamentos da rede de ontologias criada com auxílio do software Protégé são apresentadas no Apêndice A deste trabalho.

As ontologias foram desenvolvidas em grupos, começando pela rede de ontologias do domínio educacional, passando pela rede de ontologias do domínio tecnológico e finalizando na ontologia do aluno. Ao final, as classes da ontologia de Situação foram criadas internamente à ontologia Aluno. O desenvolvimento dos grupos de ontologias será detalhado separadamente nas próximas subseções.

### 5.4.1 Estrutura Interna da Rede do Domínio Educacional

O desenvolvimento da rede de ontologias do Domínio Educacional começou pela ontologia do Domínio do Conhecimento, que corresponde à taxonomia de termos do conhecimento. Na sequência foi desenvolvida a ontologia do Conteúdo do Conhecimento e, por fim, a ontologia do Projeto Instrucional.

Como apresentado na Subseção 5.3.1, as ontologias do Conteúdo do Conhecimento e do Domínio do Conhecimento foram desenvolvidas com base no trabalho de Muñoz (2004), o qual utiliza propriedades vindas das ontologias: LOM-Ciclo de Vida; LOM-Educacional; e LOM-Técnica. Por sua vez, a LOM-Ciclo de Vida inclui símbolos da ontologia Dublin Core em sua definição. Desta forma, grande parte dos conceitos da

---

<sup>7</sup> <http://protege.stanford.edu/>

ontologia Conteúdo do Conhecimento tem como base conceitos definidos nas ontologias LOM. O mesmo ocorre com as propriedades de objeto e de dado.

Para simplificar a descrição, a Tabela 5.1 concentra todas as propriedades de dado das ontologias do domínio Educacional, apresentando no campo *Conceito* a qual conceito (ou domínio) a propriedade pertence. Para diferenciar a qual ontologia cada conceito pertence, a Figura 5.9 apresenta todos os conceitos das redes de ontologias em cores diferentes.

Tabela 5.1: Propriedades de dado da rede de ontologias do Domínio Educacional

<i>Propriedade</i>	<i>Conceito</i>	<i>Tipo</i>	<i>Restrições</i>
nome	ObjetoAprendizagem	String	
codigo	ObjetoAprendizagem	Inteiro	
tipoOA	ObjetoAprendizagem	String	conceito <i>ou</i> exercício <i>ou</i> material complementar <i>ou</i> exemplo <i>ou</i> suporteOnline <i>ou</i> disciplina <i>ou</i> curso
nivelAgregacao	ObjetoAprendizagem	Inteiro	1: menor nível - identifica OAs simples, como exercícios ou exemplos. 2: nível médio – conceitos que contém OAs simples 3: maior nível - agregado de conceitos, que identifica disciplinas 4: maior nível – customização de disciplinas, que identifica cursos
nivelDificuldade	ObjetoAprendizagem	String	baixo <i>ou</i> médio <i>ou</i> alto
versao	ObjetoAprendizagem	Inteiro	
lingua	ObjetoAprendizagem	String	português <i>ou</i> inglês <i>ou</i> francês <i>ou</i> espanhol
localizacao	ObjetoAprendizagem	String	online <i>ou</i> biblioteca <i>ou</i> servidor <i>ou</i> xerox
descricao	ObjetoAprendizagem	String	
nomePalChave	PalavraChave	String	
nomeProjInst	ProjetoInstrucional	String	
nomeAtividade	Atividade	String	
tipoAtividade	Atividade	String	exercício <i>ou</i> estudo <i>ou</i> trabalho <i>ou</i> exame
objetivoAp	Atividade	String	conhecimento <i>ou</i> compreensão <i>ou</i> aplicação <i>ou</i> avaliação <i>ou</i> síntese <i>ou</i> análise

Da mesma forma, a Tabela 5.2 descreve as propriedades de objeto internas às ontologias do Domínio Educacional. A ontologia do Projeto Instrucional adiciona conceitos que representam as atividades pré-definidas pelos professores e o projeto instrucional ao qual estão ligadas. A ontologia Domínio do Conhecimento possui

basicamente o conceito Taxonomia, que se relaciona com o conceito *ObjetoAprendizagem* da ontologia Conteúdo do Conhecimento. Assim, essas ontologias são descritas conjuntamente nas Tabelas 5.1 e 5.2.

Na Tabela 5.2 e nas tabelas seguintes, o campo *Varição* corresponde ao conceito da ontologia no qual as instâncias referentes à propriedade descrita possuem variação de intervalo de valores.

Tabela 5.2: Propriedades de objeto da rede de ontologias do domínio Educacional

<i>Propriedade</i>	<i>Conceito</i>	<i>Varição</i>	<i>Inverso</i>
aplica	ObjetoAprendizagem	Taxonomia	
define	ObjetoAprendizagem	Taxonomia	
descreve	ObjetoAprendizagem	Taxonomia	
introduz	ObjetoAprendizagem	Taxonomia	
criadoPor	ObjetoAprendizagem	Colaborador	
temPalChave	ObjetoAprendizagem	Taxonomia	
parteDe	Tópico	Tópico	eParteDe
preRequisito	Tópico	Tópico	temPreRequisito
caminho	Tópico	Tópico	caminhoPrevio
customiza	Disciplina	Curso	customizadoPara
recomenda	Colaborador	ObjetoAprendizagem	eRecomendadoPor
estrutura	ProjetoInstrucional	Disciplina	éEstruturadoPor
suporta	ObjetoAprendizagem	Atividade	éSuportadoPor

#### 5.4.2 Estrutura Interna da Rede do Domínio Tecnológico

O desenvolvimento da rede de ontologias do Domínio Tecnológico foi iniciado pela ontologia Dispositivo, buscando desenvolver um módulo a parte da ontologia CoBrA descrita na Subseção 5.3.2. Já a ontologia de Localização é mais simples. Sua definição importa a ontologia WGS84, também definida na Subseção 5.3.2. Assim, ela conta com a descrição dos pontos de geolocalização de cada local instanciado na ontologia. A Tabela 5.3 apresenta as propriedades de objeto das ontologias do Domínio Tecnológico, enquanto que a Tabela 5.4 apresenta as suas propriedades de dado.

Tabela 5.3: Propriedades de objeto das ontologias do domínio tecnológico

<i>Propriedade</i>	<i>Conceito</i>	<i>Varição</i>	<i>Característica</i>
temConexao	Dispositivo	Conexao	Funcional

Tabela 5.4: Propriedades de dado das ontologias do domínio tecnológico

<i>Propriedade</i>	<i>Conceito</i>	<i>Tipo</i>
nomeProduto	Dispositivo	String
temTelaColorida	TelaExibicao	Booleano
alturaTela	TelaExibicao	Inteiro
comprimentoTela	TelaExibicao	Inteiro
unidadeTamanhoTela	TelaExibicao	String

### 5.4.3 Estrutura Interna da Ontologia do Aluno e da Situação

As ontologias Aluno e Situação estão extremamente relacionadas com as ontologias dos domínios Educacional e Tecnológico. Desta forma, o seu desenvolvimento depende da importação das ontologias dos demais domínios. A Tabela 5.5 apresenta a estrutura de nomes necessária para o desenvolvimento das ontologias do Aluno e de Situação.

Tabela 5.5: Espaço de nomes da ontologia Aluno

<i>Esquema</i>	<i>Espaço de nomes</i>	<i>Abreviação</i>
RDF	<a href="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#">http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#</a>	rdf
RDFS	<a href="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#">http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#</a>	rdfs
Dublin Core	<a href="http://purl.org/dc/elements/1.1#">http://purl.org/dc/elements/1.1#</a>	dc
Dublin Core Qualifiers	<a href="http://purl.org/dc/terms#">http://purl.org/dc/terms#</a>	dcterms
OWL	<a href="http://www.w3.org/2002/07/owl#">http://www.w3.org/2002/07/owl#</a>	owl
SQWRL	<a href="http://sqwrl.stanford.edu/ontologies/built-ins/3.4/sqwrl.owl">http://sqwrl.stanford.edu/ontologies/built-ins/3.4/sqwrl.owl</a> <a href="http://www.w3.org/2003/11/swrl#">www.w3.org/2003/11/swrl#</a>	sqwrl
SWRL	<a href="http://www.w3.org/2003/11/swrl#">http://www.w3.org/2003/11/swrl#</a>	swrl
Tecnológico	<a href="http://www.owl-ontologies.com/Ontology1306263985.owl#">http://www.owl-ontologies.com/Ontology1306263985.owl#</a>	p3
WGS84	<a href="file:/C:/ontologias/wgs84_pos#">file:/C:/ontologias/wgs84_pos#</a>	p4
Domínio do Conhecimento	<a href="http://www.owl-ontologies.com/Ontology1306184400.owl#">http://www.owl-ontologies.com/Ontology1306184400.owl#</a>	p5
Conteúdo do Conhecimento	<a href="http://www.owl-ontologies.com/Ontology1315497000.owl#">http://www.owl-ontologies.com/Ontology1315497000.owl#</a>	p7
Time	<a href="http://www.w3.org/2006/time#">http://www.w3.org/2006/time#</a>	time
Time Zone	<a href="http://www.w3.org/2006/timezone#">http://www.w3.org/2006/timezone#</a>	tzont

Como é possível perceber pela Tabela 5.5, os conceitos relativos a tempo utilizados na ontologia de Situação foram importados das ontologias Time e Time Zone, ambas padrão W3C (W3C, 2006). As Tabelas 5.6 e 5.7 mostram as propriedades das duas ontologias juntas, uma vez que se optou por desenvolver a ontologia de Situação internamente à ontologia do aluno.

Tabela 5.6: Propriedades de dado da ontologia Aluno

<i>Propriedade</i>	<i>Conceito</i>	<i>Tipo</i>
nomeAluno	Aluno	String
linguas	Aluno	String
endereco	Aluno	String

Tabela 5.7: Propriedades de objeto internas à ontologia Aluno

<i>Propriedade</i>	<i>Conceito</i>	<i>Variação</i>	<i>Característica</i>
estiloCaptacao	Aluno	EstiloCognitivo	Funcional
estiloPercepcao	Aluno	EstiloCognitivo	Funcional
estiloEntendimento	Aluno	EstiloCognitivo	Funcional
estiloProcessamento	Aluno	EstiloCognitivo	Funcional
estiloNavegacao	Aluno	Navegação	Funcional
gera	Aluno	Evento	
inicia	Evento	Situação	
finaliza	Evento	Situação	
localizadaNo	Evento	Tempo	
temInicio	Situação	Tempo	
temFim	Situação	Tempo	

A Tabela 5.8 finaliza as propriedades existentes na rede de ontologias, apresentando as propriedades de objeto definidas intermodelos. Os campos *RedeConceito* e *RedeVariação* determinam conceitos pertencentes a ontologias de redes distintas.

Tabela 5.8: Propriedades de objeto entre domínios

<i>Propriedade</i>	<i>RedeConceito</i>	<i>RedeVariação</i>	<i>Conceito</i>	<i>Variação</i>
localizadoEm	Aluno	Tecnológico	Aluno	Localizacao
usa	Aluno	Tecnológico	Aluno	Dispositivo
acessa	Aluno	Educacional	Aluno	ObjAprendizagem
temConhecimento	Aluno	Educacional		ObjAprendizagem
faz	Aluno	Educacional		Atividade
bomDesempenho	Aluno	Educacional	Aluno	Atividade
mauDesempenho	Aluno	Educacional	Aluno	Atividade
requerConexao	Educacional	Tecnológico	ObjAprendizagem	TelaExibição
requerDisplay	Educacional	Tecnológico	ObjAprendizagem	TelaExibição



## **5.5 Considerações Finais**

Neste capítulo foi descrito o modelo conceitual desenvolvido para representar os elementos contextuais necessários à identificação e gerência da situação do aluno enquanto realiza suas atividades educacionais por meio de um ELE. Este modelo foi desenvolvido com base na metodologia determinada pelas redes de ontologias, buscando explicitar o papel de cada ontologia reusada no modelo e os tipos de relacionamentos formados entre as ontologias da rede. Este modelo foi codificado utilizando uma linguagem específica para desenvolvimento de ontologias, em um software adequado a este propósito.

A partir do modelo construído neste capítulo e dos dados relevantes para representação de uma situação de aprendizagem, definidos no Capítulo 4, o próximo capítulo apresenta a formalização de uma situação de aprendizagem, adequada ao modelo desenvolvido e aos elementos de contexto identificados como relevantes no Capítulo 4. Para análise mais profunda das situações e das instâncias válidas para cada um dos elementos de contexto identificado, situações de exemplo serão descritas de forma a apresentar a viabilidade do modelo desenvolvido para determinação da situação de aprendizagem do aluno.



## 6 SITUAÇÕES DE APRENDIZAGEM

No Capítulo 4 uma situação de aprendizagem foi definida como uma tupla  $S$ , a qual representa o contexto do aluno tendo em vista: o seu perfil, caracterizando suas preferências e conhecimento (quem?); a atividade educacional sendo realizada, a qual é internamente relacionada a uma determinada disciplina, projeto instrucional e objeto de aprendizagem sendo acessado (o que?); a tecnologia utilizada para acesso ao ambiente, que subentende a resolução do dispositivo, SO e taxa de conexão com a Internet (como?); ao local onde o aluno se encontra (onde?); e ao tempo corrente (quando?).

No Capítulo 4 as informações definidas por O'Brien (2009) para caracterizar uma situação foram exploradas dentro de um cenário educacional de aplicação, onde foram explicitados os eventos que participam das situações e as condições para consumo destes eventos. Já no Capítulo 5, tratou-se mais aprofundadamente dos elementos contextuais relevantes à situação, a partir da rede de ontologias definida para modelagem de contexto.

Este capítulo se destina a explorar mais profundamente as relações semânticas que definem uma situação como válida. Por exemplo, caso se deseje representar que: “um aluno está utilizando um dispositivo móvel”; “ele está desenvolvendo atividades de estudo”; e “ele está nesta mesma situação há duas horas”; é possível utilizar-se das expressões apresentadas em (8), as quais envolvem modelos ontológicos relativos: ao usuário; ao dispositivo computacional em uso; a uma atividade específica em curso; e ao tempo:

```

SituaçãoDeAprendizagem= {
    usa (OAluno.Aluno_X, ODispositivo.DispositivoMovel_Y),
    faz (OAluno.Aluno_X, OProjetoInstrucional.Estudos),
    temSituacao (OAluno.Aluno_X, OSituacao.S_05),
    temInicio (OSituacao.S_05, OSituacao.13:00:00),
    temFim (OSituacao.S_05, OSituacao.15:00:00)
}

```

(8)

No exemplo apresentado em (8), relações semânticas são definidas entre conceitos e instâncias das diferentes ontologias existentes na rede de ontologias. Uma mudança nesta situação irá ocorrer somente quando a mudança ocorrida no ambiente for significativa. O evento consiste de uma fonte importante de informações para o sistema, pois dependendo do tipo deste evento será definida a ação de adaptação seguinte.

Para determinação completa das relações semânticas que definem a situação, é necessário que o ambiente sensível ao contexto esteja bem descrito, com seus elementos

contextuais e eventos bem definidos. Desta forma, após a análise das situações configuradas internamente ao cenário educacional e tendo-se o modelo de contexto completo, com suas classes, atributos e relacionamentos, estima-se que seja possível relacionar os elementos de contexto avaliados de forma a definir um conjunto padrão de relações semânticas que levem a definição de uma situação. Assim, a Figura 6.1 apresenta a formalização das situações de aprendizagem exploradas neste trabalho, tendo em vista os elementos de contexto relevantes e o modelo da rede de ontologias, definidos no Capítulo 4.

```

SituaçãodeAprendizagem = {
    estiloPercepcao (OAluno.Aluno_A, OAluno.Estilo_01),
    estiloProcessamento (OAluno.Aluno_A, OAluno.Estilo_03),
    estiloEntendimento (OAluno.Aluno_A, OAluno.Estilo_05),
    estiloCaptacao (OAluno.Aluno_A, OAluno.Estilo_06),
    estiloNaveg (OAluno.Aluno_A, OAluno.EstiloNavegacao_01)
    faz (OAluno.Aluno_A, OProjetoInstrucional.Atividade_X),
    bomDesempenho (OAluno.Aluno_A, OProjetoInstrucional.Atividade_X),
    mauDesempenho (OAluno.Aluno_A, OProjetoInstrucional.Atividade_X),
    usa (OAluno.Aluno_A, ODispositivo.Dispositivo_W),
    temConexao (ODispositivo.Dispositivo_W, ODispositivo.Conexao_Y),
    localizadoEm (ODispositivo.Dispositivo_W, OLocalizacao.Local_Z)
}

```

Figura 6.1. Generalização das situações de aprendizagem

Na situação de aprendizagem genérica da Figura 6.1 não estão apresentadas várias das relações e tipos de dados presentes nas Figuras 5.8 e 5.9, as quais ilustram a estrutura completa da rede de ontologias. Entretanto, caso seja necessário identificar qual o objetivo da atividade sendo realizada, ou a qual disciplina e projeto instrucional os objetos estão ligados; quais OAs são referentes a uma determinada disciplina; qual a resolução de tela do dispositivo sendo usado; entre outras informações, isto é possível por meio dos relacionamentos internos à rede de ontologias. Estas relações, apesar de não refletirem diretamente a situação do aluno, podem ser necessárias de forma indireta, para definição das ações de adaptação. Desta forma, toda a estrutura deve ser representada na ontologia, e não somente as relações que representam a situação do aluno.

A situação generalizada na Figura 6.1 deixa claro que os aspectos referentes: a preferências do usuário; ao domínio educacional; e ao domínio tecnológico são relevantes para determinação da situação atual. Como visto no Capítulo 4, dados relativos à localização e ao dispositivo são dinâmicos no ambiente, assim como a atividade sendo realizada e o desempenho apresentado nesta atividade. Assim, como definido no Capítulo 4, os relacionamentos *bomDesempenho* e *mauDesempenho* são válidos apenas para atividades do tipo *exercício*. Nestes relacionamentos, o que irá variar conforme o aluno utiliza o ambiente são os elementos de contexto instanciados em cada situação detectada. Os elementos de contexto instanciados válidos em cada domínio são discutidos na Subseção 6.2.

## 6.1 Formalização

Nesta subseção é feita uma análise mais profunda a respeito das situações de aprendizagem e como representá-las internamente ao modelo semântico desenvolvido. Como mencionado no Capítulo 5, a rede de ontologias foi codificada em OWL-DL, devido a sua ampla utilização e documentação e, também, por apresentar bom nível de expressividade para o desenvolvimento de ontologias.

As relações existentes na rede de ontologias são representadas na forma de triplas  $\langle s, p, o \rangle$ , onde o sujeito  $s$  e o objeto  $o$  representam instâncias da rede de ontologias, podendo pertencer à ontologias de mesmo domínio ou de domínios distintos.

Similarmente à formalização apresentada em (YE; STEVENSON; DOBSON, 2011),  $p$  representa um *predicado de contexto*, o qual encapsula dois valores abstratos de contexto em uma relação; por exemplo:  $\langle \{José\}, acessa, objeto01 \rangle$ . Um predicado de contexto também pode ser representado por meio de variáveis, como será visto internamente às regras associadas às situações; por exemplo:  $\langle x, acessa, y \rangle$ , onde  $x$  representa qualquer valor instanciado dentro do domínio Aluno e  $y$  qualquer valor instanciado dentro do domínio Educacional. Neste caso, qualquer par de valores em Aluno e Objeto de Aprendizagem, relacionados pelo relacionamento *acessa*, valida este predicado de contexto.

Como um determinado par de valores que valida o predicado de contexto é válido em um tempo específico, um predicado de contexto instanciado é denotado por  $\langle \langle s, p, o \rangle, t \rangle$ . Isso é importante para determinar o tempo em que determinados predicados de contexto que formam uma situação específica foram válidos. Para representar, por exemplo, que o aluno está na biblioteca neste momento:  $\langle \{José\}, localizadoEm, Biblioteca \rangle, [2012-04-05\ 15:30:05]$ . Nesta representação,  $t$  pode ser um intervalo ou instante de tempo.

Esta representação é possível de ser obtida por meio de OWL-DL, que possui construtores de classes relativamente ricos, permitindo alta expressividade para criação de classes e relacionamentos. Para raciocínio a respeito do conhecimento criado, a OWL permite determinação de restrições a respeito das classes e propriedades criadas, assim como verificação de inconsistências no conhecimento representado. Entretanto, o formalismo que define a linguagem OWL não permite a realização de raciocínio sobre as instâncias definidas na base de conhecimento, as quais constituem, neste trabalho, dos predicados de contexto necessários para avaliação da situação do aluno.

Segundo Horrocks et al. (2005), uma forma de resolver essa limitação é estender a linguagem OWL com uma linguagem de regras, que permita maior expressividade na descrição de propriedades. Desta forma, optou-se por utilizar uma linguagem baseada em regras para determinação da situação do aluno, a qual é apresentada na próxima subseção.

### 6.1.1 Formalização das Regras de Inferência

A situação do aluno consiste ela própria de um predicado de contexto instanciado, pois:  $\langle \{José\}, temSituacao, s_01 \rangle$ . Assim, tornou-se necessária a realização de raciocínio sobre os predicados de contexto válidos e, de acordo com este raciocínio, determinação da validade de um novo predicado de contexto, o qual representa a

situação atual do aluno. Em caso de validade, este novo predicado passa a fazer parte da rede de ontologias.

O raciocínio a respeito das situações é realizado por meio da inter-relação entre o formalismo usado na definição da ontologia (Lógica Descritiva) e de regras definidas em *Semantic Web Rule Language* (SWRL). A SWRL consiste de uma linguagem de regras em formato *Horn-like* adicionado à OWL por meio de axiomas em formato OWL-DL (HORROCKS et al., 2005), a qual permite a definição de raciocínio sobre as instâncias definidas na ontologia.

As regras em SWRL são definidas na forma de implicação entre um antecedente (corpo) e um conseqüente (cabeça). O seu significado determina que uma vez que as condições especificadas na parte antecedente (corpo) forem atendidas, então as condições conseqüentes (cabeça) devem também ser atendidas. Antecedente e conseqüente são formados pela conjunção de zero ou mais átomos, na forma:  $a1 \wedge a2 \wedge \dots \wedge an \rightarrow C$ , similarmente às regras de Horn (HORROCKS et al., 2005). Os átomos presentes nas regras SWRL podem ser da forma:  $C(x)$ ,  $P(x, y)$ ,  $Q(x, y)$ ,  $sameAs(x, y)$  ou  $differentFrom(x, y)$ , onde:  $C$  é uma classe em OWL-DL;  $P$  é uma propriedade de valores de indivíduos (objeto);  $Q$  é uma propriedade de valores de dados;  $x, y$  podem ser variáveis ou indivíduos OWL; e  $z$  pode ser uma variável ou valor de dado OWL (HORROCKS et al., 2005).

Para facilitar a compreensão da forma com que uma situação é representada em SWRL, primeiramente será apresentada uma regra de exemplo por meio de notação em Lógica de 1ª Ordem. Como a SWRL consiste em uma extensão da semântica apresentada na OWL-DL, optou-se por utilizar nesta explicação a mesma notação apresentada em (PATEL-SHNEIDER; HAYES; HORROCKS, 2004; HORROCKS et al., 2005), onde o modelo teórico da linguagem OWL é interpretado por meio de uma abstração, representada pela tupla  $I$  em (9):

$$I = \langle R, EC, ER, L, S, LV \rangle \quad (9)$$

Onde:

- $R$  consiste de um conjunto de recursos;
- $LV$  consiste de um conjunto de valores literais ( $LV \subseteq R$ );
- $EC$  é o mapeamento das classes e dos tipos de dados para subconjuntos em  $R$  e  $LV$ , respectivamente;
- $ER$  é o mapeamento das propriedades para relações binárias em  $R$ ;
- $L$  é o mapeamento dos tipos literais para elementos de  $LV$ ;
- $S$  é o mapeamento dos nomes de indivíduos para elementos em  $EC(owl : Thing)$ ;

De acordo com a interpretação da OWL representada em  $I$ , uma ligação  $B(I)$  consiste de uma interpretação abstrata da OWL que estende  $I$  de forma que  $S$  mapeia i-variáveis para elementos de  $EC(owl:Thing)$  e  $L$  mapeia d-variáveis para elementos de  $LV$ , respectivamente. Um átomo satisfaz a ligação  $B(I)$  caso atenda às condições apresentadas na Tabela 6.1, onde  $C$  é uma classe em OWL-DL;  $P$  é uma propriedade de valores de indivíduos (*object property*);  $Q$  é uma propriedade de valores de dados

(*datatype property*);  $x$ ,  $y$  podem ser variáveis ou indivíduos OWL; e  $z$  pode ser uma variável ou valor de dado OWL (HORROCKS et al., 2005). A descrição do modelo teórico completo e maiores detalhes a respeito desta abstração podem ser obtidas em (PATEL-SHNEIDER; HAYES; HORROCKS, 2004).

Tabela 6.1: Condições de ligação

Átomo	Interpretação da Condição
$C(x)$	$S(x) \in EC(C)$
$P(x, y)$	$\langle S(x), S(y) \rangle \in ER(P)$
$Q(x, z)$	$\langle S(x), S(z) \rangle \in ER(Q)$
$sameAs(x, y)$	$S(x) = S(y)$
$differentFrom(x, y)$	$S(x) \neq S(y)$

Fonte: adaptado de (HORROCKS, 2005. p. 6).

De acordo com a interpretação da OWL representada em  $I$  e a extensão de  $I$  em  $B(I)$ , uma regra que determina, por exemplo, que *uma aluna “x” está usando seu notebook; ela está na universidade; ela está realizando exercícios do tema Matemática* seria representada pela regra em (10), seguindo a mesma notação em Lógica de 1ª Ordem apresentada anteriormente.

$$\begin{aligned}
 & (\forall x, y, z, t, w, k, s) \in EC(OWL : Thing). \\
 & ((x,y) \in ER(faz) \wedge (x,z) \in ER(acesa) \wedge (z,t) \in ER(isPartOf)). \quad (10) \\
 & \wedge (x,w) \in ER(localizadoEm) \wedge (x,k) \in ER(usa). \\
 & \wedge (k) \in EC(Notebook)) \rightarrow (x,s) \in ER(temSituacao)
 \end{aligned}$$

Em (10), as instâncias *universidade*, *exercícios* e *Matemática* são representados, respectivamente, pelas variáveis  $w$ ,  $y$  e  $z$ . O fato de a aluna estar realizando exercícios do tema Matemática é representado pela conjunção dos três átomos  $((x,y) \in ER(faz) \wedge (x,z) \in ER(acesa) \wedge (z,t) \in ER(isPartOf))$  pois, de acordo com os relacionamentos da rede de ontologias apresentada no Capítulo 5, o aluno acessa um determinado objeto de aprendizagem que, por sua vez, está relacionado a um correspondente na taxonomia de termos, no caso do exemplo, Matemática.

Realizando uma tradução da regra em (10) para a linguagem SWRL, tem-se a regra apresentada em (11):

$$\begin{aligned}
 & Aluno(?x) \wedge faz(?x, ?y) \wedge acesa(?x, ?z) \wedge parteDe(?z, ?y) \wedge localizado \quad (11) \\
 & Em(?x, ?w) \wedge usa(?x, ?k) \wedge Notebook(?k) \rightarrow temSituacao(?x, ?s)
 \end{aligned}$$

Após definida a notação que formaliza os predicados de contexto responsáveis por determinar a situação do aluno, a Figura 6.2 apresenta a regra que formaliza a situação geral apresentada na Figura 6.1. Este formato foi utilizado como base para as situações de análise, as quais serão apresentadas nas próximas seções deste capítulo.

$(\forall x,a,b,c,d,e,f,g,h,i,s) \in EC(OWL : Thing)$	(12)
$((x) \in EC(Aluno))$	(13)
$\wedge (x,a) \in ER(estiloPercepcao) \wedge (x,b) \in ER(estiloProcessamento)$	(14)
$\wedge (x,c) \in ER(estiloCaptacao) \wedge (x,d) \in ER(estiloEntendimento)$	(15)
$\wedge (x,e) \in ER(estiloNavegacao)$	(16)
$\wedge (x,f) \in ER(faz) \wedge (f) \in EC(Exercicio) \wedge (x,f) \in ER(bomDesempenho)$	(17)
$\wedge (x,g) \in ER(localizadoEm)$	(18)
$\wedge (x,h) \in ER(usa) \wedge (h) \in EC(Notebook)$	(19)
$\wedge (h,i) \in ER(temConexao))$	(20)
$\rightarrow (x,s) \in ER(temSituacao)$	(21)

Figura 6.2. Regra geral usada para definição da situação de aprendizagem

A Figura 6.2 apresenta as relações (ou átomos) levadas em consideração para determinação da situação do aluno. A determinação das relações relevantes tem como base a análise do cenário de aplicação definido no Capítulo 4. Na regra, a linha (12) define as variáveis relacionadas; as linhas (14) (15) e (16) definem os predicados de contexto relativos ao perfil comportamental do aluno; as relações em (17) definem os predicados relativos à atividade educacional sendo executada e se o aluno está apresentando bom desempenho no seu desenvolvimento. Ainda, com relação aos predicados relativos ao domínio educacional, outras relações podem ser incluídas a descrição da situação, como apresenta a regra em (11). Exemplos de desdobramentos da regra aplicada são explorados no Capítulo 7, dentro do estudo de caso desenvolvido.

As relações em (18) (19) e (20) são relacionadas ao domínio tecnológico. Na linha (21) a situação que atende às restrições impostas pela regra é armazenada no domínio do Aluno, passando este a apresentar predicado de contexto válido relativo à situação.

As regras definidas neste trabalho foram criadas internamente à rede de ontologias de contexto, uma vez que a SWRL é usada como uma extensão da OWL-DL. As regras são necessárias para raciocínio a respeito dos predicados de contexto instanciados, de forma a determinar a situação corrente do usuário. Nas próximas seções será apresentada, primeiramente, uma avaliação dos valores dos elementos de contexto válidos para análise, de forma a avaliar o número de situações possíveis em um ambiente educacional. Na sequência, são apresentadas algumas situações de teste, onde a regra geral, apresentada na Figura 6.2, é avaliada com relação a alguns elementos de contexto instanciados identificados como relevantes.

## 6.2 Elementos de Contexto Instanciado

Os diversos predicados de contexto que formam uma situação devem ser avaliados de forma a inferir-se qual a situação atual do aluno. Os diversos elementos de contexto que formam os predicados de contexto foram definidos na forma de uma rede de ontologias. Entretanto, é necessário avaliar o contexto da interação entre os usuários e a aplicação, analisando-se o conjunto de elementos contextuais instanciados. Estes



elementos contextuais instanciados representam os valores de contexto que validam os predicados de contexto.

Não é possível determinar previamente todos os elementos contextuais instanciados possíveis de ocorrência durante a interação. Por exemplo, não é possível determinar previamente todas as atividades que podem ser definidas pelo professor enquanto desenvolve seu conteúdo educacional. Entretanto, é possível determinar classes para as atividades, como “exercício” ou “trabalho prático”. Desta forma, será feita uma análise focada em cada domínio de dados que compõem a situação de aprendizagem, buscando analisar, mesmo que de forma geral, os elementos contextuais instanciados possíveis de serem encontrados em cada domínio. Esta análise é necessária para determinar algumas situações de teste para avaliação da situação geral definida na Figura 6.2.

### 6.2.1 Elementos de Contexto do Perfil Comportamental

De acordo com as dimensões cognitivas de Felder e Brent (2005), têm-se quatro dimensões de aprendizagem de acordo com a forma com que o aluno recebe e processa o conteúdo didático. Cada uma destas dimensões varia em dois possíveis valores, podendo o perfil comportamental de cada aluno ser:

- **Sensorial** ou **Intuitivo**, com relação à percepção da informação;
- **Sequencial** ou **Global**, com relação ao entendimento da informação;
- **Ativo** ou **Reflexivo**, com relação ao processamento da informação;
- **Verbal** ou **Visual**, com relação à captação da informação.

Ainda, no instrumento desenvolvido por Soloman e Felder (2012), *Index of Learning Styles*, (citado na Seção 3.2 do Capítulo 3) para acesso às preferências cognitivas das quatro dimensões, é possível que um aluno apresente caráter balanceado entre os dois possíveis valores de cada estilo, podendo, portanto, o aluno apresentar três possíveis classificações em cada dimensão (“A”, “B” ou “Ambos”).

Desta forma, cada aluno pode possuir quatro características comportamentais, variando em três valores. Tendo como exemplo o aluno José, do cenário apresentado no Capítulo 4, este pode possuir comportamento classificado como visual, ativo, global e intuitivo. Portanto, a variável *comportamento*, para cada aluno, pode assumir um total de 81 valores diferentes ( $3^4$ ). Adicionando-se ao estilo cognitivo do aluno a preferência deste com relação à navegação no conteúdo disposto na mídia adaptativa (a qual pode ser **livre** ou **tutorial**), seriam possíveis 162 perfis comportamentais diferentes a serem detectados.

Os elementos contextuais ligados ao perfil pessoal do aluno (nome, endereço, curso, entre outros) não são utilizados na identificação da situação, assim, não são analisados antecipadamente.

### 6.2.2 Elementos de Contexto do Domínio Educacional

Com relação ao contexto do domínio educacional, a situação geral apresentada na Figura 6.1 destaca a necessidade de se avaliar a atividade de aprendizagem sendo realizada pelo aluno (relacionamento *faz*), sendo esta atividade relacionada ao objeto de aprendizagem que ele está acessando no momento. No modelo do domínio educacional entende-se que o professor cria os OAs a serem usados pelos alunos na disciplina e determina um tipo de atividade a ser desempenhada usando este objeto de

aprendizagem, podendo existir uma diversidade de atividades determinadas pelo professor. Toda atividade tem um nome, um tipo e um objetivo pedagógico associado (como apresenta a Tabela 5.1 do Capítulo 5).

O nome da atividade pode ser determinado na forma de um código, para fins de localização pelo sistema. No caso do tipo da atividade, não existe uma classificação específica, mas em geral atividades consistem de: leitura; estudo; exercício; exemplo, entre outros, que devem seguir uma classificação determinada pelo ambiente educacional em questão. O objetivo pedagógico é muito ligado ao papel da atividade no projeto pedagógico determinado pelo professor, podendo seguir, por exemplo, a taxonomia de Bloom descrita no Capítulo 3.

Desta forma, os valores instanciados no elemento contextual “atividade” são muito dependentes do vocabulário usado pelo ambiente educacional sendo avaliado. Como neste trabalho não se está vinculando o desenvolvimento do modelo a um ambiente em especial, optou-se, no momento, por vincular os OAs a dois tipos diferentes de atividades: **leitura** ou **exercício**, sendo essas as possíveis instâncias do elemento contextual atividade.

Além disso, foi definido que caso a atividade seja do tipo exercício, dois possíveis contextos instanciados podem ser configurados: **bom desempenho** e **mau desempenho**.

Apesar de se estar analisando os possíveis contextos instanciados tendo como ponto de partida a situação padrão definida na Figura 6.1, outros predicados de contexto podem ser adicionados à situação, levando ao seu enriquecimento. Em uma análise inicial, 3 instâncias para atividade e andamento na atividade seriam possíveis (leitura; exercício com bom desempenho; e exercício com mau desempenho). Entretanto, na Seção 6.3, outros exemplos de instanciações são apresentados.

### 6.2.3 Elementos de Contexto do Domínio Tecnológico

A situação representada na Figura 6.1 relaciona o aluno ao dispositivo sendo usado por ele em determinado intervalo de tempo, assim como a velocidade de conexão do dispositivo com a Internet. A Subseção 5.3.2 explica o porquê da junção dos dados de localização aos dados de dispositivo computacional, assim, neste domínio também se trata dos dados de localização do dispositivo.

Os dispositivos computacionais são classificados, de forma ampla, como móvel ou fixo. Na classificação dos dispositivos móveis, várias subdivisões são possíveis, como: *notebooks*; *smartphones*; *tablets*; PDAs. Devido à vasta possibilidade de classificação dos dispositivos, inicialmente serão classificados apenas como **fixos** ou **móveis**. Com relação à velocidade de conexão destes com a Internet, é importante saber se o usuário estará apto a visualizar arquivos com maior resolução (como vídeos) ou se opções “mais leves” seriam mais adequadas (como imagens ou diagramas simples). Como identificar a velocidade de conexão com a Internet de forma exata se torna difícil em sistemas educacionais que executam somente em servidores (como será visto em maiores detalhes no estudo de caso do Capítulo 7), optou-se por analisar dois possíveis valores para velocidade de conexão: **alta** ou **baixa**.

A localização do aluno também pode variar, podendo estar em casa, na universidade, em trânsito de um ponto a outro, enfim, qualquer lugar onde ele possa

desempenhar suas atividades educacionais. Para fins de análise nesta seção, são adotadas três possibilidades de localização: em **casa**, na **universidade** e em **trânsito**.

Após determinação dos valores válidos para análise, percebe-se que uma situação do tipo “*aluno com dispositivo móvel, com baixa velocidade de conexão, em trânsito*” seria possível, assim como “*aluno com dispositivo fixo, com alta velocidade de conexão, na universidade*”. Tendo como base os dois possíveis valores de dispositivo computacional, as duas possíveis velocidades de conexão e os três pontos para localização do aluno, seriam possíveis 12 perfis tecnológicos nesta análise inicial.

### 6.3 Identificação das Situações para Análise

Após estarem determinados os elementos de contexto utilizados no modelo, as seções anteriores visaram uma pré-análise dos possíveis elementos de contexto instanciado. Unindo os três perfis analisados: comportamental; educacional e tecnológico, com apenas alguns exemplos de valores de contexto instanciado, seriam possíveis 5.832 situações diferentes ( $162 \times 3 \times 12$ ), o que representa ainda um valor alto para determinação das situações de teste.

Visando uma simplificação, adota-se nesta primeira análise os seguintes elementos de contexto instanciados:

- 4 variações em 3 elementos contextuais do domínio tecnológico (local, conexão, dispositivo);
  - **Computador** com **alta** velocidade de conexão em **casa**
  - **Computador** com **alta** velocidade de conexão na **universidade**
  - **Smartphone** com **alta** velocidade de conexão **em trânsito**
  - **Smartphone** com **baixa** velocidade de conexão **em trânsito**
- 3 variações em 2 elementos contextuais do domínio educacional (desempenho e atividade);
  - **Bom** nível de desempenho na execução de uma atividade do tipo **exercício**
  - **Mau** nível de desempenho na execução de uma atividade do tipo **exercício**
  - **Bom** nível de desempenho na execução de uma atividade de **estudo**
- 4 variações em 2 elementos contextuais de perfil comportamental (canais de percepção da informação variando em visual e verbal; progressão do entendimento do conteúdo variando em sequencial ou global).
  - Estilo cognitivo **visual** e **sequencial**
  - Estilo cognitivo **visual** e **global**
  - Estilo cognitivo **verbal** e **sequencial**
  - Estilo cognitivo **verbal** e **global**

Como resultado, chega-se a 48 possíveis situações de aprendizagem, reduzindo consideravelmente o universo de teste das situações. A Tabela 6.2 realiza um dimensionamento destas 48 situações, apresentando os elementos contextuais do domínio tecnológico nas linhas (4 variações em 3 elementos contextuais tecnológicos) e os elementos contextuais do domínio educacional combinado ao perfil comportamental nas colunas (12 variações em 2 elementos contextuais educacionais e 2 elementos contextuais de perfil comportamental). As variáveis apresentadas constituem-se do

contexto associado, pois os elementos contextuais estão apresentados com as possíveis instanciações.

Destas 48 situações apresentadas na Tabela 6.2, 8 foram escolhidas como representativas para as situações de teste. A próxima seção apresenta essas 8 situações em detalhe: seu contexto associado; regras para inferência e dinamicidade existente.

Tabela 6.2: Relação dos elementos contextuais instanciados para análise

<i>Elementos contextuais instanciados - domínio tecnológico</i>					
<i>Elementos contextuais instanciados – domínio educacional e perfil comportamental</i>		<b>ComAltCasa (CAC)</b>	<b>ComAltUni (CAU)</b>	<b>SmaBaiTra (SBT)</b>	<b>SmaAltTra (SAT)</b>
	<b>vIsSeqExBom (ISExB)</b>	ISExB CAC	ISExB CAU	<b>S_01: ISExB SBT</b>	ISExB SAT
	<b>vIsSeqExMau (ISExM)</b>	ISExM CAC	ISExM CAU	ISExM SBT	ISExM SAT
	<b>vIsSeqEstBom (ISEsB)</b>	<b>S_02: ISEsB CAC</b>	ISEsB CAU	ISEsB SBT	ISEsB SAT
	<b>vIsGlobExBom (IGExB)</b>	IGExB CAC	IGExB CAU	IGExB SBT	IGExB SAT
	<b>vIsGlobExMau (IGExM)</b>	IGExM CAC	<b>S_03: IGExM CAU</b>	IGExM SBT	IGExM SAT
	<b>vIsGlobEstBom (IGEsB)</b>	<b>S_04: IGEsB CAC</b>	IGEsB CAU	IGEsB SBT	IGEsB SAT
	<b>vErSeqExBom (ESExB)</b>	ESExB CAC	ESExB CAU	ESExB SBT	<b>S_05: ESExB SAT</b>
	<b>vErSeqExMau (ESExM)</b>	ESExM CAC	<b>S_06: ESExM CAU</b>	ESExM SBT	ESExM SAT
	<b>vErSeqEstBom (ESEsB)</b>	ESEsBCAC	ESEsB CAU	ESEsB SBT	ESEsB SAT
	<b>vErGlobExBom (EGExB)</b>	EGExB CAC	EGExB CAU	<b>S_07: EGExB SBT</b>	EGExB SAT
	<b>vErGlobExMau (EGExM)</b>	EGExM CAC	EGExM CAU	EGExM SBT	<b>S_08: EGExM SAT</b>
	<b>vErGlobEstBom (EGEsB)</b>	EGEsB CAC	EGEsB CAU	EGEsB SBT	EGEsB SAT

De acordo com a Tabela 6.2, as seguintes situações serão analisadas:

- **S\_01** (ISExB SBT): aluno com estilo cognitivo visual e sequencial, desenvolvendo exercício com bom andamento, usando seu smartphone com baixa velocidade de conexão, em trânsito.
- **S\_02** (ISEsB CAC): aluno com estilo cognitivo visual e sequencial, realizando uma atividade de estudo com bom andamento, usando seu computador com alta velocidade de conexão, em casa.
- **S\_03** (IGExM CAU): aluno com estilo cognitivo visual e global, desenvolvendo exercícios com mau andamento, usando seu computador com alta velocidade de conexão na universidade.
- **S\_04** (IGEsB CAC): aluno com estilo cognitivo visual e global, desenvolvendo atividade de estudo com bom andamento, usando seu computador com alta velocidade de conexão em casa.

- **S\_05** (ESExB SAT): aluno com estilo cognitivo verbal e sequencial, desenvolvendo exercício com bom andamento, usando seu smartphone com alta velocidade de conexão em trânsito.
- **S\_06** (ESExM CAU): aluno com estilo cognitivo verbal e sequencial, realizando exercício com mau andamento, usando seu computador com alta velocidade de conexão na universidade.
- **S\_07** (EGExB SBT): aluno com estilo cognitivo verbal e global, realizando exercício com bom andamento, usando seu smartphone com baixa velocidade de conexão em trânsito.
- **S\_08** (EGExM SAT): aluno com estilo cognitivo verbal e global, realizando exercício com mau andamento, usando seu smartphone com alta velocidade de conexão em trânsito.

#### **6.4 Filtragem dos OAs e Adaptação**

Uma das principais motivações na determinação da situação atual do aluno é prover o sistema educacional com uma informação rica e consistente a respeito do contexto atual do aluno, fornecendo subsídio para determinação das adaptações a serem realizadas na mídia adaptativa de forma a apresentar conteúdo mais adequado, na forma mais adequada, respeitando as necessidades do aluno a cada momento. Assim, apesar de não ser um dos objetivos específicos deste trabalho, torna-se importante realizar uma análise, ainda que simples, das possíveis adaptações que podem ser executadas na mídia adaptativa de forma a melhor se adequar à situação vivida pelo aluno.

Propõem-se neste trabalho que as situações detectadas sejam usadas de forma a guiar a filtragem de OAs mais adequados à situação do aluno, sendo a interface da mídia adaptada para este fim. Nesta proposta, seria aplicada uma filtragem a partir de informações explícitas (obtidas por meio de login no ambiente, curso e disciplinas escolhidos e dados de cadastro) e implícitas do usuário (dados relativos ao contexto de aprendizagem, tecnológico, eventos monitorados e situação detectada), obtidas tanto por identificação no servidor como no cliente (REATEGUI; CAZELLA, 2005).

A filtragem apresentada nesta seção se refere à filtragem baseada em conteúdo (REATEGUI; CAZELLA, 2005), a qual leva em consideração: o local de onde o aluno está acessando o ambiente educacional; a atual velocidade de conexão com a Internet; a resolução e o tipo de dispositivo computacional usado; seu perfil comportamental (estilo cognitivo); o seu desempenho no desenvolvimento da atividade e seu objetivo nessa atividade; formando um total de 6 variáveis contextuais consideradas para filtragem.

O Capítulo 3 apresentou métodos e técnicas relativos à determinação das adaptações desenvolvidas em ambientes que utilizam mídias adaptativas. Como apresentado, adaptações podem ser realizadas quanto ao conteúdo apresentado na mídia, quanto à navegação e quanto à interação do usuário no ambiente. Este trabalho não tem como objetivo tratar a respeito das formas de adaptação a serem desenvolvidas. Entretanto, coloca-se como proposta a utilização da situação do aluno para determinação dos OAs mais adequados à situação atual. Neste caso, a adaptação remete ao conteúdo apresentado ao aluno na mídia adaptativa.

De acordo com o tipo de situação detectada, OAs específicos podem ser apresentados ao aluno no ambiente adaptativo, filtrando-se o conteúdo apresentado de acordo com a situação atual. Esta filtragem pode ser realizada, por exemplo, priorizando os OAs mais adequados à situação corrente e mostrando os demais OAs em segundo plano na mídia adaptativa, como sugerem as técnicas de adaptação apresentadas no Capítulo 3.

Cada elemento de contexto instanciado avaliado para determinação da situação aponta restrições que devem ser consideradas para filtragem dos OAs, como indicado abaixo:

1. **Estilo cognitivo visual:** aprendizes visuais lembram melhor das coisas que veem: desenhos, diagramas, fluxogramas, linhas de tempo, filmes, demonstrações (FELDER; SILVERMAN, 1988).
2. **Estilo cognitivo verbal:** aprendizes verbais lembram mais facilmente das coisas que escutam, e mais ainda do que escutam e falam. Preferem explicações verbais a demonstrações visuais (FELDER; SILVERMAN, 1988).
3. **Estilo cognitivo sequencial:** aprendizes sequenciais seguem raciocínios lineares enquanto resolvem problemas. Podem trabalhar com materiais quando entendem seu conteúdo parcialmente ou superficialmente. Podem aprender melhor quando o material é apresentado em uma progressão estável de complexidade e dificuldade (FELDER; SILVERMAN, 1988).
4. **Estilo cognitivo global:** aprendizes globais devem ser livres para determinar seu método próprio para solucionar problemas, ao invés de serem obrigados a adotar a estratégia definida pelo professor. Devem ser periodicamente expostos a conceitos avançados antes que estes conceitos sejam naturalmente introduzidos no conteúdo do curso. Executam passos de forma intuitiva no ambiente. Tem grande dificuldade de trabalhar com materiais que não entendem completamente. Podem aprender melhor dando saltos diretos a materiais com maior complexidade ou dificuldade (FELDER; SILVERMAN, 1988).
5. **Atividade (exercício ou estudo):** de acordo com a atividade, é possível determinar o objetivo do aluno no ambiente. Como apresentado no Capítulo 3, toda atividade deve estar vinculada a um objetivo pedagógico. Sabendo-se o objetivo do aluno, é possível apresentar OAs relacionados a esta atividade sendo desempenhada.
6. **Bom andamento:** permite que objetos de nível de dificuldade mais alto sejam apresentados.
7. **Mau andamento:** apresenta objetos com nível de dificuldade mais baixo, para que o aluno possa melhorar seu desempenho na atividade.
8. **Dispositivo computador:** a detecção do tipo do dispositivo como “computador pessoal” é determinada pelo tamanho e resolução da tela de *display* apresentada por este dispositivo. Neste caso, pode apresentar materiais com maior resolução e exigências de apresentação em tela.
9. **Dispositivo smartphone:** atualmente, dispositivos *smartphones* possuem telas de diferentes tamanhos e com diferentes resoluções de *display*.

Assumindo-se modelos com resoluções mais baixas, podem levar a priorização de OAs com menor exigência de resolução, como texto, imagens simples e fluxogramas.

10. **Velocidade de conexão alta:** permite maior flexibilidade para apresentação de OAs, possibilitando *download* de vídeos, por exemplo.
11. **Velocidade de conexão baixa:** impõem restrições para obtenção e visualização de determinados OAs, priorizando objetos mais “leves”.

Adaptação guiada pelos estilos cognitivos do aluno tem sido aplicada em diversos trabalhos, em geral com bons resultados (GRAF; KINSHUK, 2006; PAREDES; RODRIGUEZ, 2006; BAJRAKTAREVIC; HALL; FULLICK, 2003). Os demais dados também são úteis à adaptação, respeitando características contextuais. Apesar de não estar no escopo deste trabalho, a adaptação guiada pelo conjunto de contextos que configura a situação do aluno pode também apresentar bons resultados (YU et al., 2007; WIVES et al., 2008).

Com relação à filtragem de OAs guiada pela situação configurada, observa-se que uma série de dados a respeito dos OAs deve ser gerenciada, dentre eles: nome; código de identificação; atividade ao qual está ligado; nível de dificuldade; adequação a estilos de aprendizagem; resolução exigida; velocidade exigida para download. Esses dados compõem as propriedades de tipos de dados e propriedades de objeto da classe *ObjetoAprendizagem*, pertencente à ontologia Conteúdo do Conhecimento, descrita no modelo da rede de ontologias no Capítulo 5. As propriedades da classe *ObjetoAprendizagem* são apresentadas nas Tabelas 5.1 e 5.2 do Capítulo 5.

Determinada a situação atual do aluno, é possível executar a filtragem dos OAs que possuam propriedades de contexto adequadas à situação detectada. Isso pode ser feito por meio de um mapeamento entre a situação detectada e a adaptação relativa a ela. Para facilitar o mapeamento descrito na análise das 8 situações identificadas na seção anterior, as Tabelas 6.3 e 6.4 apresentam, respectivamente, as propriedades de tipos de dados e as propriedades de objetos dos OAs, cada uma relacionada a uma regra de filtragem específica.

Tabela 6.3: Filtragem dos OAs de acordo com suas propriedades de dado

<i>Filtragem associada</i>	<i>Propriedade de dado (Q(x,y))</i>
F1	$\langle x, \text{estiloCaptacao}, \{\text{verbal}\} \rangle$
F2	$\langle x, \text{estiloCaptacao}, \{\text{visual}\} \rangle$
F3	$\langle x, \text{estiloEntendimento}, \{\text{sequencial}\} \rangle$
F4	$\langle x, \text{estiloEntendimento}, \{\text{global}\} \rangle$
F5	$\langle x, \text{nivelDificuldade}, \{\text{baixo}\} \rangle$
F6	$\langle x, \text{nivelDificuldade}, \{\text{medio}\} \rangle$

<i>Filtragem associada</i>	<i>Propriedade de dado (Q(x,y))</i>
F7	$\langle x, \text{nivelDificuldade}, \{\text{alto}\} \rangle$
F8	$\langle x, \text{localizacao}, \{\text{online}\} \rangle$
F9	$\langle x, \text{localizacao}, \{\text{biblioteca}\} \rangle$
F10	$\langle x, \text{localizacao}, \{\text{servidor}\} \rangle$

Tabela 6.4: Filtragem dos OAs de acordo com suas propriedades de objeto

<i>Filtragem associada</i>	<i>Propriedade de objeto (R(x,y))</i>
F11	$\langle x, \text{requerResolucao}, \{\text{baixa}\} \rangle$
F12	$\langle x, \text{requerResolucao}, \{\text{media}\} \rangle$
F13	$\langle x, \text{requerResolucao}, \{\text{alta}\} \rangle$
F14	$\langle x, \text{requerVelocidade}, \{\text{baixa}\} \rangle$
F15	$\langle x, \text{requerVelocidade}, \{\text{alta}\} \rangle$

## 6.5 Análise das Situações

Para melhor compreensão do funcionamento de um sistema adaptativo à situação do aluno, as 8 situações identificadas como representativas na Seção 6.3 serão aqui analisadas. Para cada uma das situações, primeiramente será apresentada a regra que a determina, seguindo a notação formal da Figura 6.2, mas aqui em SWRL, visando sua implementação em conjunto à rede de ontologias desenvolvida. Em seguida, são apresentadas possíveis adaptações realizadas na mídia adaptativa, visando se adequar à situação atual do aluno. As adaptações representam a aplicação dos filtros dos OAs mostrados nas Tabelas 6.3 e 6.4.

É importante ressaltar neste ponto do trabalho que diferentes técnicas de adaptação podem ser aplicadas à mídia adaptativa, uma vez que o contexto associado à situação do aluno visa enriquecer este processo. As filtragens sugeridas nesta análise visam ilustrar uma possível adaptação, referente ao conteúdo apresentado ao aluno na mídia adaptativa, uma vez que a etapa de adaptação não está no escopo desta tese.

### Primeira Situação (S\_01 - ISExB SBT)

- Regra da situação:

$$\text{Aluno}(x) \wedge \text{estiloCaptacao}(?x, \text{visual}) \wedge \text{estiloEntendimento}(?x, \text{sequencial}) \wedge \text{faz}(?x, ?y) \wedge \text{Exercicio}(?y) \wedge \text{bomDesempenho}(?x, ?y) \wedge \text{usa}(?x, ?z) \wedge \text{SmartPhone}(?z) \wedge \text{temConexao}(?z, \text{baixa}) \wedge \text{localizadoEm}(?x, \text{transito}) \Rightarrow \text{temSituacao}(?x, S\_01)$$



- Adaptação: para esta situação é melhor que o sistema adaptativo apresente ao aluno OAs que estejam mais adequados à baixa resolução de tela do dispositivo usado e ao bom desempenho demonstrado (nível de aprendizado médio a alto). Como a velocidade de conexão com a Internet não é boa, não prioriza OAs mais “pesados”, como vídeos e imagens em alta resolução. Como o estilo do aluno é visual, prioriza apresentação de imagens, gráficos e fluxogramas, mas busca alternativas mais “leves”, com baixa resolução.
- Regra de filtragem associada à S\_01: apresenta objetos com propriedades adequadas à situação. De acordo com as Tabelas 6.3 e 6.4,  
 $S_{01} \Rightarrow \neg (F1 \wedge F4 \wedge F8 \wedge F9 \wedge F12 \wedge F13 \wedge F14) = R_{01}$ .

#### Segunda situação (S\_02 - ISEsB CAC)

- Regra da situação:
 
$$Aluno(x) \wedge estiloCaptacao (?x, visual) \wedge estiloEntendimento (?x, sequencial) \wedge faz (?x, ?y) \wedge Estudo(?y) \wedge bomDesempenho (?x, ?y) \wedge usa (?x, ?z) \wedge ComputadorPessoal(?z) \wedge temConexao (?z, alta) \wedge localizadoEm (?x, casa) \Rightarrow temSituacao (?x, S_{02})$$
- Adaptação: esta situação permite maior flexibilidade na apresentação do conteúdo ao aluno, assim o sistema pode exibir normalmente o conteúdo na mídia adaptativa. Busca OAs mais adequados a alunos visuais e sequenciais, de nível de complexidade normal à alta. Pode apresentar OAs com restrições de resolução mais alta e que exijam melhor velocidade de conexão. Como aluno está em casa, com boa conexão, pode apresentar recursos disponíveis fora do ambiente educacional.
- Regra de filtragem associada à S\_02  $\Rightarrow \neg (F1 \wedge F4 \wedge F9) = R_{02}$ .

#### Terceira situação (S\_03 - IGExM CAU)

- Regra da situação:
 
$$Aluno(x) \wedge estiloCaptacao (?x, visual) \wedge estiloEntendimento (?x, global) \wedge faz (?x, ?y) \wedge Exercicio(?y) \wedge mauDesempenho (?x, ?y) \wedge usa (?x, ?z) \wedge ComputadorPessoal(?z) \wedge temConexao(?z, alta) \wedge localizadoEm (?x, universidade) \Rightarrow temSituacao (?x, S_{03})$$
- Adaptação: permite boa flexibilidade na exibição dos objetos. Como aluno está com mau desempenho, significa que ele já está realizando a mesma atividade há mais de uma situação, não apresentando bom andamento. Assim, busca OAs com nível de dificuldade mais baixo. Como está na biblioteca, pode apresentar livros e manuais disponíveis.
- Regra de filtragem associada à S\_03  $\Rightarrow \neg (F1 \wedge F3 \wedge F6 \wedge F7) = R_{03}$ .

#### Quarta situação (S\_04 - IGEsB CAC)

- Regra da situação:

$Aluno(x) \wedge estiloCaptacao(?x, visual) \wedge estiloEntendimento(?x, global) \wedge faz(?x, ?y) \wedge Estudo(?y) \wedge bomDesempenho(?x, ?y) \wedge usa(?x, ?z) \wedge ComputadorPessoal(?z) \wedge temConexao(?z, alta) \wedge localizadoEm(?x, casa) \Rightarrow temSituacao(?x, S\_04)$

- Adaptação: permite boa flexibilidade na exibição dos objetos. Busca OAs mais voltado a alunos visuais e com entendimento global. Não apresenta restrição referente à resolução de tela e velocidade de conexão. Como está em casa, não apresenta recursos localizados na biblioteca, por exemplo.
- Regra de filtragem associada à **S\_04**  $\Rightarrow \neg (F1 \wedge F3 \wedge F9) = \mathbf{R\_04}$ .

#### Quinta situação (**S\_05** - ESExB SAT)

- Regra da situação:

$Aluno(x) \wedge estiloCaptacao(?x, verbal) \wedge estiloEntendimento(?x, sequencial) \wedge faz(?x, ?y) \wedge Exercicio(?y) \wedge bomDesempenho(?x, ?y) \wedge usa(?x, ?z) \wedge SmartPhone(?z) \wedge temConexao(?z, alta) \wedge localizadoEm(?x, transito) \Rightarrow temSituacao(?x, S\_05)$

- Adaptação: busca OAs que não exigem resolução definida como alta ou média para apresentação. Como a conexão é boa e o aluno apresenta bom desempenho na atividade, permite apresentação de imagens e vídeos com nível de dificuldade alto.
- Regra de filtragem associada à **S\_05**  $\Rightarrow \neg (F2 \wedge F4 \wedge F9 \wedge F14) = \mathbf{R\_05}$ .

#### Sexta situação (**S\_06** - ESExM CAU)

- Regra da situação:

$Aluno(x) \wedge estiloCaptacao(?x, verbal) \wedge estiloEntendimento(?x, sequencial) \wedge faz(?x, ?y) \wedge Exercicio(?y) \wedge mauDesempenho(?x, ?y) \wedge usa(?x, ?z) \wedge ComputadorPessoal(?z) \wedge temConexao(?z, alta) \wedge localizadoEm(?a, universidade) \Rightarrow temSituacao(?x, S\_06)$

- Adaptação: mesma adaptação apresentada à situação S\_03, modificando apenas o estilo cognitivo de aprendizagem do aluno.
- Regra de filtragem associada à **S\_06**  $\Rightarrow \neg (F2 \wedge F4 \wedge F6 \wedge F7) = \mathbf{R\_06}$ .

#### Sétima situação (**S\_07** - EGExB SBT)

- Regra da situação:

$Aluno(x) \wedge estiloCaptacao(?x, verbal) \wedge estiloEntendimento(?x, global) \wedge faz(?x, ?y) \wedge Exercicio(?y) \wedge bomDesempenho(?x, ?y) \wedge usa(?x, ?z) \wedge SmartPhone(?z) \wedge temConexao(?z, baixa) \wedge localizadoEm(?x, transito) \Rightarrow temSituacao(?x, S\_07)$

- Adaptação: a situação não permite muita flexibilidade na apresentação de OAs, pois o aluno está com baixa velocidade de conexão com a Internet e utiliza seu

dispositivo *smartphone* em trânsito. Assim o ambiente deve optar por OAs adequados a baixa resolução de imagem e a baixa velocidade de conexão.

- Regra de filtragem associada à **S\_07**  $\Rightarrow \neg (F2 \wedge F3 \wedge F8 \wedge F9 \wedge F12 \wedge F13 \wedge F15) = \mathbf{R_07}$ .

Oitava situação (**S\_08** - EGExM SAT)

- Regra da situação:

$$\text{Aluno}(x) \wedge \text{estiloCaptacao}(?x, \text{verbal}) \wedge \text{estiloEntendimento}(?x, \text{global}) \wedge \text{faz}(?x, ?y) \wedge \text{Exercicio}(?y) \wedge \text{mauDesempenho}(?x, ?y) \wedge \text{usa}(?x, ?z) \wedge \text{SmartPhone}(?z) \wedge \text{temConexao}(?z, \text{alta}) \wedge \text{localizadoEm}(?x, \text{transito}) \Rightarrow \text{temSituacao}(?x, S_08)$$

- Adaptação: esta situação também apresenta restrições à apresentação de OAs, pois o aluno está usando dispositivo *smartphone* e não apresenta um bom andamento no desenvolvimento da atividade de exercício. Desta forma, o ambiente busca OAs adequados à baixa resolução apresentada pelo dispositivo e ao baixo desempenho do aluno (OA com nível de dificuldade mais baixo). Como a conexão é boa, permite o *download* de OAs disponíveis *online*.
- Regra de filtragem associada à **S\_08**  $\Rightarrow \neg (F2 \wedge F3 \wedge F6 \wedge F7 \wedge F9 \wedge F12 \wedge F13) = \mathbf{R_08}$ .

A Tabela 6.5 apresenta um apanhado geral das situações analisadas e das regras de filtragem associadas a cada uma delas.

Tabela 6.5: Situações analisadas e respectivas regras de filtragem

<i>Situação</i>	<i>Regra de Filtragem Associada</i>
S_01	$R_{01} = (\neg (F1 \wedge F4 \wedge F8 \wedge F9 \wedge F12 \wedge F13 \wedge F14))$
S_02	$R_{02} = (\neg (F1 \wedge F4 \wedge F9))$
S_03	$R_{03} = (\neg (F1 \wedge F3 \wedge F6 \wedge F7))$
S_04	$R_{04} = (\neg (F1 \wedge F3 \wedge F9))$
S_05	$R_{05} = (\neg (F2 \wedge F4 \wedge F9 \wedge F14))$
S_06	$R_{06} = (\neg (F2 \wedge F4 \wedge F6 \wedge F7))$
S_07	$R_{07} = (\neg (F2 \wedge F3 \wedge F8 \wedge F9 \wedge F12 \wedge F13 \wedge F15))$
S_08	$R_{08} = (\neg (F2 \wedge F3 \wedge F6 \wedge F7 \wedge F9 \wedge F12 \wedge F13))$

## 6.6 Considerações Finais

Neste capítulo foi descrita a formalização de uma situação de aprendizagem, a qual está adequada ao modelo apresentado no Capítulo 5 e reflete os elementos de contexto identificados no Capítulo 4. Situações de exemplo, desenvolvidas em linguagem

SWRL, foram analisadas de forma a mostrar a viabilidade do modelo desenvolvido para determinação da situação de aprendizagem do aluno.

Ainda, foram apresentadas filtragens a serem aplicadas à apresentação dos OAs na mídia adaptativa, a partir do conhecimento da situação do aluno no sistema educacional. Aplicações práticas podem usar esta informação para, por exemplo, apresentar em destaque os OAs mais adequados a atual situação, ou apresentar estes em primeiro plano e, de forma secundária, os demais objetos disponíveis.

Neste capítulo, a situação detectada foi explorada para filtragem de OAs mais apropriados à situação corrente do usuário. Entretanto, outros tipos de adaptação podem ser realizados na mídia adaptativa, como apresentado no Capítulo 3. Por exemplo, itens que não são interessantes ao local e dispositivo usado pelo usuário podem ser suprimidos da mídia adaptativa, como determina a técnica de remoção de fragmentos (*removing fragments*) apresentada em (DE BRA, 2008). Ainda, de acordo com a técnica de anotação adaptativa de *links* (*adaptive link annotation*) *links* podem ser adaptados de forma a apresentar o estado corrente do aluno no processo de aprendizagem, mostrando *links* ainda não visitados ou pontos já estudados (DE BRA, 2008).

No próximo capítulo, o modelo de situação desenvolvido é posto em funcionamento conjuntamente a um ambiente de *e-learning* real, de forma a permitir a determinação de sua aplicabilidade prática.

## 7 APLICAÇÃO DO MODELO - ESTUDO DE CASO

O objetivo central deste trabalho consiste em modelar formalmente uma situação de forma a aperfeiçoar as características de adaptabilidade de um sistema Web. Este objetivo é focado nos ambiente de educação baseados na Web, portanto, a situação configurada consiste de uma situação de aprendizagem.

No Capítulo 4, buscou-se mostrar o que é uma situação de aprendizagem, conceituada com auxílio de um cenário prático de aplicação. No Capítulo 5 foi apresentada a modelagem dos dados de contexto que formam a situação do aluno. Esta modelagem foi apresentada de maneira geral, sem considerar um ambiente de *e-learning* específico para representação. Optou-se por esta estratégia por acreditar-se que a modelagem deva ser flexível e, ao mesmo tempo, representar conceitos bem fundamentados independentes de um ambiente educacional em específico. Isso permite que o modelo possa ser expandido ou modificado de forma a se adequar facilmente a diferentes ELEs.

Este capítulo tem por objetivo aplicar o modelo criado no desenvolvimento de um estudo de caso, aplicado a um ELE real e em uso atualmente, de forma a verificar a viabilidade de uso real do modelo e mostrar como pode auxiliar o ELE na definição das ações de adaptação a serem realizadas na mídia adaptativa apresentada ao aluno. No estudo de caso detalha-se a arquitetura de desenvolvimento proposta, juntamente com o módulo de sensibilidade à situação, definido para estender as funcionalidades do ambiente educacional escolhido.

### 7.1 Ambiente Educacional AdaptWeb<sup>®</sup>

Para desenvolvimento do estudo de caso, foi escolhido o ambiente de ensino-aprendizagem adaptativo na Web AdaptWeb<sup>®</sup>. O AdaptWeb<sup>®</sup> consiste de um sistema hipermídia adaptativo de educação a distância baseado na Web, que tem como objetivo adaptar o conteúdo, a apresentação e a navegação de acordo com o modelo do usuário (GASPARINI, 2003). A iniciativa de desenvolvimento do ambiente AdaptWeb<sup>®</sup> surgiu no ano de 2001, resultado de um projeto de pesquisa conduzido pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Atualmente, é empregado como ambiente oficial de suporte ao ensino na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), podendo ser obtido livremente no repositório Sourceforge<sup>8</sup>.

Segundo Palazzo et al. (2003b) o ambiente AdaptWeb<sup>®</sup> surgiu pela motivação em facilitar a tarefa de autoria de material instrucional para a Web pelos professores. Após

---

<sup>8</sup> <http://adaptweb.sourceforge.net/>

seu desenvolvimento, chegou-se ao que ele é hoje, um sistema de hipermídia adaptativo de EAD para Web, onde o conteúdo educacional e o percurso navegacional podem ser adaptados para melhor suprir as necessidades individuais de cada aluno. Além disso, no AdaptWeb® um único programa de disciplina pode ser adaptado a diferentes cursos, seguindo suas características próprias. Isso ocorre porque o autor pode customizar o conteúdo da disciplina de acordo com o curso a que ela se destina, especificando o nível de complexidade de cada objeto de aprendizagem e a sequência de conteúdos, exemplos e materiais complementares a serem apresentados.

A arquitetura completa do ambiente educacional AdaptWeb® é apresentada na Figura 7.1. Ela é composta de cinco módulos: (1) Módulo de Autoria, onde o autor registra a estrutura de conceitos que é organizada através da metodologia de autoria; (2) Módulo de Armazenamento XML, que transforma e armazena o material registrado pelo autor em arquivos no formato XML (*eXtensible Markup Language*); (3) Módulo de Adaptação de conteúdo baseado no modelo do aluno; (4) Módulo de Interface Adaptativa, que apresenta o conteúdo de maneira diferenciada, de acordo com o que já foi acessado pelo aluno e suas preferências; e (5) Banco de Dados Administrativo.

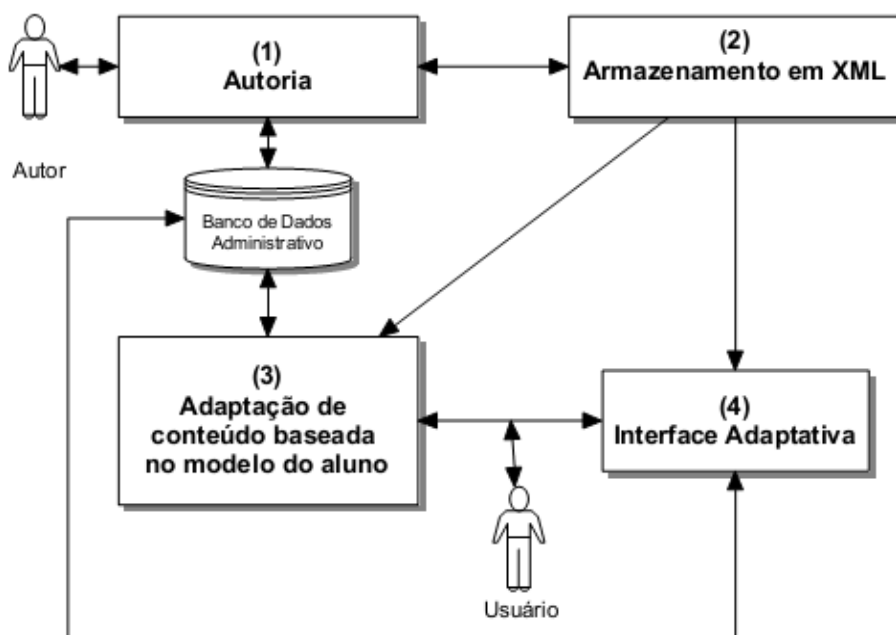


Figura 7.1. Arquitetura do AdaptWeb®

Fonte: GASPARINI, 2003, p.50.

A funcionalidade de adaptação do AdaptWeb® é partilhada entre os módulos de autoria e armazenamento. Primeiramente, o módulo de autoria (módulo (1) da Figura 7.1) realiza a organização dos conteúdos em uma estrutura hierárquica de conceitos, onde são estabelecidos critérios de pré-requisitos.

O componente de armazenamento (módulo (2) da Figura 7.1), é o responsável pela transformação do conteúdo do autor em arquivos XML, seu armazenamento e organização para posterior utilização. Os arquivos XML são criados a partir de duas DTDs (*Document Type Definition*). A primeira delas consiste da DTD de Estrutura de Conceito da Disciplina, que representa a estrutura de conceitos definida pelo autor juntamente com informações relativas à descrição, ao número de identificação, à lista de

pré-requisitos e às palavras-chave de cada conceito inserido no conteúdo (PALAZZO et al., 2003a).

A segunda DTD é responsável pelo detalhamento do conteúdo interno a cada conceito, pois no AdaptWeb<sup>®</sup> cada conceito pode estar ligado a vários exercícios, exemplos ou materiais complementares, aos quais o autor deve indicar a complexidade associada. A Figura 7.2 apresenta a geração do conteúdo XML a partir das duas DTDs existentes.

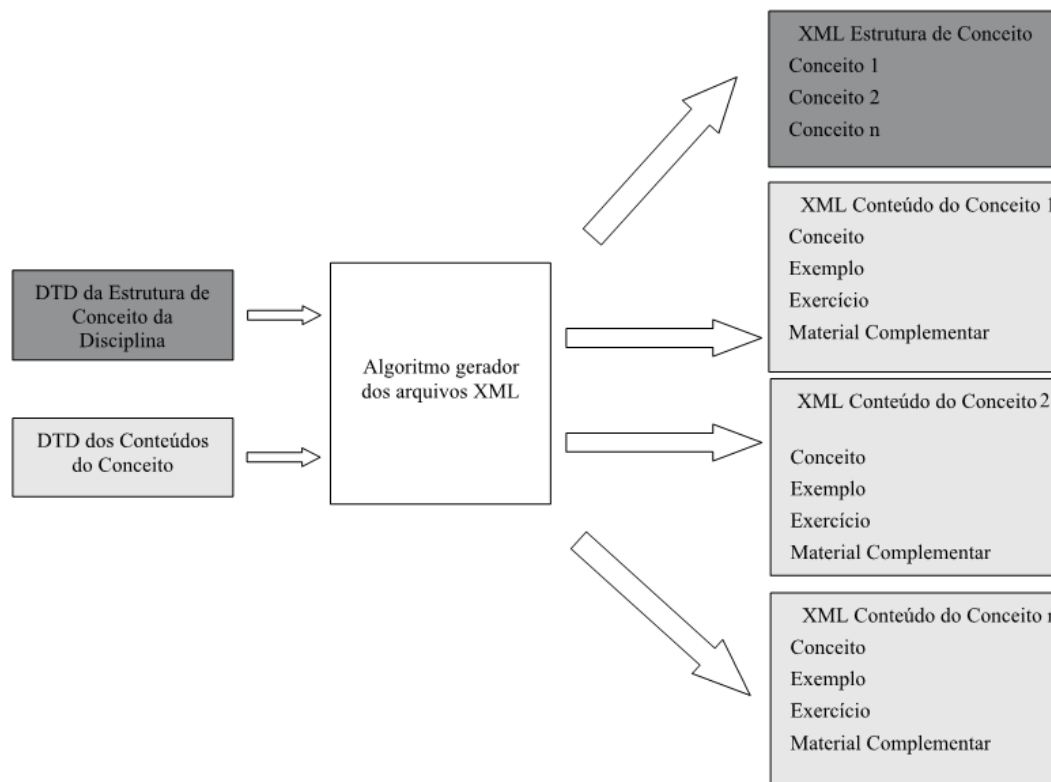


Figura 7.2. Geração dos arquivos XML  
Fonte: PALAZZO et al., 2003a, p. 182.

Após geração e armazenamento do conteúdo em arquivos XML, os módulos de Adaptação de conteúdo e Interface Adaptativa (módulos (3) e (4) da Figura 7.1) são responsáveis por buscar o conteúdo armazenado nos arquivos XML e apresentar este conteúdo seguindo o modelo do aluno. O modelo do aluno consiste do cadastramento do aluno no sistema, contendo seus dados, cursos e disciplinas autorizadas para matrícula.

O sistema também armazena um registro do conteúdo já estudado pelo aluno. Assim, o componente de Interface Adaptativa adapta a mídia apresentada ao aluno com os conceitos já visitados em cores distintas dos a serem visitados. Maiores detalhes sobre o funcionamento interno do AdaptWeb<sup>®</sup> podem ser obtidos em (PALAZZO et al., 2003a). Para compreensão aprofundada do processo de criação e funcionamento do ambiente educacional AdaptWeb<sup>®</sup>, recomenda-se a leitura dos trabalhos (AMARAL, 2002; FREITAS, 2002; GASPARINI, 2003)<sup>®</sup>.

No estudo de caso desenvolvido neste trabalho, foi necessário realizar pequenas alterações na arquitetura do ambiente, visando sensoramento de elementos de contexto do domínio tecnológico e monitoramento das ações dos alunos. Entretanto, nenhuma

alteração das funções atualmente disponíveis no AdaptWeb<sup>®</sup> foi realizada, uma vez que está funcional e em uso. Portanto, foram mantidas suas atuais funcionalidades de autoria e adaptação de conteúdo, agregando a ele um módulo de sensibilidade à situação, de forma a verificar a viabilidade de aplicação prática do modelo desenvolvido.

### 7.1.1 Motivação para Escolha do Ambiente

A escolha do ELE AdaptWeb<sup>®</sup> para estudo de caso da modelagem desenvolvida de-se pelos seguintes motivos:

- Preocupação do ambiente na gerência do modelo do aluno - o modelo de contexto para sensibilidade à situação proposto neste trabalho exige que o ambiente educacional ofereça dados específicos relacionados ao modelo do aluno, os quais nem sempre são encontrados nestes ambientes. No caso do AdaptWeb<sup>®</sup>, por ser um ELE que se propõem a apresentar o conteúdo de forma adaptada ao modelo do aluno (preferência navegacional e conhecimento previamente adquirido), é possível obter os elementos de contexto necessários para o modelo diretamente no Banco de Dados (BD) Administrativo do ambiente educacional, como: estilo de navegação; histórico dos tópicos já estudados (gerência dos pré-requisitos de cada conteúdo); histórico dos acessos realizados pelo aluno.
- Estruturação e armazenamento do conteúdo didático de forma clara e padronizada – os conteúdos instrucionais do ambiente são modelados pelo módulo de Autoria, através de uma estrutura hierárquica orientada pelos conceitos onde são estabelecidos critérios de pré-requisitos (AMARAL, 2002). Isto facilita o tratamento dos dados do domínio educacional, pois a geração dos arquivos em formato XML, com base na formatação definida pelas duas DTDs descritas na seção anterior, permite automatizar o acesso a todo conteúdo didático disponível no repositório dos OAs do ambiente.
- Detalhamento dos objetos de aprendizagem – ainda com relação aos conteúdos instrucionais, gerados pelas DTDs da estrutura dos conceitos das disciplinas e do conteúdo dos conceitos, uma série de detalhamentos a respeito dos OAs é solicitada. Para cada conceito, o professor deve informar no momento de autoria do conteúdo: seu nome; as palavras-chave associadas ao conceito; uma breve descrição deste conceito; se possui exercícios, exemplos e/ou materiais complementares vinculados a este conceito. Desta forma, cada objeto de aprendizagem do tipo conceito é criado com determinado nível de agregação, possuindo internamente outros OAs vinculados a ele. Isto permite a derivação do projeto instrucional necessário para determinação da situação, uma vez que cada objeto de aprendizagem tem seu tipo e demais objetos associados.
- Possibilidade de acesso à codificação de forma aberta e fácil obtenção de documentação referente – como mencionado na Seção 7.1, o AdaptWeb<sup>®</sup> é fornecido em código aberto no repositório SourceForge, podendo seu código ser editado e alterado livremente para fins educacionais. Por ser um ambiente de iniciativa acadêmica, possui artigos e trabalhos de dissertação que descrevem seu desenvolvimento, estrutura e funcionamento interno, como pode ser observado nas seguintes referências (AMARAL, 2002; FREITAS, 2002; GASPARINI, 2003).



### 7.1.2 Análise de Viabilidade e Alterações Necessárias ao Modelo

Os motivos apresentados na seção anterior foram decisivos para a escolha do ambiente AdaptWeb<sup>®</sup> no estudo de caso do modelo de contexto desenvolvido. Entretanto, como os dados de contexto que formam o modelo foram definidos de acordo com um cenário educacional hipotético e o vocabulário desenvolvido tem base não em um ambiente em especial, mas em padrões bem definidos e consolidados, algumas alterações foram necessárias ao modelo para que se adequasse aos dados fornecidos pelo AdaptWeb<sup>®</sup>. Estas alterações foram feitas de forma a não descaracterizá-lo, isto é, elementos contextuais do contexto tecnológico (local e dispositivo) tiveram que ser mantidos ainda que não fornecidos pelo ambiente educacional.

Com relação ao perfil do aluno, dados relativos à preferência navegacional são disponíveis pelo AdaptWeb<sup>®</sup>. A obtenção dos dados relativos aos estilos cognitivos de cada aluno é possível por meio do instrumento *Index of Learning Styles* (SOLOMAN, FELDER, 2012). A proposta de inclusão do instrumento de Soloman e Felder ao AdaptWeb<sup>®</sup> está sendo posta em prática apenas em experimentos restritos. Espera-se que em breve o questionário esteja incluído na versão do software disponível para *download* no repositório Sourceforge. Para os testes realizados nesta tese não foi possível acesso aos dados de experimentos realizados com a agregação dos estilos de aprendizagem dos alunos. Entretanto, optou-se por manter estes elementos de contexto comportamental no estudo de caso, mesmo que de forma hipotética.

Com relação ao domínio educacional, a taxonomia dos termos a que se referem os OAs pode ser obtida por meio das palavras-chave informadas pelo professor no momento da criação dos conceitos da disciplina. As demais classes relativas à disciplina, curso, colaborador e tópico podem ser facilmente obtidas nos arquivos XML que formam o conteúdo de uma disciplina. No caso do Projeto Instrucional, este conceito não existe explicitamente no ambiente AdaptWeb<sup>®</sup>, nem a identificação da atividade educacional a ser desenvolvida e seus objetivos de aprendizagem. Entretanto, a estrutura hierárquica do conteúdo instrucional permite a ligação entre OAs que se destinam a um mesmo conteúdo ou atividade. O AdaptWeb<sup>®</sup> classifica os OAs como: conceito; exercício; exemplo ou material complementar, assim, é possível determinar a atividade sendo feita pelo aluno. Além disso, os OAs são ligados a palavras-chave, informadas pelo tutor, o que permite a relação entre o objeto de aprendizagem e o domínio educacional a que ele se refere.

No caso do domínio tecnológico, o único dado armazenado pelo AdaptWeb<sup>®</sup> é o endereço de IP do dispositivo computacional do aluno. Os demais dados tiveram que ser sensorados e incluídos à estrutura interna do ambiente educacional. O sensoriamento dos dados referentes ao dispositivo computacional e localização do aluno é descrito na Subseção 7.3.1 deste capítulo.

## 7.2 AdaptWeb<sup>®</sup> Sensível à Situação

A proposta deste estudo de caso é aplicar os conceitos estudados e o modelo de contexto para gerência de situação desenvolvido em um ambiente real, para verificar a viabilidade de sua aplicação prática. Implícito a esta proposta, existe o intuito de adicionar novas funcionalidades ao ambiente usado para testes, no caso, AdaptWeb<sup>®</sup>, mantendo suas funcionalidades atuais.

Para isso, seguiu-se uma metodologia de desenvolvimento que parte da análise interna do ambiente; análise das mudanças a serem realizadas em sua estrutura interna, dando origem a uma nova arquitetura de desenvolvimento; modificação do ambiente, para verificar a possibilidade real de obtenção dos dados de contexto físico e tecnológico; e realização de simulações com os dados existentes e as regras descritas no Capítulo 6.

### 7.2.1 Metodologia de Desenvolvimento

Para possibilitar o desenvolvimento do sistema AdaptWeb<sup>®</sup> sensível à situação, primeiramente foi feito um estudo a respeito do ambiente, sua arquitetura, funcionalidades e operação interna. Isso foi necessário para se compreender como seria possível seu alinhamento com o modelo desenvolvido. Neste ponto, percebeu-se que o ideal seria viabilizar o desenvolvimento prático do modelo externamente ao ambiente educacional, como um módulo a parte, pois sendo o modelo projetado independentemente de um ambiente específico, faria maior sentido verificar sua aplicabilidade sendo desenvolvido em módulo separado.

Essa primeira verificação deu origem a uma arquitetura estendida do ambiente AdaptWeb<sup>®</sup>, a qual será apresentada em detalhes na próxima subseção, projetando seu funcionamento conjunto ao módulo sensível à situação desenvolvido.

Após especificação da arquitetura, foram gerados os diagramas de estados que descrevem a extensão proposta. A estruturação do desenvolvimento do módulo por meio dos diagramas de estados facilita o desenvolvimento por exigir detalhamento do ambiente a ser estendido e compreensão do funcionamento conjunto entre ambiente e módulo externo.

Além dos diagramas de estados (apresentados nas páginas 125 e 127), diagramas de atividades (apresentados nas páginas 129 e 130) foram desenvolvidos buscando modelar a implementação do modelo em um módulo externo e a ligação entre ele e o ambiente AdaptWeb<sup>®</sup>. Os diagramas de atividades foram úteis para detalhamento da troca de dados entre o módulo e o ambiente educacional e para determinação dos valores de variáveis necessários ao desenvolvimento.

Com a arquitetura e desenvolvimento estruturados, dispendo-se da rede de ontologias desenvolvida, em linguagem OWL-DL, e suas regras previamente testadas e funcionais (em linguagem SWRL), passou-se para definição dos pontos de comunicação entre o sistema educacional e o módulo desenvolvido. Neste momento, foi realizado estudo a respeito dos dados de contexto já oferecidos pelo Banco de Dados Administrativo do ambiente educacional e análise do tratamento necessário a esses dados para que fossem utilizados como instâncias do modelo de contexto desenvolvido. Neste ponto, foi feito também um levantamento a respeito dos dados não oferecidos pelo AdaptWeb<sup>®</sup>, e como seria possível obtê-los.

Os eventos responsáveis pela determinação da situação de aprendizagem foram definidos nos Capítulos 4 deste trabalho. Foi preciso, portanto, analisar no ambiente educacional em quais momentos o aluno realiza as ações relativas a estes eventos e como monitorá-las.

O passo seguinte consistiu da definição das situações de aprendizagem a serem analisadas nas simulações. Neste ponto, foram utilizadas as 8 situações identificadas no Capítulo 6 para teste da inferência das situações de aprendizagem. Os testes foram

realizados utilizando-se dados reais, das disciplinas e cursos existentes na base de dados do ambiente AdaptWeb®.

### 7.2.2 Arquitetura Estendida

Nesta subseção é apresentada a arquitetura para desenvolvimento do módulo, denominado CONIC (*Context Ontology Network for sItuation deteCtion*), em conjunto à plataforma educacional AdaptWeb®. A arquitetura desenvolvida pré-entende a existência da plataforma educacional, adicionando a ela módulos internos para sensoriamento de elementos de contexto, não fornecidos atualmente pelo ambiente, e para monitoramento de eventos.

Na Figura 7.3 as letras minúsculas de “a” a “f” mostram o ordenamento do fluxo de dados atualmente válido e funcional na plataforma educacional, desde o processo de autoria da disciplina, por parte do autor (professor), até o acesso para navegação em uma disciplina, realizado pelo aluno.

O módulo de sensoramento de contexto, adicionado ao ambiente educacional, e o CONIC são apresentados na Figura 7.3 em cor roxa. A lógica de funcionamento do CONIC e dos demais módulos e submódulos implementados segue a indexação das letras maiúsculas de “A” a “J”, iniciando pela ligação do CONIC ao módulo de Armazenamento XML do AdaptWeb®.

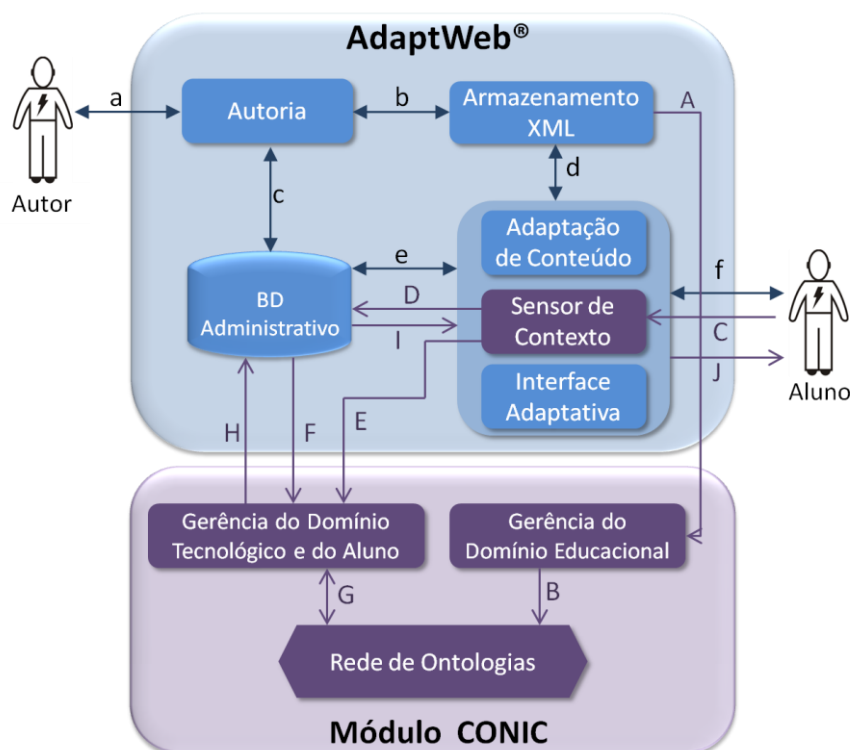


Figura 7.3. Arquitetura do ambiente estendido

O módulo CONIC consiste principalmente da rede de ontologias apresentada no Capítulo 6 deste trabalho, a qual busca representar o conhecimento referente: ao domínio do aluno, suas preferências e perfil comportamental; ao domínio do ambiente educacional, que inclui a taxonomia de termos educacionais, os OAs e seus metadados e o projeto instrucional; e ao domínio tecnológico, o qual entende os dispositivos computacionais usados para conexão com o ambiente e a localização física atual do

aluno. Além da rede de ontologias, o CONIC contém um banco de regras, definido em SWRL e SQWRL (*Semantic Query-Enhanced Web Rule Language*), para inferência sobre os dados dos domínios citados. As regras relativas a cada situação detectada foram apresentadas no Capítulo 6. Caso sejam definidas novas situações e, em decorrência disto, novas regras, estas são criadas diretamente no banco de regras, não sendo necessário efetuar alterações em outras partes do módulo CONIC.

Internamente ao módulo CONIC, dois submódulos são responsáveis pela comunicação dos dados do BD Administrativo e a rede de ontologias. Estes submódulos são: *Gerência do Domínio Educacional*, que tem como objetivo buscar o conteúdo instrucional e identificação dos OAs, armazenados em arquivos XML, e instanciá-los à ontologia; e *Gerência do Domínio Tecnológico e do Aluno*, responsável por transformar os elementos do contexto atual do aluno e do ambiente em instâncias da ontologia. A *Gerência do Domínio Tecnológico e do Aluno* também é responsável pela execução das regras de inferência e armazenamento da situação do aluno no *BD Administrativo* do ambiente educacional.

Para funcionamento do CONIC é necessário, primeiramente, a obtenção dos dados relacionados ao domínio educacional. Para isto, em “A”, a cada inclusão/alteração de disciplina o submódulo *Gerência do Domínio Educacional* irá acessar o arquivo XML referente a esta disciplina (armazenado na hierarquia definida pelo AdaptWeb® e nomeado como “estrutura\_topico.xml”) e buscar os dados relativos a: identificação do objeto de aprendizagem; nome do objeto; nível de agregação da hierarquia de conteúdo; tipo (conceito, exercício, exemplo ou material complementar); palavras-chave; nível de complexidade. Esses dados são armazenados na ontologia, em “B”, pois serão usados para relacionar os elementos de contexto instanciados do aluno aos OAs sendo acessados por ele a cada intervalo de tempo. Esta informação persiste na ontologia, pois será válida para vários alunos independentemente de seus contextos tecnológicos e pessoais.

Na sequência, em “C”, a cada acesso do aluno ao ambiente educacional, dados referentes ao dispositivo computacional usado pelo aluno e sua localização são sensorados e armazenados no *BD Administrativo*, em “D”, pelo módulo *Sensor de Contexto*. Dados a respeito do dispositivo consistem de: resolução de tela (altura x largura); sistema operacional utilizado e *browser* usado para navegação. A partir destes dados, é possível saber se o usuário está em um dispositivo móvel, como *smartphone* ou *tablet*, ou computador pessoal. Ainda a respeito do dispositivo computacional, detecta-se se a conexão com a Internet ocorre com velocidade de conexão alta ou baixa. A localização do usuário é obtida com base em seu endereço de IP, o qual permite determinar: país, região, cidade, latitude e longitude.

Além de detectar dados sobre o dispositivo computacional usado no acesso e localização, o módulo *Sensor de Contexto* analisa a interação do usuário, registrando eventos importantes resultantes da ação do usuário com o sistema educacional. Os eventos relevantes são: entrada no sistema (*login*), continuidade (continuidade no acesso aos OAs de uma disciplina), mudança de disciplina sendo acessada e saída do sistema (*logout*). A cada evento ocorrido, o módulo *Sensor de Contexto* armazena essa ocorrência, juntamente com o tempo de ocorrência, no *Banco de Dados Administrativo* (em “D”) e é responsável por chamar o procedimento responsável pela análise de situação (“E”) no módulo CONIC.

Neste momento, os dados de contexto referentes ao aluno devem ser analisados. A seta em “F” representa a busca dos dados de contexto do aluno para processamento da situação. Na *Rede de Ontologias*, as regras em SWRL (para armazenamento na ontologia) e em SQWRL (para retorno ao sistema e armazenamento no *BD Administrativo*) são executadas. A regra detecta a situação do aluno naquele momento, que será armazenada no banco de dados em “H”. A cada evento ocorrido, este procedimento se repete. Na ocorrência de nova situação, o tempo final da situação anterior é armazenado no BD e a nova situação, com tempo inicial válido, passa a ser a situação válida para adaptação.

Após detecção e armazenamento da situação no *BD Administrativo*, o módulo de *Interface Adaptativa* existente na plataforma educacional é informado (em “I”), devendo este módulo se responsabilizar pelo processo de filtragem dos OAs a serem apresentados aos usuários, em “J”.

Apesar da plataforma educacional AdaptWeb<sup>®</sup> ser desenvolvida em linguagem de programação PHP (*Hypertext Preprocessor*), optou-se por desenvolver o CONIC em linguagem Java, pois esta linguagem permite a manipulação mais rica e flexível da rede de ontologias e das regras SWRL e SQWRL.

### 7.3 Obtenção dos Elementos de Contexto e Tratamento do Ambiente para Extensão

Na Seção 7.1.2, de Análise de Viabilidade e Alterações Necessárias ao Modelo, foi feito um levantamento inicial de como seria possível alinhar o modelo sensível à situação desenvolvido ao ambiente educacional AdaptWeb<sup>®</sup>. Nesta seção, a forma de obtenção de cada um dos elementos contextuais necessários para determinação da situação é detalhada. Além disso, é apresentado como foi feito o monitoramento das ações do aluno no ambiente, mapeadas internamente para eventos.

Com relação aos elementos contextuais necessários para formação da tupla  $S$ :  $(P_d, D_d, T_d, L_d, T_i, T_f)$ , alguns deles existem atualmente no ambiente e puderam ser diretamente obtidos do BD Administrativo do ambiente para instanciação na rede de ontologias; outros existem no ambiente, mas precisaram ser modificados para uso; outros não existem, devendo ser sensorados e adicionados ao BD.

Primeiramente foram analisados os elementos contextuais pessoais e comportamentais ( $P_d$ ). Os dados pessoais do aluno são informados ao sistema educacional no momento de cadastro no ambiente. Dados comportamentais ligados ao estilo cognitivo devem ser obtidos também no momento de cadastro no ambiente, por meio de questionário. Os dados do estilo cognitivo podem ser modificados, no caso de preenchimento do questionário pelo aluno, detectando-se que houve mudança no estilo cognitivo. Dados comportamentais ligados ao estilo de navegação são informados a cada sessão, no momento em que o aluno inicia a navegação no conteúdo instrucional da disciplina. Estes dados puderam ser obtidos diretamente pelo BD Administrativo do ambiente.

No caso dos elementos de contexto tecnológico ( $T_d$ ), estes não existem atualmente no BD Administrativo do AdatpWeb<sup>®</sup>. Desta forma, foi necessário sensoriamento destes dados no momento de acesso do aluno ao ambiente educacional e armazenamento no BD. A Seção 7.3.1 apresenta detalhes relativos ao sensoriamento desenvolvido.

Para determinação da localização do usuário ( $L_d$ ), foi também necessário realizar sensoriamento dos dados, mas não da mesma forma com que foi feito o sensoriamento do contexto tecnológico, uma vez que o ambiente executa o armazenamento do IP do usuário. Esse sensoriamento é apresentado também na Seção 7.3.1.

O contexto relativo ao tempo inicial e final de cada situação ( $T_i$  e  $T_f$ ) é facilmente obtido no BD do ambiente, por meio da tabela de *log* dos acessos dos usuários ao sistema. Desta forma, foi possível obter este elemento de contexto diretamente do BD.

Os elementos contextuais do domínio educacional ( $D_d$ ), apresentados nas Tabelas 5.1 e 5.2 do Capítulo 5, podem ser obtidos no BD do ambiente, mas não em sua totalidade. Alguns elementos podem ser obtidos de forma direta: nome e código da disciplina; nome e código do curso; e nome e código do autor (tutor). Esses dados são cruzados, permitindo identificar as disciplinas de cada curso, os professores autores de cada disciplina, entre outras informações que possam ser necessárias.

Entretanto, elementos relativos aos OAs em si devem ser buscados nos arquivos XML desenvolvidos pelo módulo de Armazenamento XML (Figura 7.1). Assim, foi necessário análise das duas DTDs apresentadas na Figura 7.2, de forma a identificar quais dados são gerenciados pelo ambiente e que podem ser obtidos nos arquivos XML. A DTD da Estrutura de Conceito da Disciplina, que estrutura os tópicos da disciplina, exibindo seus relacionamentos, pré-requisitos e arquivos HTML (*HyperText Markup Language*) associados (AMARAL, 2002), é apresentada na Figura 7.4.

```

<!ELEMENT material (topico+)>
<!ATTLIST material disciplina CDATA #REQUIRED>
<!ELEMENT topico (prereq*, curso+, topico*)>
<!ATTLIST topico numtop      CDATA      #REQUIRED
                desctop      CDATA      #REQUIRED
                abreviacao    CDATA      #REQUIRED
                arquivoxml    CDATA      #REQUIRED
                palchave      CDATA      #REQUIRED>
<!ELEMENT prereq EMPTY>
<!ATTLIST prereq identprereq CDATA #REQUIRED>
<!ELEMENT curso (elementos*)>
<!ATTLIST curso identcurso CDATA #REQUIRED>
<!ELEMENT elementos (exemplo*, exercicio*, matcomp*)>
<!ELEMENT exemplo EMPTY>
<!ATTLIST exemplo possuiexemp CDATA #IMPLIED>
<!ELEMENT exercicio EMPTY>
<!ATTLIST exercicio possuiexerc CDATA #IMPLIED>
<!ELEMENT matcomp EMPTY>
<!ATTLIST matcomp possuimatcomp CDATA #IMPLIED>

```

Figura 7.4. DTD da Estrutura de Conceito da Disciplina

Como descrito na DTD da Figura 7.4, “conceitos” no AdaptWeb<sup>®</sup> são denominados “tópicos”, apesar de serem nomeados como “conceitos” em (AMARAL, 2002), forma adotada neste trabalho. Cada conceito é ligado a outros conceitos, seus pré-requisitos, e

é voltado a um ou mais cursos. Ainda, cada conceito é identificado por: um número; uma descrição (em geral, nome do conceito); um arquivo XML que estrutura o conteúdo do próprio conceito, o qual é estruturado segundo a DTD da Estrutura do Conceito, apresentada na Figura 7.2; e um conjunto de palavras-chave relacionadas a este tópico. Na DTD da Figura 7.4, os campos *possuiexemp*, *possuiexer* e *possuimatcomp* são informados com “sim” caso existam; caso não existam, são deixados em branco.

Segundo Amaral (2002), todo curso no AdaptWeb<sup>®</sup> é formado por conceitos e cada um deles deve conter: um arquivo relacionado; zero ou mais exercícios; zero ou mais exemplos; zero ou mais materiais complementares. Assim, a DTD apresentada na Figura 7.5 estrutura o conteúdo (exercícios, exemplos e materiais complementares) existente em cada conceito.

```

<!ELEMENT textomaterial (conceito+,exercicio*,exemplo*,matcomp*)>
<!ATTLIST textomaterial disciplina CDATA #REQUIRED
                numtop CDATA #REQUIRED>
<!ELEMENT conceito (conteudo,curso+)>
<!ATTLIST conceito arquivo CDATA #REQUIRED>
<!ELEMENT exercicio (conteudo,curso+)>
<!ATTLIST exercicio idexerc CDATA #REQUIRED
                descexerc CDATA #REQUIRED
                arqexerc CDATA #REQUIRED
                compexerc CDATA #REQUIRED>
<!ELEMENT exemplo (conteudo,curso+)>
<!ATTLIST exemplo idexemp CDATA #REQUIRED
                descexemp CDATA #REQUIRED
                arqexemp CDATA #REQUIRED
                compexemp CDATA #REQUIRED>
<!ELEMENT matcomp (conteudo,curso+)>
<!ATTLIST matcomp idmatcomp CDATA #REQUIRED
                descmatcomp CDATA #REQUIRED
                arqmatcomp CDATA #REQUIRED>
<!ELEMENT conteudo (elementoconteudo*)>
<!ELEMENT elementoconteudo EMPTY>
<!ATTLIST elementoconteudo arqelem CDATA #IMPLIED
                ambitec CDATA #IMPLIED>
<!ELEMENT curso EMPTY>
<!ATTLIST curso identcurso CDATA #REQUIRED>

```

Figura 7.5. DTD da Estrutura do Conteúdo dos Conceitos

Como mostra a Figura 7.5, todo conceito possui um documento HTML associado, que contém seu conteúdo. Para cada exercício, é armazenado: seu código identificador; sua descrição (em geral, nome); seu arquivo HTML associado; e sua complexidade (fácil, médio, complexo ou sem classificação). O mesmo é armazenado para OAs do

tipo exemplo. No caso dos materiais complementares, não existe complexidade associada.

A partir da análise das duas DTDs apresentadas, a Tabela 7.1 mostra o mapeamento realizado entre os elementos de contexto que compõem o Domínio Educacional, apresentados no Capítulo 5, e os dados fornecidos pelo ambiente AdaptWeb<sup>®</sup>.

Tabela 7.1: Mapeamento entre os elementos educacionais e os dados do AdaptWeb<sup>®</sup>

<i>Elemento contextual</i>	<i>Dado do ambiente</i>	<i>Mapeamento</i>
nome	desctop	Correspondência direta no arquivo XML
codigo	numtop <i>ou</i> idexer <i>ou</i> idexemp <i>ou</i> idmatcomp	Correspondência direta no arquivo XML
tipoOA	disciplina <i>ou</i> curso <i>ou</i> conceito <i>ou</i> exercício <i>ou</i> exemplo <i>ou</i> material complementar	Correspondência de acordo com objeto sendo inserido
nivelAgregacao	1: para exercícios <i>ou</i> exemplos <i>ou</i> materiais complementares 2: para conceitos 3: para disciplinas 4: para cursos	Correspondência de acordo com objeto sendo inserido
nivelDificuldade	compexer <i>ou</i> compexemp	Correspondência direta no arquivo XML
versao	---	Não existe correspondência – campo não incluído nos testes
lingua	---	Não existe correspondência – campo não incluído nos testes
localizacao	---	Não existe correspondência – conteúdo incluído como “servidor”
descricao	desctop	Correspondência direta no arquivo XML
nomePalChave	palchave	Correspondência direta no arquivo XML
nomeProjInst	---	Não existe correspondência – campo não incluído nos testes
nomeAtividade	---	Não existe correspondência – campo incluído de acordo com tipo de OA – exercício <i>ou</i> estudo
tipoAtividade	---	Não existe correspondência – campo incluído de acordo com tipo de OA – exercício <i>ou</i> estudo
objetivoAp	---	Não existe correspondência – campo não incluído nos testes

### 7.3.1 Sensoriamento dos Elementos de Contexto

Os elementos contextuais não fornecidos pelo ambiente educacional, mas necessários para análise da situação do aluno, devem ser incluídos no ambiente. Estes elementos são relativos ao Domínio Tecnológico, referentes à: localização do dispositivo do usuário (país, cidade, região, latitude e longitude); ao dispositivo usado



(sistema operacional, resolução de tela e *browser* de navegação com a Internet); e velocidade de conexão.

Como mostrado na Figura 7.3, a funcionalidade de sensoriamento dos elementos contextuais tecnológicos foi incluída internamente ao sistema AdaptWeb<sup>®</sup>, na forma do módulo Sensor de Contexto. O sensoriamento destes elementos teve que ser feito diretamente no código-fonte da plataforma porque os momentos da coleta são específicos durante o acesso do aluno. Além disso, dados relativos à velocidade de conexão devem ser sensorados em diferentes momentos, no decorrer do acesso.

Primeiramente, com relação à localização, este sensoriamento é realizado apenas uma vez, após a entrada do usuário no sistema e antes da escolha da disciplina (arquivo *p\_faz\_login.php*). Para localização, é analisado o IP endereçado ao dispositivo do usuário no momento corrente. A partir deste endereço, é realizado acesso à base de dados GeoIP<sup>9</sup>, obtida gratuitamente (versão não completa da base de dados). Os dados de localização obtidos são armazenados no BD Administrativo do AdaptWeb<sup>®</sup>, em tabela criada para este fim. A Figura 7.6 mostra trechos do código referente a este sensoriamento.

```

include "geoloc/geoipcity.inc";
include "geoloc/geoipregionvars.php";

$conn = &ADONewConnection($A_DB_TYPE);
$conn->PConnect($A_DB_HOST,$A_DB_USER,$A_DB_PASS,$A_DB_DB);

$gi = geoip_open("geoloc/GeoIPCity.dat",GEOIP_STANDARD);
$ip = $_SERVER['REMOTE_ADDR'];
    if ($ip=='127.0.0.1')
        $ip = $_SERVER['HTTP_X_FORWARDED_FOR'];

$record = geoip_record_by_addr($gi,$ip);
$codigo_pais= $record->country_code;
$codigo_pais2= $record->country_code3;
$pais=$record->country_name;
$codigo_regiao=$record->region;
$regiao=$GEOIP_REGION_NAME[$record->country_code][$record->region];
$cidade= $record->city;
$latitude=$record->latitude;
$longitude=$record->longitude;

// insere BD

$insere_local = $conn->Execute($consulta);
geoip_close($gi);

```

Figura 7.6. Sensoriamento da localização do usuário

Com relação ao dispositivo, a determinação se o dispositivo usado consiste de um dispositivo móvel ou não acontece de maneira aproximada, de acordo com a resolução de tela do dispositivo. Além da resolução de tela do dispositivo usado, é feita detecção do *browser* usado para navegação na Internet. A Figura 7.7 mostra trechos do código

<sup>9</sup> <http://www.maxmind.com/>

relativo ao sensoriamento dos dados de resolução de tela e *browser* para navegação, os quais são igualmente armazenados no BD Administrativo do ambiente.

```

// Obtém resolução do usuário
$resolucao = $_POST['variavel_do_post'];
$browser = get_user_browser();
$so = get_user_os();

function get_user_browser()
{
    $u_agent = $_SERVER['HTTP_USER_AGENT'];
    $bname = 'Unknown';
    if(preg_match('/MSIE/i',$u_agent)&&!preg_match('/Opera/i',$u_agent))
        $bname = 'Internet Explorer';

    //... verifica outros browsers

    elseif(preg_match('/Mobile/i',$u_agent))
        $bname = 'Internet Explorer Mobile';
    elseif(preg_match('/Android/i',$u_agent))
        $bname = 'Google Android'
    return $bname;
}

function get_user_os()
{
    $osList = array
    (
        'Android' => 'android',
        'Windows 7' => 'windows nt 6.1',
        'Windows Vista' => 'windows nt 6.0',
        //... verifica outros SOs
        'Mac OS (classic)' => '(mac_powerpc)|(macintosh)',
        'QNX' => 'QNX',
        'BeOS' => 'beos',
        'OS2' => 'os/2',
    );
    $useragent = $_SERVER['HTTP_USER_AGENT'];
    $useragent = strtolower($useragent);
    foreach($osList as $os=>$match) {
        if (preg_match('/' . $match . '/i', $useragent)) {
            break;
        } else {
            $os = "Não detectado.<br />$useragent";
        }
    }
    return $os;
}
// insere BD $resolucao, $browser, $so

$inserte_acesso = $conn->Execute($consulta2);

```

Figura 7.7. Sensoriamento dos dados do dispositivo computacional

No caso da detecção da velocidade, esta deve ser repetida em diversos momentos, para realização de média e também para determinar se houve mudança na velocidade da rede de dados à qual o aluno está conectado. Foram realizados testes simples de

detecção de velocidade, apenas para verificar se os valores decorrentes eram satisfatórios. A detecção se dá, basicamente, pelo cálculo do tempo necessário para download de um arquivo simples, de aproximadamente 2kilobytes, do servidor até a máquina do usuário.

Sabe-se que este cálculo é apenas estimativo, sendo sujeito a vários erros e diferenças de avaliação. Para determinação mais próxima da velocidade real de conexão, haveria a necessidade de análise nos dois pontos, cliente e servidor. Entretanto, desde o início do trabalho, levou-se em consideração apenas dados possíveis de serem obtidos pela interação direta do usuário sem necessidade de instalação de nenhuma aplicação ou ferramenta no lado cliente. Portanto, foi feita apenas uma estimativa da velocidade de conexão.

### 7.3.2 Detecção dos Eventos

Como visto no Capítulo 2, eventos consistem de acontecimentos relevantes no ambiente, que levam a mudança no contexto corrente e, conseqüentemente, da situação. No estudo de caso realizado, optou-se por analisar as formas de detecção de eventos referentes à: entrada do aluno no sistema; continuidade no acesso de uma disciplina, que seria a navegação entre os OAs disponíveis a uma mesma disciplina; e mudança da disciplina sendo acessada.

Como apresentado na Seção 7.1, o AdaptWeb<sup>®</sup> gera o conteúdo da disciplina de forma automática, montando o conteúdo a ser apresentado para o aluno de acordo com os arquivos XML que descrevem o seu conteúdo. Internamente, a cada entrada no conteúdo da disciplina ou mudança do tópico acessado dentro da mesma disciplina, o arquivo XML que estrutura o conteúdo desta disciplina (*estrutura\_topico.xml*) é chamado e o conteúdo é montado.

Desta forma, a detecção dos eventos relativos à continuidade de navegação em uma mesma disciplina ocorre pela detecção da troca de OA, a cada momento em que o aluno clica em um objeto. No caso da troca de objeto pertencente ao tipo “conceito”, o arquivo *conceito.php* será responsável para montagem do conteúdo na tela do ambiente educacional. Nesse caso, a cada acesso é armazenado novo evento para análise, como mostra a Figura 7.8.

```
$file = $DOCUMENT_ROOT.$caminho."/estrutura_topico.xml";
$id_sessao= session_id();
$insert_evento = "insert into eventos (id_usuario, id_sessao, num_disc,
num_curso, num_topico, nome_topico, data_evento, hora_evento, menu,
tipo_evento)";
$insert_evento.= "values ($id_aluno, '$id_sessao', $num_disc,
$num_curso, '$parametro2', '$parametro1', current_date, current_time,
'conceito', 'conceito)";
$resultado = mysql_query($insert_evento);
```

Figura 7.8. Armazenamento de evento relativo à troca de OA de tipo “conceito”

O evento descrito na Figura 7.8 consiste de um evento de mudança de tópico do tipo “conceito” dentro na mesma disciplina. Neste caso, o evento é armazenado acompanhado com dados relativos à: identificação do usuário; identificação da sessão válida no momento; número da disciplina sendo acessada; número do curso do aluno; número do conceito (ou tópico) acessado; nome do conceito (ou tópico); data e hora de

ocorrência do evento; identificação do tipo de tópico escolhido pelo aluno no menu (neste caso ‘conceito’); tipo de evento vinculado (evento do tipo troca de conceito).

Eventos relacionados ao acesso de outros tipos de OAs são tratados de forma análoga, alterando apenas os valores relativos aos campos `menu` e `tipo_evento`, que passam a se referir ao tipo do OA sendo acessado.

No caso do aluno acessar um OA do tipo “exercício”, o arquivo responsável pela montagem do conteúdo na mídia adaptativa é nomeado `exercício.php`. Portanto, neste é adicionada rotina para armazenamento do evento. No caso de acessar objeto de tipo “exemplo”, o arquivo referente é denominado `exemplo.php`. No caso dos objetos de tipo “material complementar”, o arquivo responsável é chamado `material_complementar.php`. Independentemente do tipo de OA acessado, são armazenados os mesmos dados apresentados na Figura 7.8.

## 7.4 Funcionamento Conjunto ao Módulo CONIC

Para compreensão do funcionamento do módulo CONIC em conjunto ao ambiente educacional AdaptWeb<sup>®</sup>, primeiramente são apresentados dois diagramas de estados no intuito de descrever a lógica atual de funcionamento do ambiente educacional, mas já projetando o comportamento alinhado ao módulo criado. O objetivo destes diagramas é mostrar os estados configurados e os eventos que definem a mudança entre estes estados. Em seguida, são apresentados dois diagramas de classes, que objetivam mostrar a visão de projeto do módulo desenvolvido.

### 7.4.1 Lógica de Funcionamento

Os diagramas de estados (ou de máquina de estados) são usados na descrição do comportamento dinâmico de uma entidade com base em sua resposta a eventos, apresentando como a entidade reage à ocorrência destes eventos de acordo com seu estado corrente (AMBLER, 2005).

O primeiro diagrama apresentado nesta seção (Figura 7.9) mostra todos os estados a partir da entrada do aluno no sistema até a escolha do tipo de navegação no conteúdo instrucional de uma determinada disciplina. O segundo diagrama (Figura 7.13) mostra os estados seguintes à escolha do tipo de navegação, levando em consideração uma navegação em estilo Tutorial. Entre a descrição dos diagramas 7.9 e 7.13, são apresentadas telas do AdaptWeb<sup>®</sup>, mostrando o desenvolvimento dos procedimentos descritos.

No diagrama de estados da Figura 7.9, o aluno, caso já cadastrado no ambiente educacional, irá efetuar a entrada no sistema (*login*). Nesse ponto, ele tem três opções: (i) solicitar matrícula em alguma disciplina inscrita no sistema; (ii) ler os avisos disponíveis a ele; ou (iii) navegar em uma disciplina específica. No caso da escolha por navegação em disciplina, o sistema educacional apresenta ao aluno uma listagem de disciplinas disponíveis a ele, de acordo com o curso no qual está matriculado (como ilustra a tela do sistema educacional apresentada na Figura 7.10).

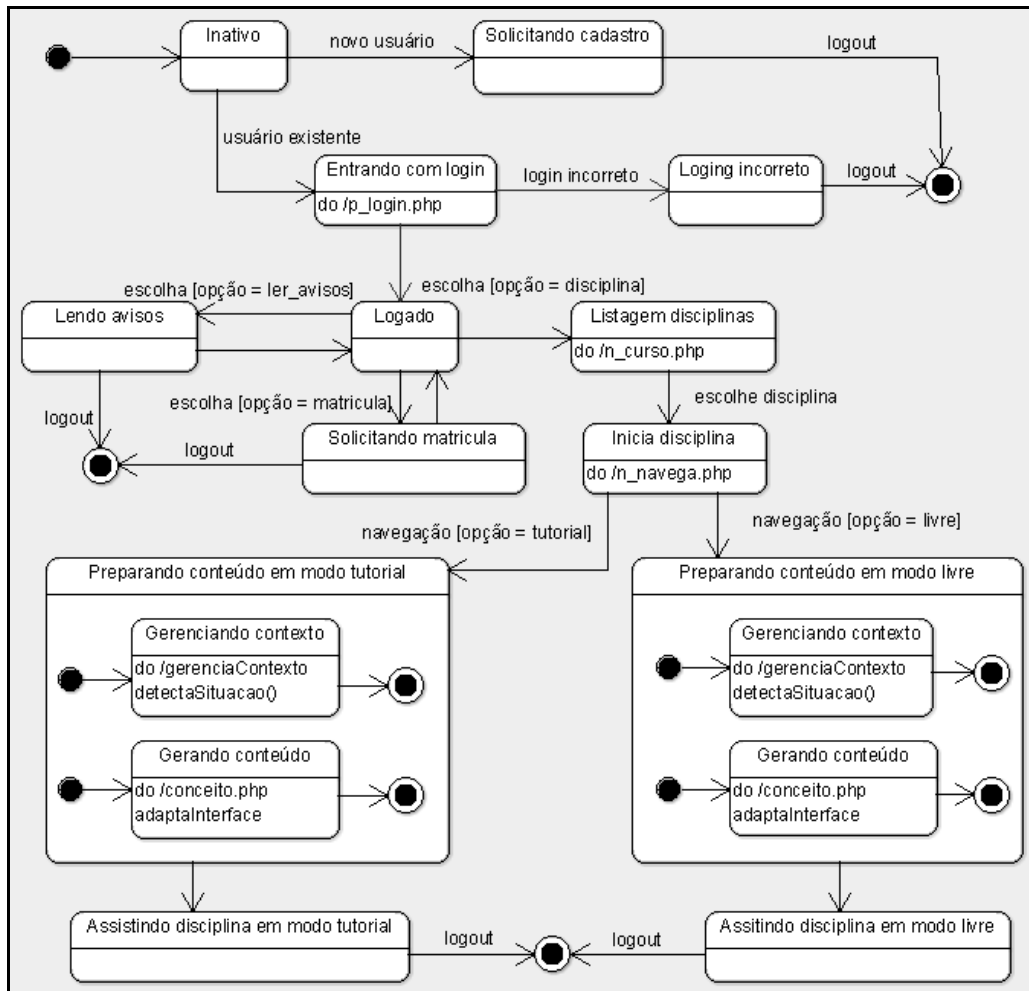


Figura 7.9. Estados desde a entrada do aluno no ambiente até o início da navegação

AssistirDisciplinas - Adapt x

localhost/adaptweb/n\_index\_navegacao.php?opcao=AssistirDisciplinas

**AdaptWeb**®

Usuário: anamarilza@gmail.com (Professor)

Ambiente AdaptWeb -> Ambiente Aluno -> Assistir Disciplinas

**Minha Conta**

- Início
- Ambiente Aluno
- Ambiente Professor
- Alterar Cadastro
- Sair

**Apresentação**

- Sobre
- Demonstração
- Projeto

**Ambiente Aluno**

- Assistir Disciplinas
- Avaliação
- Solicitar Matrícula
- Aguardando Matrícula
- Avisos

Disciplinas liberadas | Disciplinas de minha autoria (navegar por curso)

Disciplina	Curso	Professor
TOCI-15-Educação a Distância	Computação	Avanilde Kemczinski
TES-19-Informática na Educação	Sistemas de Informação	Avanilde Kemczinski

AdaptWeb - Versão: 0.9.2 beta

Licensed under the GNU GENERAL PUBLIC LICENSE Version 2

Figura 7.10. Tela que lista as disciplinas disponíveis ao aluno

O aluno opta por uma disciplina para navegação e também pela forma com que deseja navegar no conteúdo didático desta disciplina: em modo livre, sem uma ordem pré-definida pelo professor; ou em modo tutorial, acessando os OAs de acordo com o andamento definido pelo professor (nem todos os objetos da disciplina estão disponíveis para o aluno no modo tutorial). A tela relativa à escolha do tipo de navegação é ilustrada na Figura 7.11.

No momento em que o aluno opta pelo modo de navegação, o sistema AdaptWeb<sup>®</sup> gera o conteúdo a ser apresentado ao aluno com base no modelo do aluno, isto é, levando em conta os OAs já acessados. O conteúdo é apresentado ao aluno, que inicia a navegação na estrutura de conceitos, como ilustra a Figura 7.12.

O acesso inicial do aluno em qualquer disciplina do AdaptWeb<sup>®</sup> é determinado pelo sistema como sendo a um OA do tipo “conceito”. Dentro deste primeiro objeto de aprendizagem, o *menu* contendo o conteúdo instrucional completo da disciplina é apresentado ao aluno em uma tela à parte, não fixa à estrutura da página, como mostra a Figura 7.12.

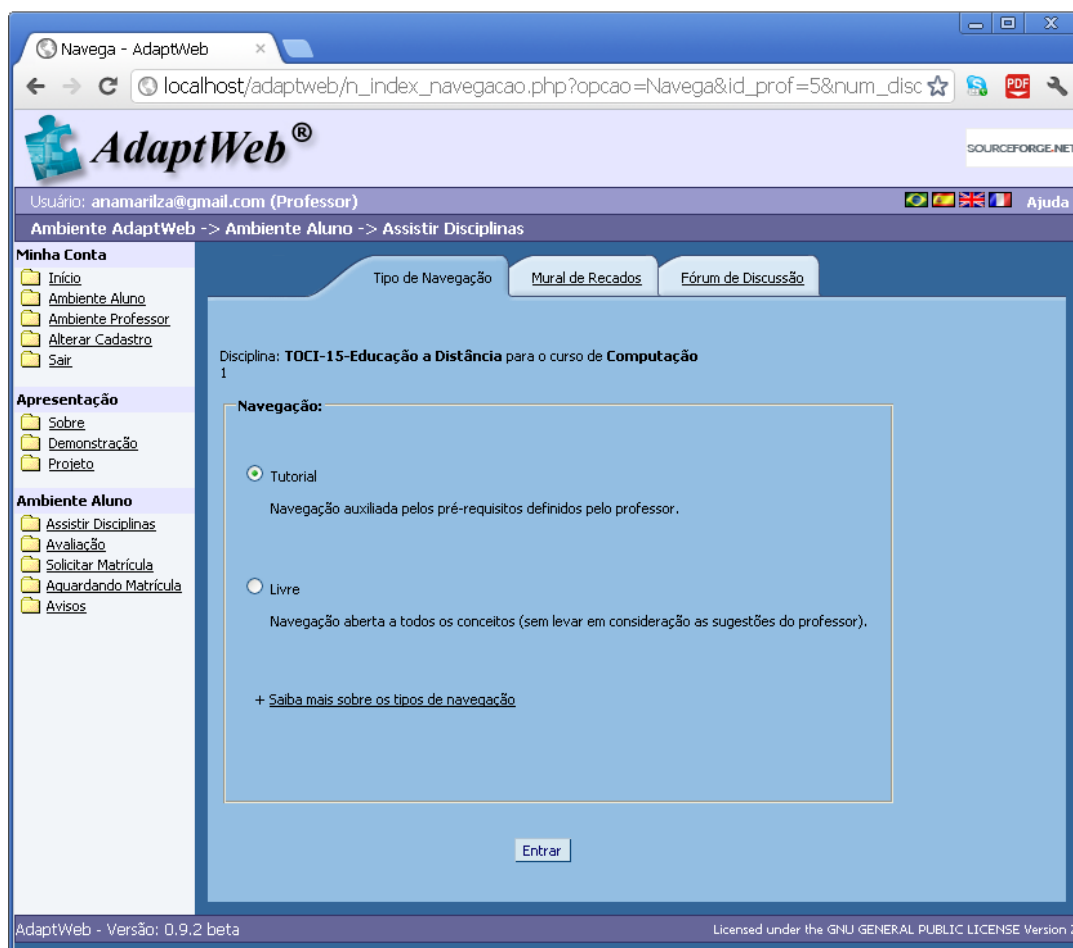


Figura 7.11. Tela para escolha da forma de navegação no conteúdo da disciplina

Figura 7.12. Tela com conteúdo da disciplina

Após a gerência do conteúdo, armazenamento da situação detectada pelo CONIC no BD Administrativo e geração do conteúdo instrucional desta disciplina, o aluno inicia suas atividades de aprendizagem. O diagrama da Figura 7.13 mostra os estados seguintes no andamento da navegação.

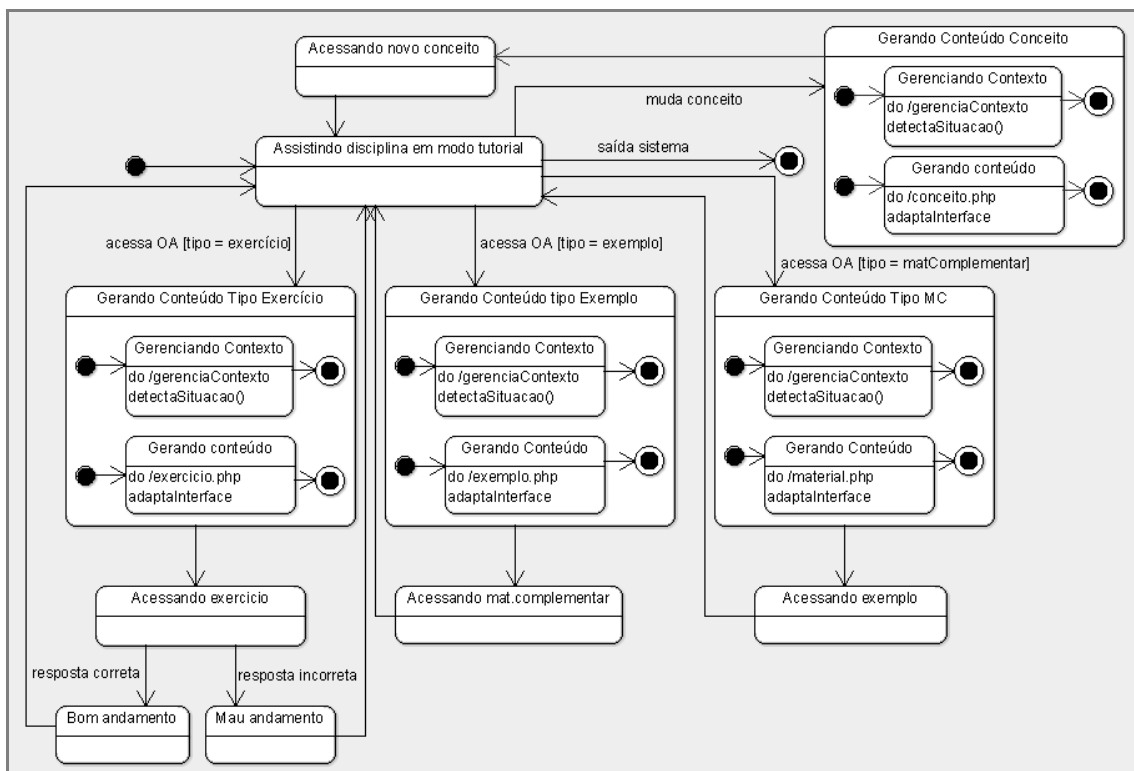


Figura 7.13. Estados internos à navegação em uma disciplina

Após início da navegação (Figura 7.13), o aluno pode mudar o conceito sendo acessado; acessar um exercício interno à estrutura do conceito acessado (caso exista no conteúdo); acessar um exemplo também interno à estrutura do conceito (caso exista) ou acessar um material complementar que auxilie a compreensão do conceito acessado (igualmente, caso este objeto de aprendizagem seja disponível). As ações executadas pelo aluno durante a navegação são monitoradas e, dependendo da ação, eventos são gerados. Os eventos são responsáveis pela sinalização do módulo CONIC, o qual irá determinar se houve mudança na situação do aluno e qual a nova situação.

No caso do diagrama apresentado na Figura 7.13, no acesso a um objeto de aprendizagem do tipo “exercício”, a atividade sendo desempenhada pelo aluno será alterada, alterando assim a situação de aprendizagem inferida.

Para finalizar a descrição da forma com que se dá a interação entre um ambiente educacional pré-existente e o CONIC, desenvolvido neste trabalho, a Figura 7.14 apresenta uma generalização dos estados configurados. Entende-se que o módulo existe para auxiliar o ambiente na tarefa de adaptação, apresentando OAs mais adequados à situação detectada. Assim, primeiramente ocorre a interação do aluno com o ambiente de ensino em questão, gerando um evento a ser considerado. Este evento gera uma reação por parte do ambiente educacional, que consiste da apresentação adequada do conteúdo ao aluno. Neste momento é que a detecção é realizada, de forma que a apresentação do conteúdo, em reação a ação do aluno, siga a filtragem adequada à situação detectada.

Como a avaliação da aplicação do módulo foi realizada com estudo de caso apenas no ambiente educacional AdaptWeb<sup>®</sup>, a generalização da Figura 7.14 apresenta o retorno da inferência calculada como uma informação armazenada no BD Administrativo do ambiente, o qual será responsável pela geração da adaptação.

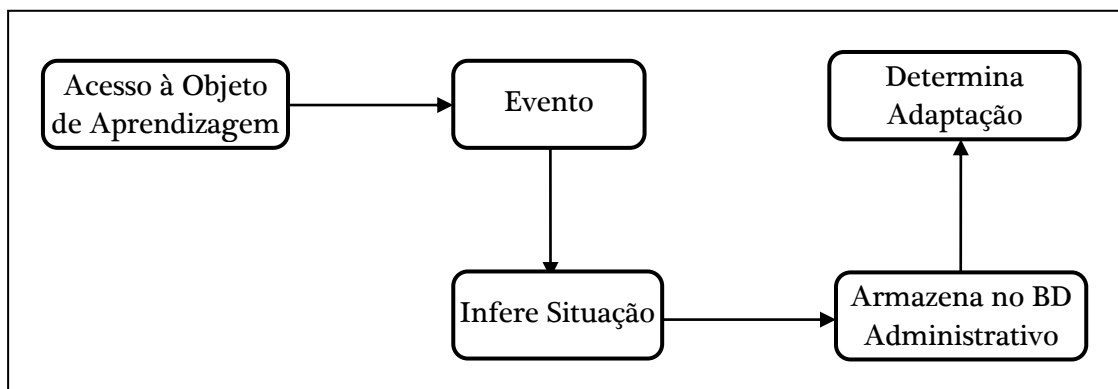


Figura 7.14. Generalização dos passos executados

#### 7.4.2 Lógica de Desenvolvimento

Os diagramas de classes mostram as classes do sistema, seus inter-relacionamentos, as operações e atributos das classes (AMBLER, 2005). Apesar do sistema AdaptWeb<sup>®</sup> não ter sido desenvolvido em um paradigma de orientação a objetos, seu funcionamento foi aqui traduzido para um diagrama de classes por estes facilitarem a compreensão dos pontos de comunicação na integração entre o CONIC e o sistema educacional.



A lógica de desenvolvimento do sistema AdaptWeb<sup>®</sup> estendido, para se adequar ao módulo criado para gerência de situação, pode ser compreendida através dos diagramas de classes apresentados nas Figuras 7.15 e 7.16. Na Figura 7.15 são apresentadas as classes do módulo de autoria estendido, representados na Figura 7.3 pelas caixas *Autoria* e *Armazenamento XML* (letras “a”, “b”, “c”, “A” e “B”), o qual está ligado a *Gerência do Domínio Educacional* (por “A”). Na Figura 7.16 são apresentadas as classes responsáveis pelo funcionamento da navegação por parte do usuário, também estendida para o sensoriamento e gerência do contexto físico e do usuário. As classes da Figura 7.16 são representadas na Figura 7.3 pelas caixas *Adaptação de Conteúdo*, *Sensor de Contexto* e *Interface Adaptativa* (letras “d”, “e”, “f” e de “C” a “J”).

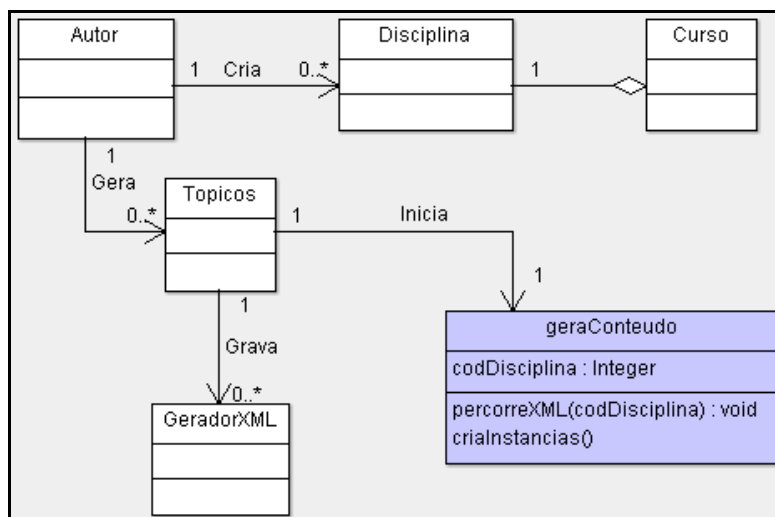


Figura 7.15. Diagrama de classes do módulo de autoria estendido

Na Figura 7.15, no momento de autoria o *Autor* primeiramente deve criar uma *Disciplina* e vinculá-la a um *Curso* pré-existente. Depois de criada a *Disciplina*, o *Autor* deve gerar os *Tópicos* que formam esta *Disciplina*, os quais serão, ao final, armazenados em arquivos XML de acordo com a DTD específica para geração. No momento de gravação dos tópicos em arquivos XML, este conteúdo passa a fazer parte do domínio educacional, respeitando as regras de mapeamento definidas na Tabela 7.1. Neste caso, os arquivos XML referentes ao código da disciplina informado são recuperados e o conteúdo passa a fazer parte do domínio educacional da rede de ontologias criada.

Como na Figura 7.15, na Figura 7.16 somente as classes em roxo, *sensorContexto*, e *detectaSituacao* representam classes desenvolvidas neste trabalho. As demais classes ilustram a lógica de funcionamento do sistema AdaptWeb<sup>®</sup> para navegação de alunos nas disciplinas cadastradas. Na navegação, o *Usuário* precisa inicialmente executar *Login* no sistema. Neste momento, o *sensorContexto* inicia o monitoramento dos dados físicos referentes à conexão do usuário no sistema. Em seguida, o *Usuario* seleciona uma *Disciplina* para navegação e a forma de *Navegacao* nesta *Disciplina*, se tutorial ou livre. A partir da *Navegacao* é inicializado o módulo que *AdaptaConteudo* a ser apresentado ao usuário, de acordo com o modo de navegação escolhido. Por fim é gerada a *InterfaceAdaptativa*, responsável por apresentar conteúdo adaptado ao usuário.

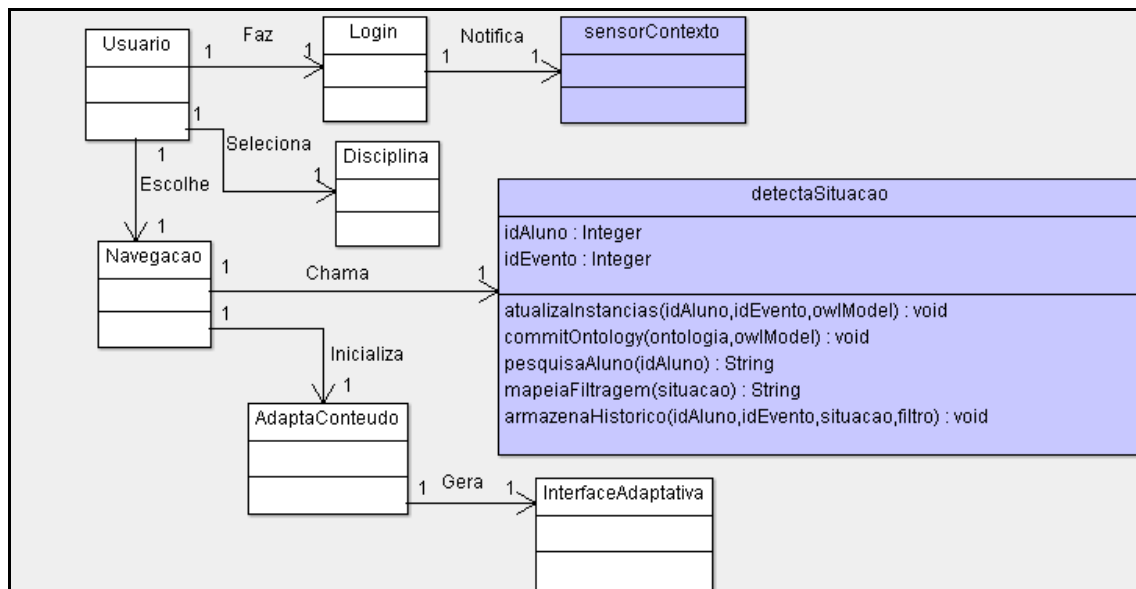


Figura 7.16. Diagrama de classes do módulo de navegação estendido

A *Navegacao* também é responsável por chamar a classe *detectaSituacao*, pois, neste momento, o sistema tem dados suficientes para detectar a primeira situação estável deste usuário. Na chamada à classe *detectaSituacao* são passados como parâmetros de entrada dados relativos à identificação do aluno a que se busca situação e a identificação do evento relacionado. A partir da identificação do evento, é possível obtenção de todos os dados necessários para refinamento dos métodos executados antes e depois da detecção da situação do aluno (apresentados na Figura 7.8) e consequente busca dos dados sensorados armazenados no BD Administrativo.

A classe *detectaSituacao* é a responsável pela comunicação e gerência de dados entre o ambiente educacional e o módulo CONIC. Como descrito no Capítulo 5, a rede de ontologias foi desenvolvida utilizando-se linguagem OWL, sendo as regras definidas internamente a esta ontologia, em um banco de regras definido em linguagem SWRL. A existência deste banco de regras facilita a necessidade de alterações futuras, pois caso alguma alteração seja necessária para detecção das situações, somente o banco de regras é alterado e não o modelo nem a interação entre este e o ambiente educacional.

Assim, na classe *detectaSituacao* primeiramente é necessário atualização das instâncias da rede de ontologias, em OWL, com os dados válidos no momento corrente, armazenados no BD Administrativo do AdaptWeb<sup>®</sup>. Em seguida, as regras do banco de regras são executadas, para inferência das situações atuais. Este método não está na Figura 7.16 pois faz parte da estrutura principal da classe. A codificação em linguagem Java de alguns dos métodos para execução das regras na rede de ontologias e busca da situação do aluno são apresentados no Apêndice B.

Com as situações atualizadas, o método *pesquisaAluno* da Figura 7.16 busca a situação atual do aluno em questão, por meio da regra SQWRL apresentada em (22). De acordo com a situação detectada a adaptação recorrente é mapeada utilizando como base a Tabela 6.5 (método *mapeiaFiltragem*).

$$SQWRLQuery("Query-1", "Student (" + idAluno + ") \wedge hasSituation (" + idAluno + ", ?s) \rightarrow sqwrl: select (?s)") \quad (22)$$

Tendo-se a situação atual do aluno e a respectiva filtragem de OAs, essas informações são armazenadas em uma tabela específica do BD Administrativo do AdaptWeb<sup>®</sup>, denominada *histórico*, criada com objetivo de armazenar dados relativos a: identificação do aluno; identificação do evento ocorrido; identificação da sessão válida; situação detectada; regra de filtragem associada; e tempo inicial e tempo final desta situação. Todos estes dados são armazenados em seguida da detecção da situação, com excessão do tempo final, que é armazenado na detecção da próxima situação. O método *armazenaHistorico* é responsável por este armazenamento no BD Administrativo.

## 7.5 Simulações Desenvolvidas

Para finalizar a avaliação da aplicabilidade do módulo CONIC proposto, em conjunto com o ambiente educacional AdaptWeb<sup>®</sup>, algumas simulações foram desenvolvidas. Para estas simulações, obteve-se acesso ao conteúdo do BD Administrativo atual, interno à plataforma, sendo possível a utilização de conteúdo referente aos cursos desenvolvidos e em curso atualmente, assim como registros de *log* e acessos dos alunos ao ambiente educacional.

Para realização das simulações, optou-se por utilizar os conteúdos instrucionais da disciplina de Educação a Distância (TOCI-15) ministrada pela prof<sup>a</sup>. Avanilde Kemczinski ao curso de Computação da Universidade Estadual de Santa Catarina (UDESC). A prof<sup>a</sup>. Avanilde Kemczinski aceitou fornecer o conteúdo instrucional de suas aulas para as simulações.

Como o ambiente atual não realiza sensoramento dos dados necessários para a inferência da situação, foi necessário simular estes valores, para permitir verificação do funcionamento proposto. Procedimentos para detecção do estilo cognitivo do aluno por meio da aplicação do questionário de Soloman e Felder, apesar de estarem em experimentação na plataforma AdaptWeb<sup>®</sup>, ainda não foram adicionados à versão da plataforma disponível no repositório Sourceforge. Portanto, essas informações foram adicionadas manualmente, somente para desenvolvimento das simulações. Espera-se que, em breve, o questionário esteja implantado na versão da plataforma disponível para *download*.

Como as simulações foram feitas com dados estáticos previamente existentes no BD Administrativo, o sensoramento de dados relativos à localização do aluno e dispositivo computacional foi avaliado somente em testes internos, para verificar se os dados resultantes eram satisfatórios para a determinação da situação. Apesar dos dados terem sido informados manualmente nas simulações, estes caracterizam dados reais, uma vez que foram os resultados obtidos por meio dos testes internos. No caso da localização, foram assumidos valores de latitude e longitude referentes aos detectados nos testes internos ao prédio 47 do Instituto de Informática, na UFRGS (latitude: -30,0333; longitude: -51.2) e referentes a um endereço físico qualquer, representando a residência do aluno. Valores diferentes foram assumidos como “em trânsito”.

O primeiro passo executado para o desenvolvimento da simulação foi a inclusão do conteúdo instrucional relativo à disciplina TOCI-15 como instâncias da rede de ontologias do Domínio Educacional, apresentada no Capítulo 5, pois o método para detecção da situação não atualiza dados relativos ao Domínio Educacional, somente de acesso no momento (tecnológicos, físicos e da atividade do aluno). O arquivo XML *estrutura\_topico.xml* que descreve a estrutura do conteúdo da disciplina TOCI-15 está apresentado no Anexo A. A inclusão das instâncias seguiu o mapeamento

definido na Tabela 7.1. Foi escolhida a disciplina TOCI-15 por apresentar maior riqueza de conteúdos, possuindo OAs de tipo: conceito, exercício e material complementar.

No BD Administrativo do AdaptWeb®, são identificados 70 alunos como matriculados nesta disciplina, sendo que destes 70 alunos, 21 estão cadastrados como sendo somente alunos. Analisando os acessos aos tópicos da disciplina deste grupo de 21 alunos, 10 apresentaram acessos mais constantes. Analisando-se os *logs* para as simulações, como cada troca de OA consiste de um evento interno, percebeu-se que seria mais interessante analisar maior número de interações de um determinado aluno com o ambiente educacional do que analisar vários alunos diferentes. Assim, foram simuladas 10 interações de 3 alunos na disciplina TOCI-15.

O registro dos acessos dos alunos na plataforma (arquivo de *log*) armazena, para cada acesso, os seguintes dados: número de identificação do *log*; número de identificação do aluno; número da disciplina acessada; número do curso do aluno; modo de navegação escolhido pelo aluno no acesso à disciplina; número do tópico sendo acessado; data do acesso; hora do acesso; item do *menu* acessado (conceito ou exercício ou exemplo ou material complementar ou mapa ou ajuda).

Para as simulações foram usadas as 8 situações determinadas como relevantes no Capítulo 6, assim como as 8 regras de filtragem mapeadas para cada uma das 8 situações apresentadas na Tabela 6.5. Entretanto, foi necessário criar outras três situações para os testes, *S\_09*, *S\_10* e *S\_11*, análogas às situações *S\_07*, *S\_08* e *S\_02*, respectivamente, mas com atividades inversas (*S\_09* e *S\_10* de tipo “estudo” e *S\_11* de tipo “exercício”). Isto foi necessário por dois motivos: primeiro, porque a disciplina usada para os testes possui muito mais OAs de tipo “conceito” (ver Anexo A), o que levou à criação de mais situações com atividade relacionada a “estudo”; segundo, porque no Capítulo 6 foram escolhidas situações bem diversas umas das outras, uma vez que o objetivo era mostrar as diferenças entre elas. As três novas situações criadas são detalhadas abaixo:

- **S\_09** (EGEsB SBT) aluno com estilo cognitivo verbal e global, realizando estudo com bom andamento, usando seu *smartphone* com baixa velocidade de conexão em trânsito.
  - Regra da situação:
 
$$\text{Aluno}(x) \wedge \text{estiloCaptacao}(?x, \text{verbal}) \wedge \text{estiloEntendimento}(?x, \text{global}) \\ \wedge \text{faz}(?x, ?y) \wedge \text{Estudo}(?y) \wedge \text{bomDesempenho}(?x, ?y) \wedge \\ \text{usa}(?x, ?z) \wedge \text{SmartPhone}(?z) \wedge \text{temConexao}(?z, \text{baixa}) \wedge \\ \text{localizadoEm}(?x, \text{transito}) \Rightarrow \text{temSituacao}(?x, \text{S}_09)$$
  - Adaptação: como em *S\_07*, são apresentados OAs adequados à baixa resolução de imagem e à baixa velocidade de conexão.
  - Mesma regra de filtragem associada a *S\_07*  $\Rightarrow \neg (F2 \wedge F3 \wedge F8 \wedge F9 \wedge F12 \wedge F13 \wedge F15) = \mathbf{R}_09$ .
- **S\_10** (EGEsM SAT): aluno com estilo cognitivo verbal e global, realizando estudo com mau andamento, usando seu *smartphone* com alta velocidade de conexão em trânsito.
  - Regra da situação:

$Aluno(x) \wedge estiloCaptacao (?x, verbal) \wedge estiloEntendimento (?x, global) \wedge faz (?x, ?y) \wedge \mathbf{Estudo(?y)} \wedge mauDesempenho (?x, ?y) \wedge usa (?x, ?z) \wedge SmartPhone(?z) \wedge temConexao (?z, alta) \wedge localizadoEm (?x, transito) \Rightarrow temSituacao (?x, S_{10})$

- Adaptação: como em S\_08, são apresentados OAs com resolução adequada ao dispositivo móvel e ao baixo desempenho do aluno (OA com nível de dificuldade mais baixo).
  - Mesma regra de filtragem associada a S\_08  $\Rightarrow \neg (F2 \wedge F3 \wedge F6 \wedge F7 \wedge F9 \wedge F12 \wedge F13) = \mathbf{R_{10}}$ .
- **S\_11** (ISExB CAC): aluno com estilo cognitivo visual e sequencial, realizando uma atividade de exercício com bom andamento, usando seu computador com alta velocidade de conexão, em casa.
    - Regra da situação:
 

$Aluno(x) \wedge estiloCaptacao (?x, visual) \wedge estiloEntendimento (?x, sequencial) \wedge faz (?x, ?y) \wedge \mathbf{Exercicio(?y)} \wedge bomDesempenho (?x, ?y) \wedge usa (?x, ?z) \wedge ComputadorPessoal(?z) \wedge temConexao (?z, alta) \wedge localizadoEm (?x, casa) \Rightarrow temSituacao (?x, S_{11})$
    - Adaptação: como em S\_02, a situação apresenta poucas restrições, permitindo apresentação de OAs com resolução mais alta e que exijam melhor velocidade de conexão.
    - Mesma regra de filtragem associada a S\_02  $\Rightarrow \neg (F1 \wedge F4 \wedge F9) = \mathbf{R_{11}}$ .

De posse do registro de acessos e destas novas situações, foram feitas as simulações. Foram analisadas as 10 interações de cada um dos 3 alunos tendo em vista eventos relativos somente a troca de OA sendo acessado. Esses eventos levam também à alteração da atividade sendo realizada, de acordo com o tipo de OA acessado. Desta forma, foram analisadas 10 interações ocorridas no mesmo dia, dentro de uma mesma sessão. Os elementos contextuais instanciados válidos no início das simulações são apresentados na Tabela 7.2. Com relação aos elementos contextuais relativos aos OAs do Domínio Educacional, estes consistem do conteúdo instrucional da disciplina TOCI-15, que pode ser consultado no Anexo A.

Nas simulações, apresentadas na Tabela 7.3, partiu-se do momento de entrada do aluno na disciplina TOCI-15, analisando-se, a cada passo, qual a ação dele no ambiente (por meio do registro de *logs*). Na Tabela 7.3 o tópico do *menu* acessado pelo aluno e o evento correspondente foram condensados em um mesmo campo. As situações detectadas nas simulações referem-se às regras de situação descritas no Capítulo 6 e às 3 novas situações criadas e descritas nesta subseção. O campo relativo à regra de filtro corresponde ao mapeamento de cada situação à sua respectiva filtragem de OAs aplicada, apresentada na Tabela 6.5. O campo tempo da Tabela 7.3 representa o tempo transcorrido deste acesso e, em consequência, da situação detectada.

Os eventos simulados foram armazenados na tabela *eventos* do BD Administrativo. Os resultados apresentados na Tabela 7.3 consistem, basicamente, dos registros armazenados na tabela *histórico*. As análises das simulações são feitas após apresentação dos resultados.

Tabela 7.2: Elementos contextuais instanciados inicialmente usados nas simulações

<i>Id_Aluno</i>	<i>Atividade</i>	<i>Estilo de Percepção</i>	<i>Estilo de Entendimento</i>	<i>Tipo de Dispositivo</i>	<i>Velocidade da Rede</i>	<i>Local de Acesso</i>
91	Estudo	Visual	Sequencial	Fixo (PC)	Alta	Casa
127	Estudo	Verbal	Global	Móvel (smartphone)	Alta	Em Trânsito
696	Estudo	Verbal	Global	Móvel	Baixa	Em Trânsito

Tabela 7.3: Resultado das simulações realizadas

<i>Id_Aluno</i>	<i>Int.</i>	<i>Tópico acesso / evento</i>	<i>Atividade</i>	<i>Situação</i>	<i>Regra de filtro</i>	<i>Tempo</i>
<b>97</b>	01	1 / início navegação no conceito 1	estudo	S_02	R_02	6s
	02	1 / acessa <i>menu</i> exercício, interno ao conceito 1	exercício	S_11	R_11	2m43s
	03	1 / acessa <i>menu</i> material comp., interno ao conceito1	estudo	S_02	R_02	24s
	04	1 / retorno ao <i>menu</i> conceito	estudo	S_02	R_02	11m23s
	05	1.1 / navega nos itens internos ao <i>menu</i> conceito, tópico 1.1	estudo	S_02	R_02	18m13s
	06	2 / navega conceito 2 do menu conceito	estudo	S_02	R_02	3s
	07	1.2 / navega nos itens internos ao <i>menu</i> conceito, tópico 1.2	estudo	S_02	R_02	2s
	08	1 / retorno conceito 1	estudo	S_02	R_02	3s
	09	2 / retorno conceito 2	estudo	S_02	R_02	5s
	10	1.2 / navega nos itens internos ao <i>menu</i> conceito, tópico 1.2	estudo	S_02	R_02	5s
<b>127</b>	01	1 / início navegação no conceito 1	estudo	S_10	R_10	3m15s
	02	6.2 / navega nos itens internos ao <i>menu</i> conceito, tópico 6.2	estudo	S_10	R_10	3s
	03	6.2 / material comp. interno ao conceito 6.2	estudo	S_10	R_10	15s
	04	6.1 / material comp. interno ao conceito 6.1	estudo	S_10	R_10	19m47s
	05	6 / retorno ao <i>menu</i> conceito, tópico 6	estudo	S_10	R_10	19s
	06	6.1 / navega nos itens internos ao <i>menu</i> conceito, tópico 6.1	estudo	S_10	R_10	11s
	07	6.2 / navega nos itens internos ao <i>menu</i> conceito, tópico 6.2	estudo	S_10	R_10	2m30s
	08	6.2 / acessa <i>menu</i> mapa do site, internamente ao conceito do tópico 6.2	estudo	S_10	R_10	7s
	09	6 / acessa <i>menu</i> exercício, interno ao conceito 6	exercício	S_07	R_07	24s
	10	6.2 / retorna ao mapa do site	estudo	S_10	R_10	??
<b>696</b>	01	1 / início navegação no conceito 1	estudo	S_09	R_09	13s
	02	6.3.3 / navega nos itens internos ao <i>menu</i> conceito, tópico 6.3.3	estudo	S_09	R_09	20s
	03	1 / retorno ao tópico 1	estudo	S_09	R_09	56s
	04	1 / acessa <i>menu</i> material comp., interno ao conceito1	estudo	S_09	R_09	44s

<i>Id_Aluno</i>	<i>Int.</i>	<i>Tópico acesso / evento</i>	<i>Atividade</i>	<i>Situação</i>	<i>Regra de filtro</i>	<i>Tempo</i>
	05	1 / acessa <i>menu</i> exercício, interno ao conceito 1	exercício	S_08	R_08	2m8s
	06	1.2 / retorno ao <i>menu</i> conceito, tópico 1.2	estudo	S_09	R_09	31s
	07	1.1 / navega <i>menu</i> conceito, tópico 1.1	estudo	S_09	R_09	17s
	08	2 / navega <i>menu</i> conceito, tópico 2	estudo	S_09	R_09	29s
	09	1.2 / acessa <i>menu</i> material comp., interno ao conceito 1.2	estudo	S_09	R_09	15s
	10	2 / retorna <i>menu</i> conceito, tópico 2	estudo	S_09	R_09	18s

Pelos resultados apresentados na Tabela 7.3, percebe-se que grande parte dos OAs acessados pelos alunos é ou do tipo “conceito” ou do tipo “material complementar”. Esta pode ser uma característica específica da disciplina TOCI-15, escolhida para os testes. Entretanto, como as situações identificadas no Capítulo 6 não preveem um ambiente educacional específico, certas particularidades do ambiente AdaptWeb<sup>®</sup> poderiam ser melhor identificadas por situações feitas especificamente para ele, no caso, situações que prevejam acesso a OAs de tipo “material complementar”.

Outra particularidade do ambiente AdaptWeb<sup>®</sup> é a existência do mapa do site, acessado nas interações 9 e 10 do aluno 127. Este acesso é identificado no registro de *logs* como sendo do tópico “mapa”, onde toda a estrutura de OAs da disciplina é apresentada para o aluno. Neste caso, a situação identificada foi “estudo”, uma vez que não foi prevista uma situação específica para o caso de acesso ao mapa do site.

No caso da interação número 10 do aluno 127, não foi possível identificar o tempo total de permanência neste OA, pois a plataforma AdaptWeb<sup>®</sup> não armazena no registro de acessos o momento de saída do aluno (*logout*).

## 7.6 Análise Final das Simulações e do Estudo de Caso

O funcionamento atual do ambiente AdaptWeb<sup>®</sup> considera o modelo do aluno para adaptar a apresentação do conteúdo individualmente a cada aluno. Esta adaptação consiste da mudança na apresentação de *links* de acordo com o estágio atual do aluno. Na adaptação atual, tópicos do conteúdo onde não existe material complementar associado são apresentados na cor cinza. Tópicos apresentados na cor vermelha denotam tópico atualmente visualizado pelo aluno. Tópicos na cor azul são os que estão habilitados, mas ainda não visitados pelo aluno, e tópicos em roxo apontam tópicos já visitados.

Com a utilização do módulo CONIC, é possível realizar adaptações tendo como base maior quantidade de elementos contextuais que refletem toda a situação de aprendizagem vivenciada pelo aluno. De posse destes dados, o ambiente pode realizar a filtragem dos OAs a serem apresentados ao aluno (foco apresentado neste trabalho); além disso, recomendação por filtragem colaborativa ou híbrida pode ser realizada analisando-se alunos com perfis e situações similares que acessaram os mesmos OAs (REATEGUI; CAZELLA, 2005); pode apresentar com maior ênfase recursos mais atrativos à sua situação; entre outras opções e formas de adaptação, que fogem do escopo deste trabalho. Essa avaliação tem base apenas nas simulações desenvolvidas, mas entende-se que quanto mais ricas as informações contextualizadas, maiores são as opções do ambiente na apresentação do conteúdo.

O estudo de caso teve como objetivo aplicar o modelo desenvolvido em um ambiente real, não sendo feitos testes relativos a desempenho do módulo em conjunto com o ambiente nem testes relativos à aceitação dos alunos quanto às filtragens apresentadas ou melhora em sua aprendizagem. Tendo-se o módulo implementado, o sensoriamento dos elementos contextuais armazenado no BD Administrativo e essas avaliações de adaptações iniciais, espera-se desenvolver um curso na plataforma AdaptWeb<sup>®</sup>, com conteúdo bastante diversificado e voltado a diferentes situações de aprendizagem, para testar a utilização e aceitação das adaptações por parte dos alunos em seu dia-a-dia.

Tendo-se um curso específico para execução de testes relacionados à adaptação sensível à situação, seriam criadas regras específicas para o ambiente no banco de regras, sendo possível detecção de acessos a materiais complementares ou ao mapa do site, além da análise mais ampla de grupos de acessos mais significativos.

## 7.7 Considerações Finais

Este capítulo apresentou o estudo de caso desenvolvido na tese, com o intuito de análise da aplicabilidade prática do modelo desenvolvido em um ambiente educacional real e em plena funcionalidade. Para isto, utilizou-se o ambiente AdaptWeb<sup>®</sup>, o qual possui em sua concepção características de adaptação ao modelo do aluno.

No estudo de caso, o funcionamento interno da plataforma educacional escolhida foi estudado, de forma a analisar quais elementos de contexto poderiam ser obtidos diretamente de seu BD Administrativo e quais deveriam ser adicionados ao ambiente. Dessa forma, algumas mudanças internas ao ambiente foram necessárias, sendo codificadas internamente rotinas para sensoriamento de elementos contextuais relacionados ao domínio tecnológico da rede de ontologias.

Alguns dados não foram possíveis de obter-se nem diretamente por meio do BD do ambiente nem por alterações em sua codificação. Nesses casos, adotaram-se regras de mapeamento, onde alguns dados foram ligeiramente alterados e outros não informados. No caso dos dados comportamentais, por serem muito importantes à tarefa de adaptação, optou-se por utilizá-los de maneira simulada nos testes de funcionalidade.

Simulações foram executadas utilizando-se conteúdo instrucional existente no BD da plataforma educacional, assim como dados de alunos cadastrados no ambiente e seus arquivos de *log*. Nessas simulações, testes foram executados internamente, de forma a verificar sua aplicabilidade prática, os quais apresentaram como resultado retorno ao software educacional da análise da situação vivenciada pelo aluno, assim como filtragens relativas aos OAs mais indicados à situação atual do aluno.



## 8 CONCLUSÕES

Conceitos ligados a contexto e situação vêm ganhando espaço no desenvolvimento de sistemas e aplicações voltadas ao usuário, as quais passam a apresentar ênfase na análise do contexto dos usuários e das situações configuradas no decorrer do tempo, buscando fazer com que os sistemas possam proativamente perceber as melhores condições de ação e agir de acordo com esta percepção.

Este trabalho abordou questões ligadas aos temas adaptação, sensibilidade ao contexto e situação no âmbito de sistemas Web, mais especificamente, sistemas de educação adaptativos baseados na Web. Assim, o desenvolvimento da pesquisa consistiu da ampla análise do contexto que configura a **situação** vivenciada pelo aluno no tempo corrente, com o intuito de investigar a hipótese central posta por este trabalho: a possibilidade de modelar formalmente uma situação de forma a aperfeiçoar as características de adaptabilidade de um sistema Web.

Esta hipótese tem origem na própria definição dos ambientes educacionais adaptativos baseados na Web, os quais aplicam métodos e técnicas específicas de forma a adaptar o ambiente a fatores relevantes a determinado grupo ou indivíduo que o acessa, buscando sua personalização. Nestes sistemas, o grande responsável por guiar a adaptação é o conhecimento representado no modelo do usuário, isto é, o que o diferencia pessoalmente dos demais.

No trabalho, a definição da hipótese primária, apresentada acima, levou à definição de uma segunda hipótese, que consiste da viabilidade do mapeamento do modelo do domínio educacional; do modelo do usuário; do modelo físico e do modelo tecnológico, permitindo a geração de ações de adaptação que venham a auxiliar no funcionamento do ambiente educacional adaptativo. A comprovação destas hipóteses exigiu a discussão de quais dados seriam relevantes para definição da adaptação em ambientes de ensino na Web, isto é, seria suficiente nos dias atuais adaptar o ambiente somente com relação ao modelo do aluno? Ou seria necessária uma ampliação do que é relevante para esta adaptação?

O desenvolvimento das hipóteses de pesquisa contou com diversas etapas, as quais podem ser comparadas aos passos metodológicos necessários para desenvolvimento de sistemas de informação, apresentados na Figura 8.1 de forma a permitir a visualização das etapas realizadas no desenvolvimento desta tese.

Como mostra a Figura 8.1, inicialmente foi necessária a visão e compreensão do mundo real, de forma a permitir a criação de teorias e modelos sobre ele. No trabalho, a etapa de compreensão do mundo real é descrita no Capítulo 4, onde situações e elementos contextuais relacionados a um cenário de aprendizagem foram definidos. Já a construção de teorias e modelos consiste do desenvolvimento da rede de ontologias,

descrito no Capítulo 5, que busca representar as situações de aprendizagem verificadas anteriormente. Para representação específica de situação, teorias e modelos ainda foram necessários e descritos no Capítulo 6.

Ferramentas foram descritas de forma conjunta aos modelos, na forma dos conceitos e relacionamentos da rede de ontologias do Capítulo 5 e das regras SWRL descritas no Capítulo 6. O uso desta visão do mundo adquirida e modelada foi feito por meio da aplicação e simulação do modelo desenvolvido dentro de um ambiente real de aprendizagem, verificando como poderia tornar a adaptação do ambiente mais proativa e adequada à situação vivenciada pelo aluno.

A pirâmide metodológica apresentada na Figura 8.1 finaliza com a validação deste uso, modificado pelas experiências trazidas das etapas anteriores (visão do mundo, modelo e ferramentas), levando também a uma nova experiência de mundo a ser visualizada e modelada posteriormente. Esta etapa de validação no mundo real para observação dos reais impactos gerados pelo modelo está planejada para trabalhos futuros, descritos na Seção 8.2.

Como conclusão, entende-se que a hipótese primária de pesquisa colocada neste trabalho foi comprovada. O modelo formal de uma situação de aprendizagem foi apresentado, assim como seu desenvolvimento prático.



Figura 8.1. Pirâmide metodológica

A experiência obtida com o desenvolvimento deste trabalho nos leva a concluir que o desenvolvimento de ambientes adaptativos de educação na Web tende a exigir mais do professor no que diz respeito ao desenvolvimento de OAs mais ricos, pois precisam prever diferentes situações de aprendizagem e buscar meios mais adequados para apresentação do conteúdo instrucional. Por isso, ferramentas de auxílio à autoria se fazem cada vez mais necessárias, de forma a facilitar o desenvolvimento do conteúdo. Entretanto, pesquisas como a apresentada neste trabalho e de outras naturezas, direcionadas à integração de bancos de OAs virtuais e auxílio aos professores, fazem com que estas dificuldades sejam aos poucos transpostas. Entende-se que apesar de existirem limitações nos dias atuais relativas à falta de flexibilidade dos ambientes de aprendizagem e falta de ferramentas para auxílio à autoria de conteúdo instrucional, o futuro caminha para o desenvolvimento destes ambientes, mais ricos, adaptativos e flexíveis às diversas situações enfrentadas pelos alunos em suas tarefas diárias.

## 8.1 Contribuições

Esta tese tratou de conceitos aplicados em diferentes áreas de estudo e de diferentes formas. Assim, o trabalho exigiu inicialmente um aprofundamento teórico maior para estudo e definição dos conceitos relacionados a contexto e situação, assim como dos elementos que compõem uma situação, na forma de cenários de aplicação. Como resultado deste estudo, foram publicados dois trabalhos: um relatório técnico a respeito dos conceitos, formas de representação e modelagem de contexto e situação; e um capítulo de livro que versa sobre cenários de aplicação e adaptação sensível à situação em ELEs. Neste último, foram definidos os principais conceitos de situação guiada por cenários:

- PERNAS, A. M. Uma Análise sobre Sensibilidade ao Contexto em Ambientes Pervasivos. Porto Alegre, RS: PPGC da UFRGS, 2008 (Trabalho Individual I – TI 1331).
- PERNAS, A. M., GALANTE, R. M., PALAZZO Moreira de Oliveira, José. Modelagem de Contexto e Cenários de Adaptação em Ambientes de Aprendizagem Ubíqua. In: J. Mattos; L. Rosa Jr; M. Pilla. (Org.). **Desafios e Avanços em Computação: inovações e tecnologia**. 1 ed. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária, v. 1, p. 173-193, 2009.

Após estudo e levantamento dos conceitos principais, foi feita uma proposta inicial de trabalho de pesquisa, onde os principais conceitos de situação guiada por cenários foram definidos. Nesta proposta, foi introduzida a pesquisa a respeito da viabilidade de se modelar uma situação de aprendizagem de forma a construir um ambiente educacional adaptativo sensível ao contexto. Foram ainda definidos os primeiros cenários e contextos de execução. Como resultado da proposta de pesquisa inicial, foram publicados um artigo e um capítulo de livro:

- PERNAS, A. M., GASPARINI, I., PALAZZO Moreira de Oliveira, José, PIMENTA, M. S. Um ambiente EAD adaptativo considerando o contexto do usuário. 1º Simpósio em Computação Ubíqua e Pervasiva (SBCUP), **XXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC)**, Bento Gonçalves, Brasil, 2009. ISSN 2175-2761.
- PERNAS, A. M., GASPARINI, I., PALAZZO Moreira de Oliveira, José, PIMENTA, M. S. Uso de Contexto e Situações em Ambientes e-Learning. In: J. Mattos; L. Rosa Jr.; M. Pilla. (Org.). **Desafios e Avanços em Computação: inovações e tecnologia**. 1º ed. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária, v. 1, p. 161-169, 2009. ISBN 978-989-8111-82-1.

Na sequência do trabalho, a hipótese de pesquisa foi desenvolvida de forma mais concreta. Foi definido um modelo baseado no mapeamento do modelo educacional; no modelo do aluno e no modelo do contexto físico e tecnológico do ambiente. Para validação inicial deste modelo, os primeiros cenários completos de exemplo foram definidos, mostrando os elementos de contexto relevantes e as adaptações resultantes. Esta definição gerou como resultado a publicação do seguinte artigo:

- PERNAS, A. M., GASPARINI, I., BOUZEGHOUB, A., PIMENTA, M. S., WIVES, L.K., PALAZZO Moreira de Oliveira, José. From an E-Learning to an U-Learning Environment. **2<sup>nd</sup> International Conference on Computer Supported Education (CSEDU)**, Valencia, Espanha, v. 1, p. 180-185, 2010. ISBN 978-989-674-024-5.

Com a definição da modelagem, o conceito de situação foi formalizado por meio dos relacionamentos das ontologias que representavam o modelo do usuário, o modelo do ambiente educacional e o modelo do contexto físico. Formalizou-se também o conceito de evento, necessário para avaliação da mudança entre situações. Ainda, foi definida a arquitetura de desenvolvimento por meio da troca de serviços. Nesta fase do trabalho, foi proposto o uso de raciocínio probabilístico e de inferências para determinação da situação do usuário. Esta proposta foi alterada posteriormente, por não existência dos dados iniciais para análise das probabilidades de ocorrência das situações. Como resultado da formalização dos conceitos e melhoria da arquitetura, aplicada já como uma extensão ao ambiente educacional AdaptWeb<sup>®</sup>, foram obtidas as seguintes publicações:

- PERNAS, A. M., WIVES, L.K. PALAZZO Moreira de Oliveira, José, BOUZEGHOUB, A. Modeling context Adapted Learning Scenarios in the AdaptWeb<sup>®</sup> Environment. In Proceedings of the **IADIS International Conference Mobile Learning**, Porto, Portugal, p. 165-172, 2010. ISBN 978-972-8924-98-0.
- PERNAS, A. M., PALAZZO Moreira de Oliveira, José, BOUZEGHOUB, A. Modeling Adaptive Situations According with Context and Learning Scenarios. **10<sup>th</sup> IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies – ICALT 2010**. Sousse, Tunisia, 2010. DOI <http://dx.doi.org/10.1109/ICALT.2010.126>.
- GASPARINI, I., PERNAS, A. M., BOUZEGHOUB, A., LIMA, José Valdeni de, PIMENTA, M., PALAZZO Moreira de Oliveira, José. Taking Rich Context and Situation in account for improving an adaptive e-learning system. **3<sup>rd</sup> International Conference on Computer Supported Education (CSEDU)**, Noordwijkerhout. Ed. SciTePress Science and Technology Publications, v. 1. p. 165-172, 2011. DOI: 10.5220/0003291001650172.

Outra contribuição definida neste trabalho diz respeito à definição da rede de ontologias. A definição da rede deixa claros os elementos contextuais necessários para determinação da situação, assim como as fontes utilizadas na definição do vocabulário. Neste mesmo momento, foi realizado estudo das ontologias de situação existentes e proposta de uma ontologia de situação para compor o modelo definido. Esta ontologia explicita o conceito de situação, necessário na definição das regras SWRL definidas. Estas definições resultaram nas duas publicações abaixo:

- PERNAS, A. M., DIAZ, A., MOTZ R., PALAZZO Moreira de Oliveira, José. Situations and Ontology Networks to Define Adaptive Actions in E-Learning Systems. **IADIS International Conference WWW/Internet**, Rio de Janeiro, p. 237–244, 2011. ISBN: 978-989-8533-02-9.

- PERNAS, A. M., DIAZ, A., MOTZ R., PALAZZO Moreira de Oliveira, José. Enriching adaptation in e-learning systems through a situation-aware ontology network. In **Interactive Technology and Smart Education (ITSE)**, Emerald Journal, v. 9, p. 1-10, 2012. ISSN: 1741-5659.

Com o modelo de contexto desenvolvido e tendo-se definidas as situações de aprendizagem, testes e simulações foram realizados no ambiente AdaptWeb<sup>®</sup>. Neste ponto, as funcionalidades da arquitetura desenvolvida foram descritas com maiores detalhes, descrevendo o monitoramento dos eventos e os elementos contextuais relevantes em cada situação. A descrição final do modelo de hipótese, com a arquitetura final do sistema e testes realizados, resultou nas seguintes publicações:

- PERNAS, A.M., PALAZZO Moreira de Oliveira, José. Enabling Situation-Aware Behavior in Web-Based Learning Systems. **XXX International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC)**, Curicó, Chile, 2011.
- GASPARINI, I. PERNAS, A. M., J. PIMENTA, M. S., PALAZZO Moreira de Oliveira, José, KEMCZINSKI, A., CAVALHEIRO, G. G. H. m-AdaptWeb<sup>®</sup>: An adaptive e-learning environment facing mobility. **4<sup>th</sup> International Conference on Computer Supported Education (CSEDU)**, Porto, Portugal, 2012. ISBN 978-989-8565-07-5.

## 8.2 Trabalhos Futuros

A partir do desenvolvimento do modelo para gerência e tratamento do contexto do aluno em sistemas educacionais adaptativos na Web, seus testes e análise de aplicação simulada em um ambiente educacional real, é possível identificar trabalhos futuros dentro de dois grupos distintos, relacionados à: experimentação do modelo junto aos usuários no mundo real; extensão do modelo, visando complementar aspectos não abordados ou parcialmente abordados.

### Experimentação

Com relação do desenvolvimento de experimentação e validação das simulações desenvolvidas com o usuário final, será proposto no curso de Mestrado em Ciência da Computação da Universidade Federal de Pelotas (UFPel) trabalho relacionado ao desenvolvimento de uma disciplina específica no ambiente educacional AdaptWeb<sup>®</sup>, com aplicação da extensão apresentada no Capítulo 7 deste trabalho.

Esse trabalho irá contar com dois momentos distintos. Primeiramente, será realizada a coleta dos dados dos usuários e do ambiente, com funcionamento parcial da extensão proposta - detecção das situações e dos históricos de funcionamento sem realizar nenhuma adaptação na mídia adaptativa. Esta primeira coleta pode ocorrer em uma disciplina de graduação já existente no AdaptWeb<sup>®</sup>, pois ela será útil para avaliar a necessidade de alteração das regras determinadas como relevantes nos Capítulos 6 e 7 deste trabalho, não necessitando de criação de material específico para experimento.

Após desenvolvimento da análise dos dados coletados e realização de modificações (caso necessário), um curso simples será construído de forma a testar a adaptação do ambiente de acordo com a situação detectada, como proposto no Capítulo 6 desta tese.

Neste caso, o material montado deve prever uma série de OAs extras, que serão aplicados na adaptação sensível à situação do aluno. A partir dos testes e monitoramento da ação dos alunos no ambiente, será possível verificar se as adaptações realizadas na mídia adaptativa são aceitas pelos alunos nas diferentes situações tratadas.

### **Extensão**

Relacionado a possíveis extensões ao modelo de situação desenvolvido, espera-se realizar uma série de trabalhos de pesquisa com diferentes níveis de complexidade, entre eles:

1. *Análise das relações semânticas que formam as situações, de forma a simplificar sua determinação, agregando relações similares.* A partir do modelo funcional e aplicado a uma disciplina, será interessante realizar uma análise das repetições de ocorrência das relações, podendo-se determinar padrões de relações que sempre se repetem e aperfeiçoar a análise das situações, feita em agrupamentos de relações. Isto pode facilitar a definição das regras no banco de regras, pois serão alterados grupos de relações para definição das situações. Uma sugestão é definir as regras em grupos de relações pertencentes à: aluno; contexto tecnológico e ambiente educacional, reduzindo-se o número de regras a serem analisadas.
2. *Analisar os elementos de contexto armazenados e as situações detectadas de forma a “prever” certas situações de forma direta.* Em uma proposta inicial deste trabalho, havia a intenção de aplicar análise probabilística à ocorrência de determinadas instâncias de contexto, de forma a prever antecipadamente possíveis situações de acordo com o contexto existente. Entretanto, a falta de dados para determinação das probabilidades associadas a cada contexto inviabilizou a proposta em sua forma inicial, sendo alterada para análise do contexto com base em regras de inferência. No estágio em que se encontra o trabalho, sendo realizado armazenamento de um grande conjunto de elementos contextuais instanciados, seguido das situações detectadas, acredita-se que seja possível a aplicação de outros mecanismos para inferência, como o probabilístico.
3. *Desenvolvimento do módulo de sensibilidade à situação na forma de um serviço.* Neste trabalho, a arquitetura definida prevê a existência de um ambiente educacional acima do módulo de sensibilidade à situação, a quem ele presta serviços. Como trabalho futuro, espera-se prever seu funcionamento na forma de serviços, fornecidos por meio de um *web service* semântico, descrito em OWL-S (MARTIN et al., 2004). Assim, o ambiente educacional faria requisições ao serviço de situação, que analisaria os elementos de contexto válidos em um determinado momento e analisaria a situação como resposta a uma chamada de serviço.
4. *Extensão das regras de situação, para abordar novas situações.* As regras foram determinadas neste trabalho tendo em vista o estudo das possíveis ocorrências no ambiente educacional. As oito regras definidas foram usadas nas simulações, com os elementos de contexto instanciados possíveis de serem detectados. Em um trabalho futuro, seria interessante analisar outras combinações destas relações, alterando-se somente o banco de regras e não o modelo de contexto.

5. *Verificar o funcionamento do módulo proposto com relação à escalabilidade.* As simulações realizadas foram internas ao banco de dados do sistema educacional, analisando dados de grupos grandes de alunos ao mesmo tempo. Entretanto, seria importante a execução de testes com chamadas múltiplas de análise de situação, para testar o funcionamento com números variados de alunos acessando o sistema. Nos testes, a ontologia está em execução no servidor, juntamente com o ambiente educacional, mas como se trata de um teste vindo de múltiplos usuários, se trata de uma análise necessária a ser feita com as próximas pesquisas.
6. *Teste do módulo de Sensibilidade à Situação desenvolvido em outros ambientes educacionais.* O modelo de sensibilidade à situação descrito neste trabalho foi desenvolvido de forma independente de plataforma educacional, sendo considerados elementos contextuais verificados por meio da análise de um cenário de aplicação hipotético. Assim, em um futuro trabalho, espera-se verificar a viabilidade de aplicação em outros ambientes educacionais na Web, adaptativos ou não como, por exemplo, na plataforma Moodle.





## REFERÊNCIAS

ABRAEAD, Anuário Brasileiro Estatístico de Educação Aberta e a Distância. 4. ed. São Paulo: Instituto Monitor, 2008. Disponível em <<http://www.abraead.com.br/>>

ADI, A., BOTZER, D., ETZION, O. The Situation Manager Component of Amit-Active Middleware Technology. **Lecture notes in computer science**, Springer, 2002.

AKMAN, V., SURAV, M. The Use of Situation Theory in Context Modeling. **Computation Intelligence**, 1996.

ALLOCCA, C., d'AQUIN, M., MOTTA, E. Door - towards a formalization of ontology relations. INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE ENGINEERING AND ONTOLOGY DEVELOPMENT, 2009, Funchal, Madeira, Portugal. **Proceedings...** INSTICC Press: Funchal, Madeira, Portugal. p. 13-20.

AMARAL, M. A. **Organização e Armazenamento de Conteúdo Instrucional no Ambiente AdaptWeb Utilizando XML**. 2002, 100f, Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

AMBLER, S. W. **The elements of UML 2.0 style**. Cambridge University Press, 2005. ISBN 978-0-521-61678-2.

ANAGNOSTOPOULOS, C.B., NTARLADIMAS, Y., HADJIEFTHYMIADES, S. Situation Awareness: Dealing with Vague Context. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE SERVICES, 2006, Lyon, França. **Proceedings...** IEEE Computer Society. p. 131-140.

ANDREA, B., FRANCO, T. Extending Ontology Queries with Bayesian Network Reasoning. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT ENGINEERING SYSTEMS (INES 2009), 16-18 Abr. 2009, Barbados. **Proceedings...** IEEE Computer Society. p.165-170.

BAJRAKTAREVIC, N., HALL, W., FULLICK, P. Incorporating learning styles in hypermedia environment: empirical evaluation. In: WORKSHOP ON ADAPTIVE HYPERMEDIA AND ADAPTIVE WEB-BASED SYSTEMS. 2003, Nottingham, UK. **Proceedings...** p. 41-52.

BARWISE, J., PERRY, J. **Situations and Attitudes**, MIT Press, Cambridge Ed., 1983.

BAUMGARTNER, N., RETSCHITZEGGER, W. A Survey of Upper Ontologies for Situation Awareness. In: IASTED INTERNATIONAL CONFERENCE ON

KNOWLEDGE SHARING AND COLLABORATIVE ENGINEERING, 2006, St. Thomas, US. **Proceedings...** p. 1-9.

BAUMGARTNER, N., RETSCHITZEGGER, W., SCHWINGER, W. Lost in Time, Space and Meaning: An Ontology-Based Approach to Road Traffic Situation Awareness. In: 3<sup>rd</sup> WORKSHOP ON CONTEXT AWARENESS FOR PROACTIVE SYSTEMS (CAPS), 2007, Guildford, UK. **Proceedings...**

BAUMGARTNER, N., RETSCHITZEGGER, W., SCHWINGER, W., KOTSIS, G., SCHWINGER, W. Of Situations and Their Neighbors: Evolution and Similarity in Ontology-Based Approaches to Situation Awareness. In: 6<sup>th</sup> INTERNATIONAL AND INTERDISCIPLINARY CONFERENCE ON MODELING AND USING CONTEXT (CONTEXT), 2007, Roskilde, Denmark. **Proceedings...** Springer, p. 29-42.

BAUMGARTNER, N., GOTTESHEIM, W., MITSCH, S., RETSCHITZEGGER, W., SCHWINGER, W. BeAware! Situation awareness, the ontology-driven way. **Data & Knowledge Engineering**, v. 69, issue 11, p. 1181-1193, 2010.

BERNARDO, J. M., SMITH, A. F. M. **Bayesian theory**. John Wiley & Sons Ltd., 1994, ISBN 0 471 92416 4.

BERNERS-LEE, T., HENDLER, J., LASSILA, O. The Semantic Web: A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. **Scientific American Magazine**, Mai. 2001.

BETTINI, C., BRDICZKA, O., HENRICKSEN, K., INDULSKA, J., NICKLAS, D., RANGANATHAN, A. RIBONI, D. A survey of context modeling and reasoning techniques. **Pervasive Mobile Computing**, Amsterdam, The Netherlands, v. 6, n. 2, p. 161-180, 2010.

BOUZEGHOUB, A., DEFUDE, B., DUITAMA, F., LECOCQ, C. A Knowledge-Based Approach to Describe and Adapt Learning Objects. **International Journal on E-Learning**, Chesapeake, VA: AACE, v. 5(1), p. 95-102, 2006.

BOUZEGHOUB, A., DO, K. N., LECOCQ, C. A Situation-Based Delivery of Learning Resources in Pervasive Learning. **Lecture Notes in Computer Science**, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2007.

BOUZEGHOUB, A., WIVES, L. K., DO, K. N. Situation-Aware Adaptive Recommendation to Assist Mobile Users in Campus Environment. In: IEEE 23<sup>rd</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED INFORMATION NETWORKING AND APPLICATIONS (AINA-09), 2009, Bradford, UK. **Proceedings...** IEEE Computer Society, p. 503-509.

BROWN, P. J., BOVEY; J. D., CHEN, X. Context-aware applications: from the laboratory to the marketplace. **IEEE Personal Communications**, Out.1997.

BRUSILOVSKY, P. Methods and techniques of adaptive hypermedia. **User Modeling and User Adapted Interaction**, Springer Netherlands, v.6, n 2-3, p. 87-129, 1996.

BRUSILOVSKY, P. Adaptive and Intelligent Technologies for Web-based Education. **Special Issue on Intelligent Systems and Teleteaching**, Künstliche Intelligenz, p.19-25, 1999.

BRUSILOVSKY, P. Adaptive Hypermedia. **User Modeling and User Adapted Interaction**, Springer Netherlands, v. 11(1-2), p. 87-110, 2001.

BUGAY, E.L. **O modelo AHAM - MI: modelo de hipermídia adaptativa utilizando inteligências múltiplas**. 2006. 213 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Disponível em: <<http://www.tede.ufsc.br/teses/PEPS4918.pdf>>. Acesso em junho de 2012.

CANALES, A., PEÑA, A., PEREDO, R., SOSSA, H., GUTIÉRREZ, A. Adaptive and intelligent web based education system: Towards an integral architecture and framework. **International Journal of Expert Systems with Applications**, v. 33, n. 4, p.1076-1089, Nov. 2007. DOI 10.1016/j.eswa.2006.08.034.

CARDELL-OLIVER, R., LIU, W. Representation and Recognition of Situations in Sensor Networks. **IEEE Communications Magazine**, Topics in Situation Management, p. 112-117, 2010.

CARVER, C.A., Jr., HOWARD, R.A., LANE, W.D. Enhancing Student Learning Through Hypermedia Courseware and Incorporation of Student Learning Styles. **IEEE Transactions on Education**, v. 42, n. 1, p. 33-38, 1999.

CASTRO, P., MUNTZ, R. Managing Context Data for Smart Spaces. **IEEE Personal Communications**, 2000.

CHEN, G., KOTZ, D. **A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research**. Technical Report, Department of Computer Science, Dartmouth College, Nov. 2000.

CHEN, 2003 – CoBrA Device Ontology, V. 4. Disponível em: <<http://cobra.umbc.edu/ontologies-2003-11.html>>.

D'AQUIN M., GANGEMI, A., HAASE, P. Definition of Ontology Networks. **NeOn Book – NeOn Methodology in a Nutshell**, Chapter 2, 2006. Disponível em: <[http://www.neon-project.org/nw/NeOn\\_Book](http://www.neon-project.org/nw/NeOn_Book)>.

DCMI - Dublin Core Metadata Initiative, Dublin Core Metadata Element Set, Version 1.1, 2010. Disponível em: <<http://dublincore.org/documents/dces/>>.

DE BRA, P., AERTS, A., BERDEN, B., de LANGE, B., ROUSSEAU, B., SANTIC, T., SMITS, D., STASH, N. AHA! The Adaptive Hypermedia Architecture. In: 14<sup>th</sup> ACM CONFERENCE ON HYPERTEXT AND HYPERMEDIA, Ago. 2003, Nottingham, UK. **Proceedings...** ACM: New York, NY, USA, p.81-84.

DE BRA, P. Adaptive hypermedia. In: Pawlowski, J.M., Adelsberger, H.H., Sampson, D., Kinshuk (Eds.), **Handbook on Information Technologies for Education and Training** (2<sup>nd</sup> edition), Heidelberg: Springer, p. 29-46, 2008.

DEY, A. K., ABOWD, G. D. Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness. **Technical Report GIT-GVU-99-22**. College of Computing. Georgia Institute of Technology, Atlanta, 1999.

DEY, A. K. **Providing Architectural Support for Building Context-Aware Applications**. 2000. 188 f. Tese (Doctor of Philosophy in Computer Science). Georgia Institute of Technology. Atlanta. Georgia.

DEY, A. K. Understanding and using Context. **Personal Ubiquitous Computing**, v. 5(1), p. 4-7, 2001.

DÍAZ, A., EDELWEIZ, R., MOTZ, R. Making Ontology Relationships Explicit in a Ontology Network. In: V ALBERTO MENDELZON INTERNATIONAL WORKSHOP ON FOUNDATIONS OF DATA MANAGEMENT (AWM 2011). 9-12 Mai. 2011, Santiago, Chile. **Proceedings...** CEUR-WS.org.

EYHARABIDE, V., AMANDI, A. An Ontology-Driven Conceptual Model of User Profiles. In: IX ARGENTINE SYMPOSIUM ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE – ASAI, 27-28 Ago. 2007, Mar del Plata, Argentina. **Proceedings...**

ENDSLEY, M. R. Theoretical Underpinnings of Situation Awareness: A Critical Review. In: ENDSLEY, M.R., GARLAND, D.J. (eds): **Situation awareness analysis and measurement**. Lawrence Erlbaum Associates Inc., 2000.

FELDER, R.M, SILVERMAN, L.K. Learning and Teaching Styles in Engineering Education. **Engineering Education**, v. 78(7), p. 674–681, 1988.

FELDER, R.M., BRENT, R. Understanding Student Differences. **Journal of Engineering Education**, v. 94 (1), p. 57-72, 2005.

FENSEL, Dieter. **Ontologies: Silver Bullet for Knowledge Management and Eletronic Commerce**. Springer – Verlag, Berlin, 2000.

FISCHER, G. User Modeling in Human-Computer Interaction. **Journal of User Modeling and User-Adapted Interaction**. vol. 11, p. 65-86, 2001.

FLACH, J. Situation Awareness: Proceed with Caution. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, v. 37, issue.1, p. 149-157, Mar. 1995.

FREITAS, V. de. **Autoria Adaptativa de Hipermissão Educacional**. 2002, 101f, Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

GASCUENA, J.M., FERNANDEZ-CABALLERO, F., GONZALEZ, P. Domain Ontology for Personalized E-Learning in Educational Systems. In: 6<sup>th</sup> IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES (ICALT '06). 2006, Washington, DC, USA. **Proceedings...** IEEE Computer Society, p. 456-458.

GASPARINI, I. **Interface Adaptativa no ambiente AdaptWeb: navegação e apresentação adaptativa baseada no modelo do usuário**. 2003, 97 f, Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

GASPARINI, I., PIMENTA, Marcelo S., PALAZZO M. de Oliveira, J.; KEMCZINSKI. A. Usability in an Adaptive e-learning environment: Lessons from AdaptWeb. **IEEE Learning Technology Newsletter**, v. 12, n.2, p. 13-16, 2010.

GAVA, Tânia; MENEZES Crediné. Especificação de Software Baseada em Ontologias. **III Escola de Informática**, p. 167-205, 2003.

GIRAFFA, L.M.M. **Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais**. 1999, 177f, Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

GRAF S., KINSHUK. Learner Modelling Through Analyzing Cognitive Skills and Learning Styles. In: H. H. Adelsberger, Kinshuk, J. M. Pawlowski, D. Sampson, **Handbook on Information Technologies for Education and Training** (2nd edition), Springer, Heidelberg, p.179-194, 2008. Disponível em: <<http://scis.athabascau.ca/scis/staff/faculty.jsp?id=sabineg>>. Acesso em junho de 2012.

GRUBER, Thomas R. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. **Knowledge Acquisition**. p. 199-220, 1993. Disponível em: <[http://ksl-web.stanford.edu/KSL\\_Abstracts/KSL-92-71.html](http://ksl-web.stanford.edu/KSL_Abstracts/KSL-92-71.html)>.

GUHA, R. **Contexts: Formalization and Some Applications**, Thesis, 1995. Disponível em: <<http://www-formal.stanford.edu/guha/>>.

GUTWIN, C. **Workspace awareness in Real-Time Distributed Groupware**. 1997, 270 f, Tese (Doctor of Philosophy) - The University of Calgary, Calgary, Alberta, Canada.

GUTWIN, C., GREENBERG, S. A Descriptive Framework of Workspace Awareness for Real-Time Groupware. **Computer Supported Cooperative Work**, Special Issue on Awareness in CSCW, v. 11(3-4), Kluwer Academic Press, p. 411-446, 2002.

HALASZ, F.G.; SCHWARTZ, M. The Dexter Hypertext Reference Model. Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology, **Hypertext Standardization Workshop** - Gaithersburg, MD - January 16-18, 40 p., 1990. Disponível em: <<http://ei.cs.vt.edu/~mm/pdf/dexter.pdf>>. Acesso em maio de 2012.

HENZE, N., DOLOG, P., NEJDL, W. **Reasoning and Ontologies for Personalized E-Learning in the Semantic Web**. Educational Technology & Society, v. 7(4), p. 82-97, 2004.

HENRICKSEN, K., INDULSKA, J., RAKOTONIRAINY, A. Generating Context Management Infrastructure from High-Level Context Models. In: 4<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE DATA MANAGEMENT (MDM) – Industrial Track, 2003. **Proceedings...** p. 1-6.

HORROCKS, I., PATEL-SCHNEIDER, P. F., BECHHOFFER, S., TSARKOV, D. OWL Rules: A Proposal and Prototype Implementation. **Journal of Web Semantics**, v.3, p. 23 - 40, 2005.

IEEE LTSC. Learning Technology Standards Committee, Draft Standard for Learning Object Metadata, IEEE 1484.12.1-2002. 2002. Disponível em: <[http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM\\_1484\\_12\\_1\\_v1\\_Final\\_Draft.pdf](http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf)>. Acesso em maio de 2012.

IEEE LTSC. Learning Technology Standards Committee. Disponível em: <<http://ltsc.ieee.org/wg12/>>. Acesso em maio de 2012.

IEPSEN, E.F., BERCHT, M., REATEGUI, E. Detecção e Tratamento do Estado Afetivo Frustração do Aluno na Disciplina de Algoritmos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (SBIE), 2011, Aracajú, Brasil. **Anais...** Porto Alegre: SBC, p. 80-89.

IMS. IMS Global Learning Consortium. Disponível em <<http://www.imsglobal.org/index.html>>. Acesso em maio de 2012.

JAKOBSON, G., BUFORD, J., LEWIS, L. Situation management: Basic Concepts and Approaches. **Information Fusion and Geographic Information Systems**, p. 18-33, 2007.

JAMESON, A. Modeling both the Context and the User. **Personal Ubiquitous Computing**, Springer-Verlag, London, v.5, n.1, p. 29-33, 2001.

KOCH, N.P. **Software Engineering for Adaptive Hypermedia Systems - Reference Model, Modeling Techniques and Development Process**. 2001. 371f. PhD Thesis. Ludwig-Maximilians-Universität München. Disponível em: <<http://www.pst.informatik.uni-muenchen.de/~kochn/PhDThesisNoraKoch.pdf>>. Acesso em junho de 2012.

KOCH, N.P., ROSSI, G. Patterns for Adaptive Web Applications. In: 7<sup>th</sup> EUROPEAN CONFERENCE ON PATTERN LANGUAGES OF PROGRAMS (EuroPlop), 2002. **Proceedings...** UVK: Universitaetsverlag Konstanz, p. 179-194.

KORPIPÄÄ, P., KOSKINEN, M., PELTOLA, J., MÄKELÄ, S.M., SEPPÄNEN, T. **Bayesian approach to sensor-based context awareness**. Persistent Ubiquity Computing, v.7, p. 113–124, 2003. DOI 10.1007/s00779-003-0237-8.

MARTIN, M., BURSTEIN, M., HOBBS, J. et al. OWL-S: Semantic Markup for Web Services. **W3C Member Submission**. 2004. Disponível em: <<http://www.w3.org/Submission/OWL-S/#foot174>>.

MATHEUS, C., KOKAR, M., BACLAWSKI, K. A Core Ontology for Situation Awareness. In: 6<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION FUSION FUSION'03, 2003. **Proceedings...** IEEE Computer Society, p. 545-552.

MATHEUS, C., KOKAR, M., BACLAWSKI, K., LETKOWSKI, J., CALL, C., HINMAN, M., SALERMO, J., BOULWARE, D. SAWA: An Assistant for Higher-Level Fusion and Situation Awareness. In: SPIE MULTISENSOR, MULTISOURCE INFORMATION FUSION: ARCHITECTURES, ALGORITHMS, AND APPLICATIONS, 2005. **Proceedings...** Belur V. Dasarathy, Orlando, FL, p. 75-85. DOI: 10.1117/12.604120

MCCARTHY, J. Notes on formalizing context. In: 13<sup>th</sup> INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE (IJCAI'93), 1993, Chambéry, France. **Proceedings...** Morgan Kaufmann Publishers: San Francisco, CA, USA, p. 555-560.

MCCARTHY, J. Actions and Other Events in Situation Calculus. In: 8<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRINCIPLES OF KNOWLEDGE

REPRESENTATION AND REASONING, 2002. **Proceedings...** Morgan Kaufmann Publishers, p. 615-628.

MOORE, P., HU, B., ZHU, X., CAMPBELL, W., RATCLIFFE, M. A Survey of Context Modeling for Pervasive Cooperative Learning. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INFORMATION TECHNOLOGIES AND APPLICATIONS IN EDUCATION - ISITAE '07, 23-25 Nov. 2007, Kunming, Yunnan, China. **Proceedings...** IEEE Computer Society, p. K5-1-K5-6.

MUÑOZ, L. S. **Ontology-based Metadata for e-learning Content**. 2004, 149 f, Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

MUÑOZ, L. S., PALAZZO Moreira de Oliveira, José. Adaptive Web-Based Courseware Development Using Metadata Standards and Ontologies. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED INFORMATION SYSTEMS ENGINEERING - CAISE, 2004, Riga, Latvia. **Proceedings...** LNCS, p. 414-428.

MUÑOZ, L. S., MEDINA, K., MARSICANO, M., BONJOUR, M., PALAZZO Moreira de Oliveira, José. Reasoning on the Semantic Web for Adaptive Hypermedia. **Journal of Web Engineering**, v. 7, p. 25-41, 2008.

OBBA. Padrão de Metadados de Objetos de Aprendizagem. Portal do Projeto OBBA. Disponível em <<http://www.portalobaa.org/obaa-1>>. Acesso em maio de 2012.

O'BRIEN, P. An Ontology for Mobile Situation Aware Systems. **Australian Journal of Information Systems**, 2009.

OGATA, H., YANO, Y. Knowledge Awareness Map for Computer-Supported Ubiquitous Language-Learning. In: 2<sup>nd</sup> IEEE INTERNATIONAL WORKSHOP ON WIRELESS AND MOBILE TECHNOLOGIES IN EDUCATION (Wmte'04), 23-25 Mar. 2004, Taoyuan, Taiwan. **Proceedings...** IEEE Computer Society, p. 19-26.

OLIVEIRA, E.H.T., VICARI, R.M., NOZAWA, E.H., AXT, M. An Educational Hypermedia Tool for Recommendation of Relevant Topics of Study Supported by a Domain Ontology. **IEEE Multidisciplinary Engineering Education Magazine**, v. 6, n. 3, 2011.

OWL Web Ontology Language Guide, **W3C Recommendation**. 2004. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/owl-guide/>>.

PADOVITZ, A., LOKE, S.W., ZASLAVSKY, A. Towards a Theory of Context Spaces, In: 2<sup>nd</sup> IEEE ANNUAL CONFERENCE ON PERVASIVE COMPUTING AND COMMUNICATIONS WORKSHOP (PERCOMW'04), 14-17 Mar. 2004, Orlando, Florida. **Proceedings...** IEEE Computer Society, p. 38-42.

PALAZZO Moreira de Oliveira, José, BRUNETTO, M. A. C., PROENÇA Jr., M. L., PIMENTA, M. S., RIBEIRO, C. H. P., LIMA, J. V. de; FREITAS, V. de; MARÇAL, V. S. P., GASPARINI, I., AMARAL, M. A. AdaptWeb: um ambiente para ensino-aprendizagem adaptativo na Web. **Educar em revista**, ISSN 0104-4060, n. 107, p. 175-198, Curitiba, 2003a.

PALAZZO Moreira de Oliveira, José, SILVA, L., FREITAS, V. D., MARÇAL, V. P., GASPARINI, I., AMARAL, M. A. AdaptWeb: an Adaptive Web-Based Courseware. In: III ANUAL ARIADNE CONFERENCE, 2003b, Leuven, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium. **Proceedings...**

PAREDES, P., RODRIGUEZ, P. Considering Sensing-Intuitive Dimension to Exposition-Exemplification in Adaptive Sequencing. Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, **Lecture Notes in Computer Science**, v.2347/2006, p. 556-559, 2006. DOI: 10.1007/3-540-47952-X\_83.

PATEL-SCHNEIDER, P. F., HAYES, P., HORROCKS, I. OWL web ontology language semantics and abstract syntax. **W3C Recommendation**, Fev. 2004. Disponível em < <http://www.w3.org/TR/owl-semantics/direct.html>>.

PREKOP, P., BURNETT, M. Activities, Context and Ubiquitous Computing. **Computer Communications**, Special Issue on Ubiquitous Computing, 2003.

PUGA, S.G. **Sistemas Hiperídia adaptativos para a educação baseada na web: uma visão semiótica**. 2008. Tese (Doutorado em Sistemas Digitais) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3141/tde-18112008-151113/>>.

RANGANATHAN, A., CAMPBELL, R. An infrastructure for context-awareness based on first order logic, **Personal Ubiquitous Computing**, Springer-Verlag, 2003.

REATEGUI, E. B.; CAZELLA, S. C. Sistemas de Recomendação. **Encontro Nacional de Inteligência Artificial (ENIA)**, [S.l.], v. V, p. 306–348, 2005. Disponível em: <[http://www.addlabs.uff.br/enia\\_site/minicursos.htm](http://www.addlabs.uff.br/enia_site/minicursos.htm)>

REIGELUTH, C. M. The elaboration theory: Guidance for scope and sequence decisions. In C. M. REIGELUTH (Ed.), **Instructional design theories and models: A new paradigm of instructional theory**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, p. 5-29, 1999.

ROHRER, E., MOTZ, R., DIAZ, A. Web Site Recommendation Modeling Assisted by Ontologies Networks, **Cadernos de Informática**, v.5, n.1, p. 49-68, 2011.

SANTIBAÑEZ, M. R. F., FERNADES C. T. Hacia um ambiente de Aprendizagem Hiperídia Adaptativo no WWW. In: CONGRESSO DA REDE IBEROAMERICANO DE INFORMÁTICA EDUCATIVA – RIBIE98, 20-23 Out. 1998, Brasília, DF. **Anais...** Porto Alegre, p. 20-23. Disponível em: <<http://www.c5.cl/ieinvestiga/actas/ribie98/204.html>> Acesso em dezembro de 2010.

SANTOS, C. S., AZEREDO, P.A. **Tabelas: Organização e Pesquisa**. Série Livros Didáticos, Editora Sagra Luzzato, Porto Alegre, 2001.

SANTOS, V. V. **CEManTIKA: A Domain-Independent Framework for Designing Context-Sensitive System**. 2008. 187 f, Tese (Doutorado em Ciência da Computação), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

SCHILIT, B., ADAMS, N. WANT, R. Context-aware computing applications. In: WORKSHOP ON MOBILE COMPUTING SYSTEMS AND APPLICATIONS, 1994, Santa Cruz, Ca. **Proceedings...** p. 85-90.



SMITH, K., HANCOCK, P.A. Situation Awareness is Adaptive, Externally Directed Consciousness. . **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, v.37, issue 1, p.137-148, Mar. 1995. DOI: 10.1518/001872095779049444.

SOLOMAN, B. A., FELDER, R. M. Index of Learning Styles Questionnaire. Disponível em: < <http://www.engr.ncsu.edu/learningstyles/ilsweb.html> >. Acesso em março de 2012.

SOWA, J. F. **Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations**, Brooks Cole Publishing Co., Pacific Grove, CA, 2000. Disponível em < <http://www.jfsowa.com/krbook/index.htm>>. Acesso em janeiro de 2012.

STRANG, T., LINNHOFF-POPIEN, C. A Context Modeling Survey. In: WORKSHOP ON ADVANCED CONTEXT MODELING, REASONING AND MANAGEMENT, 6<sup>th</sup> International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp 2004), 2004, Nottingham, UK. **Proceedings...** University of Southampton.

STUDER, Rudi; BENJAMINS, Richard; FENSEL, Dieter. Knowledge Engineering: Principles and Methods. **IEEE Transactions on Data and Knowledge Engineering**, 1998. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/225099.html>>.

SUAREZ-FIGUEROA, M., GÓMEZ-PÉREZ, A., POVEDA, M., RAMOS, J.A., EUZENAT, J., LE DUC, C.. Neon deliverable d5.4.2. Revision and extension of the NeOn methodology for building contextualized ontology networks. **Technical Report**, NeOn Project, 2009.

TETCHUENG, J. L., GARLATTI, S., LAUBE, S. A Didactic-Based Model of Scenarios for Designing an Adaptive and Context-Aware Learning System. In: IEEE/WIC/ACM INTERNATIONAL CONFERENCE ON WEB INTELLIGENCE, 2-5 Nov. 2007, Silicon Valley. **Proceedings...** IEEE Computer Society, p. 723-726.

VICARI, R. M., BEZ, M., SILVA, J., RIBEIRO, A., GLUZ, J.C., SANTOS, E., PRIMO, T., BORDIGNON, A. Proposta de Padrão de Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes (OBBA). In: QUINTO CONGRESSO LATINO AMERICANO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM (LACLO), 2010, São Paulo. **Anais...**

VIEIRA, V., MANGAN, M. A. S., WERNER, C. M. L., MATTOSO, M. L. Q. Ariane: an Awareness Mechanism for Shared Databases. In: X INTERNATIONAL WORKSHOP ON GROUPWARE (CRIWG2004), 2004, San Carlos, Costa Rica. **Proceedings...** p. 92-104.

VRANDECIC, D., PINTO, S., TEMPICH, C., SURE, Y. The DILIGENT Knowledge Processes. **Journal of Knowledge Management**, Vol. 9 Iss: 5, p. 85-96, 2005.

YANG, S. J. H. Context Aware Ubiquitous Learning Environments for Peer-To-Peer Collaborative Learning. **Educational Technology & Society**, v. 9 (1), p.188-201, 2006.

YE, J., STEVENSON, G., DOBSON, S. A top-level ontology for smart environments. **Pervasive and Mobile Computing**. v. 7, p. 359-378, 2011.

YU, Z., NAKAMURA, Y., JANG, S., KAJITA, S., MASE, K. Ontology-Based Semantic Recommendation for Context-Aware E-Learning. **Ubiquitous Intelligence and Computing**, Lecture Notes in Computer Science, v. 4611/2007, p. 898–907, 2007. DOI: 10.1007/978-3-540-73549-6\_88.

WILEY, D. **Learning object design and sequencing theory**. 2000, 142f., Dissertation (Doctor of Philosophy). Department of Instructional Psychology and Technology, Brigham Young University.

WIVES, L. K., DEFUDE, B., OLIVEIRA, J. P. M., LIMA, J. V., PETER, Y. Providing Information in an Augmented Campus. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES (ICALT), Jul. 2008, Santander, Cantabria, Spain. **Proceedings...** IEEE Computer Society, p.1-5.

WU, H., HOUBEN, G-J, DE BRA, P. AHAM: A Reference Model to Support Adaptive Hypermedia Authoring. In: ZESDE INTERDISCIPLINAIRE CONFERENTIE INFORMATIEWETENSCHAP, 1998. **Proceedings...** p. 77-88.

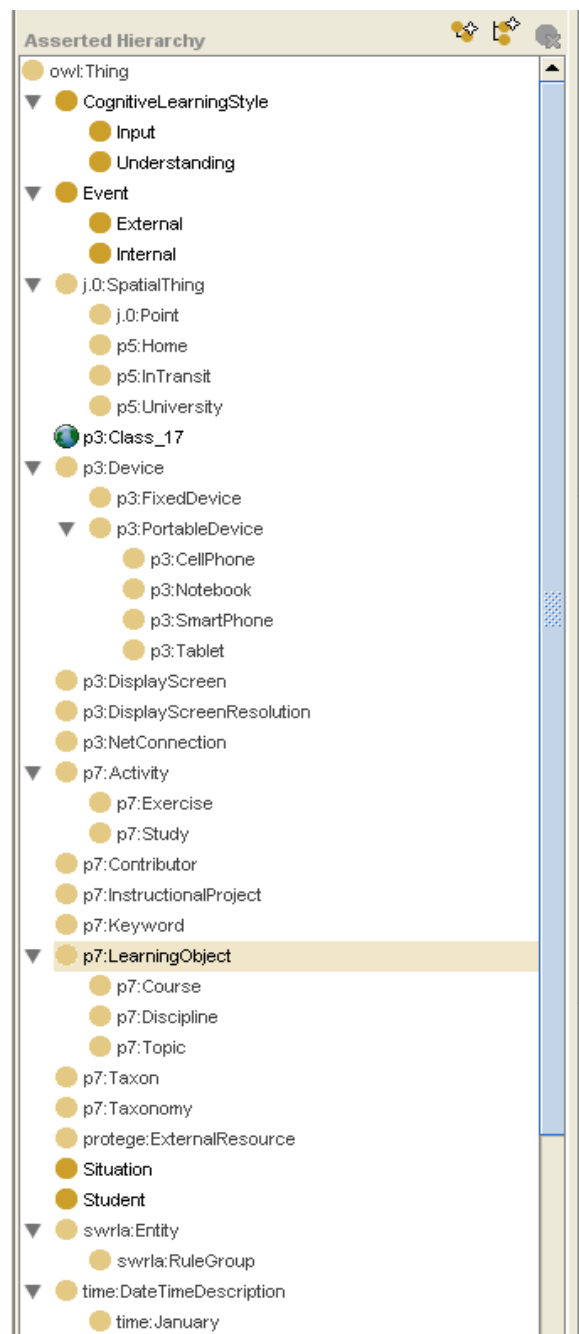
WU, H. A Reference Architecture for Adaptive Hypermedia Systems. In: 3<sup>rd</sup> WORKSHOP ON ADAPTIVE HYPERTEXT AND HYPERMEDIA, Twelfth ACM Conference on Hypertext and Hypermedia (Hypertext'01), 2001, Århus, Denmark. **Proceedings...** p. 221-223.

W3C. Time Ontology in OWL, **W3C Working Draft**, Setembro, 2006. Disponível em <<http://www.w3.org/tr/owl-time/>>.

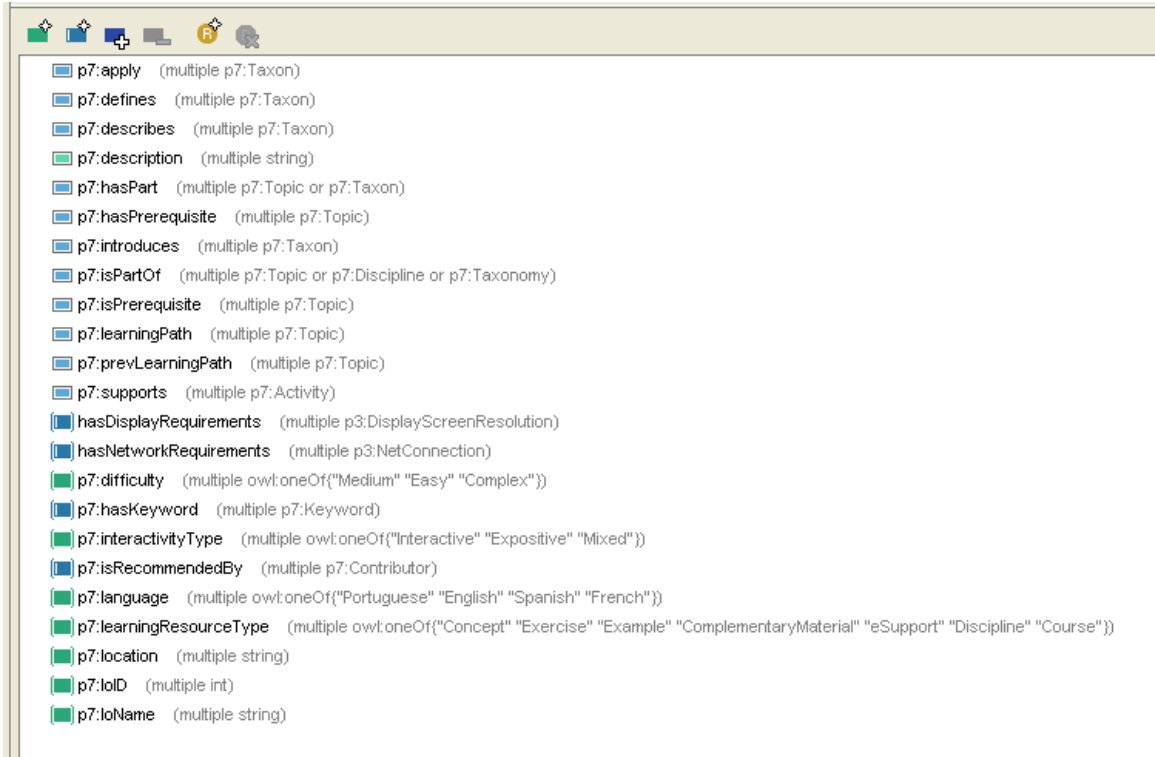
W3C Semantic Web Interest Group. WGS84 Geo Positioning: an RDF vocabulary, 2003. Disponível em: <[http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84\\_pos](http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos)>.

ZHAN, Y., XU, L., MAO, Q. Ontology Based Situation Analysis and Encouragement in E-Learning System. **Technologies for E-Learning and Digital Entertainment**, 2007.

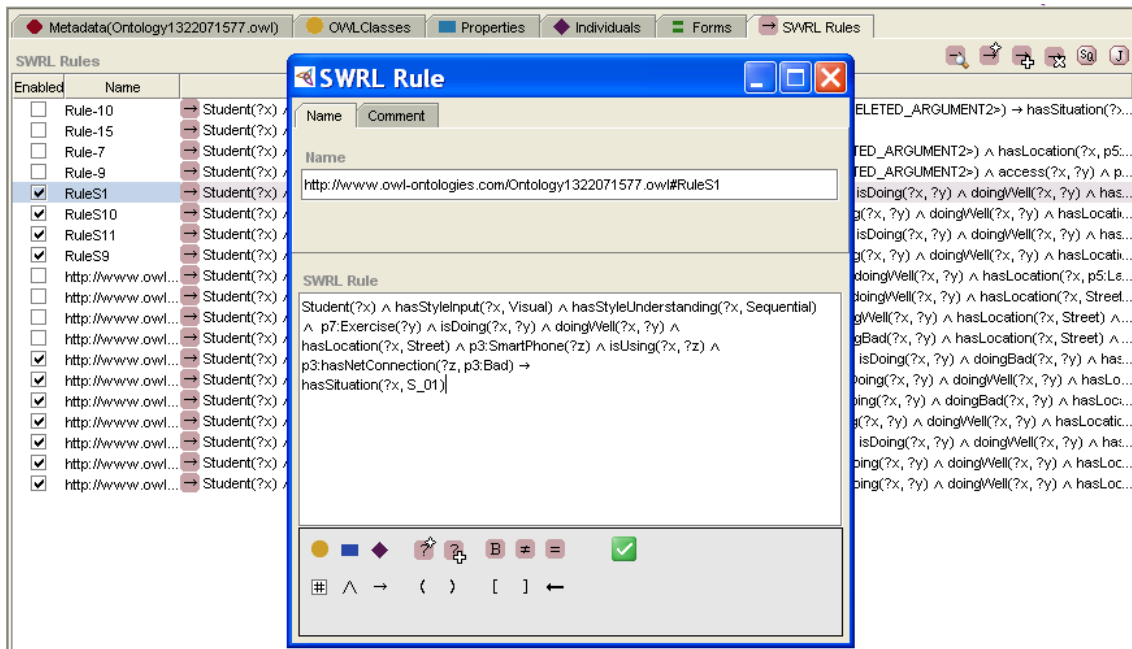
## APÊNDICE A – DIAGRAMAS DA REDE DE ONTOLOGIAS



Algumas das classes da rede de ontologias criada (software Protégé versão 3.4.8)



Propriedades de classe e de objeto da classe “Topico” (software Protégé versão 3.4.8)



Criação das regras (regra S1) com auxílio do software Protégé

## APÊNDICE B – MÉTODOS PARA DETECÇÃO DE SITUAÇÃO

```

import edu.stanford.smi.protege.owl.ProtegeOWL;
import edu.stanford.smi.protege.owl.model.OWLModel;
import edu.stanford.smi.protege.owl.model.OWLOntology;
import edu.stanford.smi.protege.owl.swrl.model.SWRLFactory;
import edu.stanford.smi.protege.owl.swrl.model.SWRLImp;
import edu.stanford.smi.protege.owl.swrl.sqwrl.SQWRLQueryEngine;
import edu.stanford.smi.protege.owl.swrl.sqwrl.SQWRLQueryEngineFactory;
import edu.stanford.smi.protege.owl.swrl.sqwrl.SQWRLResult;
import edu.stanford.smi.protege.owl.swrl.SWRLRuleEngine;
import edu.stanford.smi.protege.owl.model.OWLClass;
import edu.stanford.smi.protege.owl.swrl.SWRLRuleEngineFactory;
import edu.stanford.smi.protege.owl.swrl.bridge.SWRLRuleEngineBridge;
import edu.stanford.smi.protege.owl.swrl.bridge.BridgeFactory;
import edu.stanford.smi.protege.owl.jena.JenaOWLModel;
import java.util.Date;
import java.text.DateFormat;
import java.text.SimpleDateFormat;
import java.net.URI;
import java.sql.*;

public class detectaSituacao {
    public static void main(String[] args) {
        String path = "file:/Ontologias/Student_03.owl";
        String idAluno = args[0];
        String evento = args[1];
        try{
            OWLModel owlModel = ProtegeOWL.createJenaOWLModelFromURI(path);
            new detectaSituacao().atualizaInstancia(idAluno,evento,owlModel);
            SWRLFactory factory = new SWRLFactory(owlModel);
            SWRLRuleEngineBridge bridge =
            BridgeFactory.createBridge("SWRLJessBridge", owlModel);
            bridge = BridgeFactory.createBridge(owlModel);
            bridge.reset();
            bridge.importSWRLRulesAndOWLKnowledge();
            bridge.run();
            bridge.infer();
            new detectaSituacao().commitOntology(null,owlModel);
            String situacao = new detectaSituacao().pesquisaAluno(idAluno);
            String filtro = new detectaSituacao().mapeiaFiltragem(situacao);
            new detectaSituacao().armazenaHistorico(idAluno,evento,
            situacao,filtragem);
        }
        catch (Exception e) {e.printStackTrace();}
    }
}

```

Código principal da classe Java *detectaSituacao*, com a chamada dos métodos

```

public String pesquisaAluno (String idAluno) {
    String retorno = null;
    String novopath = "file:/Ontologias/Student_04.owl";
    try{
        OWLModel owlModel = ProtegeOWL.createJenaOWLModelFromURI(novopath);
        SWRLFactory factoryPesq = new SWRLFactory(owlModel);
        SQWRLQueryEngine queryEnginePesq =
        SQWRLQueryEngineFactory.create(owlModel);
        SQWRLResult resultPesq = queryEnginePesq.runSQWRLQuery("Query-1",
            "Student(" + idAluno + ") ^ hasSituation(" + idAluno + ", ?s)
            -> sqwrl:select(?s)");
        retorno = getFinal(resultPesq.getValue(0)+"");
    }
    catch (Exception e) {e.printStackTrace();}
    return retorno;
}

```

### Código em Java para pesquisa da situação do aluno inferida na ontologia

```

public void armazenaHistorico (String idAluno, String evento, String
                             situacao, String filtro) {
    String url = "jdbc:mysql://localhost:3306/adaptweb";
    String login = "root";
    String senha = "";
    idAluno = getUser(idAluno);
    String data = new novaSituacao().getDateTime();
    try {
        Class.forName("com.mysql.jdbc.Driver").newInstance();
        try {
            Connection con = DriverManager.getConnection(url,login,senha);
            String str = ("UPDATE historico " +
                "SET tempo_final = '"+data+"' WHERE id_evento = (" +
                "SELECT MAX(id_evento) FROM eventos WHERE id_usuario =
                '"+idAluno+"' AND id_evento <> '"+evento+"'"));
            try{
                java.sql.Statement s = con.createStatement();
                int r = s.executeUpdate (str);
            }
            catch (Exception ex){}
        }
        catch (Exception ex){
        }
        try {
            Connection con = DriverManager.getConnection(url,login,senha);
            String str = ("INSERT into historico " +
                "(id_aluno, id_evento, situacao, filtro, tempo_inicial) "+
                "values '"+idAluno+"', '"+evento+"', '"+situacao+'', '"+filtro+'',
                "+data+'")");
            try {
                java.sql.Statement s = con.createStatement();
                int r = s.executeUpdate (str);
            }
            catch (Exception ex){}
        }
        catch (Exception ex){}
    }
    catch (Exception ex){
    ex.printStackTrace(); }
}

```

### Código em Java para armazenamento dos dados na tabela histórico

## ANEXO A – ESTRUTURA DE CONTEÚDOS DA DISCIPLINA TOCI-15

O arquivo XML listado corresponde ao conteúdo da disciplina Educação a Distância (TOCI-15) da prof<sup>a</sup>. Avanilde Kemczinski.

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" standalone="no"?>
  <!DOCTYPE material SYSTEM "c:\AdaptWeb\dtd\Estrutura_Topico.dtd">
<material disciplina="114">
  <topico numtop="1"
    desctop="Processo de ensino-aprendizagem a distância"
    abreviacao="ensino-aprendizagem a distância"
    arquivoxml="1c_processo_ensino_aprendizagem_distancia.xml"
    palchave="ensino-aprendizagem, ead, concietos">
<curso identcurso="143">
<elementos>
<exercico possuiexerc="sim"/>
<matcomp possuiatcomp="sim"/>
</elementos>
</curso>
  <topico numtop="1.1"
    desctop="Evolução da educação a distância"
    abreviacao="História da EAD"
    arquivoxml="1b_evolucao_historica.xml"
    palchave="Evolução histórica, ead">
<curso identcurso="143">
<elementos>
</elementos>
</curso>
  </topico>
  <topico numtop="1.2"
    desctop="Processo ensino-aprendizagem de adultos"
    abreviacao="Educação de adultos"
    arquivoxml="1a_ensino_aprendizagem_adultos.xml"
    palchave="pedagogia, andragogia, ead">
<curso identcurso="143">
<elementos>
<matcomp possuiatcomp="sim"/>
</elementos>
</curso>
</topico>
```

```

    </topico>
    <topico numtop="2"
    desctop="Fundamentos a Educação a Distância"
    abreviacao="Fundamentos a Educação a Distância"
    arquivoxml="1d_fundamentos_ead.xml"
    palchave="Ead">
<curso identcurso="143">
<elementos>
<matcomp possuiatcomp="sim"/>
</elementos>
</curso>
    <topico numtop="2.1"
    desctop="Vantagens e desvantagens da ead"
    abreviacao="Vantagens e desvantagens da ead"
    arquivoxml="1e_vantagens_desvantagens_ead.xml"
    palchave="Vantagens, desvantagens, ead">
<curso identcurso="143">
<elementos>
</elementos>
</curso>
    </topico>
    </topico>
    <topico numtop="3"
    desctop="E-learning"
    abreviacao="E-learning"
    arquivoxml="1f_e_learning.xml"
    palchave="E-learning, conceito">
<curso identcurso="143">
<elementos>
<matcomp possuiatcomp="sim"/>
</elementos>
</curso>
    </topico>
    <topico numtop="4"
    desctop="Ambientes E-learning"
    abreviacao="Ambientes E-learning"
    arquivoxml="1g_ambientes_elearning.xml"
    palchave="Ambientes E-learning, componentes e modalidades">
<curso identcurso="143">
<elementos>
<matcomp possuiatcomp="sim"/>
</elementos>
</curso>
    <topico numtop="4.1"
    desctop="Classificação de Ambientes E-learning"
    abreviacao="Classificação de Ambientes E-learning"
    arquivoxml="1h_classificacao_ae.xml"
    palchave="Classificação, vantagens e desvantagens">
<curso identcurso="143">
<elementos>
<matcomp possuiatcomp="sim"/>

```



```

</elementos>
</curso>
  </topico>
  </topico>
  <topico numtop="5"
  desctop="Referência da aula - PEA-EAD"
  abreviacao="Referência da aula - PEA-EAD"
  arquivoxml="1i_referencias.xml"
  palchave="Referência">
<curso identcurso="143">
<elementos>
</elementos>
</curso>
  </topico>
  <topico numtop="6"
  desctop="Avaliação de Ambientes E-learning"
  abreviacao="Avaliação de Ambientes E-learning"
  arquivoxml="2a_avaliacao_ae_conceito.xml"
  palchave="Conceito, Ambiente E-learning">
<curso identcurso="143">
<elementos>
<exercicio possuiexerc="sim"/>
<matcomp possuimatcomp="sim"/>
</elementos>
</curso>
  <topico numtop="6.1"
  desctop="Modelos de Aprendizagem"
  abreviacao="Modelos de Aprendizagem"
  arquivoxml="2b_avaliacao_ae_pedagogica-modelos.xml"
  palchave="Modelos de Aprendizagem">
<curso identcurso="143">
<elementos>
<matcomp possuimatcomp="sim"/>
</elementos>
</curso>
  </topico>
  <topico numtop="6.2"
  desctop="Avaliação Pedagógica: Uso Educacional"
  abreviacao="Avaliação Pedagógica: Uso Educacional"
  arquivoxml="2c_avaliacao_ae_pedagogica_uso_educacional.xml"
  palchave="Avaliação Pedagógica, Uso Educacional">
<curso identcurso="143">
<elementos>
<matcomp possuimatcomp="sim"/>
</elementos>
</curso>
  </topico>
  <topico numtop="6.3"
  desctop="Avaliação Tecnológica de Ambientes E-learning"
  abreviacao="Avaliação Técnica"
  arquivoxml="2d_avaliacao_ae_tecnologica.xml"

```

```

    palchave="Avaliação Técnica">
<curso identcurso="143">
<elementos>
<matcomp possuiatcomp="sim"/>
</elementos>
</curso>
  <topico numtop="6.3.1"
  desctop="Modelos de Avaliação de Qualidade de Software - Dimensão Técnica"
  abreviacao="Modelos de avaliação - Dimensão técnica"
  arquivoxml="2e_avaliacao_ae_tecnologica_modelos_avaliacao.xml"
  palchave="avaliação técnica">
<curso identcurso="143">
<elementos>
</elementos>
</curso>
  </topico>
  <topico numtop="6.3.2"
  desctop="Visão Geral do Método de Avaliação para Ambientes E-learning"
  abreviacao="Método de Avaliação para Ambientes E-learning"
  arquivoxml="2f_visao_geral_ma_ae.xml"
  palchave="Método de Avaliação para Ambientes E-learning">
<curso identcurso="143">
<elementos>
</elementos>
</curso>
  </topico>
  <topico numtop="6.3.3"
  desctop="Visão Geral do Sistema Interativo de Avaliação para Ambientes E-learning -
SIA-AE"
  abreviacao="Visão Geral do Sistema Interativo de Avaliação para Ambientes E-learning
- SIA-AE"
  arquivoxml="2g_visao_geral_sia_ae.xml"
  palchave="Visão Geral do Sistema Interativo de Avaliação para Ambientes E-learning -
SIA-AE">
<curso identcurso="143">
<elementos>
</elementos>
</curso>
  <topico numtop="6.3.3.1"
  desctop="Adaptação no SIA-AE- Modelo de Domínio e Modelo de Usuário"
  abreviacao="Adaptação - Modelo de Domínio e Modelo de Usuário"
  arquivoxml="2h_adaptacao_sia_ae.xml"
  palchave="Adaptação - Modelo de Domínio e Modelo de Usuário">
<curso identcurso="143">
<elementos>
</elementos>
</curso>
  </topico>
  </topico>
  </topico>
  </topico>

```

```

<topico numtop="7"
  desctop="Autoria no Ambiente Adaptweb"
  abreviacao="Autoria no Ambiente Adaptweb"
  arquivoxml="3a_autoria_adaptweb.xml"
  palchave="Autoria no Ambiente Adaptweb">
<curso identcurso="143">
<elementos>
<matcomp possuiatcomp="sim"/>
</elementos>
</curso>
  </topico>
  <topico numtop="8"
    desctop="Instrução para Construção de Artigo Técnico-Científico"
    abreviacao="Instrução para Construção de Artigo Técnico-Científico"
    arquivoxml="3_Instrucao_artigo.xml"
    palchave="Instrução para Construção de Artigo Técnico-Científico">
<curso identcurso="143">
<elementos>
<matcomp possuiatcomp="sim"/>
</elementos>
</curso>
  <topico numtop="8.1"
    desctop="Artigos - Área - Acessibilidade"
    abreviacao="Artigos - Área - Acessibilidade"
    arquivoxml="3a_Artigos_area_Acessibilidade.xml"
    palchave="Artigos - Área - Acessibilidade">
<prereq identprereq="8"/>
<curso identcurso="143">
<elementos>
<matcomp possuiatcomp="sim"/>
</elementos>
</curso>
  </topico>
  <topico numtop="8.2"
    desctop="Artigos - Área - Ambientes 3D"
    abreviacao="Artigos - Área - Ambientes 3D"
    arquivoxml="3b_Artigos_area_Ambientes_3D.xml"
    palchave="Artigos - Área - Ambientes 3D">
<prereq identprereq="8"/>
<curso identcurso="143">
<elementos>
<matcomp possuiatcomp="sim"/>
</elementos>
</curso>
  </topico>
  <topico numtop="8.3"
    desctop="Artigos - Área - Colaboração"
    abreviacao="Artigos - Área - Colaboração"
    arquivoxml="3c_Artigos_area_Colaboracao.xml"
    palchave="Artigos - Área - Colaboração">
<prereq identprereq="8"/>

```

```

<curso identcurso="143">
<elementos>
<matcomp possuiatcomp="sim"/>
</elementos>
</curso>
  </topico>
  <topico numtop="8.4"
  desctop="Artigos - Área - Educação e Avaliação"
  abreviacao="Artigos - Área - Educação e Avaliação"
  arquivoxml="3d_Artigos_area_Educacao_e_Avaliacao.xml"
  palchave="Artigos - Área - Educação e Avaliação">
<prereq identprereq="8"/>
<curso identcurso="143">
<elementos>
<matcomp possuiatcomp="sim"/>
</elementos>
</curso>
  </topico>
  <topico numtop="8.5"
  desctop="Artigos - Área - Objetos de Aprendizagem"
  abreviacao="Artigos - Área - Objetos de Aprendizagem"
  arquivoxml="3e_Artigos_area_Objetos_Aprendizagem.xml"
  palchave="Artigos - Área - Objetos de Aprendizagem">
<prereq identprereq="8"/>
<curso identcurso="143">
<elementos>
<matcomp possuiatcomp="sim"/>
</elementos>
</curso>
  </topico>
  <topico numtop="8.6"
  desctop="Artigos - Área - TV Digital"
  abreviacao="Artigos - Área - TV Digital"
  arquivoxml="3f_Artigos_area_TV_digital.xml"
  palchave="Artigos - Área - TV Digital">
<prereq identprereq="8"/>
<curso identcurso="143">
<elementos>
<matcomp possuiatcomp="sim"/>
</elementos>
</curso>
  </topico>
  </topico>
  </material>

```