

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

**Em direção a
Agentes Pedagógicos
com dimensões afetivas**

por

MAGDA BERCHT

Tese submetida à avaliação,
como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor
em Ciência da Computação

Profa. Dra. Rosa Maria Viccari
Orientadora

Porto Alegre, dezembro de 2001.

CIP - CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Bercht, Magda

Contribuições para agentes pedagógicos com dimensões afetivas / por Magda Bercht. - Porto Alegre: PPGC da UFRGS, 2001. 152 f. : il.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Computação, Porto Alegre, BR – RS, 2001. Orientadora: Viccari, Rosa Maria.

1. Ambientes de Ensino Inteligentes 2. Afetividade em Máquina 3. Inteligência Artificial 4. Sistemas Multiagentes, Agentes 5. Avaliação Pedagógica 6. Tutores Inteligentes 7. Educação 8. Planos. I. Viccari, Rosa Maria. II. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitora: Profa. Dra. Wrana Panizzi

Pró-Reitor de Ensino: Prof. José Carlos Ferraz Henemann

Pró-Reitor Adjunto de Pós-Graduação: Prof. Dr. Jaime Evaldo Fensterseifer

Diretor do Instituto de Informática: Prof. Dr. Philippe Olivier Alexandre Navaux

Coordenador do PPGC: Prof. Dr. Carlos Alberto Heuser

Bibliotecária-Chefe do Instituto de Informática: Beatriz Haro

*Em memória de Edgar Hugo Bercht,
meu pai.*

Agradecimentos

Sinto-me gratificada por ter tido a oportunidade de viver e participar esta caminhada com tantas pessoas maravilhosas que me apoiaram e que de alguma forma contribuíram com este trabalho e, mesmo incorrendo na possibilidade de omissão involuntária da citação de alguns nomes, não posso deixar de registrar o agradecimento àqueles que compartilharam desta jornada.

Gostaria de poder expressar meu agradecimento à altura da dedicação e orientação segura que minha orientadora, Professora Rosa Viccari, sempre me dedicou. À ela, o meu muito obrigado!

Ao professor Michael Móra e professora Lúcia Maria Giraffa, cujas pesquisas, comentários e sugestões foram de fundamental importância para a execução deste trabalhos, agradeço.

Aos colegas Helena Vauthier, José Otacílio Carollo de Souza, Roberto Cabral de Mello Borges, Laira Vieira Toscani, Ana Lúcia Bazzan, Rafael Heitor Bordini por terem, além de apostado no término deste projeto, me apoiado com conselhos e críticas sempre construtivas, serei sempre grata.

Agradeço a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da UFRGS com quem tive a oportunidade de participar das aulas, seminários e projetos e à direção e a todos os funcionários do Instituto de Informática da UFRGS que não medem esforços para o cumprimento de sua missão.

Agradeço, também, aos meus colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da UFRGS que compartilharam comigo esses anos de estudos e de agradável convivência. De modo especial, aos meus colegas Marcelo Ladeira, Jugurta Lisboa, Ricardo Bastos, Neila Moussale, Ricardo Azambuja Silveira, Carmen D'Amico, Maria Aparecida Souto que me acolheram e prestaram inestimável apoio.

A Harry Moissa e Maurício Moraes que trabalharam no desenvolvimento destas pesquisas e pela contribuição ao trabalho, o meu agradecimento.

Finalmente, ao suporte afetivo, essencial no desenvolvimento de uma tese, estarei sempre devedora :

à minha paciente e maravilhosa mãe Asta e a meus irmãos pela compreensão;

ao meu companheiro França e aos filhos Marlos, Luís Augusto e Laura, frutos de nosso amor, pelo apoio e paciência em todos esses longos anos.

Sumário

Lista de Abreviaturas.....	7
Lista de Figuras	8
Lista de Tabelas.....	9
Resumo	10
Abstract	12
1 Introdução	14
1.1 Contexto deste trabalho	14
1.2 Motivação	16
1.3 Objetivos.....	18
1.4 Contribuições	18
1.5 Organização	19
2 Ambientes de Ensino e Aprendizagem	21
2.1 Definições e Classificações	21
2.2 Sistemas Tutores Inteligentes	24
2.3 Estrutura e Arquiteturas	25
2.4 Avaliação Pedagógica e do Aprendizado.....	30
2.5 Modelo do Aluno.....	32
3 Agentes.....	36
3.1 Introdução	36
3.2 Agentes, Sistemas Multiagentes	37
3.3 Agentes Pedagógicos.....	40
3.4 Agentes e Estados Mentais.....	42
3.4.1 Arquitetura BDI.....	44
3.4.2 Outras arquiteturas com estados mentais.....	46
3.4.3 O modelo de Móra usado na tese	49
3.5 Exemplos de STIs construídos com tecnologia de Agentes.....	54
3.5.1 Tutor desenvolvido por Moussalle, Viccari e Corrêa.....	55
3.5.2 MCOE.....	56
3.6 Referências que apresentam a área	57
4 Sobre emoção e máquina	59
4.1 Introdução	59
4.2 Emoções e Afetividade	59
4.3 Algumas definições	64
4.4 Sobre afetos e emoção em/de máquina:.....	65
4.5 O estado da arte: algumas pesquisas	66
4.6 Considerações sobre o estado da arte	74
4.7 Sobre modelos e influências em projetos de Sistemas Afetivos.....	75

4.8	Em direção a propositura	89
5	Dimensões Afetivas em Agentes Pedagógicos	92
5.1	Ambiente de teste.....	95
5.1.1	O contexto de aplicação.....	97
5.1.2	Coreografia dos estados mentais no modelo de Móra.....	105
5.2	Estudo de Casos	108
6	Conclusões e perspectivas de trabalhos futuros	116
6.1	Limitações	118
6.2	Trabalhos Futuros	119
	Anexos.....	121
	Anexo 1 O protótipo Eletrotutor.....	121
A1.1	Estratégia de Ensino	122
	Anexo 2 Agente Identificador de fatores Afetivos e Motivacionais	124
A2.1	Sistema de comunicação.....	127
	Anexo 3 Exemplo do conteúdo do arquivo do tutor	133
	Anexo 4 Publicações	136
	Bibliografia.....	137

Lista de Abreviaturas

- AEAC - Ambientes de Ensino Aprendizagem Computadorizados
BDI - sistema que utiliza paradigma de crenças, desejos e intenções
CAI - Computer Aided Instruction
CBR - Case Base Reasoning
EC – Event Calculus
ELP - Extended Logic Programming with explicit negation
GIA- Grupo de Inteligência Artificial
IA - Inteligência Artificial
IAD - Inteligência Artificial Distribuída
ICAI - Intelligent Computer Aided Instruction
IE – Informática na Educação
ILE – Intelligent Learning Environment
IPD – Iterated Prisoner’s Dilemma
ITS - Intelligent Tutoring Systems
MAS - Multi-agent systems
MIT - Massachussets Institute of Technology
MCOE - Multi-Agent Co-operative Environment
MOO - Multiple User Object Oriented Environment
MUD - Multiple Use Dimension
PLN - Processamento de Linguagem Natural
RV - Realidade Virtual
SBC - Sistemas Baseados em Conhecimento
SEM - Sociedade dos Estados Mentais
SLX - Selected Linear resolution for eXtended programs
SMA - Sistemas Multiagentes
STI - Sistemas Tutores Inteligentes
UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul
WFSX - Well-Founded Semantics eXtended for explicit negation
X-BDI – Sistema de Modelagem e Desenvolvimento de agentes de arquitetura
BDI.

Lista de Figuras

FIGURA 2.1 - Taxionomia de programas educacionais ([GIR99])	22
FIGURA 2.2 - Arquitetura padrão.....	26
FIGURA 3.1 - Esquema de um agente cognitivo genérico	39
FIGURA 3.2 - Interações entre os agentes locais:AC, AD, AI e AE.....	47
FIGURA 3.3 - Arquitetura BVG.....	49
FIGURA 3.4 - Elementos da linguagem X-BDI.....	52
FIGURA 3.5 - Arquitetura de um STI: agentes como estados mentais[MOU96].....	55
FIGURA 3.6 - Arquitetura do tutor no ambiente MCOE [GIR99].....	57
FIGURA 4.1 - Dispositivos conectados ao Thought Technology Procom Encoder Unit	67
FIGURA 4.2 - Lizzy – protótipo trajável.....	69
FIGURA 4.3 - Tigrão Afetivo – brinquedo para comunicação afetiva	70
FIGURA 4.4 - Etapas e funções de um Sistema Afetivo completo.....	78
FIGURA 4.5 - Diagrama de um módulo reconhecedor de padrão afetivo.....	79
FIGURA 4.6 - Espaço de Emoções segundo Lang.....	82
FIGURA 5.1 - Dimensão Afetiva no Modelo do Aluno	92
FIGURA 5.2 - Ambiente de testes.....	95
FIGURA A1.1 - Arquitetura do ambiente Eletrotutor III (adaptado p/incluir novos agentes) 1211	
FIGURA A1.2 - Interface com conteúdo de lições.....	123
FIGURA A1.3 - Tela de exercício do Eletrotutor III.....	124
FIGURA A1.4 - Tela de abertura do Eletrotutor III.....	124
FIGURA A2.1 - Esquema hierárquico dos eventos e atributos relevantes.....	125
FIGURA A2.2 - Arquitetura do Agente Percepção[MOI2001].....	127
FIGURA A2.3 - Arquitetura do Ambiente.....	128
FIGURA A2.4 - Tela de abertura referente a aplicação com agente perceptivo.....	129
FIGURA A2.5 - Tela de detalhamento dos fatores afetivos.....	31
FIGURA A2.6 - Tela de simulação de eventos.....	132
FIGURA A2.7 - Tela de conteúdo referente à aplicação com agente perceptivo[MOI01].....	132

Lista de Tabelas

TABELA 2.1 - Estratégias mais usadas	29
TABELA 4.1 - Capacidades para um Sistema Afetivo (adaptada de Picard [PIC97]).	76
TABELA 4.2 - Características para emoções	81
TABELA 4.3 - Geração de emoções de Ira Roseman ([PIC97])	87
TABELA 5.1 - Elementos componentes do Ambiente de Testes	98
TABELA 5.2 – Elementos do ambiente de teste e suas propriedades	99
TABELA 5.3 – Estratégias e Táticas do ambiente de testes	101
TABELA 5.4 - Propostas de ações baseadas no desempenho (experimento baseado no Eletrotutor III [SIL2001]).....	102
TABELA 5.5 - Ações do agente pedagógico	103
TABELA 5.6 - Modelo de Confiança	104
TABELA 5.7 - Modelo de Esforço	104
TABELA 5.8 - Modelo de Independência	105

Resumo

O contexto desta tese é a Inteligência Artificial aplicada à Educação, especificamente a área dos Sistemas Tutores Inteligentes (STI). Apesar das características multidisciplinares e interdisciplinares, a preocupação maior do trabalho se dá quanto aos aspectos computacionais. A multidisciplinaridade está na relação entre os aspectos educacionais, filosóficos e psicológicos inerentes a toda construção de um software educacional, e a interdisciplinaridade acontece no relacionamento da IA com a Informática na Educação.

Esta tese propõe o uso de aspectos afetivos como apoio à decisão de ação por parte de um STI. As nossas hipóteses fundamentais são: um sistema de ensino e aprendizagem computacional deve levar em consideração fatores afetivos tornando mais flexível a interação; e a arquitetura de um sistema computacional de interação em tempo real com agentes humanos deve prever explicitamente, em sua arquitetura básica, as crenças e o raciocínio afetivos. Para demonstrar essas idéias, foi definida uma arquitetura para apoiar um STI de modo a reconhecer alguns fatores afetivos, representativos de estratégias de ação de agentes humanos em interação com sistemas. Esse reconhecimento é realizado através de construções retiradas dos comportamentos observáveis do agente humano em contextos determinados. A arquitetura prevê um Sistema Multiagente para executar a percepção de fatores afetivos e da conduta do aluno em interação e de um agente pedagógico, representando o tutor.

O agente tutor é modelado através de estados mentais e é responsável pelo raciocínio de alto nível. O modelo computacional de agentes de Móra [MÓR2000] foi utilizado para implementar o “kernel cognitivo” (termo cunhado por Móra e Giraffa [GIR99] que designa a parte responsável pela deliberação). O “kernel cognitivo” decide que ações tomar para um conjunto de características de uma avaliação pedagógica. A utilização de fatores afetivos e da avaliação cognitiva de situações emocionais permite a flexibilização das estratégias quanto à adaptabilidade a agentes humanos. Particularmente, foi adotado o enfoque cognitivo para análise de situações, baseado em teorias cognitivistas sobre emoções.

O uso de tecnologia multiagente, no enfoque mentalístico, especificamente BDI (Belief, Desire, Intention) e da ferramenta X-BDI, permite a formalização e construção de um tutor atuante na avaliação pedagógica. A modelagem do aluno passa a ser constituída de aspectos qualitativos e quantitativos. Estudos de casos são apresentados, em situações que consideram os fatores afetivos e nas mesmas situações sem estas considerações. As decisões do tutor para agir são analisadas e confrontadas. Os resultados mostram um impacto positivo na adaptabilidade e ação pedagógica do tutor, sendo coerente com as teorias modernas [SAL97],[DAM2000] sobre as emoções que as consideram partes fundamentais para agir.

A maior contribuição desta tese está na agregação de raciocínio sobre a afetividade envolvida em situações de ensino aprendizagem de agentes humanos e artificiais e avança dentro da perspectiva de pesquisa do grupo de IA da UFRGS, quanto ao desenvolvimento de Ambientes de Ensino e Aprendizagem modelados com tecnologia multiagente, com o uso da metáfora de estados mentais.

Palavras-Chave: Inteligência Artificial, Ambientes de Ensino Inteligentes, Informática na Educação, Computação Afetiva.

TITLE: "TOWARDS A PEDAGOGICAL AGENT WITH AFFECTIVE DIMENSIONS"

Abstract

The present thesis takes place in the context of Artificial Intelligence applied to education, mainly the domain of the Intelligent Tutoring Systems (ITS). Although it presents some multi and interdisciplinary characteristics, we focused our attention on computational aspects. Multidisciplinary is given by the educational, philosophical and psychological aspects involved in and inherent to all the construction of an educational software, as well as the interdisciplinary character is in the relationship between AI and Computer Science and Education.

The present work proposes the use of affective aspects as decision support to the action of an ITS. Our fundamental hypotheses are that a computational teaching learning system should take into account affective factors in a way of making interaction more flexible; and, second, that a computational system architecture in real time with human agents must explicitly preview belief and affective reasoning in its basic architecture. In order to demonstrate these ideas, we defined an architecture to support an ITS in a way of recognizing some affective factors that represent action strategies of humans in interaction with artificial agents. This acknowledgement is accomplished through constructions withdrawn from the human agent's observable behavior in certain contexts. The architecture previews a Multiagent System to perform the perception of affective factors and the student and pedagogical agent's behavior during interaction.

The tutor agent is modeled through mental states and is responsible for high level reasoning. We used the agents' computational model developed by Móra [MÓR2000] to deploy the "cognitive kernel". The tutor's "cognitive kernel" takes decisions concerned to pedagogical actions for a set of characteristics of a pedagogical evaluation. The use of affective factors and the cognitive evaluation of emotional situations allows to make flexible the action strategies of a tutor system due to its adaptability to human agents. Particularly, was adopted a cognitive focus in the analysis of emotional situations.

The use of multiagent architecture, in the mentalistic approach, and of X-BDI tools allows the formalization and construction of a tutor that considers affective factors for a more appropriate action. The student modeling is then composed qualitative and quantitative aspects. We present case studies in situations that consider affective aspects and in the same situations without these considerations. The tutor decisions are analyzed and compared. Results show a positive impact on adaptability and tutor pedagogical action, being coherent with modern theories about emotions, which consider these fundamental points in decision taking.

The major contribution of this work is in aggregating reasoning about affectivity involved in teaching-learning situations of human and artificial agents, as well as it advances within the research perspective of the AI group of UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) regarding the development of Teaching and Learning Environments modeled with a multiagent architecture, using mental states metaphor.

Keywords: Artificial Intelligence, Intelligent Learning Environments, Computers in Education, Affective Computation.

1 Introdução

1.1 Contexto deste trabalho

A pesquisa no domínio da Inteligência Artificial aplicada na Educação tem se mostrado muito ativa, mas, devido à atual visão sobre os processos de ensino e aprendizagem humana e ao advento de novas tecnologias para implantação de salas de aulas e mundos virtuais, permitindo uma nova interação¹ social mediada por computadores, impõem-se novas abordagens para a avaliação pedagógica. Essas novas perspectivas necessitam de novas formas de avaliar o aluno e da introdução de características qualitativas ao processo. A avaliação do processo de ensino e aprendizagem deve ir além da verificação do atingimento dos objetivos em relação ao domínio, levando em consideração o afeto e as emoções² subjacentes do aluno em interação, visto elas interferirem profundamente nos processos mentais (memória, raciocínio, atenção e motivação, ...), o que pode auxiliar ou prejudicar a aprendizagem (em Damásio[DAM2000], Furth [FUR95], Bercht [BER2000]).

Tem-se de considerar que, ao se tratar de sistemas que se relacionam com o homem, a essência da funcionalidade da computação, está-se referindo a um mesmo sujeito, o sujeito que age e raciocina sobre o mundo. Sendo assim, a saída para um sistema adaptativo e funcionalmente eficiente nas interações humanas deve ser buscada na integração (ou interação) da emoção versus razão, fugindo da visão cartesiana³. A maioria das pesquisas em Inteligência Artificial (IA) ignorava os mecanismos emocionais e motivacionais. Mas, já o pioneiro Herb Simon [SIM79], colocou, nos primórdios das pesquisas da IA, na década de 60, que os modelos cognitivos deveriam ser vistos como os causadores da emoção se quisessem se aproximar do que era realmente a mente. Por sua vez, Alan Newel [NEW89] afirmava que é necessário integrar emoções à Ciência Cognitiva, um dos pilares da IA.

Um dos marcos iniciais da mudança de paradigmas para uma visão mais humanística na modelagem dos processos computacionais se deu em um workshop promovido pela Vrije Universiteit Brussel e o MIT, em 1991, com a presença de Francisco Varela entre outros [STE95]. Varela [VAR95], nesse encontro, coloca as

¹ No âmbito deste trabalho, o termo interação é usado de forma autocontida e corriqueira, mas que se aproxima das noções de interação real de Moran[Mon2000] e interação reativa de Primo [PRI2000]. Maiores definições sobre a definição de interação podem ser vistas nas pesquisas de Márcia Campos [CAM2001].

² As noções de emoção e afeto são desenvolvidas no capítulo IV, mas pode-se adotar inicialmente que: a) emoção é o nome de um conjunto de fenômenos derivados de um núcleo biológico comum aos seres vivos, como os primários (medo, alegria, tristeza, raiva, surpresa, repugnância), os secundários (ciúme, embaraço, culpa, orgulho,..), os de fundo (humor, calma, tensão), os impulsos e motivações [DAM2000]; e b) afetividade é a integração do domínio de emoções, dos sentimentos das emoções, das experiências sensíveis e da capacidade em se poder entrar em contato com sensações.

³ Visão cartesiana: a noção filosófica tradicional sobre a natureza da racionalidade: de separação dos processos mentais “inteligentes” sem emoções (a razão) e da emoção, considerada como “não-inteligente, “primária”; razão e emoção pertencentes a sistemas mentais e neurológicos diferentes[DAM96].

principais mudanças sugeridas por essa nova visão de Inteligência Artificial (IA), afirmando que a percepção não consiste na recuperação de um mundo pré-determinado, mas muito mais em um guia de alterações em um mundo que é inseparável de capacidades sensório-motoras.

Varela [VAR95] defende que as estruturas cognitivas emergem de padrões recorrentes da ação guiados pela percepção. Essa visão de ações guiadas pela percepção mostra claramente a necessidade de se destacar as percepções sensoriais afetivas e seus desdobramentos em processamentos afetivos no córtex [DAM96], [DAM2000].

Esta tese possui um contexto bastante amplo; fato que decorre da multi e interdisciplinaridade⁴ dos domínios envolvidos, mas, ao mesmo tempo, o trabalho busca ser pontual quando se aplica às contribuições à área dos Ambientes de Ensino e Aprendizagem, especificamente os Sistemas Tutores Inteligentes (STIs). Apesar das incursões necessárias em domínios outros que não a Ciência da Computação, a preocupação está centrada nos aspectos computacionais.

Situa-se na área da Inteligência Artificial e, em especial, se aplica à Informática na Educação. Os domínios que formam a rede em que esta pesquisa se apóia são: Educação, Psicologia, Ciência Cognitiva (não entrando no mérito se a Ciência Cognitiva engloba ou não a IA e a Psicologia, conforme alguns autores, Andler em [ANL98], Teixeira em [TEI98], Eysenck em [EYS94]), e a Filosofia.

Particularmente, esta pesquisa foca o problema de decisão de um sistema de apoio à aprendizagem ou um STI em que pese sua adaptabilidade (estratégias de interação, de ensino) ao processo de ensino e aprendizagem, que leva em conta os afetos e as emoções inferidas através de observáveis comportamentais do aluno em interação. Entende-se por observáveis comportamentais todas as ações de um agente passíveis de serem identificadas por um sistema ou agente artificial e que são consideradas importantes definidoras de comportamentos, conforme visão dos projetistas. Por exemplo, tomam-se neste trabalho referenciais para identificação da motivação em trabalhar com um agente tutor como os fatores persistência em desenvolver tarefas e problemas e a sensação inferida de independência do aluno. Os observáveis comportamentais, podem ser, no caso, os elementos considerados na análise de identificação dos fatores, como a quantidade de vezes que um aluno desenvolve a mesma tarefa, a desistência na execução de um problema e o número de vezes que o sistema atua oferecendo ajuda ao aluno.

Esta abertura ou conscientização para o estudo das emoções se deu a partir de estudos em STI, quando se investigava como se dão os processos de adaptação de um professor, de um tutor às necessidades dos alunos e de como se processa a avaliação pedagógica para determinação da aprendizagem. Em uma interação de ensino-aprendizagem, vários são os fatores envolvidos, mas, de modo forte e determinante, verifica-se que a percepção dos fatos, o raciocínio e a tomada de decisões são influenciados pela atuação dita afetiva do professor e das condições globais do estado mental do aluno [BER2000a]. A utilização de fatores afetivos e da avaliação cognitiva de situações emocionais permite a flexibilização das estratégias de ação de um sistema

⁴Multidisciplinaridade: integração de várias áreas do conhecimento para a resolução de problemas, estudo de fenômenos, conforme em [MIC98]

Interdisciplinaridade: comum a diversas disciplinas, conforme em [MIC98].

tutor quanto a sua adaptabilidade a agentes humanos. No caso específico dos trabalhos para esta pesquisa, foi adotado o enfoque baseado na teoria cognitivista sobre emoções de Ortony et al. [ORT99], pois o paradigma cognitivista de se “trabalhar” com emoções permite seu uso para análise de situações passíveis de gerar emoções.

A construção de um STI que, levando em conta o estado afetivo e as crenças do aluno em relação ao domínio, se adapte a ele, ainda está longe de ser o que pretendíamos que fosse, porém inicia-se um trabalho que acreditamos ser importante para o desenvolvimento da área.

Não é idéia conduzir estudos no domínio das emoções humanas, mas pode-se, nesta pesquisa, ver uma oportunidade de aprender um pouco mais sobre elas. O interesse maior não é o estudo das emoções *per si*, mas sim, a funcionalidade das emoções transpostas a sistemas computacionais.

Por outro lado, optou-se pela utilização da tecnologia multiagente, pois, além de trazer inerente a flexibilidade e modularidade de projeto, permite uma visualização do relacionamento entre os processos mentais cognitivos e a emergência de emoções que possam vir a ocorrer neste mesmo tempo da interação.

1.2 Motivação

Os STIs, em geral, buscavam suas bases nos paradigmas das aulas tradicionais e na instrução, e a aplicação dessas, em um sistema de ensino por computador, se dá através de estratégias de ensino que geralmente correspondem a um conjunto de planos [WEN87], [PER99] pouco flexíveis, uma vez que sua representação normalmente é feita através do controle das seqüências do próprio processo instrucional.

Entretanto, os STIs, apesar de incorporarem técnicas de Inteligência Artificial, não atenderam muitas das expectativas prometidas em relação aos CAIs⁵, especialmente no que se refere à adaptabilidade das estratégias de ensino ao aluno e à avaliação do aluno durante o processo de ensino e aprendizagem que leve em consideração fatores motivacionais e individuais como colocado em [BER2000], [GIR99], [BET94]. Levar em conta as características do aluno de maneira a melhor explorar os conteúdos, com comportamentos cada vez mais inteligentes, instigando-o no processo de aprender, tem sido uma das principais linhas de pesquisa na área.

O conhecimento da prática pedagógica nos atuais STIs é, na maioria dos casos, baseada em aspectos do processo instrucional do domínio, ou conteúdo em detrimento dos aspectos motivacionais e emocionais do aluno (em Soldato [SOL95], Akhras [AKH96], Vicente [VIE98]). Mesmo nos sistemas em que existe a preocupação com fatores motivacionais e emocionais do aluno em interação, a teoria que dirige as decisões da ação pedagógica⁶ está incorporada de forma implícita nos procedimentos do sistema em contraste com a representação explícita do domínio [BUR88], [GIR99]. Além disso, a Educação vem sendo influenciada pela Ciência Cognitiva, trazendo novas idéias, principalmente em relação à formação e construção do conhecimento.

⁵ CAI: Computer Aided Instruction - ou Sistemas de instrução auxiliados por computador foram os primeiros softwares educacionais que atendiam a idéia de ter-se um auxiliar artificial de ensino. Não utilizam técnicas de IA.

⁶ Ação pedagógica: entende-se as ações que são tomadas pelo tutor no sentido de melhorar o apoio ao processo de aprendizagem do aluno, desde a disponibilização de recursos até a comunicação de mensagens, dicas ou auxílios através de qualquer meio (áudio, texto, janelas, ..) até alterações em suas estratégia de abordagem ou de ensino.

Normalmente, a avaliação pedagógica em um STI está baseada em *quanto* um aluno conhece sobre um determinado tópico ou domina uma habilidade específica, o que acarreta estudar e detectar o conhecimento do aluno em relação ao domínio. Cabe destacar que o modelo do aluno, ao guiar as decisões do tutor, deve ter a capacidade para representar todas as qualidades possíveis para uma avaliação pedagógica, tanto quantitativa (desempenho) como qualitativa (fatores e características afetivas do aluno). Entretanto, ao se levar em conta os fatores motivacionais e afetivos, a avaliação pedagógica do aluno se complementa, pois adiciona-se *qual a intensidade em desenvolver* (predisposição) seu aprendizado. Como decorrência, um STI necessita estender o conhecimento e procedimentos relativos à detecção e análise dos estados afetivos do aluno (em André [AND97] e Elliot [ELL99]).

O aluno, em sua representação no sistema – modelo do aluno-, é uma das partes mais complexas e, ao mesmo tempo, frágeis de um STI, devido a problemas ainda não resolvidos, como as capacidades tecnológicas do hardware e software, o pouco conhecimento que se tem sobre os processos de aprendizagem de um aluno, a imprecisão e subjetividade dos fatores emotivos e motivacionais envolvidos em ambientes de ensino e aprendizagem, o problema da representação do conhecimento pedagógico e tantos outros.

Entretanto, hoje já se encontram pesquisas que consideram os fatores motivacionais e emocionais no comportamento dos alunos em interação de ensino e aprendizagem que podem ser estudados em: Soldato [SOL95], Elisabeth André [AND97], Yin [YIN98], Clark Elliott [ELL99], grupo do MIT [<http://vismod.www.media.mit.edu/vismod/demos/affect>], o agente pedagógico Vincent desenvolvidos por Paiva e Machado [PAI99], os trabalhos de Lester e Stone [LES2000]. Esses trabalhos iniciaram uma nova proposta, a de também se preocupar com os aspectos afetivos de uma interação quando alunos se encontram em processo de aprendizagem. A linha que está se desenvolvendo é a que aplica a idéia de agentes que podem usar recursos multimídia de modo a interagir com o aluno-usuário com comentários, sugestões, críticas, auxílios e dicas, representando as táticas do sistema ou ambiente de ensino-aprendizagem que o contém.

Além disso, com a aplicação educacional de alguns dos conceitos constituídos pelas teorias desenvolvidas por Piaget, Vigostky e outros, exigem-se novas propostas, como a de Tutores Inteligentes com uma perspectiva orientada ao processo de aprendizagem [AKH95,96], ou orientada aos processos cognitivos em uma determinada área do conhecimento [GIR99]. Essas mudanças de paradigmas, quer pedagógicas, tecnológicas e/ou sociais requerem, naturalmente, alterações nas arquiteturas dos STI. Muitas dessas novas propostas estão situadas na área de Inteligência Artificial Distribuída (IAD). As arquiteturas que utilizam tecnologias multiagentes e hipermídia têm aberto novas possibilidades em viabilizar essas mudanças. Nas novas propostas, encontram-se aplicações de IAD através de modelagem de agentes [WEH99] e arquiteturas afins, de aplicações de estados mentais na elaboração da interação de agentes aluno e tutor Moussalle [MOU96], Giraffa [GIR99], Silveira [SIL2001] e outras, envolvendo a metáfora de agentes inteligentes cooperantes implementada através de uma arquitetura multiagente como se pode ver em [COS95], [WIL97], [D'AM99], [SIL2001], ou adoção de personagens animados e agentes pedagógicos [JOH2000], [LES2000].

Esta tese está inserida no conjunto de pesquisas do GIA/UFRGS (Grupo de Inteligência Artificial da UFRGS), onde desenvolvem-se STI com utilização de tecnologia multiagente. Parte das pesquisas se volta para modelagem de STI para WEB,

como em Silveira [SIL2001]; outras se preocupam com o problema do modelo do aluno, como no ambiente projetado por D'Amico [D'AM99], entre outros. Destaque merecem os trabalhos de Giraffa e Viccari [GIR99], vertente de como solucionar algumas das questões relacionadas com a nossa implementação. As pesquisas de Giraffa e Viccari constituem um STI, como um Sistema Multiagente (SMA), com agentes reativos e deliberativos, esses sendo modelados através de estados mentais. Entretanto, os estados mentais do modelo de aluno em Giraffa não contemplam a afetividade inerente ao processo de interação, sendo uma das outras fontes de motivação deste trabalho, a agregação de fatores afetivos como parte do estado mental de um agente.

1.3 Objetivos

Esta pesquisa aborda parte do processo cognitivo-emocional humano, envolvido em uma situação de aprendizagem, propondo um modelo computacional que contribua para o entendimento deste processo e adapte um sistema tutor às condições estimadas através de comportamentos emocionais e motivacionais apresentados pelo aluno.

As seguintes questões foram consideradas:

1. um sistema de ensino e aprendizagem computacional deve levar em consideração fatores afetivos de modo a tornar a interação com o aluno mais flexível e adaptável;
2. a arquitetura de um sistema computacional de interação em tempo real com agentes humanos deve prever, em sua arquitetura básica, a estrutura explícita para as crenças e o raciocínio afetivos.

Para isso, é apresentada uma modelagem para um Modelo do Aluno de um STI como um elemento ativo na diagnose do estado mental, particularmente o afetivo de um aluno. O uso de tecnologia SMA, no enfoque mentalístico, permitiu a formalização e construção de “kernel cognitivo” para um tutor realizar uma avaliação pedagógica que considera fatores afetivos e motivacionais para uma ação mais apropriada, ou mesmo da flexibilização das estratégias quanto a sua adaptabilidade a agentes humanos.

1.4 Contribuições

Muitos são os trabalhos hoje que desenvolvem STI buscando sempre melhores condições para se ajustar ao aluno em interação, principalmente quanto às suas características cognitivas, ao seu desempenho em relação ao conteúdo e às habilidades objetivadas, como se pode ver em Frasson [FRA97], em Vassileva [VAS97], em Giraffa [GIR99], em Johnson [JOH2000]. Também na idéia de personalização e adaptação de um tutor ao sujeito em interação, outras propostas vêm sendo desenvolvidas, como pesquisas sobre a identificação dos fatores motivacionais ou características de personalidades, como se pode ver em Soldato [SOL95], em André [AND97] e em D'Amico [D'AM99].

Existem pontos em comum de nosso trabalho com aqueles que consideram fatores motivacionais dos alunos, tanto na identificação desses fatores, como na alteração do comportamento do tutor em função do estado atual do aluno (adequação das estratégias de ensino), pois buscou-se auxílio nas pesquisas de Soldato [SOL95] e do grupo do MIT (ver item 4.5).

Entretanto, as diferenças desta pesquisa em relação às mencionadas podem ser destacadas pelos itens:

- ◆ adição do raciocínio sobre situações afetivas envolvidas em interação de ensino aprendizagem;
- ◆ uma descrição qualitativa do modelo do aluno com características afetivas, caracterizando um modelo mais completo que se altera dinamicamente à medida que o comportamento do aluno se modifica;
- ◆ alteração do comportamento do tutor em função do estado atual do aluno (adequação das ações tutoriais) é dinâmica;
- ◆ avaliação pedagógica mais completa, uma vez que toma por base a consideração de fatores afetivos e motivacionais para dirigir a conduta de um STI.

Muitas pesquisas têm sido desenvolvidas em modelagem e desenvolvimento de STI através do uso da tecnologia de agentes, como se observa em Costa [COS95], em Lewis [LEW97], em Yin [YIN98], em Rugian [RUQ98], em [ELL99] e tantos outros. No grupo de pesquisas GIA/UFRGS, do qual esta tese faz parte, também tem-se realizado modelagem e desenvolvimento de STIs através de sistemas multiagentes, como nos trabalhos de Neila Moussale [MOU96], Lúcia Giraffa [GIR99], Carmen D'Amico [D'AM99], e Ricardo Silveira [SIL2001]. Esse grupo tem desenvolvido muitas de suas pesquisas em projetos de STIs com uma abordagem mentalística. Dentro desse contexto, as contribuições deste trabalho científico estão:

- na adaptação de um STI a um aluno considerando seu estado mental afetivo em relação à situação de ensino e aprendizagem;
- no modelo do aluno baseado em estados afetivos e cognitivos que permitem uma descrição mais precisa sob o ponto de vista qualitativo de um aluno. Permite que um aluno possa ser interpretado mediante valores que não somente de desempenho ou baseado em perfis estatísticos;
- na utilização de um raciocínio, baseado em arquitetura BDI, especificamente o X-BDI (desenvolvido por Michael Móra [MÓR2000] e utilizado em aplicações em IE já iniciadas por Giraffa [GIR99]), para determinação de informações sobre um aluno sem a necessidade de usar modelagens tradicionais como estereótipos, perfis, overlay, ... Constrói-se um espelho do aluno dinamicamente, através de sua interação, de seu comportamento e da identificação de seus fatores motivacionais e afetivos em ambiente de ensino e aprendizagem;
- no estudo da adequação do paradigma BDI como ferramenta para a escolha da ação em que pese fatores afetivos.

1.5 Organização

O texto é constituído de 6 capítulos, de 4 anexos e da bibliografia. O primeiro capítulo é a presente introdução; os anexos compõem exemplos de arquivos e listagens do protótipo, análises referentes ao protótipo e publicações referentes aos assuntos específicos da tese.

Os demais se apresentam com a seguinte organização:

Capítulo 2: considerações sobre ambientes de ensino e aprendizagem, apresentação de alguns STIs modelados através da tecnologia de agentes; considerações sobre avaliação pedagógica e aprendizagem humana, estratégias e ensino do tutor, e exemplos da interação de sistema tutor com agente aprendiz;

Capítulo 3: considerações sobre agentes, as teorias mentalísticas e o formalismo adotado nesta tese e considerações sobre a utilização do paradigma de estados mentais para raciocinar sobre emoções;

Capítulo 4: apresentação de um resumo sobre a área da afetividade e emoções humanas; apresentação de alguns trabalhos e pesquisas do tema dentro da Inteligência Artificial e, por último, um item referente às integrações dos estudos e discussões desenvolvidos durante o caminho das pesquisas realizadas;

Capítulo 5: a arquitetura proposta para um tutor com raciocínio sobre a afetividade envolvida, descrição do ambiente de testes e estudo de casos;

Capítulo 6: exposição das conclusões obtidas dos trabalhos da pesquisa e das limitações e apresentação de perspectivas de trabalhos seqüentes.

2 Ambientes de Ensino e Aprendizagem

Este capítulo trata de algumas das questões pedagógicas e psicológicas que influenciam o projeto e o desenvolvimento de programas de ensino e aprendizagem em computadores. Apresentam-se as definições, conceitos, classificações usadas e adotadas para melhor situar o trabalho realizado.

2.1 Definições e Classificações

Um Ambiente de Ensino-Aprendizagem Computadorizado é um programa ou conjunto de programas intencionalmente desenvolvido para uso em situações de ensino e aprendizagem, seja por um aluno ou um grupo de alunos orientados ou não por professores, seja em um ambiente distribuído em uma rede local, regional ou mesmo mundial, ou de forma cooperativa síncrona ou assincronamente.

Na literatura de Informática na Educação (IE) encontramos os *softwares* educacionais referenciados como programas ou ambientes. Segundo Giraffa [GIR99], a tendência é referir-se a esses sistemas computadorizados, utilizados como suporte às atividades pedagógicas de ensino-aprendizagem, como Ambiente de Ensino-Aprendizagem Computadorizado (AEAC). O termo ambiente reflete mais a proposta de contemplar de forma implícita a questão metodológica associada a todo projeto educacional. Um ambiente educacional para ter qualidade necessita ter uma proposta metodológica a ele associada e, segundo a mesma autora, contemplar aspectos de uma metodologia implicará na elaboração de um conjunto de recursos a serem disponibilizados no ambiente para exploração por parte dos alunos e dos professores.

Pode-se dizer também que um Ambiente de Ensino e Aprendizagem Computadorizado (AEAC) pode ser composto por um conjunto que incorpora diferentes programas.

Existem muitas taxionomias usadas para classificar os softwares ou programas educacionais encontradas na literatura especializada, por exemplo, em [MAN85], em [KEL87], em [KNE88] e em [FAR93]. Conforme se verifica, a categorização dos softwares educacionais foi uma preocupação muito grande na década de 80, devido talvez a uma necessidade de se adequar o software ao sistema escolar vigente. Porém, a classificação que mais se difundiu devido a sua generalidade e simplicidade foi apresentada por Taylor em [TAY80] que categorizava os programas quanto a seu uso em um ambiente educacional.

Os softwares, segundo Taylor, podem ser usados nas seguintes modalidades: Tutor, Tutelado e Ferramenta. No táxon Tutor, o programa dirige a apresentação dos conteúdos, apresentando-se como um professor ou instrutor. Exemplos mais comuns são os tutoriais embutidos em aplicativos como o tutorial do Word, do Windows. Tutelado: quando o aluno dirige o aprendizado. Normalmente isso se dá quando do uso de linguagens de programação, ou de ambientes de desenvolvimento de aplicações, em que o aluno produz um programa que conduz o computador para a resolução de problemas específicos. Exemplos comumente encontrados estão em aplicações programadas por alunos através da linguagem Logo, principalmente em escolas do I grau. Quando classificada como Ferramenta, está-se utilizando programas para auxiliar

na elaboração de uma tarefa educacional como os editores de textos, gráficos, vídeos e aplicativos de auxílio às apresentações.

De acordo com Giraffa, em [GIR99], uma taxionomia para programas educacionais é útil para auxiliar na determinação das características predominantes do sistema e do processo de modelagem e implementação do ambiente. Ela propõe uma nova organização das modalidades consagradas nas taxionomias usuais de IE que passa a englobar os ambientes cooperativos e aqueles que utilizam a RV na sua concepção. Segundo a autora, a utilização de técnicas e avanços obtidos nas subáreas da Ciência da Computação tendem a serem incorporados nos AEAC e isto vai tornar sua classificação muito difícil se levarmos em conta apenas a questão da interface.

A taxionomia proposta separa os AEAC em dois grandes grupos: ambientes que prioritariamente foram elaborados para aprendizagem de habilidades específicas e, ambientes que prioritariamente foram concebidos para explorar aprendizagem de habilidades cognitivas amplas. Essa classificação é por nós adotada e é exposta na FIGURA 2.1, a seguir.

A taxionomia separa dois grandes grupos, a saber: 1) aprendizagem de habilidades específicas e 2) aprendizagem de habilidades cognitivas amplas. Na categoria 1, estão os programas, onde a aprendizagem que o ambiente se propõe a oferecer está centrada na aquisição de habilidades específicas, como a percepção ou a categorização de elementos de um sistema (p.ex., identificação de elementos de pintura, tipos de estruturas gramaticais e/ou linguísticas utilizadas por determinadas escolas literárias, ver nas aplicações de Taylor, em [TAY2000], de Ramónez em [RAM2000], ou treinamento em determinados pontos específicos de disciplinas, como na aplicação de Ruiz, em [RUI2000], ou uma aplicação para diagnóstico médico, como a de Johnson, em [JOH2000]).

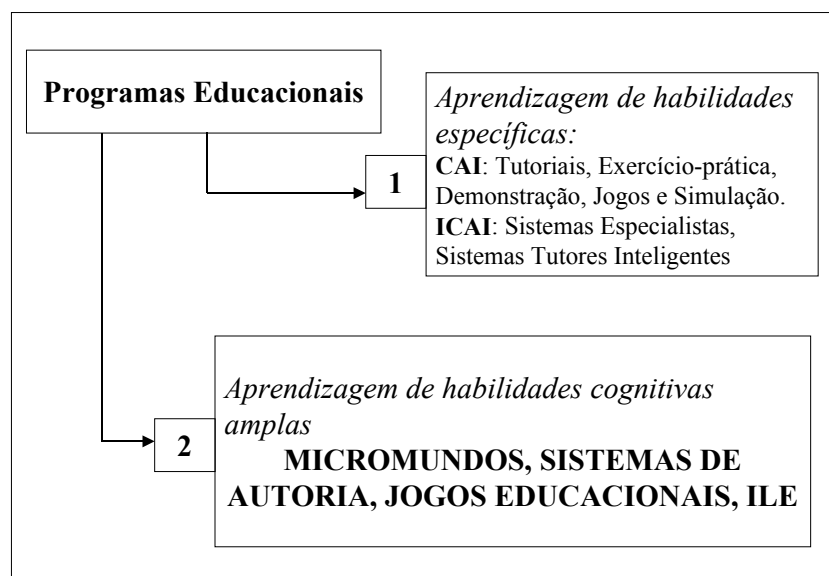


FIGURA 2.1 - Taxionomia de programas educacionais ([GIR99])

A segunda categoria contempla aqueles programas educacionais que propõe oferecer um ambiente para uma aprendizagem de habilidades cognitivas amplas, onde a opção por incentivar a criatividade do aluno é uma das metas principais. Conforme Giraffa [GIR99], nessa categoria estão enquadrados todos os programas educacionais

que têm como referencial teórico o “*aprender a aprender*”. Por exemplo, a subcategoria dos Micromundos (que podem aliar hardware e software), são ambientes que permitem ao aluno trabalhar criando, descobrindo ou aplicando modelos sobre situações do universo (estados, eventos, conceitos), permitindo a construção de regras e conceitos sobre esses mesmos eventos (os seus micromundos). O mais clássico dos exemplos está na utilização da linguagem LOGO ([PAP80]).

Outro exemplo dessa categoria são os jogos educacionais que apresentam uma concepção na qual não existe o objetivo de vencer ou perder. O aluno atinge um resultado que depende de sua atuação no jogo e que é medido pelo grau de proximidade aos objetivos ou estados finais ótimos relativos à situação da metáfora implementada pelo jogo. Os jogos educacionais também são considerados como ambientes de resolução de problemas, como o MCOE – Multi-Agent Co-operative Environment, desenvolvido por Giraffa em [GIR99]. Os assim denominados ILE (Intelligent Learning Environment) são ambientes que utilizam técnicas de IA em seu projeto e desenvolvimento, caracterizando-se por interagir com mais de um aluno na mesma situação de aprendizagem. Os ILE são também conhecidos como Sistemas Tutores Cooperativos, em que combinam aspectos das modalidades dos STI e Micromundos.

De acordo com a taxionomia, no grupo 1, existem dois subgrupos: CAI e ICAI. Ambos preocupam-se com o oferecimento de conteúdo através de estratégias de ação e ferramentas de apoio ao desenvolvimento do aluno no domínio. A diferença entre eles está na utilização de técnicas de IA e na utilização de modelo de aluno como fator de decisão nos ICAI, principalmente nos STIs.

O trabalho proposto nesta tese está diretamente associado ao segundo grupo, quando se tem os ambientes do tipo ILE, ou ao primeiro, enquanto categorizado como STI, pois é um modelo que pode ser aproveitado na construção de ambos. No enfoque adotado para a concepção do proposto, acredita-se que a inclusão de fatores emocionais e do raciocínio sobre a afetividade do agente humano que interage com o programa, é fundamental para a adequação de um sistema ao aluno. Entretanto, a categoria em que o resultado destes trabalhos melhor se aplica é a dos STIs, pois tem-se um modelo de aluno fortemente vinculado a um sistema para análise dos estados afetivos e cognitivos de um aluno como base para a tomada da decisão para agir no nível psicopedagógico.

A classificação adotada contempla (mas não com um táxon específico) os programas que estão usando as tecnologias Internet e Web, pois a categorização é realizada por considerações pedagógicas, isto é, programas que se esforçam no sentido da promoção de aprendizagem de habilidades específicas ou amplas. Não acreditamos ser um problema, visto que os AEAC ou programas educacionais que estão disponíveis na rede Internet, para aplicações com paradigmas de cooperação e/ou colaboração⁷ ou não, não fogem em absoluto da categorização adotada. De fato, a discussão não está no uso de qual ou tal tecnologia, e sim, da proposta de concepção de tal AEAC ou programa; se se tem um ambiente virtual com um agente pedagógico voltado a treinamento, como o sistema de treinamento para operar um compressor de alta pressão a bordo de um navio da marinha americana [RIC98] ou um ambiente que explora a criatividade em desenvolvimento de textos, como se pode ver nos trabalhos de Alvarez em [ALV2000]. O primeiro exemplo pertence a categoria 1 nesta taxionomia, e o

⁷ Colaboração é compartilhar informação sem modificar a informação recebida; por exemplo, Ana colabora com seus colegas, buscando artigos atuais relacionados com o tema, mas não participa construindo um novo texto com eles. Cooperação é agir em conjunto; é compartilhar a informação e modificá-la para a construção de algo em comum. Toda a cooperação envolve colaborar.

sistema está usando tecnologia em rede e realidade virtual, enquanto o segundo exemplo está na categoria 2, usando uma plataforma computacional com uma tecnologia mais tradicional.

Não é somente mudança do suporte computacional e tecnológico que faz a diferença. O fato de um sistema ser *stand-alone*, em rede local ou na Internet vai afetar a forma de projeto de modelagem e implementação do sistema e não especificamente o objetivo pedagógico. Estar disponibilizado na Web não altera os compromissos pedagógicos assumidos quando da sua concepção. O sistema desenhado para trabalhar de forma diretiva, mesmo tendo usado das mais diversas mídias e apresentando as mais lindas interfaces, camuflado em livres “navegações”, não irá modificar sua estratégia. Entretanto, não se está afirmando que, por ter determinado projeto, conduta e compromissos, um AEAC ou programa educacional não seja perfeito e adequado, se considerados os objetivos a que se propõe.

2.2 Sistemas Tutores Inteligentes

Sistemas Tutores Inteligentes são softwares que objetivam o ensino e o apoio à aprendizagem através de resolução de problemas e de maneira interativa de acordo com Tolmie, em [TOL99], e conforme Viccari, em [VIC90], STIs são programas que usam de técnicas de IA e possuem a capacidade de aprender e adaptar as estratégias de ensino de acordo com o desenrolar do diálogo com o aluno.

Hoje, a palavra “Tutor” está ligada a um sentido de ensino tradicional diretivo, por isso pesquisadores da Informática na Educação (IE) estão querendo abandonar o termo, pois ele traz embutido um forte “ranço” behaviorista. Entretanto, neste trabalho, usaremos sem pudor a expressão Sistema Tutor Inteligente, pois, além de ser um “jargão” na área de Inteligência Artificial na Educação, possui toda uma cultura e pesquisas bem determinadas. Além disto, com as pesquisas atuais sobre a psicologia da aprendizagem, a concepção e construção dos Sistemas “Tutores” passou a ser mais centrada no eixo tutor-aluno, e não, mais diretiva. Muitos “tutores” passaram a ficar “invisíveis” ou como uma parte ou como um elemento do ambiente. Essa figura pode ser vista no sistema MCOE [GIR99], que é um jogo para resolução de problemas, o “tutor” está atuando sempre que necessário e de acordo com as opções pedagógicas, mas o aluno não se sente interagindo com uma “força”, ou um professor artificial diretivo. Nesse caso, o tutor passa a ser o elemento responsável pela condução das estratégias e tomadas de decisões psicopedagógicas. É esse o conceito que se tem do termo tutor no contexto destes trabalhos.

O início dos anos 70 marcou pesquisas que providenciaram a aplicação de alguns conceitos de Inteligência Artificial no problema de criação de ambientes de aprendizagem, acarretando, por conseguinte, a partir dos anos 80, o desenvolvimento dos ICAI - Intelligent Computer Assisted Instruction, hoje preferencialmente denominados ITS - Intelligent Tutoring Systems, ou, mais recentemente, de ambientes de ensino/aprendizagem por outros autores, como Costa [COS 95]. Muitos sistemas foram implementados no final dos anos 70 e na década seguinte, como: SCHOLAR [CAR 70], para o ensino da geografia da América do Sul, sistema que inovava ao utilizar redes semânticas na descrição do conhecimento, GUIDON, um tutor construído a partir do sistema especialista MYCIN [CLA87], SOPHIE I, II, e III [WEN 87], para o ensino de diagnóstico de problemas em circuitos elétricos, PROUST [JON87], para

ensino de programação Pascal, TUTOR-LISP [WEN87], para ensino de programação Lisp, e muitos outros.

O que se verifica nos estudos atuais conduzidos em diferentes instituições de pesquisas é o desenvolver de propostas dentro de uma idéia de especializar os aspectos e características das funções professorais (expor conteúdo, preparar plano de trabalho, preparar materiais instrucionais, propor exercícios, resolver exercícios, corrigir, fazer inferências sobre o desenvolvimento do aluno, ...), ou das interações do professor com o aluno em uma sociedade de agentes (conselhos e intervenções do tutor na forma de parceiro de aprendizagem), como por exemplo:

- o estudo do processo de ensino-aprendizagem como uma interação entre dois agentes inteligentes [VIC92] e [MOU96];
- a visão de uma sociedade de agentes funcionais cooperativos no processo de ensino (D'Amico [D'AM99], Silveira[SIL2001]);
- a integração de tutores inteligentes em ambientes cooperativos, educação à distância, como [LEW97], [TOL99];
- a troca de estratégias de ensino de acordo com o desenvolvimento do aluno através de modelagem de estados mentais [GIR99].

A complexidade de um STI está no envolvimento de diferentes tipos de conhecimentos necessários para sua concepção e desenvolvimento: conhecimento especializado sobre o domínio a ser trabalhado, conhecimento sobre as formas de apresentação desse domínio, sobre as estratégias e táticas de interagir pedagogicamente com o aluno em ambiente computacional e um conhecimento técnico específico para aprender.

Os diferentes conhecimentos envolvidos na concepção, construção de um STI, têm sido trabalhados como unidades funcionais, ou módulos especializados para compor uma estrutura que define a sua arquitetura. Essa organização é muito mais um guia para simplificar o processo de desenvolvimento do STI, do que realmente a opção arquitetônica a ser usada.

2.3 Estrutura e Arquiteturas

Apesar dos Sistemas Tutores Inteligentes não apresentarem uma arquitetura ou um modelo padrão, tendo cada implementação uma estrutura particular, as arquiteturas dos sistemas podem ser classificadas em tutores de arquiteturas *tradicional ou clássica*, com uma arquitetura funcional sob forma de módulos especializados, em que a maioria apresenta alguns componentes comuns, que são: base de conhecimento ou base do domínio, modelo do aluno, interface com usuário, estratégias de ensino ou módulo pedagógico; e um conjunto de tutores que seguem uma orientação especializada da Inteligência Artificial Distribuída (IAD), *orientados a agentes*, onde se tem uma sociedade de agentes que trabalham de forma a alcançar um objetivo global [COS96], [LES98], [SIL2001] através de uma política cooperativa ou, até mesmo, concorrente.

No entanto, para todos os domínios, a estrutura comum pode ser vista como composta por módulos funcionais que se alteram na forma de implementação, de seus relacionamentos e comunicação, nas estruturas de armazenamento e inferências, etc... Verifica-se uma “anatomia” comum que cria dimensões especiais para pesquisa e desenvolvimento de novas propostas, ou melhor, constitui uma classificação

conveniente para a organização, projeto e desenvolvimento de um sistema de tal porte. A arquitetura padrão pode ser agrupada em:

- módulo ou base do especialista ou domínio;
- modelo do estudante ou aluno;
- módulo tutorial ou pedagógico ou base do conhecimento de ensino;
- módulo de controle;
- módulo ou interface de comunicação.

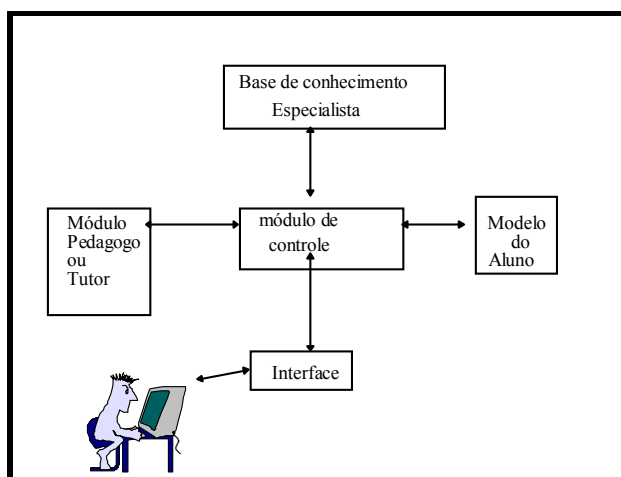


FIGURA 2.2 - Arquitetura padrão

O módulo da Figura 2.2, representando o *domínio ou base de conhecimento*, ou ainda, o *especialista*, trata do ensino quanto ao conteúdo e deve responder à pergunta “O QUÊ ensinar?”; representa o conteúdo que o tutor deve ministrar, na forma de material instrucional. Compreende o conhecimento do especialista, contém os fatos e as regras de um domínio que será trabalhado com o aluno. Este conhecimento está representado através de um dos muitos métodos de representação do conhecimento: redes semânticas, regras de produção, scripts, enquadramentos, agendas, e ao constituir uma base de conhecimento deve facultar ao sistema a capacidade de raciocinar sobre a estrutura do conteúdo a ser ministrado. Isto é, o sistema deverá ser capaz de ministrar o conteúdo, propor questões a serem resolvidas, reconhecer e corrigir erros e, além disso, ser capaz de resolver as mesmas questões que propõe ao aluno.

Essa funcionalidade não está congregada em um só módulo estrutural, mas, na maioria das vezes, é definido por um sofisticado conjunto de programas e bases de conhecimento, ou mesmo por um conjunto de agentes especializados em cooperar na consecução dos objetivos comuns. Exemplos dessa última questão podem ser vistos no projeto do framework JADE proposto por Silveira [SIL2001] e AME-A, um Sistema Multiagente para Ensino desenvolvido por D’Amico [D’AM99].

Os STIs, como sistemas essencialmente interativos, buscam na *interface de comunicação* a melhor condição para a realização de suas funções que são: de monitoramento do desempenho e comportamento do aluno-usuário e de apresentação de material instrucional. Independentemente do sistema de comunicação que sustente a interação aluno-máquina (língua natural, menu, gráficos, mundo virtual, ..), o objetivo é que se tenha uma interface adaptável para diferentes alunos, que se promova a atenção de cada estudante, não o entediando, que se apresente respostas às indagações em tempo de limites aceitáveis e que se monitore o aluno de maneira transparente, sem onerá-lo

com excessos de perguntas. Na execução dos objetivos de apresentação do material instrucional, os sistemas educacionais têm apresentado grandes melhorias devido à utilização de tecnologias de hipermídias, de língua natural e realidade virtual.

A *interface* é uma das tarefas mais complexas na confecção de um STI, pois ela deve estimular a aprendizagem, motivando o aluno ou usuário a continuar interagindo com o sistema. Para a consecução desses propósitos, usam-se recursos como simulação, menus, ícones, janelas, vídeos, sons, frases em linguagem natural, entre outros. Atualmente com as tecnologias de Realidade Virtual, essa complexidade aumentou, mas também aumentaram as possibilidades de se projetarem interfaces mais interativas, envolventes e instigantes para os alunos. Pode-se ver os trabalhos de Lester et al. [LES2000] e Johnson et al. [JOH98] que criam ambientes e mundos virtuais com avatares, representando agentes pedagógicos animados, como atores ou personagens no mundo.

Na FIGURA 2.2, o módulo que representa *o controle* tem a responsabilidade de gerenciar o funcionamento do sistema como um todo. A funcionalidade pode ser resumida como a de um ciclo de execução, onde se tem, primeiramente, a apropriação dos dados e reconhecimento de padrões e informações importantes ao desenho do sistema; segundo, a partir das informações do ambiente (interface, e aluno), é determinada a decisão da ação mais apropriada; sempre atualizando o modelo do aluno e apresentando os materiais relativos ao domínio. Entretanto, o controle tem outras funções que são extremamente dependentes da estrutura escolhida para a arquitetura do tutor.

Nos STIs tradicionais, normalmente o controle é centralizado, mantendo todo o gerenciamento sobre o processo instrucional. Entretanto, atualmente, com o uso de tecnologia de sistemas distribuídos, o controle também passa a ser distribuído, como no caso do JADE apresentado por Silveira [SIL2001], que é uma arquitetura baseada no paradigma de IAD, com agentes autônomos que se comunicam, atuando de forma cooperativa na consecução de um objetivo comum, ou seja, a condução da tarefa de ensinar.

Em caso de arquiteturas multiagentes, em geral, o controle passa a ser traduzido na forma de políticas de interação social e comunicação entre os agentes aliadas aos objetivos individuais dos componentes. Um exemplo é o ambiente MCOE desenvolvido por Giraffa [GIR99] que possui um controle distribuído entre os agentes que o compõem, o tutor e os dois alunos em interação.

O *modelo do aluno* contém as crenças, as informações relevantes, o conhecimento que o sistema possui sobre o aluno. Esse conhecimento deve representar, do ponto de vista do STI, o que o aluno conhece a respeito do domínio e de domínios afins, o que ele desconhece, suas características, o que ele conhece erradamente, e o que ele pensa que conhece a respeito do domínio. De acordo com [VIC92], esse modelo deve ter os seguintes componentes: (i) uma especificação dos objetivos do aluno; (ii) um modelo das intenções do aluno; (iii) os planos do aluno; (iv) as atitudes do aluno; (v) os procedimentos de inferência do aluno relevantes para a aplicação; (vi) as preferências do aluno; (vii) um histórico de seu comportamento em relação à sua interação com o sistema.

É a presença do modelo do aluno que permite adaptabilidade do tutor a cada estudante. Esse modelo deve ser dinâmico, pois deve refletir também as mudanças que ocorrem com o aluno no decorrer das interações (além das interações com o ambiente, as interações com o tutor também influenciam o estado do aluno).

A maioria dos modelos de alunos encontrados em STIs adotam o nível do conhecimento sobre o domínio como base para a tomada de decisão do tutor, ou como avaliação pedagógica do processo, tendo o desempenho como medida.

A concepção do modelo do aluno é difícil e geradora de muita controvérsia. A primeira dificuldade está na impossibilidade de se conhecer o que de fato ocorre na mente do aluno durante uma interação, do próprio processo de subjetivação do projetista do modelo do aluno, do ainda incerto conhecimento sobre as faculdades mentais humanas, dos processos de motivação de alunos em aprender e, principalmente, de respostas às questões: como se aprende? como se aprende a aprender? A segunda está na falta de métodos que comprovem a total confiabilidade e precisão do modelo adotado.

Esses desafios, porém, não impedem de se procurar respostas às questões, ou especificamente de se procurar alternativas que pretendem cada vez mais aproximar o modelo do ser aluno. Nessa mesma linha de raciocínio, Self em [SEL93] e Mitrovic, em [MIT96], já colocavam que mesmo não sendo completamente preciso e validado, o modelo do aluno é um elemento fundamental nos STIs, pois permite a adequação das ações pedagógicas do tutor às necessidades de um aluno.

As *estratégias de ensino* representam o conhecimento de como o tutor deve apresentar e expor o conteúdo do domínio (as formas e maneiras). A partir de um diagnóstico do estado e dos comportamentos apresentados pelo aluno, o STI decide quais ações tomar referentes ao ensino e aos modelos de pedagogia. Esse conhecimento heurístico encontra-se, muitas vezes, representado em metanível e determina como o conhecimento objeto deve ser usado.

Estratégias de ensino dependem essencialmente das teorias de aprendizagem, nas quais elas se baseiam, ou se norteiam, mas, especificamente, essa dependência se dá através da didática associada ou de técnicas de ensino geradas pela teoria. Pedagogia é uma arte que requer grande versatilidade, e é a falta do conhecimento pedagógico que pode tornar um tutor sem aplicabilidade prática. A adaptabilidade desejada e necessária de um ensino individualizado às características cognitivas e pessoais de cada aluno é uma meta muito procurada e, nas condições atuais, a inclusão dessa característica é ainda um dos fatores que tornam esses sistemas extremamente complexos.

Estratégias formam um plano para o alcance das metas. De acordo com Pereira, em [PER99], um STI deve ter dois níveis de planejamento: as estratégias e as táticas. As estratégias detêm o conhecimento sobre as políticas maiores de como levar a interação do processo de ensino e promoção de aprendizagem do aluno. As táticas contêm as ações específicas de modo a efetivar as estratégias escolhidas.

Sistemas diferirão na extensão (qualidade pedagógica) em que o conhecimento pedagógico for capaz de selecionar as táticas e estratégias diferenciadas para cada aluno e/ou situação de interação educacional. Conforme Frasson [FRA97], a utilização de uma mesma estratégia pode não produzir um resultado satisfatório para todos os estudantes, e porque cada estratégia possui vantagens específicas, é muito importante a possibilidade de escolha de ações pedagógicas que fortaleçam o processo de aprendizagem de um determinado aluno.

A tabela a seguir apresenta algumas das estratégias de ensino mais usadas nos STIs:

TABELA 2.1 - Estratégias mais usadas

Estratégia		Alguns exemplos
Socrática	A apresentação do material é desenhada com o objetivo de levar o aluno a refletir suas crenças sobre determinado assunto. A tática de ensino utilizada são as perguntas feitas sobre o assunto em questão, o erro é explorado através de perguntas encadeadas.	Scholar[CAR70], Sophie[BRO78,BRO82]
Reativa	O sistema reage às dúvidas e questões do aluno. A reação do tutor pode ser obtida através da simulação do efeito e implicações que as idéias do aluno provocam no conhecimento e o domínio de atuação do tutor.	Sophie[BRO82], Mcoe[GIR99], More[SOL95], Music[COO97]
Treinamento	O sistema utiliza um conjunto de regras para selecionar o material mais adequado a ser apresentado a cada aluno. As táticas são constituídas de orientações, novos exercícios, apresentações de material e transições sobre itens e tópicos.	Buggy[BRO78], Tutorprolog[VIC90], Eletrotutor[SIL92], Flute[DEZ98], More[SOL95]
Assistente	O tutor se comporta como participante da colaboração entre alunos, ajudando-os a organizar e refinar suas idéias em situações chaves. O tutor rastreia o comportamento do aluno, mas exerce pouco controle.	Quest[WHI86], Mcoe[GIR99], Flute[DEZ98], Music[COO97]

O que se encontra nos sistemas tutores são funções globais da política que será desenvolvida na interação com aluno, em forma de conhecimento implicitamente colocado no desenrolar da lógica estrutural do sistema, isto é, a própria arquitetura do sistema provê a forma de ensino (visto como paradigma ou teoria educacional que fundamenta) e propõe a prática pedagógica, mas de forma implícita. Também a técnica de uma só estratégia para todos os alunos vinha sendo muito utilizada, uma vez que a construção de um STI com diferentes estratégias que se alternam de acordo o aluno constitui ainda um desafio na área da Informática na Educação.

Muitos dos sistemas descritos na literatura somam mais de uma característica da classificação apresentada na TABELA 2.1, constituindo uma estratégia híbrida. Normalmente isso acontece devido à intenção do projetista em atingir diferentes metas, considerando o domínio do conhecimento, seus métodos de representação, as diferentes formas de apresentação dos tópicos, a opção que o sistema terá de promoção do aprendizado, por exemplo.

Alguns STIs apresentam formas diferentes de apresentar o conteúdo, como uma maneira de dispor de diferentes estratégias, como o FLUTE (Formal Language and aUTomata Education) desenvolvido na Universidade de Belgrado [DEZ98] que tem por objetivo auxiliar o aprendizado de conceitos do domínio de linguagens formais e autômatos finitos. O FLUTE possui três modos diferentes de apresentação do domínio: ensino, exame e consulta. O ensino apresenta o conteúdo que é determinado para cada sessão com o aluno por um planejador baseado em regras. O planejador leva em conta algumas das características do aluno que foi modelado como tendo conhecimento de nível preliminar, básico, senior ou avançado e seu desempenho na lição anterior. A modalidade exame apresenta problemas, exercícios gerados, dicas e sugestões para resolução de problemas ao mesmo tempo que realiza a avaliação de desempenho do

aluno através de exames e testes. Na modalidade consulta é realizada a explicação de conceitos, de heurísticas e repetições de lições conforme solicitação do aluno.

Esse exemplo do FLUTE mostra que não houve alteração da estratégia que permanece uma só: diretiva, tutorial tradicional, centrado no ensino e na estrutura das relações entre as unidades de conhecimento do domínio. Entretanto, com as diferentes táticas que se apresentam na forma das três modalidades, o STI FLUTE adota uma metáfora de um professor tradicional com as funções professorais bem determinadas, como apresentando e explicando os conteúdos, verificando os conhecimentos e aplicações destes no domínio e tirando as dúvidas. Não existe uma adaptação das estratégias de ensino ao aluno durante o processo de aprendizagem em consequência de uma análise pedagógica realizada pelo STI, mas sim uma escolha feita pelo aluno para uma das formas instrucionais disponíveis que estão pré-programadas.

Um STI deve incorporar diversas estratégias para ser realmente adaptativo. Em Giraffa [GIR99] é salientada a necessidade de prover STIs com mais de uma estratégia de ensino, oriunda dos novos paradigmas na Educação, como a adoção de sistemas cujo controle está centrado no aluno, adaptação das estratégias do tutor baseado no comportamento do aluno, adoção de táticas de desestabilização (*troublemaker* ou criador de problemas) para verificação do entendimento efetivo dos conceitos e conteúdo trabalhado com o aluno.

Conforme Frasson [FRA97], a seleção da estratégia depende de diversos fatores:

- nível de conhecimento do aluno;
- o tipo do conhecimento do domínio;
- motivação e interesse do aluno.

No nosso entender, às considerações de Giraffa [GIR99] e Frasson [FRA97] deve-se somar o estado afetivo do aluno, por esse atuar em toda a cadeia de motivação e melhoria do aprendizado do aluno. A detecção e identificação de fatores que possam agregar e auxiliar na inferência, mesmo imprecisa, de estados afetivos e, principalmente, o uso desses no processo de decisão de um tutor, são os itens importantes de nosso trabalho.

Na linha de promover adaptabilidade das ações pedagógicas de um STI para cada aluno, encontramos os trabalhos de Soldato, em [SOL95], que desenvolve um STI prototípico, MORE para o ensino de depuração de programas Prolog. O STI implementa táticas motivacionais, baseadas no comportamento do aluno através de um planejador motivacional que atua em conjunto com o diagnóstico de desempenho do aluno para guiar o comportamento do tutor.

2.4 Avaliação Pedagógica e do Aprendizado

Avaliação, conforme Melchior [MEL 94], “é verificar como o aluno é capaz de movimentar-se num campo de estudos e estimulá-lo, através de uma reflexão conjunta sobre o que ele realizou, a encontrar os caminhos do seu próprio desenvolvimento”. Nessa visão, avaliar é usado para a realização do diagnóstico da execução do processo de ensino e aprendizagem, em função dos objetivos que estão sendo buscados na ação educativa. Mas essa ação só possui consistência se considerada como elemento integrante do processo de construção do conhecimento, comprometida com o projeto pedagógico e com características que conduzam a uma avaliação eficaz.

Notadamente a avaliação pedagógica nos STIs tem sido caracterizada como uma avaliação do que e quanto de um conceito ou de um processo de uma atividade é sabido ou entendido pelo aluno. Essa avaliação se resume, via de regra, em identificar a quantidade de erros e acertos primeiramente, e nos sistemas mais personalizados nos tipos de erro cometido pelo aluno.

Entretanto, essa avaliação do ensino e da aprendizagem é essencial. O aluno pode fazer uso da avaliação porque as atividades avaliativas contribuem para futuras aprendizagens e porque, através da análise dos resultados, ele possui mais uma oportunidade de aprendizagem que serve de instrumento de diagnóstico de suas possibilidades e de busca de novos caminhos para construir novas estruturas. No caso do professor, os resultados das atividades de avaliação contribuem para uma ação reflexiva, no sentido de uma avaliação da eficácia do processo de ensino, porque, a partir dos resultados, é possível melhorar a compreensão do entendimento que alunos realizaram sobre o conteúdo, além de auxiliar o professor na identificação do porquê das dificuldades do aluno.

Conforme Melchior [MEL94], avaliação que engloba somente as ações de testar, observar, medir ou atribuir nota não é avaliar no sentido pedagógico, pois aplicar um teste ou fazer uma observação são técnicas de aquisição de informações sobre aspectos cognitivos dos alunos. Avaliação é mais: é determinar o caminhar de um aluno em determinado campo de estudos; é determinar o nível afetivo do aluno quanto ao assunto através da verificação das suas atitudes.

A avaliação pedagógica está relacionada fortemente com as tendências e objetivos defendidos na teoria adotada como base de ensino. Os valores obtidos são norteadores dos ajustes para os planos de ações pedagógicas e também são condições para alterações das crenças relativas ao conhecimento do aluno, bem como de possíveis reflexos nos processos dos métodos de soluções para o tutor. Normalmente, os planos de ações pedagógicas dos STIs estão baseados em **como** e **quanto** um aluno conhece sobre um determinado tópico ou domina uma habilidade específica. Esses são chamados de planejadores baseados no domínio. Na tomada de decisão em planejadores baseados em domínio tem-se duas atividades: a detecção do estado corrente do conhecimento do aluno, como uma visão realizada através do modelo do aluno e a reação do tutor através da ação pedagógica apropriada.

Em geral, a avaliação pedagógica nos STI se preocupa somente com os aspectos de desempenho e competência, o que por si só já é uma tarefa complexa, principalmente em relação à competência. Especificamente, desempenho diz respeito ao sucesso e insucesso do aluno em relação a aprendizagem no domínio e competência diz respeito a forma e procedimentos adotados pelo aluno no desenvolvimento das tarefas e aplicação dos conceitos no domínio, conforme Grégoire [GRÉ00].

A análise e diagnóstico em relação à competência é complexa, pois diz respeito ao conhecimento que um aluno possui e utiliza para desenvolver as soluções de um problema ou tarefa. A competência pode ser observada através das ações de um aluno quando se analisa os tipos de erros apresentados, o tempo de solução envolvido, quais as ferramentas ou métodos utilizados. Exemplo de um STI que desenvolveu suas ações considerando os aspectos de competência pode ser visto nos trabalhos de Moussale [MOU96], que envolvia o aprendizado do procedimento de divisão de números inteiros.

Pode-se verificar que apesar das pesquisas na área terem iniciado nos anos 60, muito pouco se alterou quanto à avaliação pedagógica. Considerando-se a linha histórica do desenvolvimento dos STIs, tem-se o início do uso dos computadores na

educação inspirado nas máquinas de ensinar mecânicas e eletromecânicas dos anos 50 e se restringia, via de regra, como virador de páginas eletrônicos. A partir dos anos 60, as primeiras aplicações do computador ao ensino deram origem a sistemas denominados CAI, *acrônimo* de Computer Aided (ou Assisted) Instruction que eram baseados no modelo behaviorista de estímulo-resposta. Essa abordagem resultou na construção de ambientes de ensino-aprendizagem que incorporam o conteúdo em forma de ensino programado, sempre procurando controlar a aprendizagem.

Uma vez as técnicas pedagógicas estarem, na época, ainda impregnadas pela escola behaviorista, foi natural que a avaliação pedagógica estivesse em sintonia com o paradigma vigente. Isto é, baseada no binômio “estímulo-resposta” e suas variantes, a avaliação da aprendizagem é exclusivamente construída em base de acertos e erros do aluno, onde a estratégia de ensino consistia, mormente, em reproduzir o texto ou questão em caso de erro ou ir a um tópico avante em caso de acerto, em uma sequência pré-determinada e igual para todos alunos.

Na avaliação pedagógica, enquanto um professor estiver presente em “sala de aula”, tem-se por referências fatores como atitudes, falas, posturas, olhares e características gerais dos indivíduos como alunos, juntamente com o desempenho. Os processos mentais do agente professor percebem alguns dos fatores (se é desejo do professor e concretizado em intenções) e analisa-os de acordo com suas crenças e objetivos, de modo a adotar táticas e estratégias diferentes, ajustando-se ao novo comportamento dos alunos. Esse “ajuste” em tempo real por parte do professor, em relação aos fatores afetivos percebidos, é um dos aspectos positivos e ainda insubstituíveis na interação presencial como meio de comunicação e aprendizado.

A evolução da tecnologia computacional e o desenvolvimento da pedagogia quanto a novos rumos no ensino e na aprendizagem têm caminhado juntos ora uma sendo a motivadora do avanço da outra, ora a outra sendo a que exige respostas para a resolução de problemas da primeira. No advento das redes de computadores e da Web, houve um incentivo muito forte para os AEAC desenvolverem uma base para o trabalho cooperativo que passa a se apoiar nos aspectos sociais dos processos de aprendizagem baseados nas teorias de Piaget [PIA73,PIA74,PIA96] e Vigotsky [VIG84].

Outro fator importante é a consideração dos avanços tecnológicos como apoio à aprendizagem humana. A adoção de novas tecnologias como ferramentas, ou a mediação digital que está essencialmente presente na realidade virtual trazem importantes questões. Muitas das interações sensorio-motoras do sujeito sobre o objeto são substituídas por interações sensorio-simbólicas, onde a percepção e ações diretas são mediadas tecnologicamente por um ambiente virtual [FER2001], [FER2000]. Nesse caso, os órgãos sensoriais humanos estão sendo “representados” por sensores artificiais. Na realidade virtual, muitos mecanismos simulam a presença, a sensação tátil e sonora do objeto que está sendo manipulado e estudado pelo sujeito. Esse uso da tecnologia traz questões importantes a serem pesquisadas e respondidas pelos pesquisadores da aprendizagem humana. Entretanto, essas considerações não são objeto do foco de pesquisa desta tese, mas, com certeza, trarão implicações importantes nos projetos e desenvolvimentos dos programas educacionais.

2.5 Modelo do Aluno

A modelagem do aluno é extremamente difícil, uma vez que requer interdisciplinaridade com Educação, Psicologia da Aprendizagem, Ciências Cognitivas.

Nesse aspecto, acreditamos que a dificuldade em modelar o aluno se encontra na falta de conhecimentos necessários para modelar o processo de aprendizagem. Entretanto, a partir dos estudos realizados, verifica-se que essa dificuldade também decorre da falta de conhecimento na modelagem de uma avaliação pedagógica que leve em conta fatores como avaliação afetiva específica, psicomotora e de desempenho.

De acordo com [VIC92], [COS96], [GIR99], as formas de modelagem para o componente aluno mais freqüentemente encontradas são:

- modelagem de *overlay* ou superposição;
- de perturbação ou *buggy*;
- modelo diferencial;
- modelo de simulação;
- modelo de crenças;
- modelo de estereótipo;
- modelo de agentes.

Nos modelos de *overlay*, o conhecimento do aluno é representado como um subconjunto da base do domínio do sistema, exigindo que a representação do domínio e do aluno sejam as mesmas. Os erros ou diferenças de comportamento do aluno em relação ao especialista são creditados sempre à ausência de alguma informação no conhecimento do aluno. Os comportamentos anômalos ou incorretos, muitas vezes, são decorrentes de concepções erradas do aluno, e essa condição não é contemplada por esse modelo.

Na modelagem por **perturbação**, o conhecimento do aluno também é relacionado com a base do domínio, mas é representado como um conjunto independente, e segundo Bertels [BET94], o nome Buggy é oriundo do fato do conhecimento do aluno ser relacionado com uma perturbação do conhecimento especialista. Entretanto, os erros do aluno são creditados como sendo decorrência de uma concepção errônea de algum conceito ou mesmo de sua ausência, diferentemente do posicionamento por modelos de *overlay*. Viccari e Oliveira [VIC92] apontam que a vantagem desse modelo sobre o *overlay* está exatamente na possibilidade de representar e reconhecer concepções incorretas por parte do aluno. De modo a tratar o erro do aluno, a modelagem por perturbação adota duas bases adicionais ao modelo do aluno: biblioteca dos erros típicos para a área e um subconjunto do domínio. Esse modelo contempla melhor as condições de tratamento do erro do aluno em caso de desempenho em relação ao domínio ou da habilidade pretendida.

No modelo **diferencial** [GIR98], a resposta do aluno, melhor, seu comportamento ou ação (*performance*) é comparado com a do especialista quanto à execução e andamento do processo de aprendizagem. Essa modelagem assume que os erros ou comportamentos anômalos são sempre devidos à ausência de alguma informação presente na base do domínio. O nome diferencial advém da diferenciação que é feita em dois tipos do conhecimento do aluno: a do conhecimento que se espera que o estudante tenha e a outra, a do conhecimento que não se espera que ele possua. Nesse modelo, o conhecimento do aluno também é um subconjunto do domínio ou especialista.

Na **simulação**, é realizada uma previsão do comportamento futuro do aluno através de uma base ou modelo padrão de comportamento (do que o aluno pode ou não

realizar ou atuar em determinada situação). Assim, são feitas previsões das respostas do aluno que servem então de baliza nas interações para as diferenças e tomadas de ação por parte do tutor [ASA91].

O **modelo de crenças** consiste de um conjunto de crenças que refletem o entendimento dos especialistas sobre o que o aluno conhece sobre uma área ou conceito em particular [VIC92]. Na modelagem através de crenças, o aluno é tratado como um sistema de crenças. Ao se tratar o modelo do aluno como uma base de crenças, adota-se a postura de que o conhecimento do aluno é mutável, dinâmico, possuindo concepções incorretas e que ele é sujeito a revisões e acréscimos.

Modelo de estereótipo classifica o aluno em novato, intermediário, avançado, ou outras classificações mais ou menos detalhadas quanto ao número de conceitos, procedimentos conhecidos e possibilidades de comportamento em relação ao domínio, ao especialista. Geralmente, o conhecimento do aluno é representado por um conjunto de pares (tópico, valor), com o aluno podendo ter seu estereótipo alterado [PIN95]. Outro modelo de estereótipos que adiciona características importantes para a melhor adequação de um STI a um aluno se verifica no trabalho de D'Amico [D'AM99], que se utiliza de informações dadas pelo aluno para compor perfis baseados na taxionomia de personalidade de Carl Jung.

Modelo de agentes traz a concepção do uso da tecnologia de agentes na modelagem do aluno, e, via de regra, adoção desse conceito para todo o STI. Nesse caso, considera-se a interação entre o aluno e o tutor como a interação entre dois agentes inteligentes, um real e outro artificial. Conforme Giraffa em [GIR99], nessa visão o modelo do Aluno possui pelo menos três componentes: base de crenças, base de desejos ou objetivos e o modelo de inferência.

A base de crenças possui os fatos, as visões, o conhecimento que o aluno tem do domínio, seus conceitos pessoais no contexto da aprendizagem (do ponto de vista de tutor) e as características individuais. Os desejos ou objetivos constituem a segunda base e determinam a direção do agente, suas motivações e orientações de suas ações. Nessa base, estão representadas tanto os objetivos primários como os derivados, como consequência de uma derivação direta dos primários ou pela interação dos objetivos básicos com as crenças. O modelo de inferência é constituído pelas regras de inferência, onde cada uma delas é um mecanismo de aprendizagem disponível para o agente e atua tanto na base de crenças como sobre a base de desejos ou objetivos. Quando as regras de inferência atuam sobre a base de crenças tem-se a adaptação do aluno ao domínio ou a situação de aprendizagem (transformação do conhecimento que o agente possui do domínio). Os desejos ou objetivos podem ser alterados, ou novos podem ser gerados quando as regras de inferência atuam sobre a base de objetivos.

O modelo do aluno serve para que o tutor possa se adaptar melhor a cada estudante, sendo assim, em cada situação de erro ou anomalia por parte do aluno, um processo de diagnose se faz necessário. O diagnóstico é considerado um dos aspectos mais importantes de um sistema tutor, pois direciona as estratégias de ensino.

O modelo do aluno é naturalmente uma estrutura dinâmica, uma vez que o aluno dificilmente possui concepções corretas no domínio em estudo; ele não é logicamente onisciente e, se consideradas suas motivações e afetos, que podem ser extremamente dinâmicas, impõe-se, em consequência, a necessidade de implementações de bases de conhecimentos com facilidades de revisões e constantes alterações. As concepções do aluno, pode-se afirmar, possuem um comportamento de uma lógica de crenças, sujeitas constantemente a revisões, pois elas representam a visão ou hipóteses que o tutor possui

sobre as crenças do aluno (crenças aninhadas) como representam o estado afetivo/motivacional e cognitivo do aluno que é alterado constantemente em função de sua ação com o tutor.

Esta pesquisa busca um modelo que possa contemplar a dinamicidade necessária e que suporte a individualidade do aluno. Pretende-se explorar a modelagem do aluno através de estados mentais, devido à possibilidade de abstração que se faz necessária e que é natural na idéia mentalística, bem como da possibilidade de ver as relações entre as diferentes possibilidades em ação (coreografia dos estados mentais conectadas com as ações do aluno). A discussão sobre estados mentais e teorias mentalísticas se desenvolve no capítulo III, a seguir.

3 Agentes

3.1 Introdução

A abordagem que utiliza a tecnologia de agentes para Sistemas Tutores Inteligentes (STIs) se desenvolveu a partir do surgimento da Inteligência Artificial Distribuída (IAD), que nasceu da mudança do nível de abstração no estudo da computação distribuída, das teorias de controle e da Inteligência Artificial simbólica [MÜL96]. As questões que tratavam de estratégias de resolução de problemas em um ambiente de processamento distribuído passaram a ser vistos através de sistemas compostos de múltiplos subsistemas capazes de resolver problemas diversos, de forma cooperativa. A inteligência é vista, em IAD, como emergente da ação e da interação de “agentes autônomos”.

De acordo com Tecuci [TEC98], a noção de agência tem suas origens no fracasso da adoção de um sistema uno e completo que exibiria a maioria das características associadas com a inteligência, conforme previsões oriundas das pesquisas em IA, nas décadas de 50 a 70. Entretanto, a construção de sistemas completos, unos e inteligentes que percebem seu ambiente através de olhos artificiais e ouvidos, comunicam-se através de linguagem natural, raciocinam, resolvem problemas, formulam planos, agem no ambiente no intuito de atingir seus objetivos e aprendem com a experiência tornou-se tarefa por demais complexa. Assim, cada função de um sistema inteligente passou a ser estudada em separado, o que levou a pesquisas em paralelo gerando os diversos ramos da IA, processamento de língua natural, visão artificial, aprendizagem, Atualmente, o progresso alcançado nas pesquisas levaram o estado da arte em IA para um ponto onde a construção de tais sistemas se tornou mais viável. Esses sistemas são denominados de agentes inteligentes.

A origem da agência também pode ser vista como um caminho natural do desenvolvimento das pesquisas da IA clássica ou de origem psicológica (estudos centrados no comportamento humano), enquanto a IAD tem um modelo sociológico para a inteligência, colocado em evidência com os trabalhos de Castelfranchi [CAS90, CAS95] e [GAS91] .

O texto apresenta uma introdução à agência e suas aplicações em IA, principalmente na área da Informática na Educação. Serão abordados os conceitos e uma discussão sobre o enfoque mentalístico adotado. A razão em não nos estendermos na área de agência e IAD está em dois fatores, a primeira, devido à peculiaridade da área da tese ser multidisciplinar e, a segunda, na disponibilidade de ótimos textos introdutórios existentes, uma vez que a área de sistemas baseados em agentes é relativamente nova. Ao final do capítulo será apresentado um conjunto de referências que detalham o assunto. O capítulo também aborda a tecnologia de agentes na construção de Agentes Pedagógicos e de AEAC e apresenta uma descrição geral de alguns dos ambientes que serviram de base e fundamentos para compor nossas propostas.

3.2 Agentes, Sistemas Multiagentes

O conceito *agente* é fundamental, e o termo foi incorporado ao vocabulário corrente da Ciência da Computação nesses últimos anos, sem que houvesse uma definição única, consensual sobre o que um agente é ou significa. O termo *agente* é usado para nomear desde processos simples até grupos ou conjuntos de hardware e/ou software altamente complexos e especializados, mas todos, denotando uma entidade criada para executar uma tarefa ou um conjunto de tarefas, autônoma ou semi-autonomamente. Arquiteturas, tais como INTERRAP [MÜL96] e SOAR [LAI87], foram usadas para criar agentes e podem integrar execução, planejamento e adaptações aos ambientes que os contêm. Agentes autônomos foram construídos em diversas áreas de pesquisas e aplicações, incluindo robôs móveis [TEC98], engenharia de software, sistemas de informação distribuídos, “softbots”, em projetos de interface de usuários [CAG97], [PAR99] e entretenimento.

Autonomia, para um sistema ou programa, significa a habilidade em tomar decisões baseadas na representação interna do mundo, sem estar sendo controlado por um processo ou por uma instância central [MÜL96] externa. Conforme Wooldridge e Jennings, um agente, geralmente, é uma peça de hardware e/ou software que possui as seguintes propriedades (retirado de [WOO95, p.4-5]) às quais pode-se acrescentar a adaptabilidade:

autonomia - a capacidade de operar e de possuir algum controle sobre suas próprias ações ou estados internos, sem a intervenção humana direta ou de outros agentes;

sociabilidade- a habilidade em interagir com outros (humanos ou não) através de uma linguagem de comunicação;

reatividade - a capacidade em responder em tempo a estímulos verificados no ambiente em que o agente se encontra, isto é, o agente percebe o ambiente e age;

pró-atividade - a capacidade de exibir comportamentos dirigidos por objetivos, mesmo que respondendo a estímulos do ambiente, predizendo como alcançar uma tarefa ou estado desejado ou como prevenir um estado não-desejado. Em outras palavras, ser capaz de tomar iniciativa;

adaptabilidade - a habilidade de se adaptar às mudanças do ambiente, através de trocas de ações (previamente planejadas), ou através do aprendizado oriundo da interação com o ambiente.

A noção de agente definida através das propriedades colocadas anteriormente é adotada pela maioria dos autores, exceção feita à propriedade da adaptabilidade ([SHO93], [WOO95], [CAS95], [MÜL96]). Entretanto, acreditamos que a adaptabilidade e a pró-atividade sejam de importância especial para agentes inteligentes, pois promovem a aprendizagem e o compromisso de realizar tarefas ou cumprir com seus objetivos. As propriedades necessárias e definidoras quanto a um sistema ser um agente são diversificadas, principalmente devido ao tipo de aplicação para o qual está voltado, ou ambiente em que está situado. Por exemplo, tem-se os agentes que trabalham na rede internet ou que podem se deslocar de um sistema a outro, nesses o importante é ter a habilidade da mobilidade e comunicação [BOR99].

Entretanto, para alguns pesquisadores, não é suficiente que um sistema apresente tais propriedades para ser considerado como agente. Um agente também pode ser visto

como uma entidade à qual se atribuem estados mentais. Os estados mentais usualmente usados na caracterização de agentes são: crenças, intenções, capacidades, objetivos, compromissos, expectativas [SHO93] e são modelados analogamente aos similares estados mentais humanos. Esse enfoque de dotar agentes com estados mentais similares aos humanos é dito *enfoque mentalístico*.

A discussão sobre a viabilidade e legitimidade em se usar conceitos relativos a estados mentais em entidades artificiais ou inanimadas pode ser encontrada em [SHO93], [RAO95] e [MAC79].

Uma vez que o termo agente ainda é vago quanto a sua definição, sentimo-nos tranquilos em não sermos precisos em defini-lo, mas optou-se por expor características ou propriedades destacadas pelos autores que mais influenciaram e fundamentaram a noção de agente que é adotada neste trabalho:

Agentes são entidades que percebem o ambiente (que pode ser o mundo físico e real, um usuário mediado por uma interface gráfica e/ou por artefatos sensores, uma coleção de outros agentes, Internet, ou mundo virtual), atuam sobre o ambiente para realizar um conjunto de planos de ações para os quais foram projetados e possuem determinada independência em suas ações e decisões.

Isto é, possuem as propriedades anteriormente destacadas e além disso, podem ser construídos como entidades possuindo estados mentais [WOO95], [MÜL96], [ALV97], [TEC98], [MÓR2000].

Ao se adotar uma abordagem de mais de um agente autônomo atuando em um ambiente, obtém-se os Sistemas Multiagentes (SMA). Um sistema multiagente (SMA) consiste de um grupo de agentes que podem adotar papéis específicos dentro de uma estrutura organizacional [MÜL96], coexistindo, mesmo se diferentes e interagindo cooperativa ou mesmo competitivamente, dependendo de seus objetivos e intenções.

Didaticamente, os SMA podem ser classificados em três categorias. A primeira denomina-se Sistemas Multiagentes Reativos (SMAR), a segunda, Sistema Multiagentes Cognitivos (SMAC) e a terceira, Sistemas Multiagentes Híbridos. Sistemas Multiagentes Reativos trabalham com o desenvolvimento de sistemas que utilizam um grande número de agentes, onde o modelo de funcionamento dos agentes reativos é formado pelo par estímulo-resposta ou ação-reação [ALV97].

Os Sistemas Multiagentes Cognitivos são baseados em organizações sociais humanas, onde o modelo do agente cognitivo deve possuir mecanismos de percepção e recepção de mensagens, de raciocínio e decisão de ações, planos e mecanismos de emissão de mensagens, e de revisão de seu conhecimento interno [ALV97]. Já os Sistemas Multiagentes Híbridos (SMAH), como o nome indica, possuem em sua organização tanto agentes com papéis reativos e agentes com estrutura e comportamento cognitivos.

Brooks [BRK91] apresenta uma idéia de agentes reativos com uma abordagem de planejamento reativo ou com comportamentos que se somados produzem inteligência emergente, sem que essa esteja explicitamente presente ou declarada em cada agente. Essa abordagem busca seus princípios nos sistemas físicos, nos princípios da biologia, etologia, cibernética e neurociência. Os agentes reativos, em SMAR, apresentam normalmente uma interação com o ambiente através de sensores e com comportamento reflexo, episódico onde cada agente possui pouca autonomia. Normalmente, a percepção-ação pode ser representada através de uma tabela de regras condição-ação pré-definida, o que impede a aprendizagem individual. Ou seja, em

sendo necessário a adaptação devido a alterações do ambiente, uma nova tabela deve ser reconstruída.

Os agentes cognitivos (também denominados deliberativos) possuem conhecimento sobre o mundo e conhecimento pragmático de como usar esse conhecimento do ambiente, e sobre os outros agentes, conseqüentemente, podem manter um histórico das interações e ações passadas. Sua percepção deve ir além do sensorio, na medida que examina e conclui o estado do ambiente, deve poder comunicar-se através de linguagens e protocolos, e delibera para suas ações em função de suas intenções, podendo ser caracterizados através de estados mentais ou do conhecimento racional baseado no modelo de crenças, desejos e intenções [MÓR98]. Uma boa representação de um agente cognitivo genérico pode ser visto no diagrama (FIGURA 3.1) adaptado sobre o apresentado em Demazeau [DEM93]:

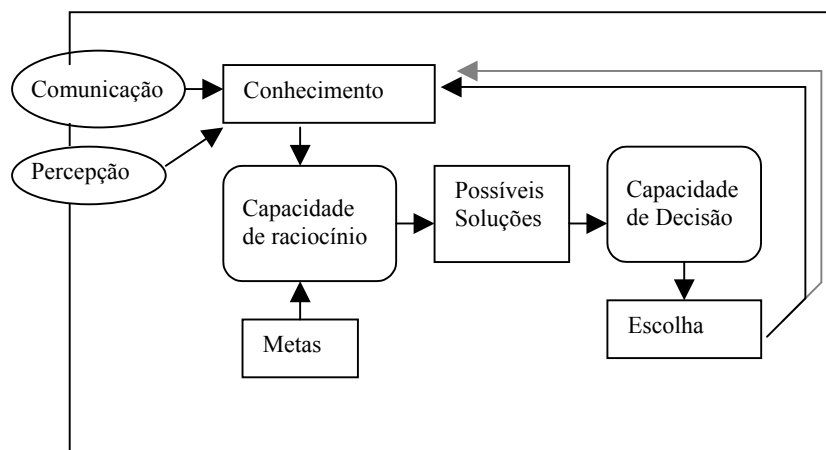


FIGURA 3.1 - Esquema de um agente cognitivo genérico

Agentes também podem ser classificados quanto à funcionalidade mais destacada de sua ação ou em termos dos domínios nos quais eles providenciam seus serviços, obtendo-se por exemplo, os agentes pedagógicos, agentes sociais, agentes migrantes, assistentes pessoais e agentes “críveis”.

Agentes “críveis” são aqueles que atuam em um ambiente específico de forma “crível”, isto é, agentes que, em sua atuação no ambiente, parecem “reais”. A principal aplicação desses agentes está em jogos e em mundos virtuais, com personagens de personalidades marcantes, comportamento e expressões faciais, posturais e de fala as mais “reais” possíveis.

Alguns autores, como Reilly [REI92] usaram o termo agente emocional para os agentes “críveis” e afirmam que estes podem não ter comportamento inteligente. Nosso parecer é que agentes que pareçam “críveis” e não tenham comportamento inteligente não podem ser sequer chamados de agentes. Já concordamos mais com o Bates [BAT94] que criticava os pesquisadores de IA de não procurarem construir agentes cognitivos com habilidades emocionais. Acreditamos que o termo mais adequado para agentes com emoções é agentes afetivos para designar aqueles agentes que possuem habilidades associadas com emoções, sem perder a capacidade de realizar raciocínios puramente intelectuais.

Outro grupo de agentes que se fortalece nas pesquisas e aplicações é o dos agentes sociais. De acordo com Moulin [MOU96], agentes sociais são agentes que

possuem um modelo explícito de outros agentes e das regras sociais, de modo a permitir o raciocínio sobre os outros e a interação do grupo social. As pesquisas estão sendo incrementadas nas especificações e funcionalidade desses agentes, pois cada vez mais a aplicação de sistemas com objetivos colaborativos e cooperativos se faz presente.

Sob a denominação de assistentes pessoais uma constelação de agentes se abriga. São agentes que têm como metas, a execução de tarefas corriqueiras para um outro agente (biológico), como auxiliar na organização de sua agenda, classificação de suas mensagens eletrônicas.

Agentes migrantes são aqueles que migram de um ambiente ou sociedade para outra sociedade ou ambiente com o objetivo de realizar seus próprios objetivos e desejos, ou os objetivos sociais da sociedade para a qual o agente emigrou [BOR99]. Esta é uma área de pesquisa em desenvolvimento e que congrega os estudos que trabalham com a importação e exportação de agentes com funcionalidades específicas e que fazem falta a uma determinada sociedade.

Entretanto, nosso trabalho se preocupa com os agentes denominados pedagógicos. De acordo com Lewis Johnson [JOH99], agentes pedagógicos são agentes autônomos que suportam aprendizagem humana através da interação com alunos no contexto de ambientes de ensino e aprendizagem interativos.

3.3 Agentes Pedagógicos

Recentemente surge a noção de *agente pedagógico* que vai designar alguns dos diferentes sistemas aplicados à Educação que estão sendo desenvolvidos com uso de tecnologia de agentes. O objetivo desses agentes é auxiliar os alunos ou aprendizes no processo de aprendizagem. A noção parece ter sido cunhada em 1997, no AI-ED97: World Conference on Artificial Intelligence in Education – Workshop: V Pedagogical Agents no Japão, com trabalhos muito importantes como os de Vassileva [VAS97], Morin [MOR97]. Pode-se dizer que o movimento de STI para agentes pedagógicos iniciou-se quando as pesquisas começaram a explorar os novos tipos de interações entre computadores e alunos e Dillenbourg [DILL96] desenvolveu uma entidade (agente) que fazia o papel de um companheiro ou parceiro de aprendizagem (“*peer*”).

De acordo com Lúcia Giraffa em [GIR99], os agentes pedagógicos podem ser classificados, como dirigidos por objetivos e orientados pela utilidade. Agentes orientados pela utilidade são aqueles que auxiliam o aluno na execução de diversas tarefas, como busca de arquivos ou programas, seleção de grupos de alunos para troca de informações em uma sessão de trabalhos de um ambiente de cooperação. Agentes MOO e agentes Web são exemplos dessa classificação.

Os agentes dirigidos por objetivos podem desenvolver atividades em colaboração e/ou em competição com alunos, dependendo de seus próprios objetivos.

Esses podem ser os tutores, assistentes. Eles interagem com agentes artificiais e humanos, podendo representar os papéis de um outro aluno, de um tutor e até como um encrenqueiro ou personagem “do contra”. Essas representações servem aos propósitos das ações pedagógicas a STI se propõe, como, por exemplo, aguçar a percepção do aluno em relação a uma determinada situação ou evento, ou auxiliar no desenvolvimento das tarefas de aprendizagem.

Um agente pedagógico, quando responsável pelo planejamento, decisão e execução das ações pedagógicas, é o tutor propriamente dito, ou até se pode designá-lo

como o “kernel cognitivo” de um STI. Pode também ser o componente responsável em apresentar ou exteriorizar as ações pedagógicas, decididas em colaboração com outros agentes do ambiente. Por exemplo, pode adotar a figura de um personagem amigo ou um personagem de um “criador de problemas”, neste caso instigando e/ou dando dicas das tarefas a serem realizadas. Nesse caso, tem-se o agente pedagógico como um elemento de um STI ou de um AEAC (Johnson [JOH99]).

O agente pedagógico pode adotar ser somente “sentido” uma vez que o “agente” propriamente dito fica transparente, atuando em todo o comportamento e interação sem aparecer ao aluno explicitamente como um personagem. As possibilidades são muitas, dependendo dos propósitos educacionais e tecnologias adotadas na concepção e desenvolvimento do sistema.

O ambiente e seu respectivo projeto pedagógico irão determinar as propriedades que o agente terá. por exemplo, os agentes baseados em utilidade devem possuir mobilidade e operar em diferentes contextos (textuais, hipermídia, realidade virtual, ..), enquanto os agentes dirigidos por objetivos devem ter habilidades de comunicação, de adaptabilidade quanto às modificações de planos em relação aos perfis dos alunos, de representação através de personagens (em 3D, através de avatares, ...).

Vassileva [VAS97] afirma que a capacidade social dos agentes pedagógicos é uma das mais importantes, pois o agente pedagógico deve agir em um mundo com outros agentes, onde muitos desses agentes possuem objetivos que requerem a ajuda de outros, fazendo com que esse relacionamento interagente possa ser visto como uma nova fonte de recursos para atingir objetivos, ou seja sistemas multiagentes. A grande vantagem de se utilizar tecnologia de agentes em STIs está nas propriedades como a flexibilidade, pró-atividade, sociabilidade e adaptabilidade dos sistemas, o que determina a melhoria da qualidade pedagógica.

Mesmo que os agentes pedagógicos herdem muitas das propriedades dos agentes autônomos, eles devem possuir qualidades adicionais como mobilidade, facilidade de comunicação, coordenação entre seus comportamentos e de outros agentes em um ambiente naturalmente imprevisível, visto ser seu ambiente composto por, no mínimo, um agente biológico, o aluno. Todas essas exigências aumentam a complexidade de interação entre os agentes pedagógicos e seu ambiente.

Um conjunto de trabalhos têm sido feitos no desenvolvimento de agentes que simulam o comportamento de seres vivos, os Agentes Pedagógicos Animados. Esses agentes utilizam a tecnologia de agentes sintéticos que é adotada normalmente em ambientes de RV, podendo ser representados por avatares ou atores virtuais.

Daí, também, a necessidade de trazer o raciocínio sobre afetividade ao projeto de agentes pedagógicos. São diversas as frentes de pesquisa e de problemas a serem enfrentadas: um agente pedagógico do tipo ator virtual, tanto na representação de um agente de software ou de humanos (avatares), precisa suportar as similaridades com as características humanas, como expressões faciais, postura ou linguagem de corpo de modo a melhorar sua comunicação e criar empatia com o agente biológico humano. De modo a haver sintonia e credibilidade, esses agentes pedagógicos atores devem responder com faculdades afetivas, como através de expressões faciais que refletem o estado emocional necessário à ocasião. Esse é um campo de pesquisas que já se encontra bem mais desenvolvido. Para aprofundar-se no assunto, sugere-se leituras em [ECO99], [LES2000], [LES97].

Mas, o que se está advogando é uma preocupação em pesquisas sobre as necessidades dos agentes pedagógicos em melhorar suas atuações (flexibilizações de suas estratégias) de maneira a impactar positivamente no modo do aluno perceber a situação de aprendizagem. Uma das propostas é inserir a afetividade envolvida na situação como parte do raciocínio de que ações o agente deve conduzir. Alguns exemplos de agentes pedagógicos que foram desenvolvidos podem ser encontrados:

- No USC/Information Sciences Institute's Center for Advanced Research in Technology for Education (CARTE), onde foram construídos dois agentes: Steve⁸ (Soar training expert for Virtual Environments) e Adele⁹ [JOH98] (Agent for Distance learning – Light Edition). Steve [RIC98] foi desenvolvido para atuar em ambientes virtuais imersivos e para auxiliar no treinamento de operações de máquinas dos navios da marinha americana. Adele foi desenvolvida para atuar em interfaces convencionais em cursos continuados para medicina e para dentista geriátrico;
- No Laboratório de Multimídia da Universidade da Carolina do Norte também foram construídos dois agentes pedagógicos: Herman¹⁰ the Bug [LES98] e Cosmo¹¹ [LES2000]. Herman foi desenvolvido para auxiliar alunos do ensino médio no entendimento da anatomia e fisiologia de plantas através de construção de plantas em ambiente hipotéticos. Cosmo opera no domínio de redes de computadores e auxilia os alunos na resolução de problemas de tráfico de pacotes de informação na rede;
- Na Universidade de Saarbrücken, DFKI, foi desenvolvido um personagem animado, o PPP Persona¹² [AND97] que tem a função de guiar o aluno em materiais baseados na Web, através de gestos e comentários via fala sintetizada.

Nenhum desses agentes pedagógicos aborda as emoções como componentes de seu raciocínio, mas muitos apresentam expressões e falas com algumas habilidades afetivas.

3.4 Agentes e Estados Mentais

O termo enfoque mentalístico significa que um sistema pode ser visto como sendo constituído de estados mentais como crença, intenção, motivação, expectativas, obrigações, e assim por diante. Nesse caso, a questão do que seja um agente é trocada pela questão de que entidades podem ser vistas como tendo estados mentais. Essas questões encontram suas justificativas nos já clássicos argumentos propostos por Dennet [DEN87] e McCarthy [MAC79]. Dennet propôs que sistemas fossem descritos ou recebessem qualidades ou características mentais tais como intenções e crenças. Segundo ele, o aspecto importante não é tanto se esses sistemas são realmente intencionais, mas se eles podem ser coerentemente descritos como se tais fossem. McCarthy, por sua vez, faz uma distinção entre legitimidade e utilidade de dotar os sistemas de estados mentais. Para ele, é legítimo dotar estados mentais tais como crenças, intenções, habilidades e assim por diante, sempre que existir uma

⁸ <http://www.isi.edu/isd/VET/vet-body.html>

⁹ <http://www.isi.edu/isd/ADE/ade-body.html>

¹⁰ <http://www.csc.ncsu.edu/eos/users/l/lester/www/imedia/index.html>

¹¹ <http://www.csc.ncsu.edu/eos/users/l/lester/www/imedia/index.html>

¹² <http://www.dfki.uni-sb.de/~jmueller/ppp/persona>

correspondência entre eles e seus correspondentes no senso comum. É útil quando ajuda no entendimento e controle da estrutura do sistema durante seu comportamento passado, presente e futuro.

Na modelagem de agentes, é pressuposto que os agentes possuam uma representação interna do mundo composta por um conjunto de estados mentais que podem ser modificados sempre que o mundo se altera ou através da aprendizagem, e essa modificação pode ser feita através de um raciocínio simbólico, isto é, a modelagem está baseada no sistema físico simbólico de Simon e Newell [NEW76]. Esses estados mentais internos do agente se relacionam com o estado do ambiente com o qual interagem e podem corresponder aos estados mentais humanos, mas não necessariamente. São muitos os estados mentais humanos: alerta, expectativa, desejos, alegria, tristeza, e verifica-se que muitos possuem a propriedade de ser “acerca de algo ou alguém”, referir-se a objetos ou situações”, ou se “dirigirem a”. Essa propriedade é chamada de intencionalidade. Searle desenvolve uma teoria para a intencionalidade, na qual afirma:

“A capacidade dos atos de fala para representar objetos e estados de coisas do mundo é uma extensão das capacidades mais biologicamente fundamentais da mente (ou do cérebro) para relacionar o organismo ao mundo por meio de estados mentais como a crença e o desejo, e em especial através da ação e da percepção.” [SEA95, pág.VII]

A teoria desenvolvida por Searle define intencionalidade como a propriedade dos estados mentais e eventos através da qual eles são dirigidos a ou sobre objetos e estados do mundo. Assim, se se possui um desejo, esse é um desejo de fazer algo ou que algo seja de determinada forma; se alguém possui uma crença, essa é uma crença de que algo ou alguém seja de determinada maneira. A propriedade da intencionalidade é a direção que alguns estados mentais possuem.

A modelagem de agentes como sistemas intencionais possui um paralelo com o entendimento humano quando descreve as propriedades observáveis da mente através de termos como “desejar”, “acreditar”, “esperar”. Conforme Móra [MÓR99], isso constitui uma prática interessante visto os estados mentais serem uma abstração poderosa que serve de instrumento tanto para descrever como para compreender o comportamento de sistemas complexos.

As idéias básicas da abordagem das teorias mentalísticas são resolver a questão da resolução de problemas através de um paradigma antropomórfico, tendo a mente e o ser biológico como modelo. O antropomorfismo é muito útil na construção dos agentes artificiais quando da descrição das instâncias intencionais. Uma vez se dispusermos do entendimento sobre o mecanismo essencial do problema, pode-se ter uma descrição mais simples do processo do comportamento desejado para os sistemas [SHO93].

Também, quando um enfoque intencional é adotado, o problema central torna-se determinar quais estados mentais devem ser usados para caracterizar um agente no sistema.

Searle [SEA95] dividiu os estados mentais em duas categorias principais: estados mentais de informação e estados mentais pró-ativos. Estados mentais de informação estão relacionados com a informação que um agente possui sobre o ambiente em que se encontra inserido, precisamente conhecimento e crenças. São esses os estados que tendem a se modificar a fim de que seu conteúdo possa refletir o estado do mundo. Pró-ativos são aqueles que, de alguma forma, guiam, dirigem o

comportamento do agente. Esses estados estão diretamente vinculados ao processo de seleção de um dentre vários cursos de ação, como os estados mentais: desejos, intenções, preferências, obrigações .

Exatamente qual a combinação de quais estados mentais mais adequados ou mais importantes para descrever um agente não é um consenso entre os pesquisadores da área. Isso é devido, principalmente ao problema de que a representação de estados mentais é dependente de contexto, isto é, os estados mentais observados são obtidos em experiências baseadas em situações reais. Esse conjunto de estados mentais pode então variar e depende muito em função da visão e subjetividade do observador e das especificidades do contexto e do domínio.

Na literatura pode-se encontrar diversas opções de estados mentais, conforme Móra, em [MÓR99]: crenças, desejos, motivação, valores, intenção, objetivos, entendimento. Davidson [DAV80] argumenta que desejos e crenças são os estados mentais mais básicos e que todos os demais podem ser reduzidos a eles. Bratman [BRA87], por seu lado, coloca serem desejos, crenças e intenções os estados mentais mais básicos.

3.4.1 Arquitetura BDI

Segundo Bratman [BRA87, BRA89] são três os estados mentais básicos necessários para modelar agentes segundo uma abordagem intencional, para descrever e prever seu comportamento: Crenças, Desejos e Intenções (respectivamente Beliefs, Desires e Intentions). A idéia básica do enfoque BDI¹³ é descrever o estado interno de processamento de um agente através de categorias mentais e da definição de controles pelos quais o agente racionalmente seleciona seu curso de ação baseado nas suas representações.

Pode-se descrever informalmente:

- ◆ Crenças constituem o estado de informação do agente, representando as informações que o agente possui sobre o mundo e sobre si próprio; são a representação dos fatos da situação corrente e passada do mundo e dos efeitos que um determinado curso de ações causou.
- ◆ Desejos constituem as preferências sobre os futuros estados que o agente quer eventualmente atingir ou cursos de ação. Um agente pode ter desejos inconsistentes e não precisa acreditar que todos os seus desejos sejam alcançáveis; desejos não levam necessariamente o agente a agir.
- ◆ Intenções constituem o conjunto de desejos selecionados de acordo com as crenças e as situações do mundo em um tempo específico juntamente com seus estados de processamento. Ou também, são caracterizadas por uma escolha de um estado de eventos a alcançar, sendo assim, podem ser vistas como um compromisso que o agente assumiu para atuar ou produzir resultados em um futuro específico.

Um agente modelado segundo Bratman [BRA89], deliberará confrontando seus vários desejos com suas crenças e escolherá de acordo com algum critério um subconjunto dos desejos. Desse conjunto de desejos que formam um conjunto de

¹³ O termo BDI será mantido ao invés de sua tradução para o português, do tipo CDI, pois BDI é uma sigla muito utilizada por pesquisadores da área.

estados possíveis será realizada a escolha das ações que o agente fará. As intenções são caracterizadas pela escolha realizada sobre o subconjunto dos desejos possíveis e de um certo grau de comprometimento em agir de acordo. Consequentemente, as intenções não podem ser contraditórias com outras intenções, uma vez que não seria racional agir no sentido de atingir estados incompatíveis simultaneamente. Uma vez que uma intenção é adotada, o agente tenta satisfazer a intenção planejando ações, re-planejando se uma falha ocorrer e assim sucessivamente.

Basicamente, os agentes BDI comprometem-se a desenvolver a escolha realizada, a qual foi obtida no processo de decisão e não abandoná-la até que um evento significativo ocorra. Um evento significativo se dá quando a intenção foi realizada completamente ou fica confirmado que a intenção é impossível de ser realizada. Na maioria dos modelos BDI, o processo de deliberação realiza uma filtragem no conjunto de desejos e obtém as intenções candidatas a execução.

O objetivo do uso dos conceitos intencionais baseados em teorias de estados mentais é a descrição dos elementos básicos de um agente, especificamente sua funcionalidade e seu funcionamento. Conforme Móra [MÓR98a], são duas as maneiras de se enfrentar esse problema sintático: via os modelos formais de agentes e via o desenho da arquitetura dos agentes.

As arquiteturas de agentes providenciam uma descrição informal dos elementos e processos que compõem os agentes. Nesse caso, as arquiteturas fornecem um esquema com lacunas que quando preenchidas com informações específicas do domínio de aplicação, completam o sistema em construção.

Os modelos formais de agentes fazem uso de alguma linguagem de especificação formal para especificar o agente. O modelo é feito utilizando-se uma abstração sobre a qual é construída uma linguagem baseada em lógica de primeira ordem ou uma lógica modal, sendo a abstração os estados mentais. Esses modelos de agentes definidos com essas lógicas chamam-se de *teorias de agentes como sistemas intencionais* (ver em Móra [MÓR99]).

Uma das teorias mais influentes foi desenvolvida por Cohen e Levesque [COH90], cujo formalismo é usado para modelar estados mentais. É um trabalho formal cujo enfoque está nas relações entre as crenças, objetivos, e as ações dos agentes. A teoria proposta por eles é expressa numa lógica baseada na semântica dos mundos possíveis e conectivos usuais da lógica de primeira ordem: BEL (para denotar crenças), GOAL (objetivo), HAPPENS (para denotar a ocorrência do próximo evento), DONE (para denotar qual evento acabou de ocorrer). Esses operadores caracterizam o que o agente necessita conhecer para executar ações que são intencionadas. Existem outros operadores, como *eventualmente* e o operador *sempre*, bem como conectivos da lógica de primeira ordem e outros. O item 3.6 contém bibliografia que pode ser consultada para aprofundamento e maiores detalhes.

Cohen e Levesque definiram o compromisso do agente em cumprir com seus objetivos e mostraram que as crenças são fundamentais para a coordenação e a análise do comportamento dos agentes. Entretanto, apesar da enorme contribuição teórica do trabalho de Cohen e Levesque, o fato de utilizarem lógica modal para descreverem os estados e seus relacionamentos, a implementação de agentes com tais objetos mentais, (isto é, a tradução em programas operativos com tais objetos mentais) é extremamente difícil.

Rao e Georgeff [RAO95] desenvolveram uma teoria com três estados mentais: crenças, desejos e intenções (BDI). Seus trabalhos formalizaram o modelo BDI com inclusão da definição de uma lógica subjacente, a descrição das crenças, desejos e intenções como operadores modais, e uma axiomatização que define a relação e propriedades desses operadores BDI [MÜL96].

No entanto, esses autores consideraram a possibilidade de agregar planos ao seu formalismo. A descrição dos estados é feita através de operadores modais, da definição da semântica dos mundos possíveis para estes operadores. O operador BEL denota crença, GOAL denota objetivo e INTEND é usado para intenções. Existem dois operadores modais definidos na estrutura do formalismo: opcional e inevitável. Os operadores modais ALWAYS, EVENTUALLY, NEXT e UNTIL são também definidos. Rao e Georgeff trataram intenções como um conceito com o mesmo nível das crenças e desejos, permitindo a representação de diversos tipos de comprometimento racional para persistência das crenças, objetivos e intenções. Apesar da contribuição desse trabalho que influenciou toda uma cadeia de pesquisas e trabalhos seguintes, a implementação de agentes diretamente a partir da descrição proposta não é uma tarefa simples devido a distância existente essa especificação e as ferramentas de implementação mais usadas em Ciência da Computação (linguagens e ambientes de programação).

Diversos sistemas mentalísticos que são especificados através dos estados mentais crenças, desejos e intenções e atendem pela sigla BDI (Beliefs, Desires, Intentions) seguiram-se a essa abordagem, conforme Móra, em [MÓR2000]. Alguns adotam exatamente os três estados, outros acrescentaram estados ou os renomearam, como os sistemas BDI que agregam as noções de planos e objetivos de Rao e Georgeff [RAO95]. Existem outras especificações propostas, e interessante é destacar a BVG (Beliefs, Values, Goals), apresentada por [ANT99], [ANT2000].

3.4.2 Outras arquiteturas com estados mentais

Atualmente muitos trabalhos tem sido produzidos no enfoque da teoria mentalística. Alguns desses foram analisados e como serviram de apoio aos estudos serão destacados e comentados brevemente.

A arquitetura **SEM**, Sociedade dos Estados Mentais, desenvolvida por Corrêa [COR94] propõe quatro estados mentais para especificar um agente cognitivo. É uma arquitetura genérica com quatro estados mentais: crença, desejo, expectativa e intenção compondo cada agente. Essa arquitetura é dita deliberativa porque a ação é feita através de uma deliberação explícita sobre diferentes opções, por exemplo, usando um modelo interno do mundo, um plano ou considerando alguma função que avalia uma ação conforme sua utilidade [COR94].

O comportamento do agente, representado pelas ações através das quais ele interage com outro agente e no mundo, resulta das relações causais entre esses estados mentais que são o “núcleo” a partir do qual é definida a arquitetura do agente. Esse núcleo é composto por quatro agentes locais autônomos: agente local crença, agente local desejo, agente local intenção e agente local expectativa, cada um correspondendo, respectivamente, aos estados mentais crença, desejo, intenção e expectativa. Esses agentes locais interagem entre si, comunicando-se através de mensagens. Cada um dos agentes locais possui funções específicas decorrentes das definições, propriedades e relações dos estados mentais.

A arquitetura SEM se preocupa com o comportamento particular de cada agente local que possui estruturas bem definidas e uma arquitetura semelhante a dos agentes globais. Na arquitetura SEM, a representação formal e simbólica dos estados mentais do agente é feita de acordo com a Teoria das Situações desenvolvida por Barwise e Perry [apud COR94] e Devlin [DEV91]. A FIGURA 3.2 a seguir, de acordo com Correa, em [COR94], mostra a interação entre os agentes locais que é feita através das ações de comunicação que esses agentes realizam entre si, ou seja, através das trocas de mensagens que eles efetuam entre si.

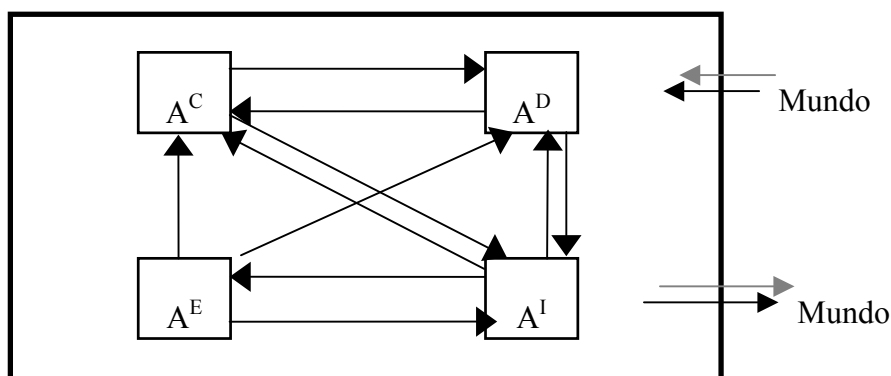


FIGURA 3.2 - Interações entre os agentes locais: AC,AD, AI e AE

Na FIGURA 3.2 tem-se A^C = (crença), A^D = (desejo), A^I = (intenção) e A^E = (expectativa) e as setas mostram as possibilidades das comunicações entre os agentes locais.

A arquitetura SEM_A , Sociedade dos Estados Mentais do agente A, é definida pela estrutura de 8-tupla: $SEM_A = \langle M_A, S_A, R_A, \alpha_A, \upsilon_A, \psi_A, CDE_A, I_A \rangle$ onde:

$M_A \rightarrow$ o conjunto dos estados mentais crenças, desejos, intenções e expectativas do agente A, isto é, são os estados internos do agente

$S_A \rightarrow$ o conjunto de todas as possíveis situações externas identificáveis pelo agente A

$R_A \rightarrow$ o conjunto das partições de S_A que caracterizam a capacidade de percepção do agente A

$\alpha_A \rightarrow$ o conjunto das ações do agente A

$\upsilon_A \rightarrow$ uma função que define a percepção do agente A, relacionando os estados de S_A com as partições em R_A ,

$$\upsilon_A: S_A \rightarrow R_A$$

$\psi_A \rightarrow$ uma função que caracteriza os efeitos das ações do agente A no mundo externo

$$\psi_A : \alpha_A \otimes S_A \rightarrow S_A$$

onde o símbolo \otimes representa o produto cartesiano efetuado entre dois conjuntos quaisquer

$CDE_A \rightarrow$ uma estrutura definida pela 3-tupla:

$\langle C_A, D_A, E_A \rangle$ onde:

C_A → estrutura para as crenças do agente global A, onde se insere o agente local crença, cuja arquitetura é uma 8-tupla de um agente local;

D_A → estrutura para os desejos do agente global A, onde se insere o agente local desejo, cuja arquitetura é uma 8-tupla de um agente local;

E_A → estrutura para as expectativas do agente global A, onde se insere o agente local expectativa, cuja arquitetura é uma 8-tupla de um agente local;

I_A → estrutura para as intenções do agente global A

A arquitetura SEM foi aplicada em um tutor desenvolvido por Moussale [MOU96] e mostrou as possibilidades existentes na modelagem de agentes cognitivos com uso dos estados mentais, e particularmente em STIs. O trabalho de Moussale (ver item 3.5.1.) evidenciou o potencial dessa arquitetura para tratar da adequação das estratégias de um Tutor em função das crenças do aluno em relação ao domínio. Entretanto, os trabalhos de Moussale também mostram a dificuldade de especificação dos estados mentais com o formalismo da Teoria das Situações e a sua operacionalização na programação.

Outra arquitetura que foi estudada é a proposta de um agente genérico BVG (Beliefs, Values, Goals) desenvolvida por Antunes e Coelho em [ANT99, ANT2000], onde B significa crenças, V valores, e G objetivos. Ela é similar à arquitetura BDI. A preocupação na arquitetura BVG é a melhoria da arquitetura BDI quanto ao problema de escolha da ação mais adequada durante o processo de deliberação.

Os objetos ou estados mentais escolhidos foram crenças, desejos e valores para comporem os blocos construtivos de um agente. Os objetivos G são formados por todos os estados mentais pró-ativos, (analogia com BDI seriam os desejos e as intenções). Crenças representam o que o agente conhece; os objetivos representam o que o agente quer; valores representam o que o agente gosta. Ou seja, a parte motivacional do agente é representada pelos valores que podem mudar ou evoluir no tempo.

A estrutura de objetivos e crenças é completada por valores que são usados no mecanismo de obtenção da decisão do que agir. Esses valores funcionam como um filtro sobre as ações candidatas.

A retirada do estado mental desejo e sua substituição por valores é justificada pelos autores, por eles acreditarem que as fontes dos objetivos do agente nascerem de crenças já especialmente informadas como tendo um conteúdo motivacional àquela situação. Os valores, por sua vez, também possuem a tarefa de auxílio na seleção das crenças críveis que devem ser colocadas em execução. Assim como nós, os autores, em [ANT2000], acreditam que as emoções interferem nas decisões, mas adotam a posição das emoções como influências de controle em metanível sobre o mecanismo de decisão. A FIGURA 3.3, a seguir, com a arquitetura BVG, proposta em [ANT2000] mostra a inclusão do controle, papel que deve ser exercido também pelas emoções.

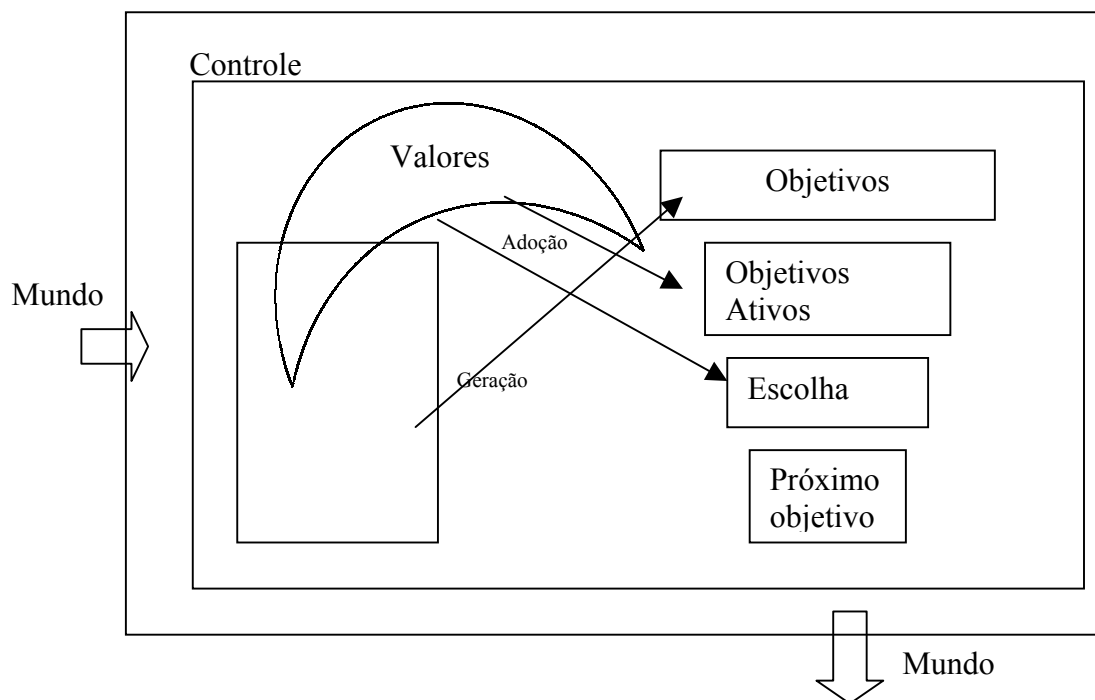


FIGURA 3.3 - Arquitetura BVG

A arquitetura BVG apresentada neste último diagrama, FIGURA 3.3, evidencia o mecanismo de controle que engloba toda a arquitetura básica. Esse invólucro representa um nível responsável por uma grande quantidade de controles da mente do agente, muitos dos quais são puramente cognitivos, outros um conjunto de facetas como importância, urgência, intensidade e persistência, e ainda outros de cunho emocional. Entretanto, os autores, Luís Antunes e Hélder Coelho, em [ANT2000], colocam que a associação entre os fatores emocionais e racionais ainda não é clara, necessitando de mais pesquisas. O estudo e aprofundamento nessa linha de pesquisa de Antunes e Coelho parece extremamente importante, uma vez que a própria arquitetura prevê a inserção de raciocínio emocional, concordando com idéias de Rosalind Picard [PIC97].

3.4.3 O modelo de Móra usado na tese

Esse item descreverá o modelo formal adotado a partir do volume da tese de Móra e muitas vezes, alguns itens serão apresentados na mesma forma que se encontram no original de forma a preservar fidelidade.¹⁴

Para a descrição das teorias de agentes tem-se os formalismos que combinam os aspectos sintáticos e semânticos e, segundo Móra [MÓR2000], pode-se utilizar uma abordagem modal ou uma metalinguagem. As lógicas modais não são, via de regra, passíveis de tratamento computacional o que as torna pouco viáveis como ferramentas de implementação de agentes, apesar de serem usadas como linguagens de especificação. Os modelos formais que usam metalinguagens definem as propriedades dos agentes sem se preocupar se os agentes de fato as possuem (não provam).

Segundo Móra [MÓR2000], os modelos formais devem desempenhar duas funções:

- servir como ferramenta de definição de agentes, primeiramente;

¹⁴ O autor permitiu que algumas partes de sua tese fossem reproduzidas.

- definir as propriedades dos agentes e provar que esses agentes de fato possuem as propriedades especificadas.

Além dessas funções, os modelos devem prover subsídios para a implementação de agentes. No entanto, os modelos existentes falham em suprir totalmente as funções colocadas. As lógicas modais são boas ferramentas de especificação, mas não sendo tratáveis computacionalmente, não são adequadas para implementar os agentes [MÓR2000]. Os modelos existentes são bastante adequados para verificar se os agentes possuem as propriedades, entretanto, estas ferramentas são bastante complexas e, por estarem expressas em lógicas de níveis de alta abstração, torna-se difícil estabelecer quais as relações com as possíveis implementações. De outro lado, as arquiteturas de agentes estão próximas da implementação, mas é difícil utilizá-las como ferramentas de análise de agentes.

O presente trabalho adota a proposta de Móra [MÓR2000] no objetivo de minorar a distância entre modelos de agente e sua implementação. O modelo formal de agente desenvolvido por Móra, que adotamos, fundamenta-se em Bratman sobre as intenções e na relação desse estado com os estados mentais crença e desejo. O modelo de Móra, entretanto, não inclui um agente completo, mas sim, a estrutura cognitiva de tal entidade, que foi denominada de “kernel cognitivo”.

A escolha do formalismo proposto por Móra se deve às razões:

- a definição do agente é realizada com baixa complexidade, uma vez que é necessário somente especificar os estados mentais (crenças, desejos, intenções), suas propriedades e a verificação se essas propriedades se realizam;
- a teoria de agentes computacional está disponível para uso imediato. A partir das especificações é possível executá-las e verificar o comportamento dos agentes;
- a disponibilização de um sistema formal cuja linguagem é suportada computacionalmente e é adequada para a representação de conhecimento e suporte para diversos tipos de raciocínio, além de fornecer as ferramentas necessárias para se modelar os vários estados mentais;
- os testes relativos às ações dos agentes não exigem grandes programações e implementações, pois, a partir das especificações utilizadas para formalizar o agente, é possível executá-los e verificar o seu comportamento. A arquitetura BDI passa a ser um paradigma de implementação de agentes cognitivos devido a possibilidade de se executar o modelo formal.

O modelo formal de Móra é executável através do sistema de modelagem e desenvolvimento de agentes de arquitetura BDI, denominado X-BDI. O ambiente base utilizado para construção do X-BDI é a programação lógica estendida com negação explícita em programação – ELP (*Extended Logic Programming with explicit negation*), e com a semântica bem fundada estendida – WFSX (*Well-Founded Semantics eXtended for explicit negation*). Para esse formalismo lógico, existe um procedimento de derivação descendente, o SLX (*Selected Linear resolution for eXtended programs*), que é completo e correto em relação à WFSX. E, segundo Móra em [MOR98]¹, esse procedimento permite provar que determinado literal pertence ou não ao modelo do programa, sem exigir o cálculo do modelo completo do programa. Existe um algoritmo bem definido para o procedimento de revisão do programa, sobre o qual se baseiam os diversos tipos de raciocínio.

A programação lógica estendida, especificamente o ELP, acrescenta uma segunda negação, a *negação explícita* à programação lógica normal (a *negação implícita*). Programação em lógica normal é entendido como a programação usando as cláusulas de Horn aumentadas pelo operador *not*. Esta extensão aumenta o poder expressivo da linguagem na forma de representação de uma informação negativa de forma explícita, como, por exemplo, uma convicção de que uma propriedade P não suporta, ou uma intenção que uma propriedade P não deveria suportar. Na introdução de informação negativa, pode-se lidar com programas contraditórios [MÓR2000].

Assim, o X-BDI permite que se lide com contradições de forma genérica. A medida em que surgem as contradições, o ambiente fornece mecanismos para removê-las, alterando o valor verdade de um subconjunto predefinido de literais. Este mecanismo de remoção de contradições é obtido através de uma variante da SLX que computa as combinações possíveis de alterações de valores verdade que garantem a remoção. Através deste mecanismo de remoção, é possível realizar diferentes tipos de raciocínio não-monotônicos.

A lógica de programação estendida (ELP) é um conjunto de regras do tipo:

$$H \leftarrow B_1, K, B_n, \text{not } C_1, K, \text{not } C_m \quad (m, n \geq 0)$$

onde $H, B_1, K, B_n, C_1, K, C_m$ são literais objetivos. Um literal objetivo é também um átomo A ou sua negação explícita $\neg A$. O símbolo *not* significa a negação por omissão ou negação por falha, e *not* L é um literal por omissão. Literais podem ser somente literais objetivos ou literais por omissão, sendo que $\neg \neg L \equiv L$.

A linguagem também permite tratar da consistência das restrições através de:

$$A \Leftarrow B_1, K, B_n, \text{not } C_1, K, \text{not } C_m \quad (m, n \geq 0)$$

onde $A, B_1, K, B_n, C_1, K, C_n$ são objetivos literais, instanciando que A pode suportar se o seu corpo B_1, K, B_n, C_1, K, C_n suporta também.

Particularmente, quando $A = \perp$, onde \perp instancia por *contradição*, isto significa que uma contradição aparece quando o corpo da contradição a suporta.

Móra utiliza uma versão modificada do Event Calculus (EC) proposto por [MOR 95] como o formalismo para tratar de ações no tempo. Uma vez que se raciocina com estados como desejos e intenções, necessita-se lidar com propriedades que possam ser suportadas em um certo instante de tempo e com ações que devem ser executadas em determinado intervalo de tempo. Os predicados de EC:

holds_at(P, T) define que a propriedade P é verdadeira no tempo T ;

happens(E, T) significa que o evento E ocorreu num tempo T ;

initiates(E, P) significa que o evento E inicia a propriedade P no tempo que o evento E ocorre;

terminates(E, P) significa que o evento P terminou;

persists(Te, P, T) significa que P persiste desde Te até T (pelo menos).

Existe uma variável especial denominada de *Now* que representa o tempo presente. A propriedade P é verdadeira num tempo T (*holds_at(P, T)*), se tiver um evento prévio que inicia em P e se P persiste até T . P persiste até T se não pode ser provado por omissão a existência de outro evento que termina P antes do tempo T . O EC permite argumentar sobre o futuro e o passado. Para a dedução para o futuro, é

assumido, hipoteticamente, uma sucessão de ações representada pelos predicados *happens* (E,T) e *act* (E,A) e pela verificação das propriedades que os asseguram. Para a argumentação sobre o passado, ou seja, verificar se determinada propriedade P aconteceu no tempo T , o EC confere que propriedades permaneceram válidas depois da execução das ações que aconteceram antes do tempo T . O predicado *sense* (P,T) significa que a propriedade P é percebida pelo agente no tempo T .

A FIGURA 3.4, apresenta alguns aspectos da linguagem. Maiores detalhes podem ser obtidos em [MOR97; MOR98; MOR2000].

$\neg \text{holds_at}(P, T)$	←	$\text{not_holds_at}(P, T)$.
$\text{holds_at}(P, T)$	←	$\text{initially}(P)$,
		$\text{persists}(0, P, T)$.
$\text{holds_at}(P, T)$	←	$\text{happens}(E, Te)$,
		$\text{initiates}(E, P)$,
		$Te < T$,
		$\text{persists}(Te, P, T)$.
$\text{holds_at}(P, T)$	←	$\text{senses}(P, Ts)$,
		$Ts < T$,
		$\text{persists}(Ts, P, T)$.
$\text{persists}(Te, P, T)$	←	$\text{not_clipped}(Te, P, T)$.
$\text{clipped}(Te, P, T)$	←	$\text{happens}(Ie, Tle)$,
		$\text{terminates}(Ie, P)$,
		$\text{not_out}(Tle, Te, T)$.
$\text{out}(Tle, Te, T)$	←	$T \leq Tle$.
$\text{out}(Tle, Te, T)$	←	$Tle < Te$.

FIGURA 3.4 - Elementos da linguagem X-BDI

Móra et al. desenvolvem uma linguagem que congrega as orações ELP com as primitivas de EC. ELP com o EC provê os elementos que são precisos para se modelar estados mentais. Nessa linguagem as orações são:

A causa F if P_1, \dots, P_n – ação A causa propriedade F se suporta a proposição P ;

F after A if P_1, \dots, P_n – suporta a propriedade F após a ação A se suporta a proposição P ;

A occurs_in E – ação A ocorre quando o evento E ocorre;

E preceeds E' – o evento E ocorre antes do evento E' .

A linguagem ainda provê meios para referência de crenças que deveriam conter o futuro ou que deveriam ter contido o passado. Isso é feito através do operador *next* (P) , declarando que a propriedade P deveria ser suportada no próximo momento de tempo.

A estrutura de um agente cognitivo A proposto pelo modelo de Móra [MÓR99] é uma tupla (B, D, I, T, Ax) em que B é o conjunto de crenças, D é o conjunto de desejos, I é o conjunto de intenções e T é o conjunto de axiomas de tempo. Essa estrutura contém os estados mentais componentes e as regras do relacionamento dos estados que refletirão o comportamento do agente.

A linguagem do X-BDI define crenças através da oração $bel(Ax, P)$ e desejos pela oração $des(Ax \neg P, Attr)$ em que Ax é a identificação do agente, P é uma propriedade, $Attr$ uma lista de atributos.

Crenças representam as informações que o agente possui sobre o ambiente, sobre si próprio, sobre os demais agentes e sobre os relacionamentos entre as crenças. O conjunto B tem as orações que descrevem o problema. Um agente A acredita em uma propriedade P , em um tempo T se, a partir de B e T , o agente deduz $bel(Ax, P) \neg$ no tempo T . O agente atualiza continuamente suas crenças refletindo as alterações detectadas no ambiente, e sempre que uma nova crença é adicionada, é mantida a consistência.

Desejos representam uma situação que o agente quer alcançar. Nesse modelo, o fato de um agente possuir um desejo não o leva necessariamente à ação. O agente passa por um processo de deliberação (raciocínio) confrontando seus desejos com suas crenças (as circunstâncias atuais e restrições que o ambiente impõe), que é anterior ao agir. O agente escolhe um conjunto de desejos possíveis de serem satisfeitos de acordo com crenças válidas no momento da deliberação.

As intenções resultam como produto da escolha de um estado de eventos a alcançar. Elas são entendidas como um compromisso que o agente assume com o futuro, em um tempo específico e possível. Assim, as intenções não podem ser contraditórias com outras intenções, pois não seria racional um agente agir em favor da satisfação de estados incompatíveis. No entanto, desejos podem ser contraditórios entre si. As intenções também devem ser suportadas pelas crenças dos agentes, pois não seria racional um agente intencional algo em que não acredita. Uma vez adotada uma intenção, o agente planeja as ações para executá-la, replanejando sempre que houver falhas. Essas ações, usadas para concluir intenções, devem ser também planejadas como intenções pelo agente.

Tanto a definição como a escolha de intenções, por parte do agente, obriga a criação de restrições de modo que um agente:

- não pretenda (intencione) algo no tempo que já passou;
- não pretenda realizar algo que acredita já estar satisfeito ou realizado;
- não pretenda realizar algo que será feito sem esforço;
- só intencione algo que acredita ser possível de concluir, isto é, ele acredita que existe um curso de ação que direciona o estado intencional.

Ao se projetar um agente, especifica-se somente suas crenças e os seus desejos. A escolha das intenções é realizada pelo agente a partir dos desejos, uma vez que as restrições de racionalidade do projeto devem garantir a escolha no processo de seleção.

Agentes escolhem intenções de duas fontes diferentes: de sua base de desejos e intenções obtidas do refinamento de outras intenções. Já que os desejos podem ser conflitantes e, ao mesmo tempo, as intenções são restringidas por uma racionalidade obrigatória, a seleção de intenções é feita somente sobre um conjunto de desejos relacionados com as restrições e que não sejam conflitantes entre si. Primeiramente, o agente determina um subconjunto de desejos que esteja de acordo com as convicções atuais. Após, realiza um “filtro” sobre esse subconjunto para determinar quais são os desejos que podem ser realizáveis em conjunto.

Em geral, existe mais de um conjunto de desejos pertinentes e a escolha é feita através de uma relação de precedência já descrita nos atributos dos desejos. A seleção que determina os mais importantes para adotá-los como intenções (seleção que combina as diferentes formas do raciocínio não-monotônico) é provida pela teoria definida por Móra [MÓR2000].

Uma vez adotadas as intenções, o agente iniciará o processo de planejamento para concluí-las. Durante o planejamento, o agente forma intenções que são relativas às pré-existentes (refino de intenções existentes). Esse refinamento pode ser realizado de várias maneiras, como por exemplo, um plano que inclui uma ação não diretamente executável, pois envolve um conjunto de ações temporais. Assim, a adoção de nova intenção é somente feita se ela não for contraditória com as intenções pré-existentes e com as crenças que as apóiam.

O raciocínio sobre as intenções pode ser efetivado (revisão) sempre que eventos se realizam, ou condições são satisfeitas, ou o agente passa acreditar que uma intenção foi satisfeita ou que não foi possível realizá-la, ou seja, processo de revisão de crenças. Esse processo de raciocínio é oneroso e, assim, a ferramenta, disponibilizada por Móra et al., permite definir as condições que fazem o agente iniciar o processo de raciocínio sobre as intenções, relacionando intenções como obrigações ou restrições sobre suas crenças. Sempre que fatos novos são incorporados, o agente busca manter a consistência de suas crenças. E, da mesma forma, sempre que uma contradição surgir, o agente revisará suas crenças. O processo de revisão de intenções será sempre ativado quando uma dessas restrições for violada.

O item a seguir complementa em parte o item 3.3 que trata dos STIs com tecnologia de agente.

3.5 Exemplos de STIs construídos com tecnologia de Agentes

A utilização da tecnologia de multiagentes para a modelagem e construção de sistemas tutores inteligentes já vem sendo pesquisada, conforme demonstram os trabalhos de Correa [COR94], Moussale [MOU96], [AND97], Frasson [FRA97], [COR98], Johnson [JOH99], Silveira [SIL2001].

A construção de STIs utilizando a tecnologia de agentes traz algumas vantagens:

- a flexibilidade e modularidade inerente a um projeto com agentes;
- o conhecimento do domínio pode estar distribuído entre vários agentes personagens, cada qual com suas crenças, objetivos e planos, permitindo uma maior flexibilidade nas estratégias de ação pedagógicas;
- problema da atuação de um tutor depende de raciocínios diferentes, o problema do apoio à aprendizagem pode ser separado em diferentes subproblemas, cada qual pode exigir diferentes representações, o que pode ser simplificado com a adoção de SMA;
- a necessidade de conhecimentos (conhecimento pedagógico versus conhecimento do domínio, conhecimento sobre a psicologia das emoções envolvidas em aprendizagem, memorização, fatores sociais e culturais) cooperantes para resolução do problema.

A seguir, serão descritos alguns dos ambientes que apoiaram nossos trabalhos, apresentando-se as contribuições ao desenvolvimento deste.

3.5.1 Tutor desenvolvido por Moussalle, Viccari e Corrêa

Moussalle et al. [MOU 96] utilizaram a arquitetura SEM (Sociedade dos Estados Mentais) descrita no item 3.4.2 para a modelagem de um STI voltado ao ensino e aprendizagem da operação de divisão no domínio dos números naturais. A arquitetura do STI tem como característica o fato de que a especificação dos agentes é feita através dos estados mentais: *crenças*, *desejos*, *intenções* e *expectativas*. A arquitetura SEM é uma arquitetura genérica, formada por agentes autônomos, deliberativos e cognitivos. Esses agentes interagem entre si através da troca de mensagens. Nessa abordagem, a única coisa que o programador precisa fazer é especificar os estados mentais dos agentes.

A arquitetura proposta baseada na arquitetura SEM pode ser visualizada conforme a FIGURA 3.5, adaptada a partir de Moussalle [MOU96].

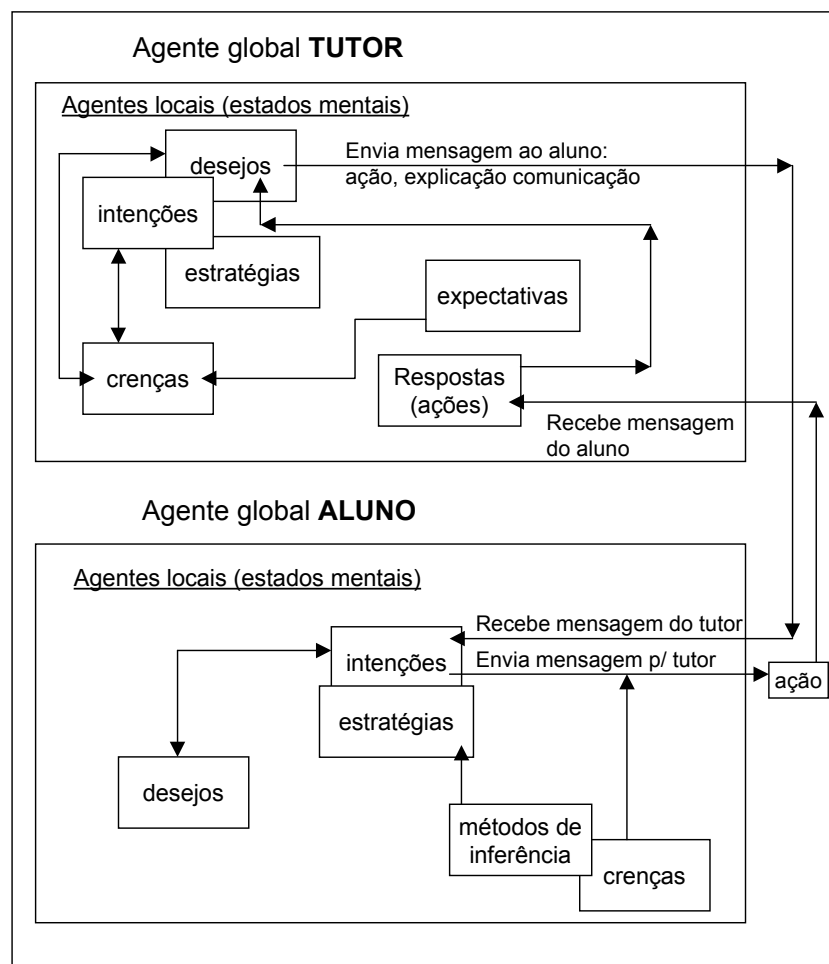


FIGURA 3.5 - Arquitetura de um STI: agentes como estados mentais [MOU 96]

O agente global tutor, através de seu agente local desejo, envia uma mensagem para o agente global aluno, que a recebe através do seu agente local intenção. O agente local intenção verifica se o desejo está conectado à intenção, trazendo para a ação o agente local desejo. A intenção, através do processo de inferência, verifica se existe uma estratégia para preencher a associação entre desejo e intenção.

Juntamente com o agente local *crença*, o agente local *intenção*, que já possui uma estratégia de ensino determinada, controla a execução e envia uma mensagem ao agente tutor global, dizendo se a ação solicitada foi executada com sucesso (ou não). O tutor recebe a mensagem através do seu agente local *desejo*, o qual conduz para a ação os agentes remanescentes, para verificar se o desejo foi ou não atendido. Esse agente *desejo* envia uma nova mensagem ou espera por uma nova mensagem. O agente global tutor pode receber do agente global aluno uma ação que é a resposta do pedido feito pelo tutor para o aluno através da mensagem enviada pelo agente local *desejo* (tutor) e a *intenção* (aluno), ou uma ação que é a requisição feita pelo aluno ao tutor.

As estratégias são planos de ensino e são construídas como crenças permanentes do tutor. Essas crenças referem-se ao conhecimento do tutor em relação ao domínio sendo estudado. As estratégias de ensino estão conectadas ao agente local *intenção* que, entre outras funções, controla a execução dos planos de ensino. Quando uma estratégia de ensino é necessária, o agente local *crença* envia uma mensagem ao conjunto de estratégias e seleciona a mais adequada, baseada nas crenças do agente *global*. Associada a cada desejo existe uma intenção e, associado a esses, existe uma estratégia adequada para atender o desejo.

O estudo do STI baseado na arquitetura SEM mostrou a possibilidade de modelar agentes cognitivos com estados mentais e também possibilidade de flexibilização das estratégias do tutor em se adaptando a situação de interação aluno e agente tutor.

3.5.2 MCOE

O ambiente MCOE (*Multi-agent Co-operative Environment*) proposto e desenvolvido por Giraffa, em [GIR99] é um jogo que simula um lago com plantas e diferentes tipos de peixes. É uma arquitetura multiagente, composta por uma sociedade de agentes de dois tipos: reativo (projetado e implementado usando a abordagem de orientação a objetos) e cognitivo (projetado com a abordagem de estados mentais).

Os agentes reativos são representados pelo fundo do lago, microorganismos, água, plantas e três tipos de peixe. Os agentes cognitivos são representados pelo agente tutor (ecologista) e dois alunos (personagens). O personagem escolhido pelo aluno pode ser: mãe natureza, prefeito, cidadão e turista.

No início do jogo, os alunos enxergam o lago em equilíbrio, o qual gradativamente começa a mostrar a ação dos agentes poluidores. O desafio é manter o equilíbrio e lutar contra os agentes poluidores por um período de dez minutos. A função primordial do tutor é assistir o aluno durante a luta contra a poluição, que é resultante de elementos estranhos (poluidores). A FIGURA 3.6 adaptada de Giraffa, em [GIR99], exhibe a arquitetura do tutor no ambiente MCOE.

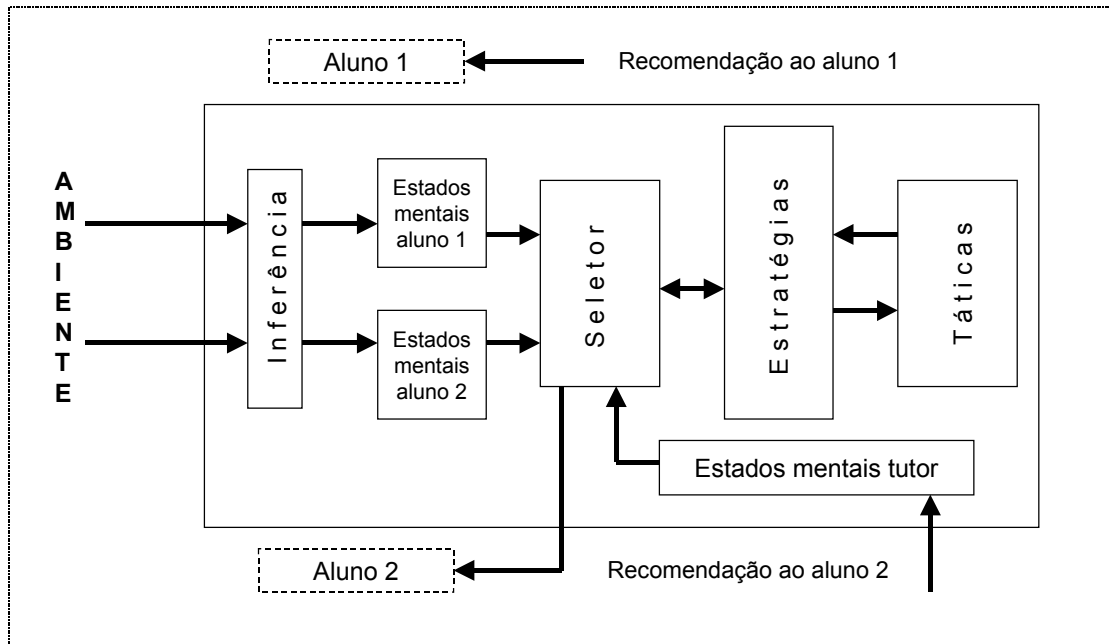


FIGURA 3.6 - Arquitetura do tutor no ambiente MCOE [GIR 99]

O ambiente MCOE contempla diferentes formas de se trabalhar com um determinado conhecimento através do uso de diferentes estratégias de ensino e táticas associadas, levando em consideração o tipo de usuário que está interagindo com o sistema [GIR99]. O tutor recebe informação sobre cada ação do aluno sempre após ele ter executado uma ação e pelo nível de energia do ambiente. O tutor usa estas informações para selecionar uma estratégia específica, com as táticas associadas, de acordo com o módulo seletor. O tutor propriamente dito não age sobre o ambiente, apenas observa as interações. Suas intervenções ocorrem na forma de alguma recomendação ao aluno. O aluno é modelado através de um conjunto dos estados mentais que é obtido através de um módulo de inferência.

O ambiente MCOE demonstra que a utilização do enfoque mentalístico BDI na modelagem de agentes pedagógicos é mais do que possibilidade, sendo um ferramental potente, pois o trabalho maior se resume em descrever os conjuntos de estados mentais associados a cada agente cognitivo. Além disso, a proposta de um “kernel cognitivo” do agente Móra, e implementado no Mcoe, possibilita o desenho de uma arquitetura flexível, principalmente se considerados domínios que exigem modelagem complexa.

3.6 Referências que apresentam a área

Endereço eletrônico para consulta sobre material de agentes:

AgentLink : <http://www.Agentlink.org/>

Arquiteturas de agentes baseados no modelo BDI:

Rao ; Georgeff 1992; 1995; Rao 1996): An abstract architecture for rational agents. In Rich,C. ; Swartout, W.R. ; Nebel,B. eds., Proceedings of the Third International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR '92),25-29 october, Cambridge, MA, 439-449, San Mateo, CA:Morgan Kaufmann, October, 1992

Fagin ;Halpern 1988:

Arquiteturas de natureza prática baseadas no modelo BDI:

IRMA (Bratman, Israel ; Pollack 1988; 1987; Pollack 1992):

PRS (Georgeff ; Lansky 1990):

AgentSpeak(L) (Rao 1996):

Surveys e introdutórios:

Sycara,K.P. Multiagent systems.AI Magazine. 1998. 19(2)79-92

Wooldridge, M. ; Jennings, N.R. Intelligent agents: Theory and practice. The Knowledge Engineering Review .1995.10 (2):115-152. <http://www.elec.qmc.ac.uk/dai/pubs>.

4 Sobre emoção e máquina

4.1 Introdução

Não se propõe aqui conduzir um tratado sobre emoções, uma vez que não é o objetivo nem a especialidade desta tese. Entretanto, pretende-se apresentar uma série de trabalhos e conceitos neste capítulo sobre o tema de emoções em/e de máquina de modo a mostrar as fundamentações e definições por nós adotadas para o desenvolvimento das pesquisas.

O texto está composto por uma introdução à área dos estudos da afetividade e emoções humanas, uma parte dedicada à afetividade em máquina de uma maneira geral, apresentação dos conceitos e definições adotados, uma outra parte dedicada ao estado da arte do tema dentro da Inteligência Artificial, e, por último, um item referente às integrações dos estudos e discussões desenvolvidos durante o caminho das pesquisas realizadas.

4.2 Emoções e Afetividade

A afetividade e as emoções têm sido objeto de intenso interesse tanto na civilização Ocidental como na Oriental, desde épocas como o sexto século antes de Cristo, nos estudos de Lao-Tzu e nos estudos de Sócrates, nos anos de 470 a 399 A.C. até a contemporaneidade, nos estudos de Sigmund Freud, LeDoux, Damásio, Magda Arnold, Jacques-Marie Lacan, Aaron Sloman, Rosalind Picard, Andrew Ortony, Francisco Varela, Humberto Maturana e muitos outros. Entretanto, o início da pesquisa científica moderna (racionalista), na natureza das emoções está sendo visto por muitos, como de responsabilidade de Charles Darwin, em seu livro sobre expressões emocionais em animais e humanos, publicado no ano de 1872.

O termo afetividade é encontrado na literatura sem uma precisa definição, mas pode-se resumi-lo ou integrá-lo como *todo o domínio das emoções propriamente ditas, dos sentimentos das emoções, das experiências sensíveis e, principalmente da capacidade em se poder entrar em contato com sensações*. Ao se considerar o grande filósofo Spinoza, os sentimentos humanos (paixões) poderiam ser reunidos como os de alegria (aqueles que compõem a vida) e os de tristeza (aqueles que decompõem a vida, os que desestimulam a viver). As emoções não são apenas experienciadas, mas também são objetos do pensamento do homem [FLA96]. Nesse sentido, a afetividade implica reconhecer que os seres humanos são afetados pelo que aprendem, pelo que experienciam e pelo que desejam [CEC98], [DEL97]. Essa visão é compartilhada pela Antropologia, Sociologia e Psicologia e, conseqüentemente, está presente hoje nas Ciências Cognitivas [ANL98].

As definições e conceitos relativos à emoção e afetividade são diferentes e dependentes do enfoque do estudo, de quando, onde e da situação em que se está experienciando. Piaget define a afetividade como todos os movimentos mentais conscientes e inconscientes não-racionais (razão), sendo o afeto um elemento indiferenciado do domínio da afetividade. Afirma ele que o afeto (ou as emoções) é a energia necessária para o desenvolvimento cognitivo. Atualmente, estudos que integram as pesquisas de Freud e de Piaget especificam que a afetividade influi na construção do

conhecimento de forma essencial através da pulsão de vida e da busca pela excelência [FUR95].

Conforme LeDoux [DOU98], as diversas formas de emoções são mediadas por sistemas neurais distintos, cuja evolução obedeceu a diferentes razões. O sistema do qual o homem faz uso para se defender de algum perigo é diferente daquele que está em jogo na procriação, e os sentimentos resultantes da ativação desses sistemas, como o medo e o prazer sexual, não têm uma origem comum. “*Não existe a faculdade da emoção*” (em [DOU98], pag. 16), e não existe no cérebro um sistema único dedicado à emoção. Para ele, os sentimentos conscientes, que são as formas pelas quais se conhece e se aprecia as emoções, são reações resultantes da produção inconsciente das emoções. Essas reações podem ser acompanhadas de respostas fisiológicas e comportamentais. No medo, por exemplo, a sensação dessa emoção ocorre como parte de uma reação geral ao perigo, e não é nem mais nem menos importante para a reação do que as respostas fisiológicas e comportamentais que a acompanham, como a tremedeira, o suor e a fuga do local ou da situação. Essas manifestações conscientes, como as sensações e reações fisiológicas e comportamentais são consequência da atividade de um sistema que detecta um perigo, um prazer, a emoção propriamente dita, cuja atuação é inconsciente. Essa idéia é encontrada em Freud, que afirmava serem as reações emocionais produzidas no inconsciente [DOU98].

Damásio, por sua vez, coloca que “*As emoções não são um luxo*”, em [DAM96, pag.159], mas sim, que elas desempenham funções de comunicação de significados e de orientação cognitiva.

Antes de definir através das concepções de diversos estudiosos de emoções humanas, começemos por caracterizar o campo do fenômeno das emoções. Emoções podem ser caracterizadas por *reações expressivas*, como sorrisos, cenho franzido, dentes trincados, por *reações fisiológicas*, como aumento dos batimentos cardíacos, produção de lágrimas, calores e vermelhidão no rosto, por *comportamentos instrumentais*, como correr, buscar “o conforto da mamãe”, juntar as mãos, por *comportamentos instrumentais situacionais*, como digitar com força desmesurada uma tecla, gritar um improperio qualquer, por *cognições*, como pensamento de injustiça para si ou para outros, sensação de impotência frente a problemas, e por *sentimentos* que integram os fenômenos fisiológicos e cognitivos, como a tristeza (sensação de um aperto no peito, lágrimas nos olhos e a lembrança do evento que gerou tais sensações).

A maioria dos pesquisadores concorda que as experiências e reações expressivas, reações fisiológicas, comportamentos de vários tipos, e tipos especiais de cognição compreendem o domínio das emoções, mas discordam sobre quais desses componentes são mais importantes que outros, e quais desses deveriam ser usados para definir a emoção.

As diferentes definições refletem os interesses particulares de cada linha de pesquisa, assim como de suas predileções metodológicas (opções), suas fundamentações e tradições teóricas e filosóficas, como também das linhas da filosofia da ciência vigente, paradigmas explanatórios (positivismo, racionalismo, behaviorismo, movimentos dominantes da ciência na época ...).

Como consequência da falta de consenso sobre uma definição precisa, os teóricos discutem a questão da existência de um conjunto de categorias descritivas dos estados emocionais ou emoções básicas e parecem concordar que existe um conjunto de categorias básicas. Entretanto, não existe consenso em relação a quais são as emoções que constituem o conjunto básico. A título de ilustração, Tomkins citado em [CON96]

apresenta oito (8) emoções como básicas {medo, raiva, alegria, surpresa, interesse, vergonha, angústia, aversão}, enquanto Ortony [ORT99] apresentando uma compilação das listas de emoções de diversos teóricos, encontra as seguintes seis emoções básicas, medo, raiva, tristeza e alegria, aversão e surpresa, como as mais referenciadas.

A pesquisa contemporânea em emoções apresenta cinco perspectivas gerais de como definir, estudar e explicar emoções. Em cada uma dessas grandes classificações, várias teorias se incluem e representam um meio diferente de pensar emoções. Cada uma delas possui um conjunto de premissas de como definir, construir teorias sobre e como conduzir pesquisas onde cada uma delas está associada com sua própria tradição de pesquisa a saber, as tradições darwiniana, jamesiana, e os enfoques cognitivistas, socioconstrutivistas e neurológicos [DAM2000], [DOU98], [DEL97], [CON96], [POZ94].

A perspectiva darwiniana estuda as funções das emoções em um contexto da evolução pela seleção natural. Uma vez que o Homem divide sua história evolucionária com os mamíferos e primatas em especial, as funções das emoções seriam similares nos animais e nos humanos. Psicólogos que atuam nessa perspectiva têm seu ponto focal de pesquisa nas expressões emotivas corporais, demonstradas nos humanos e nos animais. Foi estabelecido, sem nenhuma dúvida, que as pessoas em diferentes culturas podem reconhecer as expressões faciais associadas com um pequeno conjunto de emoções. Os atuais condutores das pesquisas desse enfoque estão associadas a Paul Ekman e Carrol Izard [EKM94]. As pesquisas de Ekman e de Izard, em [CON96], evidenciam que existem “constantes através das culturas” em certas expressões faciais de emoções. Por implicação, a pesquisa de Ekman e outros sobre a universalidade das expressões faciais das emoções pode ser tomada como a apresentação de um caso forte para a proposição de que as emoções humanas são parte de nossa herança evolucionária. Visto dessa perspectiva, as mudanças específicas do corpo que acompanham certas emoções – aí incluídas as posturas, expressões faciais e alterações associadas com a ativação do sistema nervoso - são processos adaptativos que representam a prontidão no confronto com os tipos de contingências do ambiente que foram encontradas durante a história de evolução de cada espécie. A evidência dessa afirmativa é mais forte para as sete emoções básicas: alegria, tristeza, raiva, medo, desgosto, surpresa, interesse, em [CON96].

A noção de que as expressões faciais das emoções são universais levou a aplicações que produzem expressões faciais humanas em avatares, em personagens de jogos e até em signos nas interfaces de comunicação Homem-Máquina (ver mais em [<http://www.acm.org/sigchi/publications/>], [<http://www.ida.lin.sl/~miker/hci/labs>]), o que permite a comunicação de aspectos emocionais que devem ser considerados pelo usuário.

Os estudos das emoções, na tradição jamesiana, consistem em várias teorias inspiradas pelo trabalho de William James e pelo dinamarquês Lange. Todas as teorias nesse enfoque têm por base a idéia de que a experiência da emoção é primeiramente a experiência das mudanças corpóreas. Conforme [CON96], existe suficiente evidência no escopo das teorias que seguem essa tradição, para concluir que pelo menos um pequeno número de emoções mostra características bem específicas no sistema nervoso humano. Pode-se resumir a idéia principal do conjunto das teorias desse paradigma como que as ações precedendo as emoções e o cérebro interpretando tais ações como emoções. Isto é, na ocorrência de uma situação, o cérebro a interpreta, desencadeando respostas fisiológicas compatíveis, como elevação dos batimentos cardíacos, transpiração, expressões faciais e corpóreas, expressões (manifestações) de sons (gritos,

suspiros, ...), e outros tantos,.... . Estas respostas fisiológicas são ditas reflexivas e ocorrem antes que uma pessoa “se dê conta” de que está experienciando uma emoção. Após a avaliação cognitiva ou/ cerebral dos elementos fisiológicos em andamento no corpo humano, é que se tem a emoção.

Levenson e Ekman sugerem fortemente que medo, raiva, tristeza e alegria podem ser distinguidos por diferentes padrões das atividades autonômicas e que a retroalimentação dessas alterações do sistema nervoso contribuem para a experiência emocional, ou sentimento, em [CON96]. Atualmente teorias que possuem esse mesmo enfoque estão sendo conduzidas por muitos pesquisadores como Schachter e Singer [CON96]. Esses pesquisadores afirmam que a experiência das emoções (sentimentos) que surgem do rotulamento cerebral e mental das sensações fisiológicas não é suficiente para explicar as diferenças sutis que existem entre as emoções, como por exemplo, as diferenças entre raiva e medo. Para haver a diferenciação, eles afirmam que cada indivíduo recebe informações adicionais do meio ambiente (externo ao corpo ou interno oriundo de seus pensamentos) e as usam para rotular qualitativamente a sensação.

A perspectiva cognitivista enfatiza o papel do pensamento na gênese da emoção e persegue o caminho de como os indivíduos estimam os eventos, seja externos (no ambiente) ou internos (sensações, projeções, lembranças, ..). Avaliação ou estimativa se refere ao processo de julgamento de significância individual de um evento. Foi claramente demonstrado que as emoções dependem do modo crucial de como os eventos são avaliados por uma pessoa [COR96, DAM96, PIC97]. Emoções são respostas ao significado dos eventos e estão vinculadas com os objetivos e motivações da pessoa. Mais especificamente, diferentes emoções são associadas com diferentes padrões de estimativas ou avaliações. Existe atualmente um considerável corpo de pesquisas demonstrando que emoções podem ser preditas a partir da forma que uma pessoa avaliou uma situação, com diferentes emoções associadas com padrões de avaliações, em [DAM96], [CON96], [ORT99]. Mudando-se o modo como um evento é avaliado, mudará a emoção experienciada. Os achados dos estudos cognitivos da emoção tem importância teórica muito importante, como também por suas implicações práticas para a psicoterapia.

O enfoque cognitivista de se estudar emoções tem se mostrado muito importante para simulações em computador para pesquisas em Psicologia [SCH93], Sociologia e também para uma nova área que desponta na Inteligência Artificial, a Computação Afetiva [PIC97]. A idéia de avaliação de eventos e situações com os estados internos, objetivos de cada um como suporte à geração de emoções, também encontra respaldo em muitos dos estudos realizados por Damásio [DAM00,DAM96].

As teorias que englobam a tradição socioconstrutivista afirmam as emoções como construções sociais que servem aos fins individuais e sociais, isto é, os socioconstrutivistas mostram que o modo que falamos das emoções (o modo como as definimos, os modos como se diferenciam em nossa linguagem e nas práticas sociais, as metáforas usadas para emoções e para as experiências emocionais) ajudam na determinação de como experienciamos as emoções. A idéia central é que as experiências e as expressões das emoções são dependentes de regras ou convenções aprendidas e que as culturas diferem no modo como se fala e como se conceituam emoções, como elas são diferenciadas e expressas [CON96].

A essas quatro perspectivas alia-se a neurológica, a qual tem tido uma grande influência na psicologia da emoção e nas Ciências Cognitivas. Alguns dos mais excitantes trabalhos e pesquisas na tradição cognitiva nos últimos anos floresceram

devido às pesquisas oriundas dos recentes trabalhos da neuropsicologia e neuroanatomia. LeDoux, um dos grandes pesquisadores da área, elabora todo um domínio de pesquisa, assim denominada neurofisiologia da emoção. Nesse enfoque, a maioria das emoções é composta, gerada ou induzida por mecanismos e processos neurofisiológicos. Para ele, os sentimentos ou experiências emocionais são mais úteis se vistos como uma consequência da atividade neural no cérebro. Pesquisas em neurobiologia mostram evidências de que as emoções invadem a inteligência humana em diferentes níveis sendo inseparável da cognição [CON96], [DOU98].

Damásio, em [DAM96] e em [DAM2000], mostra que as emoções desempenham uma função na comunicação de significados a terceiros e possuem também o papel de orientação cognitiva. As emoções, em muitas circunstâncias de nossa vida como seres sociais, só são desencadeadas após um processo mental de avaliação que é voluntário e não automático. Existem estímulos inatamente selecionados para causar emoções, mas em virtude da natureza de nossa experiência no desenvolvimento de nossas vidas, há um amplo espectro de novos estímulos e situações que vieram se associar aos primeiros. As reações a esse amplo espectro de estímulos e situações podem ser filtrados para um processo de avaliação ponderada. Esse filtro reflexivo e avaliador introduz a possibilidade de variação na proporção e intensidade de padrões emocionais pré-estabelecidos na maquinaria básica das emoções. Também LeDoux [DOU98], neurologista, afirma que emoções em ação são poderosos fatores de motivação para futuras atitudes, como: “...são elas que definem o rumo de cada ação e dão a partida nas realizações de longo prazo.” [DOU98, pág.19]. Pode-se observar uma visão cognitivista para emoções presentes nessas afirmações, mesmo que pertencentes a trabalhos e pesquisas sob o enfoque da neurologia.

Essas perspectivas tiveram e continuam a ter um forte impacto sobre como os pesquisadores da área pensam sobre emoções. Mesmo que as idéias de Darwin e de James-Lange tenham mais de 100 anos, as teorias baseadas nessas idéias estão ainda muito em evidência. Atualmente, verifica-se um ressurgimento de várias teorias ou o refinamento de outras já existentes. Na verdade, houve um renascimento das teorias de Darwin e de James-Lange, principalmente nos estudos relativos à caracterização de fenômenos fisiológicos e de expressões faciais associadas com as emoções. Trabalhos de reconhecimento de expressões faciais através de técnicas de computação gráfica e processamento de imagens estão muito avançados (ver em [ESS95], [<http://www.cs.rug.nl/~peterkr/FACE/face.html>], [<http://www.cc.gatech.edu/~irfan/research/pubs/index.html>]). Pesquisas que envolvem sensores para determinação de sinais fisiológicos determinantes de emoções humanas para auxílio nos diagnósticos na medicina e na psicologia também estão em franco desenvolvimento (ver em [<http://www.unige.ch/fapse/emotion>], item 4.5).

Entretanto, a perspectiva cognitiva, apesar de ser uma linha muito mais recente, tem tido um impacto enorme nas atuais teorizações sobre emoções. Pode-se encontrar muitos trabalhos que seguem essa linha, abordando diferentes aspectos sobre como as percepções humanas [EYS94] são influenciadas pelas emoções, ou como se dão os processos para as emergências de emoções [ORT99].

Mas, o que se pode concluir é que, de certa forma, existe uma idéia comum nas diferentes perspectivas, a qual toma versões diferentes devido a cada paradigma. O denominador comum é a noção de que a emoção é um estado dinâmico que consiste em eventos físicos, fisiológicos e cognitivos.

4.3 Algumas definições

“Decidir o que constitui uma emoção não é fácil; depois de fazer o levantamento de todo o espectro de fenômenos possíveis, ficamos imaginando se é realmente exequível formular alguma definição sensata de emoção e se um termo único ainda é útil para designar todos esses estados”.

[Antônio Damásio, O Mistério da Consciência. pag 430]

Não existe consenso sobre uma única definição de emoções, afeto e termos correlatos da área. Assim, de modo a haver um melhor entendimento dos trabalhos em desenvolvimento, optou-se por definições, que preparam e fundamentam o terreno de nossas pesquisas.

Del Nero, neurologista, [DEL97] afirma que a emoção é um processo consciente e que em conjunto com o pensamento e a vontade formam os protagonistas principais para o palco que é a mente. A emoção, continua ele, pode ser qualificada como humor (deprimido, eufórico, irritável, ..), afeto (o estabelecimento de ressonância com outros e/ou objetos) e sensação (dor, êxtase, ..). Uma outra interpretação, de LeDoux, em [DOUX98], pode ser entendida como sendo a emoção, a combinação de um processo avaliatório mental, simples ou complexo, com respostas dispositivas a esse processo, em sua maioria dirigidas ao corpo propriamente dito, resultando num estado emocional do corpo, mas também dirigidas ao próprio cérebro (núcleos neurotransmissores no tronco cerebral), resultando em alterações mentais adicionais. Em outras palavras, LeDoux apresenta as bases neurológicas para as emoções serem tanto herdadas, biologicamente primitivas, como reações autônomas e/ou aprendidas, mediadas por cognições.

Conforme Damásio [DAM2000], a emoção é um rótulo que designa um conjunto de fenômenos ou comportamentos, como as emoções primárias (medo, alegria, tristeza, raiva, surpresa, repugnância), as emoções secundárias ou sociais (ciúme, embaraço, culpa, orgulho, ..), emoções de fundo (humor, calma, tensão,..), impulsos e motivações. Todos esses fenômenos e comportamentos possuem um núcleo biológico comum quanto a serem conjuntos complexos de reações químicas e neurais, com papéis reguladores e conservadores da vida do organismo. As emoções para ele são induzidas por duas maneiras: a) quando o organismo processa determinados fatos, situações ou objetos por meio de seus mecanismos sensoriais e b) quando a mente evoca certos objetos, situações e os processa por meio de suas representações mentais através do pensamento. Em todas as duas maneiras existem os chamados indutores de emoções que dependem da construção cultural e social bem como individual de cada organismo.

Este trabalho adota a noção de emoção como estabelecido por neurologistas, LeDoux, Del Nero e Damásio, expostas a *anteriori*. Essas definições parecem integrar as diferentes abordagens científicas, envolvendo uma triangulação dos universos tradicionais da Filosofia, Psicologia e Biologia, isto é, esta federação hoje conhecida como neurociência cognitiva. A noção então, por nós adotada, *vê um ser humano* como

um sistema fisiológico complexo, com uma longa história evolucionária que existe em ambientes complexos, socialmente construídos, e cujas reações emocionais ao mundo são determinadas tanto por um caminho de resposta "built-in" como por mecanismos menos automáticos, mediados por significados e cognições.

Na linguagem corriqueira, as emoções seguidamente são igualadas aos sentimentos, e de fato, os sentimentos ou os tipos particulares de experiências subjetivas ou sensações corporais estão incluídos em muitas definições de emoções. Certamente, muitos sentimentos estão relacionados com emoção, mas muitos não estão. Todas as

emoções originam sentimentos se se estiver atento e desperto, mas nem todos os sentimentos provêm de emoções [CON96], por exemplo, o sentimento de dever. Outros autores colocam o sentimento como a parte experienciada da emoção, como a sensação do estado emocional [DEL97] ou de acordo com Damásio [DAM2000], além da sensação, é necessário “*o saber que temos sentimento*”, ou, em outras palavras, é requerida a consciência ou o sentido do “*self*”. Neste trabalho, adotar-se-á a noção de que *sentimento* é

a percepção de todas as mudanças que constituem a resposta à emoção ou a diferentes ações e construções engendradas pelas emoções.

No escopo deste trabalho, outro termo tem sido utilizado: a afetividade. *Afetividade é entendida como todo o domínio das emoções propriamente ditas, dos sentimentos das emoções, das experiências sensíveis e da capacidade em se poder entrar em contato com sensações.*

Nas vezes em que não é necessária a especificidade, usar-se-á, indistintamente, os termos afetividade e emoções.

O que se entende por estado emocional ou estado mental afetivo? Esses termos são utilizados em nosso trabalho e a noção adotada para:

estado emocional, é o conjunto de características que determinam a emoção em um indivíduo, num dado instante.

O estado mental afetivo diz respeito ao estado da mente e do corpo que caracteriza a emoção no instante considerado. Entretanto, devido ao foco de nossos estudos, ao nos referirmos aos termos estado mental afetivo ou estado emocional, está-se fazendo referência implicitamente as condições corpóreas ou corpo, uma vez que, conforme Damásio [DAM2000], Del Nero [NER97], o cérebro mantém um retrato de suas condições biofisiológicas.

O conjunto de características da emoção, para efeito de estudos, pode ser alterado conforme profundidade ou abrangência que se pretende estabelecer em situações específicas. Por exemplo, se em determinadas situações só se dispõe de reações expressivas faciais (como sorrisos, cenho franzido) para caracterizar a emoção tem-se um estado emocional determinado através de poucas características e restrito pela abrangência. A profundidade está relacionada com as especificidades peculiares a cada emoção como, por exemplo, raiva e ódio. Raiva e ódio pertencem a mesma família de emoções, conforme Ortony et. al. [ORT99] e Cornélius [CON96], sendo algumas das variantes entre elas, a intensidade e a duração do sentimento. Entretanto, a busca de diferenciais observáveis na voz e nas expressões faciais é uma tarefa complexa nestas emoções como raiva e ódio, cujas características se aproximam muito. As especificidades exemplificadas através dessas emoções são consideradas como caracterização por profundidade.

4.4 Sobre afetos e emoção em/de máquina:

“ Parece certo que, na medida que mais entendemos de cognição, nós necessitaremos explorar sistemas autônomos com recursos limitados e que contudo lidam com sucesso com múltiplos objetivos, com a incerteza sobre o ambiente externo e com a coordenação com outros agentes. Nos mamíferos, esses problemas de projetos cognitivos parecem terem sido resolvidos, pelo menos em parte, pelos processos que formam as bases das emoções.” [Oatley, citado em PIC97, pg.1]”

O texto anterior, de Oatley, apresenta muito bem a funcionalidade que emoções biológicas exercem em sistemas dinâmicos e complexos. Essa mesma funcionalidade pode ser aproveitada para sistemas em máquinas. Entretanto, existem diferenças entre as emoções naturais e aquelas geradas em máquinas. Além das diferenças naturais face a base corpórea ser diferente - biologia versus hardware do computador - pode-se encontrar 2 linhas diversas para as emoções em computadores: emoção *em* máquina e emoção *de* máquina, conforme Picard [PIC97].

Emoção de máquina é a caracterização de uma máquina com emoções. Emoções ditas artificiais, pois elas estão transformadas em ações e reações de máquina. Elas podem ser emuladas das emoções humanas ou podem ser formadas e geradas de maneira diferente das dos humanos, sempre a partir das premissas entendidas pelo engenheiro construtor como sendo as emoções básicas embutidas em uma máquina e sentidas por uma máquina. Provavelmente, são emoções diferentes das dos humanos.

Emoção em máquina é o traslado das funcionalidades das emoções humanas para as máquinas. As máquinas simulam “sentir” e possuem emoções através de processos que levem à caracterização das emoções humanas.

Nossas pesquisas estão dentro do escopo das Emoções em Máquina.

4.5 O estado da arte: algumas pesquisas

Nas Ciências de Computação, como um todo, existem ainda poucos estudos no que concerne à aplicabilidade da afetividade em sistemas computacionais. Estuda-se, sim, a expressividade dos símbolos e signos, sons e ruídos que desenvolvem ou aprimoram a atenção, a percepção, a estética e características sociais e culturais de um conjunto de usuários (cada vez menos, uma vez que a visão imperialista ou “globalizada” impõem seus padrões e aculturam) no que toca aos fatores externos, no que deve ser considerado uma boa interface de comunicação.

Na Inteligência Artificial, os estudos e pesquisas com a afetividade em sistemas não biológicos começam a tomar corpo, de tal sorte que existe a expressão Computação Afetiva. A expressão, cunhada por Rosalind Picard [PIC97], congrega as pesquisas que visam o uso das emoções em diferentes aspectos nos sistemas, desde o controle até a personalização de interfaces, da simulação de sistemas com emoções à representação de emoções, do estudo das emoções através de sistemas até pesquisas que envolvem emoções nas interações Homem-Máquina. O aporte científico e básico é buscado fortemente nas Ciências Cognitivas, na Psicologia, Filosofia, Neurologia, Biologia. Rosalind Picard afirma, em seu livro [PIC97, pag. xi], que o desenvolvimento de computadores afetivos é somente uma questão de tempo.

Alguns centros, grupos de pesquisa e pesquisadores em emoções em Inteligência Artificial ou na Computação Afetiva serão apresentados a seguir, porém, somente alguns dos trabalhos serão descritos em maior detalhe, face a proximidade ou o interesse em relação aos trabalhos desenvolvidos nesta pesquisa.

- MIT Media Laboratory

Acesso a informações: <http://vismod.www.media.mit.edu/vismod/demos/affect>

- Faculdade de Psicologia e Ciências Educacionais - Universidade de Genebra

Acesso a informações: <http://www.unige.ch/fapse/emotion>

- Raciocinador Afetivo

Acesso a informações: <http://condor.depaul.edu/~elliott/arback.html>

- Universidade de Birmingham – Inglaterra

Acesso a informações: http://www.cs.bham.ac.uk/~axs/cog_affect/cogaff-project.html

MIT Media Laboratory

As pesquisas em Computação Afetiva desenvolvidas pelo MIT Media Laboratory, ([<http://vismod.www.media.mit.edu/vismod/demos/affect>]) são separadas em áreas de investigação descritas brevemente a seguir.

1. Emoções Humanas: essa linha de pesquisa objetiva o estudo de emoções humanas para conduzir a construção de mecanismos, artefatos e sistemas que possam auxiliar na aprendizagem das emoções humanas à luz de teorias sobre as emoções.

2. Sensoriamento de sinais de emoções humanas: essa linha de pesquisa objetiva a construção de artefatos e sua integração com sistemas computacionais, objetivando sempre o sensoriamento das emoções humanas de forma transparente ao usuário. A construção desses artefatos é muito importante, pois eles providenciam informação sobre o estado físico e/ou comportamental do agente humano de forma contínua e sem interromper as atividades do usuário. Um protótipo, o Sistema de Sensoriamento Fisiológico Humano foi desenvolvido a partir de artefatos já existentes no mercado e que tiveram a aprovação do FDA para uso em humanos. Os artefatos sensores usados nessa primeira versão são: o GSR (Galvanic Skin Response), o BVP (Blood Volume Pulse), um monitor de Respiração e o EMG (Eletromyogram). Esses foram escolhidos por serem leves, portáteis e relativamente robustos permitindo movimentos bruscos e dando certa liberdade aos usuários. Os sensores estão todos conectados ao Thought Technology ProComp Encoder Unit, um dispositivo que recebe os sinais e os traduz de analógicos para digital.



FIGURA 4.1 - Dispositivos conectados ao Thought Technology Procom Encoder Unit

3. Reconhecimento de padrões de expressões afetivas: estudos focados nas correlações das emoções que podem ser potencialmente identificadas pelo computador.

Essas correlações são inicialmente as expressões de comportamentos e a fisiologia associadas à emoção, mas limitadas a aspectos biofisiológicos, comportamentos e palavras usadas durante a interação.

4. Entendimento e Modelagem da experiência emocional: esse campo de especialização do grupo do MIT está iniciando estudos e pesquisas que possam responder às perguntas: o que pode ser realizado com a informação oriunda dos sinais do usuário, e que foram transformados em padrões significantes como sendo as respostas afetivas do usuário? Como as aplicações serão capazes de usar as atualizações de cada momento do estado afetivo da usuário e usá-las a contento? Para isso estão desenvolvendo um sistema – Módulo para Entendimento Afetivo ("Affective Understanding") – que, de posse de dados oriundos do sensoriamento e do reconhecimento das emoções, as usará, as processará e as armazenará. O objetivo é construir e manter um modelo da vida emocional do usuário com diferentes níveis de granularidade, desde respostas afetivas imediatas a combinações de respostas até a metapadrões dos humores.

5. Síntese de emoções em máquina: essa subárea estuda a construção de sistemas computacionais que realmente devem possuir emoções internas (emoções em máquina), e não somente parecer possuí-las. Em uma máquina, seja agente de software ou uma criatura virtual, o “possuir” emoções está dependente de um modelo sintético que decide qual estado emocional artificial a máquina (ou agente ou criatura) deverá ter. O estado emocional é então utilizado para influenciar os comportamentos subsequentes. O grupo está explorando os modelos de síntese que operam sem raciocínio explícito, isto é, a necessidade de máquinas possuírem emoções de "forma corpórea". A base desse enfoque está nos trabalhos de Antônio Damásio.

6. Aplicações da Computação Afetiva: congregam-se nesse campo as pesquisas sobre que possíveis aplicações computacionais devem ser capacitadas com as funções de sensoriar, reconhecer, entender, preparar ações ou comportamentos de acordo com o modelo afetivo do usuário em interação ou mesmo de sintetizar emoções. O grupo tenta responder ao questionamento: Como devem se comportar e parecer as aplicações computacionais afetivas? No que elas divergem das aplicações correntes?

7. Interfaces com computadores afetivos: condução de pesquisas tanto em hardware e software, com o objetivo de avançar e adequar as novas interfaces às demandas oriundas do emprego das emoções, principalmente no que diz respeito às novas estratégias de interação homem-máquina. Em termos de hardware, os objetivos são o desenvolvimento de biosensores ou câmeras de vídeo que poderão ser usados de forma natural, invisíveis e não obstrutivos em relação aos movimentos e comportamentos do usuário.

8. Comunicação Afetiva: estuda toda a comunicação enquanto relacionada ou mediada por computadores realizada com ou sobre afeto. Envolve a capacitação de computadores em reconhecer expressões (faciais e corpóreas) emocionais como mais um passo para interpretar o estado afetivo do usuário. O foco principal é estudar e compreender o papel dos computadores na comunicação de emoções a outros agentes (artificiais ou biológicos) através de diferentes mídias. Três focos ou especializações foram desenvolvidas: a primeira, *mediação afetiva*, que explora os formas e maneiras de incrementar o “espectro afetivo” ou “ largura de banda” da comunicação mediada por computador. A segunda, *comunicação homem-homem*, pretende pesquisar dispositivos que disponibilizem informações afetivas complementares nas comunicações homem-a-homem (email, videoconferência, comunicação virtual, ..). Dentro dessa área, o grupo

está explorando as formas para que cada usuário tenha acesso a seus próprios padrões biofisiológicos de uma maneira intuitiva e natural. A terceira, *expressão de emoção pelo computador*, é a parte que atribui emoções e sua expressão através de diferentes formas aos sistemas computacionais. Nesta linha já existem aplicações como os “pets” artificiais (ver exemplo do tigrão afetivo mais adiante, FIGURA 4.3) e aplicações comerciais como o Tamagoshi.

9. Computadores afetivos e usáveis¹⁵: exploração de sistemas computacionais (computadores completos) que possam estar em constante contacto com o usuário, executando tarefas de sensoriamento das condições biofisiológicas e comportamentais. A idéia é construir o computador que possa ser trajado, preferencialmente portátil e confortável, providenciando todas as capacidades de computação afetiva, desde o sensoriamento à interpretação de emoções e dos estados mentais afetivos, do entendimento, uso e manutenção dessas informações. O sistema computacional prototipal desenvolvido utiliza o sistema operacional Linux, é denominado de “Lizzy” e é mostrado na FIGURA 4.2 a seguir.

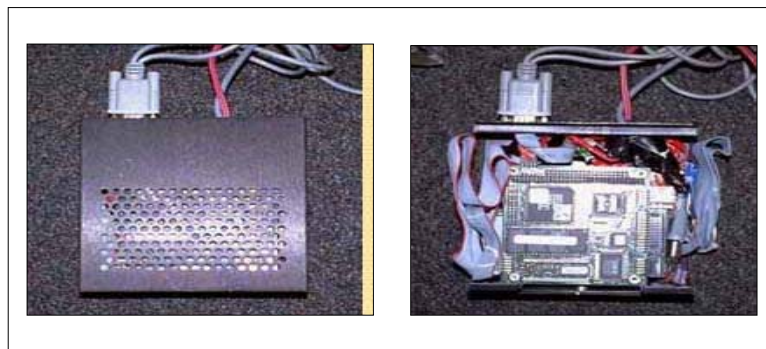


FIGURA 4.2 - Lizzy – protótipo trajável

Somente destacaremos alguns dos projetos em desenvolvimento no Laboratório MIT MEDIA, que apresentam relacionamento com nossos trabalhos.

Paletó do Regente (“Conductor’s Jacket”): foi confeccionado um paletó para ser vestido por um regente musical como uma interface associada ao sistema musical Gesture Construction [NAK2000]. O Gesture Construction é um software musical que analisa os gestos de um regente e de sua respiração executando uma música em tempo real. Um banco de filtros de software extraem diversas características encontradas nos regentes que são usadas para gerar efeitos musicais expressivos em tempo real. O paletó-interface possui 16 sensores que não interferem nos gestos de um regente musical. Esse artefato interpreta os movimentos e sinais de regentes aplicando-os em um contexto musical. O paletó foi usado para coletar dados relativos à regência em três regentes profissionais, e em três estudantes de regência musical. A análise dos dados produziu 35 características que parecem refletir as tendências gestuais intuitivas e naturais e as correlações entre a respiração e o fraseamento musical. Os resultados indicam que as tensões musculares e sinais de respiração refletem características significativas dos gestos dos regentes. A partir desses resultados foram apresentadas hipóteses sobre a expressão musical humana. Mais detalhes procurar em <http://www.whitechapel.media.mit.edu/pub/tech-reports/TR-518.html>

¹⁵ Usável – tradução para a palavra “wearable” e que é melhor descrita pelo termo: algo que se pode trajar, vestir.

Tutor Afetivo: esse projeto desenvolve um STI, de nome “Learning Companion”, ou seja, o Companheiro de Aprendizagem, para servir de ferramenta de testes, atendendo a três áreas de pesquisa que o grupo do laboratório MIT Media está trabalhando, a saber: 1) entender quais as mais importantes emoções relacionadas com a aprendizagem; 2) desenvolver diferentes métodos para o reconhecimento de estados afetivos do aluno que são importantes para a aprendizagem; 3) construir e avaliar diferentes estratégias como respostas aos estados afetivos do aluno em interação. O foco destas pesquisas está no melhoramento da pedagogia atual através do direcionamento a uma pedagogia com componentes afetivos da experiência de aprendizagem. O Learning Companion tem a tarefa de facilitar os esforços de aprendizagem de crianças. O objetivo inicial será a construção de um parceiro que observará o processo de navegação da criança e ocasionalmente colocará questões ou “feedback” ao observar os aspectos do estado afetivo da criança.

O Learning Companion é um STI, mas não é um tutor que conhece as respostas sobre o domínio em aprendizagem. É um companheiro ou um jogador ao lado do aluno – um colaborador – que está lá para ajudá-lo a aprender, e em assim fazendo, aprender como aprender melhor. É um sistema que é sensível à trajetória do aluno. Ele terá sucesso se os alunos aprenderem como perseverar, aumentando sua habilidade e desejo em se engajar no aprendizado propulsionado por si próprio. Mais detalhes em <http://www.media.mit.edu/affect/AC-research/lc/index.html>

Brinquedos Afetivos: projeto de brinquedos reativos ao usuário. Especificamente, foi desenvolvido um boneco no formato de tigre que reconhece e reage à emoção que a criança está exibindo. O reconhecimento é feito através das ações que a criança realiza com o brinquedo. O tigre possui sensores para detectar ações físicas realizadas pela criança, por exemplo: a criança está abraçando o tigre ou acariciando-o. As ações são reconhecidas e interpretadas pelo brinquedo e as ações do tigre, em resposta, são comportamentos que mimificam a expressão de felicidade humana, como sorriso, abertura e fechamento dos olhos. Além das capacidades de expressão através de movimentos de partes do corpo, o Tigre Afetivo possui um dispositivo de reconhecimento de algumas palavras e entonações da fala da criança e a resposta de seu estado emocional é expressa através de vocalizações.



FIGURA 4.3 - Tigrão Afetivo – brinquedo para comunicação afetiva

Os projetos Brinquedos Afetivos e Paletó do Regente demonstram a possibilidade de extrair dos comportamentos e da ação do sujeito sobre um objeto (brinquedo) ou agindo para a realização de uma tarefa (regendo) correlações que permitem a identificação de afetos. De fato, as correlações estão restritas a expressões comportamentais, à fisiologia ligada à emoção e a algumas palavras, entretanto permitem o enriquecimento de análise para a adequação de um sistema.

O projeto denominado Tutor Afetivo, de acordo com as leituras realizadas, ainda se encontra em desenvolvimento, mas mostra-nos que a preocupação que se tem de

adequar a práxis pedagógica do tutor às condições psicopedagógicas do aluno estão corretas e atuais.

Grupo de Genebra

Outro destaque a ser feito é quanto ao Grupo de Pesquisa sobre Emoções ([\[http://www.unige.ch/fapse/emotion\]](http://www.unige.ch/fapse/emotion)) que faz parte da Faculdade de Psicologia e Ciências Educacionais (FAPSE) da Universidade de Genebra. As pesquisas e os trabalhos desenvolvidos pelo Grupo investigam a emoção dentro da Psicologia, utilizando a computação como apoio ou como elemento participante das interações homem máquina nos processos mentais afetivos. O Grupo aborda diferentes aspectos da emoção desde estudos experimentais sobre avaliação de antecedentes de estados emocionais, indução de emoções, reações fisiológicas, expressão da emoção tanto facial como vocal e comportamento emocional de agentes autônomos. Apesar do foco estar nos aspectos psicológicos e nos problemas de ordem clínica (depressão, distúrbios neurológicos, ...), os projetos em desenvolvimento do Grupo trazem contribuições à Inteligência Artificial, ao utilizarem da simulação (Ciência da Computação) e da modelagem sintética (Inteligência Artificial) como instrumentos, desenvolvendo a atual pesquisa em Psicologia e realimentando a IA com novas modelagens e possibilidades.

Nas pesquisas do Grupo de Genebra, uma série de experimentos foram desenhados para examinar empiricamente as predições teóricas do modelo processual dos componentes para geração de emoção de Scherer [SCH93] usando a indução de emoções via um jogo interativo em computador. Dentro do contexto do jogo, os eventos são sistematicamente aptos a produzir resultados para apreciação. As respostas a esses eventos nas expressões faciais e vocais dos sujeitos ou agentes humanos assim como as de cunho psicofisiológicas são armazenadas para análises posteriores. Interações dinâmicas homem-máquina como um paradigma na pesquisa sobre emoções foram conduzidas e ambientes e ferramentas foram desenvolvidas no escopo dessas pesquisas conduzidas por Thomas Wehrle [<http://www.unige.ch/fapse/emotion>] como o FEAT (Facial Expression Analysis Tool), FACE (Facial Action Composing Environment), GAME (Geneva Appraisal Manipulation Environment), GATE (Geneva Appraisal Theory Environment) e AAME (Autonomous Agent Modeling Environment).

O FEAT é uma ferramenta para a codificação automática de expressões faciais. É um sistema especialista conexionista que usa regras *fuzzy*, adquiridas pelo sistema especialista FACS. O FACS (Facial Action Coding System), é um sistema de codificação para formação de um repertório de expressões faciais extremamente detalhado e que forma a base de conhecimento para a criação das aparências das faces humanas. O FACE é uma ferramenta interativa para editar expressões faciais animadas em 3D em tempo real, incluindo os movimentos de olhos e cabeça. O GAME é um jogo interativo em computador que permite o estudo e análise dos processos em andamento quando na resolução de problemas emocionais situados em um ambiente dinâmico e se orienta por teoria da linha cognitivista.

O ambiente GATE é um pacote de software que permite a simulação de diferentes teorias de avaliação de situações emocionais bem específicas e explora teorias psicológicas e das Ciências Cognitivas de agentes situados. O AAME, por sua vez, é uma ferramenta para projetar agentes autônomos para uso em pesquisa e educação, cujo objetivo é estudar os mecanismos de engate e interação entre os agentes.

Os trabalhos do grupo trazem contribuições interessantes aos nossos estudos, principalmente quanto:

- a) a relação entre a avaliação cognitiva da situação e o sentimento subjetivo;
- b) a relação entre o sentimento subjetivo e o comportamento observável expressivo.

Esses resultados demonstram e reforçam o potencial que existe na identificação de fatores expressivos de estados afetivos em situações específicas, para através da análise cognitiva da situação, inferir quais as emoções possíveis do agente no instante em estudo.

Projeto: Raciocinador Afetivo de Clark Elliot

O conjunto de trabalhos desenvolvidos por Clark Elliot [ELL94] é muito importante, pois foi um dos pioneiros nos estudos e aplicações com afetividade. Sob a denominação de Raciocinador Afetivo estão agrupados programas com técnicas de Inteligência Artificial. Esses programas foram incorporados em agentes multimídia com uma média de 30 K linhas de código Lisp aproximadamente.

Cada agente possui duas partes: a) uma que controla como eles constroem o mundo e suas respostas emocionais face às situações que surgem, e a outra parte, b) dita temperamento, que controla como eles expressam as emoções que possuem. Os agentes são capazes de ter 24 categorias diferentes de emoções, como amor, esperança, medo, reprovação, regozijo, etc e, em cada categoria, existem diferentes qualidades e intensidades de emoção. Por exemplo, a categoria raiva inclui as emoções associadas com as palavras aborrecimento, desgosto, raiva, ódio, fúria, apoplexia, e assim por diante. O modelo para a geração das emoções está baseado no trabalho teórico de Ortony et al. [ORT99]. A cada situação analisável (p.ex. o usuário comunica algo ao sistema) pelo agente, nascem as emoções que podem ser expressas através de 440 canais. Esses canais de expressão não estão totalmente desenvolvidos até agora. Os agentes têm aproximadamente 70 expressões faciais à disposição e tem habilidade limitada em ouvir inglês falado e para o reconhecimento de fala natural. Um dos canais de expressão é através de música. Os agentes selecionam suas músicas para expressar suas emoções de categorias pré-codificadas. Agentes podem ter, ao mesmo tempo, múltiplas e, mesmo, conflitantes emoções.

O Raciocinador Afetivo permite algumas formas de raciocínio inteligente sobre emoções humanas, permite a representação primária e inicial para uma “personalidade” superficial para os agentes artificiais. Os detalhes podem ser vistos em [<http://condor.depaul.edu/~elliott/arback.html>].

Além de ser um dos trabalhos pioneiros na área, o projeto de Clark Elliot mostrou-nos a força da teoria de Ortony et al. [ORT99] como base para a formação e análise de emoções.

Projeto: Cognição e Afeto

Na Universidade de Birmingham, especificamente na Escola de Ciência da Computação – Centro de Pesquisas em Ciência Cognitiva - desenvolve-se o Projeto Cognição e Afeto, coordenado pelo professor Aaron Sloman [<http://www.cs.bham.ac.uk/~axs>]. O objetivo principal desse projeto é estudar os tipos de arquiteturas que são capazes de suportar o domínio de todos os estados e processos mentais humanos, incluindo os comportamentos inteligentes, os humores, desejos, emoções. Um dos fundamentos para esses estudos da mente em um paradigma baseado em arquitetura está na verificação de que existem três tipos muito diferentes de emoções relacionadas com níveis da arquitetura mental e cerebral nos organismos vivos. Em particular, existem as emoções primárias e secundárias que estão presentes entre todos

os animais, mas variando em graus, e emoções terciárias que usam um nível arquitetônico que está presente somente em humanos adultos e poucos outros animais como os chimpanzés e os bonomos. Particularmente, o Grupo de Birmingham realiza pesquisas para desenhar alguns dos princípios para agentes inteligentes autônomos, biológicos e artificiais, desenvolvendo as seguintes questões:

1. Uma ontologia para uma mente similar à humana.
2. Que tipos de arquiteturas podem os agentes biológicos e artificiais suportar para atender aos diferentes tipos de inteligência?
3. Em que medida possuem os humanos e outros agentes arquiteturas uniformes e/híbridas, quanto à combinação de redes neuronais interagindo com sistemas de raciocínio simbólicos?
4. De que forma os diversos tipos de estados mentais dos humanos e de outros agentes inteligentes nascem/surgem de sua arquitetura ?
5. Quais as “formas” de motivação que existem (desejos, prazeres, temores, ...) e como elas são geradas e administradas nos agentes autônomos? Que tipos de motivações podem ser geradas dentro das diferentes arquiteturas?
6. Que tipos de aprendizagens e desenvolvimentos construtivos são possíveis nos agentes com diferentes tipos de arquiteturas?
7. Como se pode projetar agentes que se comunicam e interagem?
8. Como agentes com recursos limitados, pressões de tempo e poucos conhecimentos do ambiente, deliberam?
9. As arquiteturas artificiais do tipo similares às humanas podem ser gradualmente evolutivas usando-se algoritmos genéticos e programação genérica ou outras técnicas similares?
10. Os estudos da evolução natural e da artificial podem ser mutualmente cooperativos?

Esse conjunto de pesquisas tem implicações em diferentes áreas e para teorias diversas que embasam a consciência, natureza da visão, formas de representação, variedades de aprendizagem e trajetórias evolucionárias. Em particular, são desenvolvidas pesquisas para entender o que leva à evolução das arquiteturas de processamento de informação multiníveis que estão implementados nos cérebros humanos, conforme visão desse grupo da Ciência Cognitiva. Das hipóteses que possuem, esse grupo prevê que será demonstrado que muitos dos aspectos (capacidades) da mente humana emergem como efeitos colaterais da interação dos mecanismos cujas funções primárias são diferentes, em oposição a serem produtos de mecanismos explícitos que evoluíram para produzir tais capacidades.

Em particular, e em referência aos nossos estudos, os trabalhos do projeto Cognição e Afeto demonstram que a linha de pesquisa de emoções em IA é um campo novo, mas já forte, e é um caminho importante a seguir, com muitos questionamentos a serem respondidos, um dos quais está sendo estudado por nossas pesquisas, ou seja, uma proposta de uma arquitetura que contemple as dimensões afetivas de um agente.

Grupo da UFRGS

No Grupo de Inteligência Artificial da Universidade Federal do Rio Grande do Sul estão iniciando os trabalhos e pesquisas com emoções, sendo a área de aplicação a dos Sistemas Tutores Artificiais e com modelos de usuários que levem em conta

aspectos como interesse, motivação. Um trabalho que deu entrada nos limites da Computação Afetiva é o trabalho de Carmen D'Amico [D'AM99] quando modela perfis de alunos através de estilos cognitivos de aprendizagem de fundamentação jungiana (onde estão perfis de afetividade embutidos, como temperamento, personalidade, ..). O Sistema Ambiente de Ensino - AMEA – projetado por D'Amico pode adaptar as estratégias de ensino em função dos estilos cognitivos do aluno.

Pesquisas no grupo estão sendo conduzidas com agentes com emoções como os trabalhos de Ana Bazzan e Rafael Bordini, em [BAZ2001], onde é proposto um “framework” para a simulação de agentes com emoções, no ambiente de jogo do dilema do prisioneiro ou IPD. As emoções nos agentes devem ser geradas pela teoria desenvolvida por Ortony, em [ORT99].

4.6 Considerações sobre o estado da arte

O que se pode observar das atuais pesquisas da Inteligência Artificial que envolvem emoções, é que se tem uma “efervescência” enorme na área e que não se pode desenvolver os trabalhos sem envolver a Filosofia, a Neurologia, a Biologia, Epistemologia, Psicologia.

As pesquisas e o uso do conceito de emoções em sistemas computacionais estão mais desenvolvidas quando se tem aplicações com expressões faciais, tanto no processo de reconhecimento como na expressão e comunicação delas através de interfaces, agentes animados, artefactos (brinquedos), avatares com grande apoio da Computação Gráfica e de mecanismos motores que simulam movimentos corporais em brinquedos ou objetos para interação com agentes biológicos (ver item 4.5).

Em relação ao reconhecimento de emoções, existe um grande esforço no desenvolvimento de interfaces, equipamentos e ferramentas que possam identificar os sinais característicos fisiológicos dos agentes biológicos de modo natural e que possam ser usados em forma de roupas e acessórios inteligentes (ver pesquisas MIT Media Lab, item 4.5). O que parece advir das pesquisas, porém, é que não existe um sinal ou padrão como sendo o indicador verdadeiro e confiável de resposta emocional. Ao contrário, são necessários diferentes opções de sinais e padrões para se ter algo confiável e para se inferir estados emocionais aproximados para os agentes em observação.

Observou-se que alguns dos trabalhos modelam as emoções usando categorias discretas e outros adotam as dimensões contínuas (discussão sobre modelos para emoções discretas ou contínuas é apresentado no item seguinte 4.7). Há uma tendência para o uso de estados emocionais discretos em aplicações de reconhecimento de expressões faciais afetivas. Também, constata-se que aquelas pesquisas que realizam um modelo de reconhecimento não utilizam o mesmo modelo para o processo inverso de síntese de emoções, ou seja, são processos diferentes e não inversíveis.

Nos últimos anos, tem havido convergência de algumas teorias psicológicas para modelos teóricos de emoção [CON96], [ORT99], [SCH93], [WEH99], [DEL97], [DAM2000] e que podem ser sintetizadas nas seguintes considerações:

- a) emoção é vista praticamente como um processo dinâmico que ocorre na forma de episódios claramente delimitados no tempo. Em consequência, as pesquisas futuras devem ser muito mais orientadas a uma análise dinâmica das alterações

de mudanças de estado do que na visão clássica de que emoção é um estado estático;

b) a maioria dos pesquisadores da área de psicologia da emoção concordam com a idéia de que a construção de emoção implica diversas modalidades, tais como expressão motora, estímulos fisiológicos e sentimentos subjetivos que estão todos vinculados ou sincronizados durante os episódios emocionais. Em consequência, a pesquisa deve ser de forma a permitir que essas diferentes modalidades interajam;

c) os episódios emocionais surgem e são diferenciados por um número limitado de avaliações cognitivas e subcognitivas em um conjunto de dimensões centrais. Os esforços de pesquisas devem ser direcionados para a identificação de critérios que permitem uma descrição completa da diferenciação emocional, assim como no processo de avaliação no que diz respeito à sincronização das diferentes modalidades.

Na procura de modelos apropriados para emoção em máquina, constata-se que não existe um só e definitivo modelo, uma vez que não é consenso a própria definição para emoção, nem como ela é gerenciada ou gerada nos humanos ou nos animais. Conseqüentemente, a modelagem segue linhas diferenciadas dependendo da formação e embasamento do pesquisador e como também da aplicação ou problema que se pretende resolver. Não existe um melhor modelo para todas as aplicações, nem existe suficiente entendimento sobre emoções humanas para justificar um modelo compreensivo no nível necessário para implementações computacionais.

Em relação ao uso das emoções nos processos de raciocínio (tomada de decisão, inferências, ..) existe um longo caminho a andar. Entretanto, verifica-se que o enfoque cognitivista das emoções, principalmente para a análise de ocorrências e eventos condutores de emoção e, mesmo de geração de comportamentos de resposta emocional pelo sistema, é o que impera. Isso é devido, certamente, à existência de um número maior de modelos teóricos de enfoque cognitivista já desenvolvidos, e também por serem esses os mais fáceis para serem transpostos ao formalismo computacional. Das teorias adotadas para análise e geração de emoções em máquina, as de Ortony et al. [ORT99] e a de Scherer [SCH93] parecem liderar.

4.7 Sobre modelos e influências em projetos de Sistemas Afetivos

Não vejo as emoções e os sentimentos como entidades impalpáveis e diáfanas, como tantos insistem em classificá-los. O tema de que tratam é concreto, e sua relação com sistemas específicos no corpo e no cérebro não é menos notável do que a da visão ou da linguagem. (Antônio Damásio, O Erro de Descartes, pag. 195, 1994)

A questão das pesquisas em IA estar somente nos últimos anos, incluindo a modelagem das emoções em sistemas computacionais, deve-se a três grandes fatores: o primeiro, na dificuldade da própria área das emoções, envolvendo a Psicologia, Neurologia, Neurobiologia, Filosofia, e, o segundo, no artificialismo da dicotomia existente até agora nos meios da Ciência, isto é, a separação cartesiana entre razão e emoção, mente e corpo. O terceiro, de ordem computacional, relativo ao problema de representação de conhecimento, nas lógicas e formalismos apropriados para a descrição de emoções.

São três as maneiras de se habilitar um computador com emoções: *reconhecer, expressar e possuir*, de acordo com Rosalind Picard [PIC97]. O reconhecimento de emoções tem por funcionalidade principal a comunicação e o reconhecimento dos estados mentais do agente humano e/ou artificial com o qual o sistema interage; a expressão das emoções, além da comunicação, tem a funcionalidade de induzir emoções aos agentes em interação; e possuir emoções corresponde à capacidade de realizar análises das situações e eventos com heurísticas que atuam com base em padrões emocionais humanos, no auxílio às decisões e solução de problemas, conforme Damásio [DAM96, DAM2000]. A essas habilitações acrescentamos uma: *o desenvolvimento de novas emoções*, cuja funcionalidade é, a partir das emoções consideradas inatas ao sistema, novas serem construídas pelo próprio sistema. Nessa habilidade, pode-se enquadrar as emoções de máquina. A TABELA 4.1 a seguir resume as habilitações, suas principais funções e alguns requerimentos construtivos para sistemas afetivos.

Por Sistema Afetivo, está-se adotando a noção de que são sistemas ou programas desenvolvidos com algumas das capacidades a seguir, como reconhecer, expressar, possuir e desenvolver emoções.

É importante salientar que nem todas as capacidades devam estar presentes em um sistema para ele ser considerado como um Sistema Afetivo, pois, por exemplo, a falta da capacidade de reconhecimento não impede que o sistema raciocine sobre emoções ou as expresse.

TABELA 4.1 - Capacidades para um Sistema Afetivo (adaptada de Picard [PIC97]).

CAPACIDADE	Função	Requerimentos construtivos Critérios para projeto de sistemas Afetivos
RECONHECER	Comunicação Inferir estados emocionais	<p>Entrada: capacidade de monitorar e sensoriar diferentes tipos de sinais humanos como, voz, movimentos de mão, postura, respiração, temperatura e outros sinais fisiológicos (pressão sanguínea, pulso,...), padrões ou eventos relativos a comportamentos.</p> <p>Reconhecimento de padrões: a partir dos sinais extrair características e tipificações de ações.</p> <p>Raciocínio: percepção e raciocínio sobre o contexto, situação, objetivos, atitudes e preferências do outro agente, regras e protocolos de comunicação sociais, ...</p> <p>Aprendizado: aprendizado sobre características afetivas do agente interlocutor e das situações passíveis de serem geradoras de emoções.</p> <p>Bias: estado emocional do sistema, se tem emoções, qual seu humor, ... pois essas influenciam seu processo de reconhecimento</p> <p>Saída: situar e nomear as expressões afetivas e as emoções atuais</p>
EXPRESSAR	Comunicação Indução de emoções	<p>Entrada: instruções para expressar emoções para outros agentes (humano ou artificial) ou de seus processos de decisão para expressão)</p> <p>Tipos de expressão: esquemas de geração de expressões emocionais: intencional como resultado de uma deliberação e, outro espontâneo, como resultado de um processo de um sistema “com” emoção.</p> <p>Feedback: a própria expressão gerada pode influenciar o estado afetivo</p> <p>Regras sociais: influenciando os processos de expressão de emoção</p> <p>Saídas: o sistema pode modular diferentes sinais sonoros, vocais, das imagens, dos movimentos mecânicos, atitudes.</p>

CAPACIDADE	Função	Requerimentos construtivos Critérios para projeto de sistemas Afetivos
POSSUIR	Realizar análises de situações	<p>Saída: comportamento emocional, expressões afetivas.</p> <p>Reações: rápidas e reativas como as emoções primárias a determinadas entradas.</p> <p>Raciocínio: geração de emoções, análise de situações internas (sentimentos) e externas.</p> <p>Entrada: capacidade de detectar eventos–gatilhos de situações de atendimento imediato, situações e dados de todos níveis.</p> <p>Bias: estado emocional do sistema, se tem emoções, qual seu humor, ... pois essas influenciam seu processo de raciocínio e geração de emoções</p>
DESENVOLVIMENTO	Aprender e construir novas emoções	<p>Entrada: capacidade de detectar eventos–gatilhos de situações de atendimento imediato, situações e dados de todos níveis</p> <p>Bias: estado emocional do sistema, se tem emoções, qual seu humor, pois essas influenciam seu processo de raciocínio e geração de emoções; comportamentos e regras sociais que induzem o processo de aprendizado</p> <p>Saída: mecanismo para gerar e reconhecer as novas emoções</p> <p>Aprendizado: sobre as características da nova situação e condições geradoras de nova emoção, construção dos mecanismos geradores da nova emoção</p>

Uma maneira de resolver as questões técnicas que surgem no projeto e desenvolvimento de sistemas afetivos é organizá-las de acordo com a proposta de Picard [PIC97]:

◆ Nível de representação das emoções:

Baixo – para os sinais (visuais, sonoros, fisiológicos,..)

Médio – padrões de sinais de formas físicas, comportamentais

Alto – conceitos do ambiente, dos agentes, situação, ...

◆ Funcionalidades:

Representação de sinais de entrada, internos

Reconhecimento de padrões

Geração de estados

Síntese de expressões afetivas

Análise de situações

Influências na cognição, na percepção, na memória, nos estados internos

Desenvolvimento (análise e síntese) de novas emoções.

A FIGURA 4.4, a seguir, foi adaptada de Rosalind Picard [PIC97] e mostra as interações entre os níveis de representações, as funções e capacidades principais de um Sistema Afetivo:

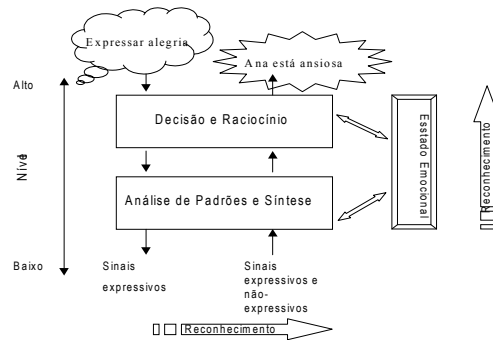


FIGURA 4.4 - Etapas e funções de um Sistema Afetivo completo

Examinando-se a FIGURA 4.4, tem-se todas as etapas e funções que compõem um sistema afetivo. Seguindo-se de baixo para cima, tem-se a identificação de sinais, a análise de padrões para o reconhecimento de emoções e sua síntese, o *raciocínio com e sobre*¹⁶ emoções, o refinamento e o desenvolvimento novas emoções.

O processo de reconhecer uma emoção é geralmente visto como uma transformação de um sinal para um símbolo, do fenômeno físico de baixo-nível para um conceito abstrato de mais alto nível. Entretanto, devido ao raciocínio sobre a situação vigente poder modificar os tipos de observação que são feitos (devido à percepção), a informação pode fluir não somente das entradas de baixo-nível para os conceitos de alto-nível, mas também do alto nível para o baixo-nível. O reconhecimento de emoções então não é somente “*bottom-up*” (dos sinais para símbolos), mas também “*top-down*”, quando a percepção do ambiente é função da mente (os conceitos ou símbolos de alto nível podem influenciar o modo como sinais são processados).

O primeiro bloco funcional, na orientação de baixo para cima - o reconhecimento - tem a função inicial de detectar sinais de baixo nível. Tem-se como sinais, por exemplo, os movimentos em redor da boca e dos olhos, movimentos da mão, uma pequena alteração na voz e insinuações verbais, quais palavras foram usadas no discurso e que ação foi tomada pelo agente em observação. Sinais, nesse contexto, são quaisquer mudanças que podem carregar informação ou mensagem, ou como em nossas pesquisas os denominamos, os *observáveis*. Sons, gestos e expressões faciais são sinais que podem ser observados pelos sentidos naturais humanos, enquanto pressão sanguínea, níveis hormonais e níveis da transmissão neuronal são sinais que requerem equipamentos sensores especiais.

A segunda fase é a análise de padrões de sinais os quais podem e devem ser combinados para providenciar um reconhecimento de emoções mais factível. Por exemplo, uma combinação de rugas na testa e um olhar concentrado podem significar a concentração de um aluno na resolução de uma tarefa. Um padrão particular de

¹⁶ Raciocínio com emoções- quando as emoções do agente, que é sujeito, impregnam suas deliberações; de outra forma, quando as deliberações do agente sujeito levam em conta as emoções tanto suas como as do agente objeto.

Raciocínio sobre emoções – quando as situações geradoras de estados afetivos ou emoções do agente objeto são avaliadas por outro agente.

características extraídas de um eletromiograma (um sensor da condutividade elétrica da pele) e um ponto de inflexão de uma onda acústica podem indicar um estado de estresse. Essa representação de nível médio para os padrões pode muitas vezes ser usada para se analisar sobre qual emoção está presente no agente em observação, no tempo em questão. Entretanto, em nenhum momento está-se observando diretamente o estado emocional subjacente. Tudo que se pode observar é um padrão complexo de sinais voluntários e involuntários de forma física e/ou comportamental.

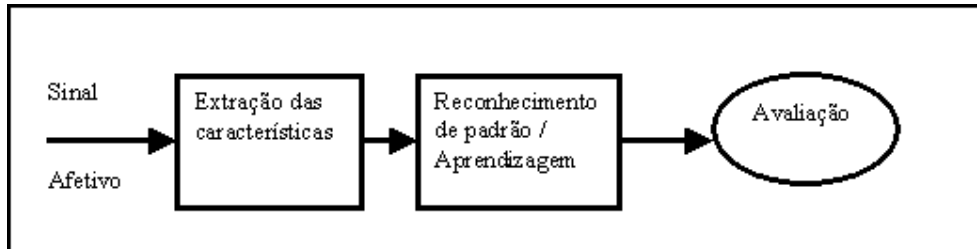


FIGURA 4.5 - Diagrama de um módulo reconecedor de padrão afetivo

Além dos sinais expressos voluntária ou involuntariamente pelo agente biológico ou artificial, também são percebidos os sinais que vêm do ambiente e que indicam: onde se está, quem ou o quê se é, quão confortável se está ou como está o tempo. Esses sinais indicam o contexto (por exemplo, está-se realizando um exame final, está-se passeando em um parque num dia de feriado) e dele obtém-se mais dados que influenciam os humores e sensações do agente biológico. Com a informação contextual, o agente observador processa os sinais de baixo-nível, os padrões do ambiente e do agente em observação que está expressando uma emoção e, com isso, pode raciocinar em um nível superior de modo a permitir analisar se o comportamento é típico na situação, e que objetivos de alto nível estão sendo executados. A FIGURA 4.5 apresenta essa análise em maior detalhe.

Nos processos para geração de expressões emocionais, o raciocínio de alto nível e sinais de baixo nível cooperam, senão vejamos, um aluno está com dificuldades em entender um determinado conteúdo. Então, inicia-se um processo de síntese de sinais de baixo nível que comunica o estado de preocupação e ansiedade, mudando sua postura, comportamento, voz e expressão facial de modo a refletir esse estado. Todo o processo iniciou com um objetivo cognitivo (símbolo) para mostrar-se ansioso e preocupado – e terminou com a geração de sinais expressivos. O processo de tentar expressar uma emoção é usualmente considerado como uma transformação de símbolo para sinal, do alto-nível dos conceitos para a modulação de baixo nível das expressões e comportamentos.

Muitas das sínteses emocionais são produtos do raciocínio sobre geração de emoções. A habilidade em sintetizar emoções através do raciocínio é conhecer as condições que tendem a produzir determinados estados afetivos, isto é, raciocinar sobre as circunstâncias em que se dão os fenômenos ou eventos geradores de emoções. Outra forma de modelar a síntese de emoções é a produção de emoções como “produtos do corpo”. A base desses trabalhos está nas pesquisas dos neurologistas como Damásio [DAM2000, DAM96] e Del Nero [DEL97] que afirmam ser as emoções essenciais para as decisões humanas. Uma terceira maneira de modelar emoções é derivada da última, produzindo-se emoções artificiais, tendo como “corpo” a estrutura do computador. Obtém-se, então, os “emoticons” ou emoções de máquina.

Normalmente, para o reconhecimento de uma emoção, o processo da percepção é envolvido. Conforme LeDoux [DOU98], Del Nero [DEL97], a percepção humana é

influenciada pela emoção: as emoções do observador influenciam tanto os processos perceptuais de baixo nível como os processos cognitivos de alto nível. Um observador tenderá a perceber um estímulo fraco ou ambíguo como sendo positivo ou negativo, conforme seu estado afetivo. Por outro lado, a influência da própria postura e dos comportamentos do agente em observação podem alterar o estado afetivo do agente observador, consequentemente interagindo com o reconhecimento e expressão de uma emoção.

Como representar os fenômenos afetivos, as influências de temperamentos e situações, enfim, as emoções em um sistema? Em um Sistema Afetivo completo todos os níveis de representação (alto, médio e baixo) estão presentes, isto é, em um sistema que possa reconhecer, expressar, ter e desenvolver emoções tem-se uma mistura de representações. Uma proposta é a representação dos fenômenos através de abstração por níveis, isto é, uma representação em função do tipo de sinal que dá entrada e de acordo com o que se pretende identificar. Exemplos podem ser a representação de baixo nível para os sinais que dão entrada via sensores e medições de condições fisiológicas, como pressão arterial, batimentos cardíacos, como uma função matemática de uma onda sonora.

Uma seqüência de ações comportamentais situacionais do agente também pode indicar o estado afetivo atual. Exemplificando: um aluno em interação de aprendizagem com um sistema tutor, em determinada situação não apresenta nenhuma ação após algum tempo. Esse comportamento associado com as seqüências anteriores de atuação comportamental faz com que o sistema infira, por exemplo, que o aluno está desmotivado ou tem dificuldades quanto ao texto ou tarefa colocada.

Uma seqüência de visões sobre um movimento facial pode ser a representação de nível médio para a descrição de uma expressão facial associada a uma emoção, enquanto que um conjunto de esquemas para procedimentos pode ser a representação de alto nível para uma ação afetiva padrão a determinadas situações como, também, uma interpretação, para sentenças do tipo “Ana está ansiosa”, ser uma representação de alto nível para o estado mental de um indivíduo.

O reconhecimento de emoções pode ser visto como um processo de reconhecimento de padrões e suas expressões como uma síntese de padrões. Assim, pode-se usar a metodologia e ferramentas de reconhecimento de padrões e modelagem comuns encontrados na literatura especializada na área. Mas, verifica-se que pouco se sabe sobre padrões afetivos e como esses padrões podem ser aprendidos, reconhecidos, e se existem a aplicação dessas ferramentas em padrões afetivos. Além disso, uma vez que os estados afetivos são internos, envolvendo pensamentos cognitivos e alterações físicas no agente, eles não podem ser reconhecidos integralmente por qualquer agente observador, nem pelo próprio agente natural ou artificial, pois ele também está envolvido no processo. O que se tem são funções observáveis dos estados afetivos: expressões, comportamentos, e através dos observáveis se pode inferir o estado afetivo. Logo, o termo reconhecimento de emoções deve ser interpretado como inferindo-se um estado emocional a partir de observações das expressões e comportamentos e raciocinando-se sobre as situações geradoras da emoção.

No processo de modelagem, deve-se levar em conta a visão e as teorias que subjazem os conceitos que se tem sobre as emoções e suas aplicações no problema que se pretende resolver, pois, a partir dessas premissas, se poderá especificar quais os tipos de padrões que melhor indicarão os comportamentos, ou seja, os observáveis

relacionados com as emoções do agente e como esses padrões podem ser aprendidos, reconhecidos e entendidos.

Rosalind Picard [PIC97] apresenta alguns itens chaves para a caracterização de emoções, os quais devem ser considerados no desenvolvimento de um Sistema Afetivo, pois terão influência direta no projeto das representações como também fortemente nos processos de raciocínio sobre o reconhecimento, análise e geração de emoções, mesmo que muitas vezes implicitamente:

TABELA 4.2 - Características para emoções

Características	
Básicas	Assumir a existência de um conjunto de emoções básicas ou não.
Puras	Adoção da idéia de que cada emoção se define por si só, não havendo possibilidade de misturas.
Mixtas	Adoção de que pode-se misturar emoções, gerando novas.
Universais	As emoções são universais, isto é, são iguais em todo o mundo acarretando padrões iguais para seu reconhecimento e expressão.
Individuais	As emoções não são idênticas para todos os indivíduos, havendo diferenças devido a fatores sociais, culturais, fisiológicos e individuais, obviamente trazendo mais dificuldades no reconhecimento e expressão de emoções por agentes artificiais.
Discretas	A emoção é vista como um estado discreto ou como categorias discretas.
Contínuas	A emoção é trabalhada como um ponto ou região de um espaço contínuo de no mínimo duas dimensões.

Algumas das características destacadas na TABELA 4.2 serão abordados a seguir, considerando-as quanto ao desenvolvimento de sistemas afetivos e a importância para nossos trabalhos.

Paul Ekman [apud COR96 e apud PIC97] realizou estudos de forma a vincular as emoções básicas (medo, raiva, tristeza, alegria, náusea e surpresa) a expressões faciais distintas e aparentemente universais juntamente com 8 propriedades. Outros realizaram pesquisas identificando as emoções com palavras e em diferentes povos e geografias, tentando obter as emoções básicas e universais à humanidade. Porém, o problema da existência ou não de básicas não é problema da Computação Afetiva, mas sim da Psicologia, ou da Ciência Cognitiva. O problema que se apresenta para a Computação Afetiva é: quais são as emoções básicas, se existirem e, principalmente, podem elas ser representadas e de que forma (através de estados afetivos discretos ou de espaços contínuos)?

Alguns autores trabalham com emoções como dimensões contínuas, sendo 2 as dimensões mais comumente utilizadas: saliência (calmo/excitado) e valor (negativa/positiva). Lang [apud COR96] preconiza que as emoções são melhores entendidas e discernidas quando da visão de espaços contínuos.

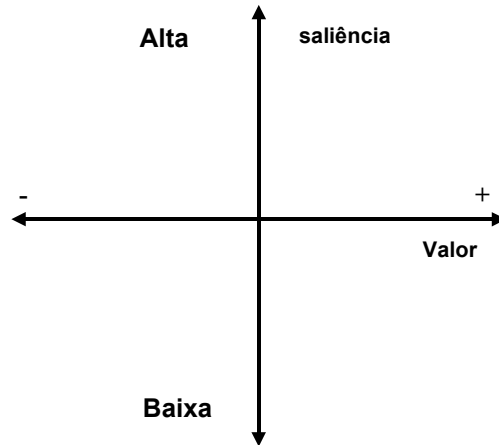


FIGURA 4.6 - Espaço de emoções segundo Lang

Em geral, somente duas dimensões não distinguem todas as emoções, por exemplo, medo intenso e raiva estão na mesma região de alta saliência e valor negativo. Mas, essas duas (2) dimensões são adequadas para as descrições mais comuns das emoções, e o humor, é um bom exemplo.

A representação de emoções como categorias discretas ou como espaços contínuos depende do problema que se pretende resolver ou da aplicação. Cada representação possui vantagens nas diferentes aplicações. Exemplificando, um professor de um determinado conteúdo de linguagem de programação pode usar emoções discretas para reconhecer estado do aluno como de interesse, frustração e alegria, para permitir a práxis pedagógica mais adequada a ocasião.

Uma aplicação que envolve noticiário em TV aberta, por exemplo, estará melhor servida com uma descrição com os eixos de saliência e valor, pois uma história de alta saliência captura a atenção de muitos e, se o seu conteúdo for extremamente negativo irá exercer uma grande influência na memória. Entretanto, as pessoas tendem a cansar de negatividade, então é importante que especialistas em noticiários encontrem histórias positivas e com alta saliência. As graduações providas por dimensões em emoções são uma decisão mais acertada no contexto exemplificado.

O fato da existência ou não da universalidade das emoções não consiste em problema em si para a Computação Afetiva, mas sim, ela se torna uma ferramenta para auxiliar na solução desse problema afeto à Psicologia. Assim, no projeto de um sistema afetivo, deve-se tomar em conta a aplicação que se pretende resolver, e o quesito da universalidade deve ser visto através de como a emoção para a aplicação é definida, expressa, comunicada e provocada, e que variações existem dentro de uma mesma emoção que são devidas a fatores individuais, sociais, culturais e até fisiológicos. Exemplo do exposto, está em situações com personagens animados em ambientes de jogos que expressam raiva, alegria por sons, expressões faciais e posturas, e são interpretados, em diferentes cantões do mundo, da mesma maneira.

Uma grande parte do esforço de pesquisa e desenvolvimento de aplicações em Computação Afetiva está na representação de padrões para expressões afetivas (faciais, posturais, comportamentos sociais, ...) entonação vocal e sinais fisiológicos que variam com os estados afetivos. A grande maioria das pesquisas foram e estão sendo desenvolvidos para o reconhecimento de expressões afetivas. As expressões faciais são as mais facilmente identificáveis, pois tendo mais elementos observáveis, passam a constituir uma medida qualitativa importante no reconhecimento das emoções. Isso

determina que o reconhecimento de emoções, especificamente quanto às expressões faciais, é a área mais desenvolvida na Computação Afetiva.

Normalmente, os modelos que atendem ao reconhecimento de expressões faciais não são de alto nível, uma vez que não realizam raciocínio sobre a semântica da situação que pode gerar a situação emocional como é necessário para uma geração cognitiva de emoções.

Os modelos utilizados no reconhecimento de expressões faciais são tradicionalmente operados em imagens digitalizadas ou em pequenas seqüências de vídeo. O reconhecimento a partir de vídeos é mais acurado, pois ele captura os movimentos faciais que se desviam da expressão neutra (expressão básica de um agente biológico onde poucos são os observáveis: expressão de descanso muscular). A maioria dos modelos de reconhecimento de expressões faciais são do tipo discreto, isto é, adotam o enfoque de que os estados afetivos associados são discretos, pois normalmente cada expressão global é classificada em um número pequeno de categorias tais como alegria, raiva, espanto, surpresa

A teoria que fundamenta a maioria desses modelos foi desenvolvida por Paul Ekman [apud COR96 e apud PIC97] e vincula expressões faciais às categorias de emoções. Um exemplo de um produto que utiliza o modelo de Ekman é o FACS - Facial Action Coding System - (já mencionado no item 4.5). O sistema FACS descreve a relação das emoções básicas com conjuntos de unidades de ação que representam os movimentos musculares necessários para gerar as expressões afetivas.

O reconhecimento de expressões faciais de vídeo envolve a captura de padrões no tempo de alterações locais e globais da face humana, relacionando-os com padrões da categoria da emoção. Nenhum dos métodos reconhece a emoção real que subjaz, mas somente a expressão da face do agente. Em outras palavras, é reconhecido um franzir de sobrancelhas, mesmo que seja forçado.

Conforme Picard [PIC97], essa característica é falta do empenho dos pesquisadores. Em nossas pesquisas, entretanto, acreditamos que esse problema é amenizado se adotarmos para o reconhecimento de expressões também outros fatores como posturas e comportamentos em geral associados, realizando-se uma análise da situação vigente, isto é, está-se fazendo o sistema ou agente observador raciocinar sobre a questão e sobre um contexto, realizando uma tarefa de alto nível.

O reconhecimento da emoção no discurso falado é outra área que tem se desenvolvido muito, mas o que tem sido focado é quanto ao *o que* é falado, e os recentes estudos estão voltados à temática do *no quem* fala. Nos últimos anos, têm sido abordadas soluções para o problema *do como* é falado. A emoção é trazida pelo meio da voz através das palavras usadas e da entonação vocal. Mas, é a inflexão vocal a grande responsável pela transmissão da emoção no discurso. Entretanto, a identificação desses sinais é difícil, pois o discurso contém uma mistura de informações, desde pistas sobre o agente emissor, seu temperamento, até a ênfase gramatical e léxica da mensagem falada. O problema central está na obtenção de características (observáveis) que podem ser detectadas ou extraídas pelo sistema e que sejam identificadoras de emoções. A fala é influenciada por fatores tais como temperamento e cognição, e da supressão voluntária de efeitos vocais na fala do agente falante, o que leva à necessidade de um sistema de reconhecimento de emoções em fala, primeiramente, identificar o intervalo da voz do agente biológico falante para, posteriormente, analisá-lo quanto aos fatores afetivos característicos.

Um trabalho interessante foi desenvolvido por Janet Cahn do MIT Media Lab. O Editor Afetivo é um programa que tem como entrada uma descrição acústica e lingüística de uma expressão vocal e gera instruções para um sintetizador como o DECtalk3 produzir um discurso com o afeto desejado [CAH90]. O modelo adota emoções discretas e mapeou os efeitos vocais humanos às emoções, como susto, raiva, tristeza, alegria, náusea e surpresa. O Editor Afetivo tem como entrada uma frase digitada e a sintetiza com um afeto específico em uma forma acústica.

De acordo com Cahn [CAH90], os mapeamentos entre emoções e efeitos vocais em humanos variam de acordo com o contexto. Numa conversação normal, os humanos raramente conseguem produzir uma sentença falada neutra, sem emoção. Em particular, o contexto providencia poderosas pistas para distinguir a valor de uma frase falada, pois sem a análise de contexto, o reconhecimento é difícil, uma vez que os sons associados às emoções subjacentes à fala tendem a ser confundidos, por exemplo, uma mesma fala pode ser considerada como entusiástica ou raivosa.

Também no domínio do reconhecimento afetivo, muitas pesquisas estão desenvolvendo a observação de múltiplos sinais fisiológicos coletados enquanto uma pessoa está experienciando uma emoção, de modo a aprender com os padrões dos sinais fisiológicos quais os mais indicativos do estado afetivo presente no agente biológico. Os padrões de características extraídas dos sinais fisiológicos já podem ser usados para o reconhecimento de informação afetiva os quais podem relacionar a fisiologia a estados emocionais humanos (ver item 4.5, [CON96] e [DAM2000]).

A pesquisa nesse domínio está se fortalecendo e grandes experimentos e estudos estão sendo desenvolvidos no Media Lab (ver item 4.5) e já exposto anteriormente. Acreditamos que o uso de sinais fisiológicos combinados com ferramentas de reconhecimento de padrões aliado à informação expressiva e contextual obtida de câmeras e microfones e outros meios e equipamentos é uma solução para aproximação de identificação do estado afetivo do agente biológico.

Entretanto, na capacitação de computadores com habilidades de sintetizar e gerar emoções, a adoção de teorias cognitivas prevalece. As teorias que adotam o enfoque cognitivista são quase todas passíveis de serem simuladas em sistemas computacionais. Por exemplo, a teoria de Ortony, Clore e Collins, o modelo OCC de Ortony et al., em [ORT99], a teoria de Scherer, em [SCH93] de antecedentes emocionais, e o modelo de estimativa cognitiva de Roseman [ROS96] entre outros.

Ortony, Clore e Collins partiram da premissa de que emoções surgem como um resultado de certos tipos de cognições. Eles separam as emoções em 3 classes: reações aos eventos, reações aos agentes e reações aos objetos. Eles identificaram 22 emoções através de especificações que são passíveis de serem implementadas em sistemas computacionais. Picard [PIC97] afirma que, além da proposta original da OCC de raciocinar sobre emoções, ela também pode ser utilizada para sintetizá-las. O modelo OCC foi utilizado por Clark Elliot [ELL99] em seu Raciocinador Afetivo, já descrito anteriormente (ver item 4.5).

Outro exemplo do uso do modelo OCC foram os trabalhos de Koda [KOD96] que geram expressões faciais em agentes artificiais que jogam poker. Os agentes produziam dez expressões faciais de acordo com as emoções associadas (relativas a neutro, excitado por esperança, muito excitado por esperança, ansioso devido ao medo, satisfeito, desapontado, surpreso, aliviado, contente, descontente) determinadas pelo modelo OCC. Esses trabalhos utilizaram somente um subconjunto do modelo OCC

relativo às emoções provocadas por eventos com conseqüências a si próprio, adicionando um novo estado emocional, surpresa.

O modelo OCC está baseado nos três grupos (eventos, agentes, objetos) que identificam o modo como indivíduos percebem o mundo, conforme já citado. Eventos são construções que indivíduos fazem sobre o que acontece (não são exatamente crenças e nem sempre estão relacionadas com as causas); agentes podem ser biológicos (animais ou humanos), artificiais, abstrações e objetos inanimados; os objetos dizem respeito a como o indivíduo vê, sente, percebe o objeto.

Essa classificação direciona a análise para geração ou para a identificação da emoção, isto é, ao focar-se nos eventos, agentes e objetos, o interesse está prioritariamente nas conseqüências, nas ações e nas propriedades, respectivamente. Ou de outra maneira, essa organização direciona o foco de interesse e determina a concepção das variáveis que regulam a intensidade da reação do indivíduo à situação tida como afetiva ou geradora de emoções. Uma das linhas centrais da OCC é a idéia que emoções são reações valoradas e que a intensidade dessas reações afetivas é o fator determinante à geração da emoção no indivíduo.

Os três grupos formam linhas de raciocinar sobre e com emoções e são classificados em subgrupos. O grupo que diz respeito às emoções que surgem das percepções do indivíduo sobre o objeto (aspectos como forma, cores, texturas...), como gostar, não gostar, e conforme os autores, inclui amor e ódio, pode ser considerado o mais simples. As emoções desse grupo são as que são determinadas por *atração* em relação ao objeto.

O segundo grupo – Eventos -, como o nome diz, relaciona emoções que são vistas como conseqüências de eventos. Esse grupo subdivide-se em:

- ❖ Subgrupo - acontecimentos para outrem (“*fortunes-of-others*”):
 - alegre por: a pessoa está feliz com a situação ou evento, pois acredita que as conseqüências deles são desejadas ou são boas e adequadas a outros;
 - piedade: uma pessoa está triste e insatisfeita por acreditar que os efeitos do evento serão prejudiciais ou desagradáveis a outros;
 - ressentimento: uma pessoa está triste e insatisfeita por acreditar que os efeitos do evento são agradáveis ou desejáveis a outros;
 - regozijo com a tristeza alheia: a pessoa está feliz com a situação ou evento, pois acredita que as conseqüências deles são desagradáveis ou indesejáveis a outrem.
- ❖ Subgrupo - acontecimentos para si próprio

Prospecção relevante das conseqüências (“*prospect-based*”):

 - esperança: uma pessoa está satisfeita com as conseqüências importantes que o evento pode trazer para si;
 - satisfação: a pessoa tem confirmado sua esperança nas conseqüências de uma determinada situação;
 - desapontamento: uma pessoa sofre por ver suas esperanças nas conseqüências de um evento não se realizarem;

- medo: uma pessoa está triste ou possui receios para com as consequências importantes que um determinado evento pode trazer para si;
- alívio: a pessoa observa a não realização das consequências importantes previstas para um determinado evento que lhe infundiu medo;
- confirmação de medo ou pavor: a pessoa observa a confirmação das consequências importantes previstas para um determinado evento que lhe infundiu medo;

Prospecção irrelevante - bem estar - (“*well-being*”):

- júbilo: o indivíduo está muito alegre ou satisfeito com as consequências que o evento permitiu realizar;
- tristeza: o indivíduo está muito triste com as consequências que o evento permitiu realizar;

O terceiro grupo – Agentes - compreende as emoções com a propriedade de atribuição:

- orgulho: quando um indivíduo aprova a conduta de um agente que está relacionado fortemente consigo ou é o próprio;
- admiração: quando um indivíduo aprova a conduta de um outro agente;
- vergonha: quando um indivíduo não aprova a conduta de um agente que está relacionado fortemente consigo ou é o próprio;
- reprovação: quando um indivíduo não aprova a conduta de um outro agente;

Adicionalmente, um subgrupo é formado pela composição de subgrupos do eventos e de subgrupos de agentes, uma vez que tem por foco tanto a ação de um agente como seu “bem-estar”:

- remorso: quando um indivíduo está triste e insatisfeito devido a sua própria conduta e ação;
- estar grato: quando uma pessoa aprova a ação de outrem e com o evento relacionado, sentindo-se agradecida;
- raiva: quando um indivíduo desaprova radicalmente uma ação de outrem e está insatisfeito com uma situação ou evento relacionado à ação;
- gratificado: o indivíduo está satisfeito consigo mesmo e com sua ação e com o evento relacionado.

O modelo OCC apresenta o conceito de variáveis de intensidade que determinam a existência ou não da emoção com uma classificação de globais e locais. Globais são as variáveis que afetam todos os tipos de emoções que estão em seu escopo de identificação. As locais podem afetar um subconjunto ou uma só emoção. As variáveis globais são:

Proximidade- quão perto a pessoa se sente em relação à situação ou ao evento;

Senso de realidade – quão real é determinada situação à pessoa;

Excitação – quanto de estímulo houve antes da ocorrência do evento;

Surpresa - qual o fator de expectativa em relação ao evento.

As emoções baseadas nas conseqüências de um evento são afetadas pela variável local desejabilidade, para todos os subgrupos. As variáveis locais similaridade (grau de crença na ocorrência do evento), esforço (grau de dedicação à execução ou à evitação do evento), realização (intensidade ou grau que informa ocorrência real do evento) afetam todas as emoções baseadas em prospecção.

As emoções do subgrupo com conseqüências a outrém são todas afetadas por: desejabilidade de outros (o grau na crença que um possui sobre a desejabilidade da ocorrência do evento para o outro), agradabilidade (intensidade que a pessoa se sente atraída pelo outro) e merecimento (o quanto a pessoa acredita que o outro mereça o que acontece).

As emoções relativas a ações dos agentes dependem da laudabilidade e da censurabilidade, da identificação cognitiva (quanto a pessoa se identifica com o agente), desvio da expectativa (quanto as ações do agente se desviaram da conduta normal); enquanto que as emoções relativas atração dos objetos são afetadas pela familiariedade do objeto e por sua atratividade.

Os autores reconhecem que o modelo OCC é bastante simplificado, principalmente por que uma pessoa sente uma mistura de emoções em relação a situações em diferentes momentos. Entretanto, o modelo OCC é importante quando se considera o estudo de situações indutoras de emoções através de diferentes aspectos, independente da seqüência ou mistura de emoções que ocorre no indivíduo.

Uma outra teoria de estimativa ou avaliação afetiva é apresentada em Picard [PIC97] e foi desenvolvida por Ira Roseman. Ela desenvolveu uma categorização a partir de avaliações que pessoas fazem sobre os eventos causadores de emoção. A estrutura para a evocação das emoções geradas cognitivamente é apresentada a seguir na TABELA 4.3. É um modelo bastante simples.

TABELA 4.3 - Geração de emoções de Ira Roseman ([PIC97])

<i>Causas</i>	Emoções Positivas		Emoções Negativas		
	Consistente c/ motivo		Inconsistentes c/ motivo		
<i>Circunstanciais:</i>	Desejáveis	Aversivas	Desejáveis	Aversivas	
Inesperado	Surpresa				
Incerto	Esperança		Medo		
Certeza	Alegria	Alívio	Tristeza	Embaraço	
Incerto	Esperança		Frustração	Desprezo	
Certeza	Alegria	Alívio			
<i>Outro agente:</i>	Gostar		Desgostar		
Incerto			Raiva		Desprezo
Certeza					
Incerto					
Certeza	Orgulho		Remorso		
Incerto			Culpa		Vergonha
Certeza					
Incerto					
Certeza					

O modelo parte de um número pequeno de fatores de apreciação ou de estimação e leva a 17 emoções diferentes. A avaliação está baseada em seis considerações principais:

1. Singularidade faz emergir a surpresa - inesperado
2. Estado motivacional e estado situacional: as considerações verificam se a pessoa busca uma recompensa (motivo apetitoso) ou evita um castigo (motivo aversivo) e se a situação serve aos motivos da pessoa. Situações consistentes com a busca por uma recompensa evocam alegria; situações consistentes com um motivo aversivo produzem alívio; situações não consistentes com a busca por recompensa geram tristeza, e as inconsistentes com a evasão de castigo produzem angústia.
3. Probabilidade: em função da saída ser mais ou menos provável emergem mais facilmente certas emoções. A esperança e o medo tendem a surgir mais facilmente com a incerteza.
4. Potencial de controle: a partir de um evento negativo, se o indivíduo acredita ter controle sobre ele, surge a frustração ou o desgosto. A diferenciação se dará a partir da seguinte avaliação, tipo de problema.
5. Tipo de problema: se um evento é negativo devido a bloquear um objetivo, surge a frustração, porém, se o evento é intrinsecamente negativo, surge o desgosto.
6. Sujeito da ação: eventos causadores de emoção se oriundos de outro agente evocam gosto, amor, ódio, raiva, desprezo, enquanto eventos atribuídos ao próprio agente geram orgulho, vergonha, culpa, remorso.

O sistema Cathexis desenvolvido por Juan Velásquez está baseado em outro modelo, de Carrol Izard [IZA93]. Izard afirma que existem 4 fatores evocativos de emoções humanas e que no Cathexis foram adaptados para:

- ◆ Neural: efeitos dos neurotransmissores ou de processos neuroquímicos. Esses processos estão sempre em atividade e são influenciados por hormônios, cansaço, dietas, medicamentos,...
- ◆ Sensório-motor: efeitos de postura, expressões faciais, tensão muscular e outras atividades físicas. Os efeitos podem intensificar certas emoções, mas também geram outras.
- ◆ Motivacional: efeitos de provocações sensoriais, como a fome, a raiva derivada de grande pesar, de relacionamentos entre emoções,
- ◆ Cognitivo: efeitos do raciocínio cortical.

Cathexis foi implementado por um sistema conexionista com uma rede de protoespecialistas, cada qual representando uma emoção. Os protoespecialista recebem as entradas dos evocadores e de outros protoespecialistas. A cada tempo t , cada protoespecialista atualiza sua intensidade emocional através da fórmula:

$$I_p(t) = g\left(f(I_p(t-1)) + \sum_{l=1}^4 \varepsilon_{p,l} + \sum_{m=1}^p (\alpha_{p,m} - \beta_{p,m}) I_m(t)\right)$$

onde:

p = protoespecialista; $I_p(t)$ = intensidade emocional do protoespecialista p no tempo t

$\varepsilon_{p,l}$ e $l=1, \dots, 4$ = valores que dão entrada ao protoespecialista p oriundo dos 4 evocativos

$\alpha_{p,m}$ = ganho excitatório obtido pelo protoespecialista p oriundo de proto m

$\beta_{p,m}$ = ganho inibitório obtido pelo protoespecialista p oriundo de proto m

f = função de controle de decaimento temporal da intensidade emocional

g = função que delimita os valores de intensidade emocional entre 0 e sua saturação

Somente se a intensidade emocional (I_p) exceder o limite daquela emoção o protoespecialista p atua, influenciando o comportamento do sistema e outros protoespecialistas.

A pesquisa desenvolvida por Velásquez é de extrema importância, mostrando a potencialidade das aplicações das teorias de geração de emoções e uma solução computacional possível para obtê-las em máquina. Uma vez que o trabalho de Velásquez está baseado em redes neurais artificiais, a dinâmica entre as influências e os diversos estados mentais não é transparente, principalmente quando se quer estudar o relacionamento entre ações, causas e os comportamentos nas interações de ensino e aprendizagem.

4.8 Em direção a propositura

A observação dos afetos e emoções ocorre no mundo físico através dos sentidos, do movimento visível através de gestos, posturas, das palavras e dos sons emitidos, dos olhares que depositamos em alguém ou em algo e dos comportamentos. As emoções são visíveis ou podem estar escondidas e quando visíveis podem ser observadas e estudadas. Mas, mesmo quando se medem alguns dos aspectos físicos e fisiológicos das emoções, como temperatura ou a pressão sanguínea de um agente biológico, não é possível reconhecer, com exatidão, as emoções presentes nele no dado instante. No caso específico de comportamentos, pode-se encontrar padrões de informação, associá-las a estados afetivos e intelectuais e representá-los em computador.

As correlações entre estados afetivos e suas expressões não estão absolutamente definidos apesar dos esforços de pesquisadores, mas com a melhoria da tecnologia no processamento (análise) de sinais, algumas características fisiológicas já podem ser consideradas como padrões para alguns estados emocionais. Entretanto, outras pesquisas afirmam que os padrões autonômicos somente variam em intensidade nas diversas emoções, e a diferenciação emocional não é física e sim cognitiva. Todo esse esforço também deve considerar que:

- a) alguns sinais são melhores que outros;
- b) muitas vezes tem-se emoções mais fáceis de serem observadas e inferidas;

- c) as condições físicas de cada agente e das formas dele se expressar influem na expressão e intensidade emocional;
- d) as condições do ambiente influenciam.

Apesar da forte ligação entre emoções e reações fisiológicas, as reações fisiológicas, sozinhas, não fornecem subsídios suficientes para identificar as emoções, e quase sempre estão associadas a aspectos comportamentais (discussão item 4.7). Ou seja, nenhum dos aspectos sozinhos pode identificar qual a emoção possível. O uso de sinais fisiológicos aliado à informação expressiva e contextual é a melhor solução para aproximação de identificação do estado afetivo do agente biológico.

Uma das opções metodológicas para pesquisa permite cortes para investir-se com maior segurança em uma área escolhida. E, como a área de emoções é muito extensa e interdependente, a necessidade do corte se torna imperiosa. A opção de nossos estudos está no comportamento apresentado pelo aluno que pode ser observado e do qual são extraídas informações para análise e inferência de possíveis estados afetivos de modo a subsidiar um tutor em sua práxis pedagógica. O corte que estabelecemos foi de estudar o comportamento entre ações do aluno e do tutor, sempre o tutor desejando melhor se adequar aos estados mentais afetivos e intelectuais do aluno no momento considerado.

Estados mentais podem ser considerados como os estados possíveis nos quais a mente humana pode se encontrar, ou seja, a partir destes estados o indivíduo terá condições de planejar ações ou de agir de acordo com seu próprio modelo do mundo e com a situação vigente no ambiente.

Por outro lado, os estados mentais, afetivos e/ou intelectuais (cognitivos), são situações dinâmicas que surgem, desaparecem, interrelacionam-se e são os fundamentos das relações dos agentes tutor e aluno.

Uma abordagem mentalística e antropomórfica de se construir agentes artificiais é por nós adotada, pois é útil na instância intencional, desde que se possua o conhecimento essencial sobre o funcionamento para a ação do agente, conforme exposto por Giraffa, em [GIR99].

Uma situação de ensino e aprendizagem pode ser vista como sendo diagnosticada através dos estados mentais do tutor através de suas crenças e de seus objetivos, um diagnóstico e um plano de ação é realizado. Entretanto, as intenções do tutor podem gerar as situações na quais suas ações são interpretadas pelo aluno como afetivas.

Além disso, a adoção de uma sociedade de subagentes na forma de estados mentais que deliberam para obter uma aproximação do estado global do aluno, permite uma representação granular fina e flexível.

A idéia de se usar estados mentais cognitivos para a determinação também do estado afetivo do aluno está fundamentada em diferentes autores como [ORT99], [WEH98], que propõem que as emoções são despertadas por análises cognitivas sobre nossas reações a agentes, objetos e ações internas.

O que se está realizando não é a definição de um estado mental específico para os afetos, ou a definição de estado mental afetivo através de crenças, desejos e intenções. Está-se, sim, avaliando situações e eventos considerados afetivos ou com potencial de gerar emoções através das crenças, desejos e intenções de um tutor e do aluno em aprendizagem.

Na avaliação de situações afetivas far-se-á uso da teoria avaliação cognitiva de Ortony, Clore e Collins [ORT99] do paradigma cognitivista de emoções, como algumas das crenças de um agente pedagógico sobre as emoções que possam ocorrer no aluno que está em aprendizagem.

Por sua vez, o BDI é um paradigma para se descrever agentes e suas relações com o mundo que os contém, bem como os estados mentais crenças, desejos e intenções representam os principais requisitos na construção dos próprios agentes. O BDI, como proposto neste trabalho, é um instrumento para descrição e construção de um agente cognitivo que raciocina sobre diagnóstico dos estados mentais do aluno e sobre que ação realizar. Ou seja, o agente pedagógico responsável em “saber” como está o aluno, percebe o ambiente, como também acredita que o aluno possui estados afetivos, como crenças, desejos e intenções referentes a interação e aprendizagem.

Assim, a adoção do formalismo e ambiente X-BDI de Móra [MÓR2000] para a descrição e implementação do agente pedagógico que está sedimentado na teoria mentalística BDI parece ser uma escolha adequada.

5 Dimensões Afetivas em Agentes Pedagógicos

No objetivo de integrar as relações emoção e razão, ou cognição e afetividade buscou-se inspiração em diferentes áreas e pesquisadores. De Jean Piaget, em *A Formação do Símbolo na Criança*, página 271, [PIA90], obteve-se: “ *um sistema de esquemas afetivos é comparável a um sistema de esquemas intelectuais (..); os dois constituem os aspectos complementares de uma mesma e única realidade, ou seja, o sistema dos esquemas de ações reais ou virtuais*”.

A preocupação básica é a de integrar dimensões afetivas e intelectuais¹⁷, a uma representação do modelo de aluno, de modo que as ações de um tutor sejam resultado de raciocínios que levem em consideração as emoções do aluno. A representação do aluno passa a ser composta de dois esquemas, um para o estado referente aos aspectos do desempenho e competência¹⁸ no domínio e outro para a determinação e análise do estado afetivo do aluno. O desenho a seguir, FIGURA 5.1, apresenta uma solução para a propositura desta pesquisa, através de uma arquitetura multiagente para um agente pedagógico e um sistema perceptivo (Percepção) para o reconhecimento de sinais e fatores que auxiliem na identificação de possíveis estados afetivos de um aluno.

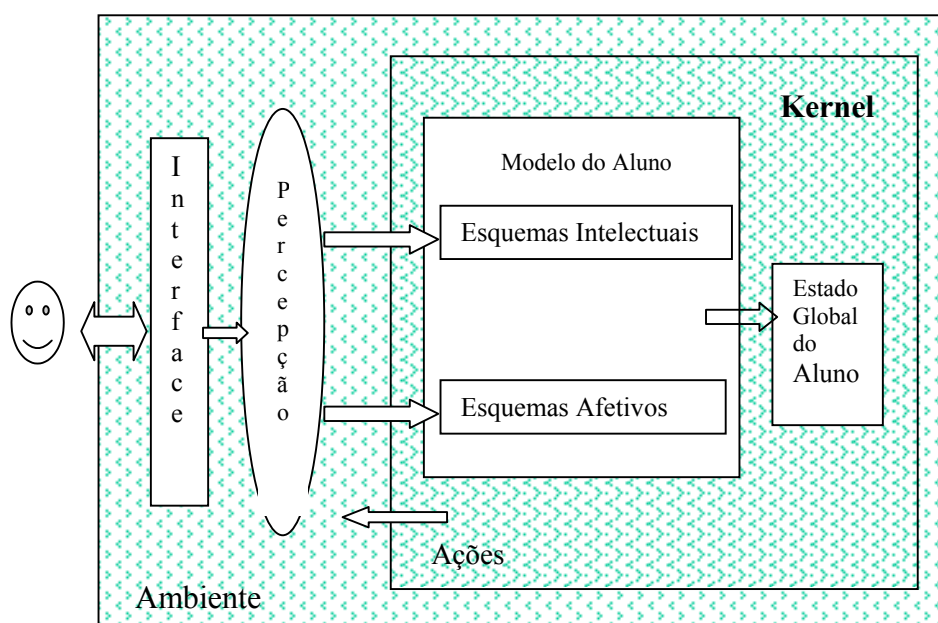


FIGURA 5.1 – Dimensão Afetiva no Modelo do Aluno

A Percepção é composta por agentes especializados que trabalha junto com a interface de um STI e rastreia a interação do aluno e do tutor, levantando os dados e ações realizadas pelo aluno, como o tempo de resposta, quais as atitudes e comportamentos apresentado por ele frente a um determinado evento. Os agentes perceptivos analisam as ações do aluno, compondo um histórico tanto de seu

¹⁷ Intelectual – termo adotado por Piaget [PIA90] para designar as cognições que não envolviam afetividade, exclusivamente.

¹⁸ Desempenho – diz respeito ao sucesso ou insucesso do aluno em relação as tarefas ou problemas apresentados pelo sistema

Competência – diz respeito a forma como o aluno resolve um problema ou tarefa apresentado pelo sistema.

comportamento relativo ao desempenho e competência no domínio quanto aos aspectos afetivos e motivacionais. Também as ações do Tutor estão sendo observadas, principalmente quanto ao tipo e número de suas intervenções, que tipo de ajudas foram disponibilizadas, quais as tarefas propostas.

A Percepção tem a tarefa de realizar as tarefas de identificação dos aspectos que compõem a informação significativa (observáveis) para apoiar o processo de avaliação de padrões fisiológicos (ver itens 4.6, 4.7), de avaliação dos comportamentos, desde gestos a ações em interfaces do ambiente como respostas ou solicitações. Entretanto, a identificação e reconhecimento de sinais e fatores afetivos não é o ponto específico deste trabalho, mesmo sendo imprescindível e objeto de muitas pesquisas (ver item 4.6) na área. O destaque colocado à Percepção, definida neste trabalho, é devido à importância que têm as suas funcionalidades em relação ao reconhecimento de sinais e fatores com significância à análise dos estados afetivos e intelectuais de um aluno.

O modelo do aluno, apresentado na FIGURA 5.1, é composto pelos conjuntos Esquemas Intelectuais e Esquemas Afetivos. O retângulo Esquemas Intelectuais retêm as condições do aluno em relação ao domínio: seus acertos e erros, sua performance, os tópicos dominados e aqueles a desenvolver. O histórico do desenvolvimento da aprendizagem do aluno quanto ao conteúdo está presente no Esquema Intelectual, isto é, contém as regras, fatos, crenças que o tutor crê que o aluno possua em relação ao seu desempenho e sua competência no domínio.

O conjunto Esquemas Afetivos apresenta a modelagem do aluno quanto às suas características afetivas, podendo ser comportamentais, estilos de aprendizagem, condições fisiológicas, e outras, na medida que se obtenham dados para a elaboração de tais modelagens (ver discussão itens 4.5, 4.6, 4.7). Uma vez que os fatores envolvidos nos comportamentos e situações emocionais constituem um universo enorme, se buscará somente um pequeno conjunto, mas significativo, para situações de ensino aprendizagem, que caracterizem as ações e comportamentos que possam ser utilizados na identificação e inferência de alguns estados afetivos do estudante (ver discussão item 4.8).

Mas, quais os aspectos mais determinantes dos fatores emocionais em interações de ensino aprendizagem passíveis de serem modelados em um contexto de um agente artificial atuando com um agente humano? Motivação é uma das chaves na aprendizagem e emoções tem um importante papel na motivação, conforme Elliot [ELL97]. A outra chave encontra-se nas pistas colocadas no trabalho de Serres [SER93], isto é, está nas crenças que um aluno possui sobre si próprio relativas à confiança e à independência. Mas, o estado geral do agente aprendiz, como o humor também deve ser levado em conta, de acordo com Picard [PIC97], pois facilita ou inibe o processo de descoberta e da criação. Fatores sociais, como relações hierárquicas envolvidas no contexto da aprendizagem constituem outro ponto importante; entretanto, a identificação desses fatores através de comportamentos demandam o esforço em situações de interação social com diversos agentes biológicos e de requisitos que não pertencem ao foco desta pesquisa.

A detecção dos fatores afetivos é obviamente restrita pelas limitações da interface, sem se dispor de sensores das características fisiológicas, de visão para estudo de padrões das expressões faciais e corpóreas do aluno e da dificuldade em comunicação em língua natural. Entretanto, certos comportamentos podem ser identificados numa interação. Por exemplo, a falta de persistência de um aluno na execução de tarefas propostas pode ser definida em termos do número de vezes que um

aluno solicita ajuda. O esforço do estudante em lugar de desempenho é uma indicação razoavelmente fidedigna de motivação intrínseca, segundo Soldato [SOL95]. O comportamento de um aluno que solicita ajuda sem tentar desenvolver uma tarefa pode demonstrar falta de confiança.

Logo, os fatores que serão utilizados para detecção dos estados afetivos e motivacionais do aluno são o esforço, a confiança e a independência. Esses fatores influenciam diretamente a motivação de aprender e estão baseados nos estudos de Serres [SER93], Soldato [SOL95] e Vicente [VIE98]. Os fatores afetivos são identificados a partir de aspectos observáveis dos comportamentos de um aluno nas sessões de interação através de eventos, das ações e das comunicações realizadas. O detalhamento dos procedimentos para a identificação pode ser visto na seção 5.1 e no anexo (item 8.2), onde é apresentado o agente perceptivo específico ou, também, no trabalho de Moissa, em [MOI2001].

O sistema perceptivo (Percepção) repassa as informações sobre os fatores afetivos juntamente com os dados referentes ao desempenho e competência dos alunos no desenvolvimento no domínio ao tutor (na FIGURA 5.1, essas ações são representadas pelas duas setas que saem da Percepção direcionadas ao retângulo Modelo do Aluno).

O agente pedagógico ou o tutor está representado por um “kernel cognitivo” (termo cunhado por Giraffa e Móra [GIR99]), apresentado na FIGURA 5.1, e está construído com estados mentais BDI. O “kernel cognitivo” é um agente (ver item 3.2), de acordo com as características apontadas por Alvares, em [ALV97], pois possui mecanismos de raciocínio e decisão de planos e ações devido a sua arquitetura BDI (ver o exposto item 3.4), mantém um histórico de suas atuações realizadas e é uma sociedade com poucos agentes baseada em um modelo organizacional social humano.

No caso da arquitetura proposta para o agente pedagógico, significa que o projetista da aplicação ou domínio deve apenas dispor suas heurísticas a respeito do processo de ensino-aprendizagem da área, e o especialista psicopedagógico, as heurísticas do comportamento representativas para motivações e afetos a fim de orientar as ações pedagógicas do tutor.

O estado global do aluno emerge da interação entre os componentes do sistema e que são expressos através de uma arquitetura BDI. O tutor raciocina e infere o estado global do aluno, decidindo qual ação a ser realizada a seguir. O retângulo Estado Global do aluno, apresentado na FIGURA 5.1, representa o resultado das análises do tutor sobre o modelo do aluno. A ação do tutor está representada por uma seta do tutor ao ambiente.

O modelo do aluno além de se constituir de aspectos afetivos é construído de forma interativa e em tempo real, o que diferencia essa arquitetura daquelas que propõem uma construção baseada em perfis ou estilos cognitivos de classificação do aluno *a priori*. Entretanto, se assemelha com o modelo do aluno desenvolvido no sistema MCOE, em [GIR99], quanto a sua construção se dar dinamicamente, em tempo real e ao longo do processo de interação. O modelo do aluno porém, nesta pesquisa, difere daquele por acrescer aspectos afetivos, ampliando as possibilidades de adaptação do tutor ao aluno.

O uso de estados mentais do aluno, que estão associados as suas ações, permite um estudo mais acurado para adequar a práxis pedagógica de um sistema de aplicação educacional, pois permite uma maior granularidade do processo de interação.

5.1 Ambiente de teste

Um ambiente foi desenvolvido para demonstrar a viabilidade da arquitetura e proporcionar uma série de testes para depuração e validação das idéias contidas neste trabalho. A análise será realizada através das ações pedagógicas tutoriais em resposta ao diagnóstico do estado afetivo e intelectual inferido de um aluno, em situações com e sem os fatores afetivos considerados. O ambiente para testes possui a estrutura mostrada na FIGURA 5.2, que, por sua vez, apresenta o “kernel” do agente pedagógico em maiores detalhes.

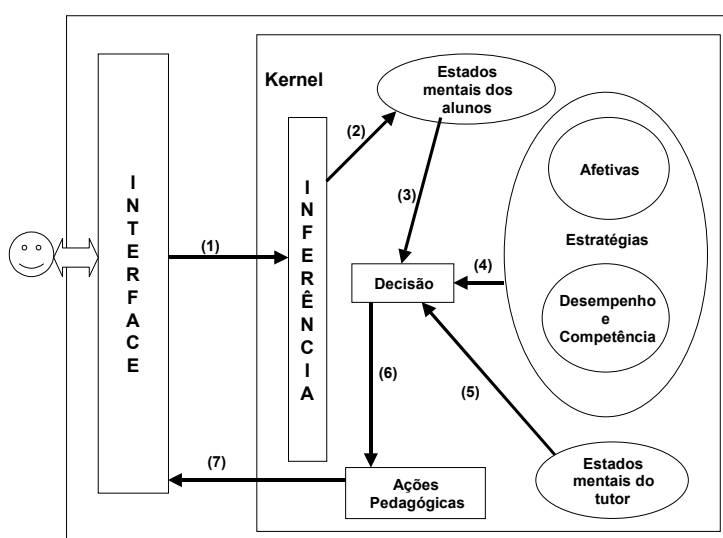


FIGURA 5.2 - Ambiente de testes

A ação do aluno é monitorada e seu comportamento sobre os elementos componentes da Interface é traduzida pela Percepção em um conjunto de proposições encaminhadas ao “kernel cognitivo” do tutor, conforme já exposto anteriormente. Na arquitetura para o ambiente de testes apresentada na FIGURA 5.2, o retângulo Interface congrega a interface propriamente dita do ambiente e o conjunto de agentes especializados Percepção, propostos no item anterior. A fase de reconhecimento e identificação de ações comportamentais do aluno é realizada pelo retângulo Interface que produz um conjunto de caracteres (conjunto de sentenças) que representa o resultado de sua atuação (na FIGURA 5.2 essa ação é representada pela seta (1)). Essas informações contidas no conjunto de sentenças formam a entrada ao elemento raciocinador do tutor, o “kernel cognitivo”.

O fato de não investir-se no detalhamento da fase Interface está no foco do trabalho que é verificar a condução da práxis pedagógica de agentes pedagógicos que levem em conta afetos e emoções e se apresentam uma melhor adequação ao aluno.

Um dos agentes da sociedade Percepção proposta foi projetado por Bercht, em [BER99], e desenvolvido por Moissa, em [MOI2001], de modo a identificar fatores motivacionais observáveis através de comportamentos do aluno, tendo sido testado no sistema Eletrotutor IV de Silveira, em [SIL2001]. O agente perceptivo, em questão, identifica no ambiente Eletrotutor os fatores: esforço ou persistência na condução das

tarefas propostas, a independência demonstrada pelo aluno durante a interação e a confiança do aprendiz, de acordo com a exposição feita anteriormente. Maiores detalhes estão em anexo, mas serão feitas mais algumas referências no corpo desta tese, na medida em que forem necessárias.

O agente tutor é formado por um conjunto de estados mentais expressos na arquitetura BDI, que constitui por sua vez uma sociedade de agentes, sendo modelado de acordo com Móra, através do sistema X-BDI, em [MÓR2000] e [MÓR98a].

A entrada ao “kernel cognitivo” se dá através de um conjunto de sentenças que obedecem a sintaxe X-BDI, do tipo:

[current_time (< tempo>), sense (<Agente>, <Propriedades>)]

As sentenças (os sinais em negrito fazem parte da sintaxe, obrigatoriamente) são delimitadas pelos sinais [e] constituindo as informações sensorizadas pelo tutor no ambiente no tempo < tempo>. Por exemplo, o conjunto de sentenças descrito anteriormente, constitui-se dos eventos e fatos <Propriedades> observados pelo <Agente>, descritos através da cláusula **sense** e que ocorrem no tempo <tempo> informado pela cláusula **current_time**.

O exemplo no quadro:

```
[current_time(T1),
sense(tutor,aluno_conclui_licao(licao(l1,dois))),
sense(primeiro(licao(l1,dois)))] .
```

informa ao “kernel cognitivo” que o agente <tutor> detectou o evento aluno_conclui_licão denominado licao(l1,dois), no tempo T1. O exemplo do quadro anterior está “instanciado” para um experimento e situação na estrutura de elementos do Eletrotutor III. Maiores detalhes podem ser encontrados em [MÓR98], [MÓR2000] e [ZAM2001] e no item 3.4.3.

O “kernel cognitivo” do sistema possui um módulo de inferência que identifica os estados mentais do aluno que estão associados a ações e aos fatores afetivos já reconhecidos pela interface (Percepção). Esses estados mentais, intelectuais e afetivos, são extraídos das experiências com alunos, devem ser construídos através de teorias psicopedagógicas e de teorias cognitivistas de emoções (ver item 4.8). Esta ação pode ser vista através da seta (2) na FIGURA 5.2.

O aluno é um agente cognitivo composto por estados mentais intelectuais e afetivos. Entretanto, o aluno é interpretado pelo sistema perceptivo, pela interface e pela subjetividade subjacente que está representada pelas crenças e desejos, objetivos, planos disponibilizados pelo projeto do tutor e, assim gerando o modelo do aluno. Essas informações sobre o aluno são armazenadas no módulo de representação interna que o tutor possui para cada aluno. Os esquemas Intelectual e Afetivo do modelo do aluno, apresentados na FIGURA 5.1 terão sua funcionalidade mantida, pois na adoção do formalismo e ambiente de desenvolvimento X-BDI, serão considerados como conjunto de crenças.

O tutor, por sua vez, possui um conjunto de estados mentais acerca de seu comportamento e ações e do módulo decisor (Decisão). O módulo Decisão possui as heurísticas a respeito das deliberações para agir, que produzem as ações pedagógicas, representadas pela seta (6). Os estados mentais do aluno, os estados mentais do próprio

tutor e do módulo estratégias são considerados para a deliberação de que plano de ações a tomar e, representados respectivamente pelas setas (3), (5) e (4), na FIGURA 5.2.

As estratégias que dirigem as ações pedagógicas constituem a parte visível do comportamento do tutor e são muito importantes para a qualidade do ambiente. Um bom elenco de estratégias e de táticas tornam um tutor mais flexível e adequado a cada aluno, pois uma mesma estratégia não produz efeitos equivalentes para indivíduos e contextos diferentes.

A seleção de estratégias e particularmente das táticas associadas depende de fatores tais como nível de conhecimento do aluno, do domínio, do tipo de abordagem que se pretende trabalhar o domínio, das características individuais e afetivas do aluno, da trajetória do aluno na situação de interação. Entretanto, prever as situações nas quais cada estratégia ou tática se mostra eficiente é uma tarefa complexa. O que se pode fazer é diversificar as formas de orientação, auxílio e disponibilização de recursos do próprio ambiente, levando-se em consideração os indicadores, afetivos e intelectuais, observáveis do andamento do aluno nas situações de aprendizagem. A discussão sobre estratégias, de um modo geral, em STI foi abordada no capítulo 2.

As estratégias estão separadas em táticas afetivas e em táticas para competência e desempenho. Táticas afetivas são aquelas que promovem ações em direção a uma adequação do sistema aos estados mentais afetivos do aluno sempre considerando os objetivos do agente pedagógico. Táticas para desempenho e competência são as que promovem ações em direção a adequação do sistema ao aluno quanto a apoiá-lo na aprendizagem dos conceitos, visando aplicações em relação ao domínio. A separação das táticas nos dois subgrupos simplifica o desenvolvimento e construção do agente pedagógico, pois cada um dos subgrupos exige conhecimentos diferentes.

A cada situação observável e estado mental do aluno identificável, uma indicação de ação é sugerida por cada subgrupo de táticas. As ações pedagógicas finais do tutor, representadas pela seta (7) na FIGURA 5.2, são então o resultado da deliberação do tutor sobre as indicações de ações e do estado mental (afetivo e intelectual) do aluno. O tutor pode então apresentar estratégias que se enquadram nas classificações mais tradicionais, como as apresentadas em Giraffa [GIR99] e em Pereira [PER99].

A escolha de quais estratégias são as mais adequadas depende fortemente da didática que se deseja empregar, da área de conhecimentos que se está abordando, das características dos alunos e devem ser determinadas por especialistas.

O item a seguir apresenta a mecânica da proposta em detalhe e contextualizada, quando são apresentadas as estratégias e as táticas associadas que foram adotadas e como se processam as deliberações para agir.

5.1.1 O contexto de aplicação

Nessa experimentação, o ambiente de testes estará baseado no Eletrotutor III, projetado por Silveira [SIL2001] quanto à sua estrutura de ensino. Adotou-se o Eletrotutor III como base, pois é um sistema já testado com alunos, desenvolvido no grupo de IA/UFRGS e por ter uma estrutura bem simples quanto a sua estratégia de ensino. Desta maneira, o trabalho de observação e análise do comportamento do sistema quanto às ações pedagógicas se torna menos complexo.

No Eletrotutor III, o domínio está dividido em unidades, onde cada unidade está dividida em tantas lições quantas forem necessárias. Após cada lição é apresentado um conjunto de exemplos e posteriormente o sistema disponibiliza uma lista de exercícios e tarefas. O domínio é estruturado em pré-requisitos (as lições se apresentam ordenadas em pré-requisitos). A lista de exemplos e de exercícios é opcional. Neste trabalho será considerada como Lição, um conjunto de atividades que se subdivide em passos e que possua pelo menos uma avaliação de desempenho.

A base para as ações de acordo com Eletrotutor III é feita na avaliação do acerto ou erro das tarefas (exercícios e exemplos) solicitadas ao aluno. A cada acerto o sistema apresenta uma resposta positiva, isto é, apresenta um reforço do conteúdo através de uma breve revisão e congratula o aluno, aqui denominado de contribuição. Em caso de erro, o sistema apresenta a solução correta. O sistema apresenta duas modalidades maiores: livre navegação e tutorial. A livre navegação permite ao aluno percorrer as lições, os exemplos e exercícios conforme sua vontade. Já na opção tutorial, o aluno é dirigido quanto à disponibilização das lições, exemplos e exercícios, sem no entanto proibir que o aluno possa investigar outras alternativas. Maiores detalhes sobre o Eletrotutor III estão em anexo e em [SIL2001].

Apesar do Eletrotutor III possuir um domínio bem determinado e de ter-se adotado o mesmo como base para o experimento, o ambiente para testes não depende do domínio. O ambiente dá um suporte para os estudos e não impõe nenhuma prática pedagógica. No caso do experimento, as ações para a prática pedagógica são definidas a partir da estratégia instrucional do Eletrotutor.

Uma vez que qualquer interface é bastante dependente da implementação e do domínio, o ambiente de testes é composto dos elementos que mais são encontrados em STIs, de modo que a experimentação se torne a mais genérica possível e que a adequação das ações do tutor fiquem preservadas. Por exemplo: tarefas e exemplos são elementos que aparecem em quase todos os STIs. Assim, o nosso ambiente de teste define os elementos exemplos, exercícios, ajudas e mensagens em geral e que são independentes do domínio. A TABELA 5.1, a seguir, apresenta os elementos componentes do ambiente de testes.

TABELA 5.1 - Elementos componentes do Ambiente de Testes

Elemento	Descrição
Problema/ Tarefa	Representam toda e qualquer atividade a ser desenvolvida pelo aluno e considerada na identificação pelo Ambiente, como leitura de textos, exercícios de aplicação, observação de exemplos e demonstrações
Ajuda	Sob esta denominação estão pequenas dicas sinalizações (sons, elementos gráficos), explicações específicas ao domínio da tarefa, ajudas mais gerais sobre a tarefa
Contribuição	Uma mensagem específica que trata do “feedback” em relação ao contexto. Muito comum em ambientes de ensino aprendizagem tradicionais e pode ser usada como reforço a uma resposta correta ou incorreta do aluno.
Mensagem	Mensagens de apoio, incentivo, sugestões, reflexões e indicações sobre as tarefas futuras.

A TABELA 5.2, a seguir, mostra os elementos que constituem o ambiente de testes, juntamente com suas propriedades. Os elementos e suas propriedades foram baseados nos trabalhos de Soldato [SOL95] e adequados a nossa proposta. Os elementos, suas propriedades e valores definidos são vinculados às especificidades do Eletrotutor para fins da experimentação e são descritos no “kernel cognitivo” como um conjunto de crenças sobre o ambiente.

Cada elemento possui as propriedades estado e tipo. O estado de um elemento diz respeito a sua condição na situação da interação. Assim, por exemplo, se o aluno requisita uma ajuda, o estado da ajuda tem valor *requisitado* e quando um problema é sugerido pelo tutor, seu estado passa a ter valor *sugerido*.

A propriedade Tipo serve para o tutor informar ao ambiente o valor que especifica e contextualiza o elemento. Uma mensagem pode conter texto do tipo “elogiar esforço” ou um texto que propõe desafios.

TABELA 5.2 – Elementos do ambiente de Testes e suas propriedades

Elementos	Propriedades	
	Estado	Tipo
Problema/tarefa	Sugerido Sucesso Insucesso Desistência Rejeitado Em execução	Mais difícil Mais fácil Similar corrente seguinte
Ajuda	Sugerida Rejeitada Requisitada Não disponibilizar a seguinte Não necessária	Geral Específica
Contribuição	Disponibilizar Não-disponibilizar	Sobre o acerto Sobre o erro
Mensagem-comentário	Disponibilizar não disponibilizar	Elogiar esforço Elogiar desempenho Promoção de nível-continuar tentando Mostrar sucesso prévio Encorajar independência Preparar para maior dificuldade Desafio

Foram acrescentadas ações tutoriais e elementos neste experimento em relação ao Eletrotutor III, supondo-se que as necessárias adaptações no sistema base foram realizadas como disponibilização de ícones, menus, janelas, de modo a possibilitar

implementação das modalidades de ação não contempladas pelo Eletrotutor III. Por exemplo, para identificarmos o abandono de alguma tarefa, não contemplada pelo Eletrotutor III, supõem-se que a Interface e a Percepção tenham disponibilizado os recursos necessários à identificação desse estado da interação, como a associação de um determinado tempo de espera de resposta do aluno com a indicação inequívoca dele ter iniciado a tarefa que foi disponibilizada. Outro requisito que deve estar disponibilizado, por exemplo, é captar se o aluno seguiu outro caminho sem concluir a tarefa iniciada, ou mesmo, obter o dado através da resposta positiva à pergunta sobre o abandono do problema em questão.

De modo que os agentes do conjunto Percepção possam atingir os objetivos do “perceber”, que significa obter significados dos comportamentos e eventos do ambiente (observáveis), é necessário que o Eletrotutor, como um todo, apresente obrigatoriamente uma série de requisitos. Os requisitos podem ser referentes a organização do domínio, ao sistema de ajuda, aos eventos relevantes e aos recursos disponíveis na interface para o sensoriamento de sinais biofisiológicos (ver itens 4.5, 4.6 e 4.7). Entretanto, especificamente para a experimentação neste trabalho, é necessário o atendimento aos requisitos:

- Sistema de ajuda: as ajudas que dizem respeito são aquelas referentes ao conteúdo do domínio e devem estar disponíveis em dois níveis, genérico e específico. A classificação da ajuda depende do domínio do conteúdo que está sendo ensinado e deve ser feita pelo especialista do domínio. Normalmente, a ajuda genérica expõe os conceitos, os procedimentos e dicas de solução de forma geral e não detalhados, enquanto que a ajuda específica apresenta os detalhes de solução.
- Eventos relevantes ao processo de identificação, como início e término de sessões, início e término de uma tarefa, solicitações de ajuda, ou oferecimento de ajuda pelo agente pedagógico. No caso do experimento, no ambiente do Eletrotutor, são três grupos de elementos que possuem eventos associados significativos: Lição, Ajuda e Controle de sessão. Para que o agente percepção possa exercer sua função corretamente é fundamental que o STI gere e permita a identificação dos eventos relacionados a cada grupo.
- Condição de sucesso e insucesso referente à execução de alguma tarefa é realizada pelo Eletrotutor como um ambiente externo ao “kernel”. A informação do acerto ou erro cometido pelo aluno é repassado ao “kernel”.

Maiores detalhes podem ser vistos no anexo relativo ao agente percepção de fatores afetivos motivacionais.

O Eletrotutor, na concepção original, tem um comportamento exclusivamente reativo aos sucessos e insucessos do aluno. Na experimentação, confrontaremos o comportamento do Eletrotutor simulado, em sua estratégia original sem considerações de fatores afetivos, com uma versão do comportamento do Eletrotutor com considerações dos fatores afetivos conforme definições expostas.

As táticas finais, oriundas das análises afetivas e de desempenho, constroem as estratégias mais gerais apresentadas na TABELA 5.3, a seguir. Cada uma das estratégias de comportamento se diferencia essencialmente pelo grau de interferência do tutor, pelo teor das mensagens enviadas, e detalhamento das ajudas durante as sessões de trabalho do aluno.

TABELA 5.3 – Estratégias e Táticas do ambiente de Testes

Estratégia	Táticas
Guia	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conselhos (ajudas) para resolução de tarefas ou problemas ▪ Exemplos ▪ Demonstrações ▪ Mensagens
Assistente	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mensagens ▪ Exemplos ▪ Demonstrações

No comportamento de guia, o agente pedagógico atua de modo mais diretivo, sugerindo e aconselhando quais as tarefas a serem feitas, intervindo sempre que ele perceber que o aluno:

- pode não estar entendendo como realizar uma tarefa;
- apresentar pouca confiança;
- apresentar pouca independência;
- apresentar indícios de emoções negativas, como descontentamento;
- necessitar de desafios maiores ou apresentar enfado.

Na estratégia assistente, o comportamento do tutor é menos diretivo, intervem menos, reforça a dedicação, desempenho, independência e reflexão por parte do aluno, coloca comentários mais genéricos sobre as tarefas e problemas.

Algumas das táticas são compartilhadas pelas estratégias, mas o que as diferencia, por exemplo, está no teor e forma do texto, no grau de generalidade ou especificidade de um conselho. A TABELA 5.5 apresenta um conjunto de exemplos das táticas associadas em situações apresentadas pela interação de aprendizagem do aluno com o agente pedagógico.

Uma vez que a análise do desempenho e da competência de um aluno não é o ponto focal deste trabalho, simplificou-se sensivelmente a modelagem do aluno quanto ao seu andamento no domínio, adotando-se a classificação de certo/sucesso e errado/insucesso para os resultados do aluno na consecução das tarefas.

A TABELA 5.4 reflete o modelo de desempenho adotado para o aluno nessa experimentação. A coluna Ação reflete as ações recomendadas pelo “kernel cognitivo” através de comandos ao ambiente, quando da realização do experimento sem identificação de fatores afetivos e mostra as ações do tutor praticamente idênticas às existentes no Eletrotutor III.

A segunda coluna apresenta as indicações de ações quando o experimento se dá com a identificação de fatores afetivos. Não é a ação final propriamente, pois a ação final deve aliar a análise dos estados afetivos do aluno. A indicação de ação neste contexto significa a pré-disposição em agir segundo a análise do desempenho do aluno, ou um componente na deliberação para agir.

TABELA 5.4 - Propostas de ações baseadas no desempenho (experimento baseado no Eletrotutor III [SIL2001])

Histórico interação	Indicação de ação	Ação
1. Estado do problema/tarefa = sucesso	Mensagem de congratulação e contribuição tipo problema certo Indicação de tarefa mais difícil	Apresentar tarefa de maior dificuldade e mensagem de congratulação e contribuição tipo problema certo
2. Estado do problema/tarefa = insucesso	Contribuição tipo problema errado e exposição do erro Indicação de tarefa de mesma dificuldade	Apresentar tarefa de dificuldade similar e contribuição tipo problema errado com exposição do erro.
3. Estado do problema/tarefa = desistência	Indicação de tarefa de mesma dificuldade	Nenhuma ação
4. Estado de ajuda = requisitada	Disponibilizar ajuda	Apresentar ajuda para a tarefa, do tipo requisitada.
5. Estado de ajuda = rejeitada	Indicação de ajuda não necessária	Nenhuma ação
6. Estado da tarefa = em execução	Indicação de estado em espera	Nenhuma ação

A TABELA 5.5, a seguir, apresenta algumas das possibilidades de ações tutoriais. e congrega as indicações das ações propostas pelo tutor quando da análise sobre os fatores motivacionais e afetivos reconhecidos. A ação final do agente pedagógico descrita na coluna Ação tutorial apresenta a consolidação das duas indicações realizadas pelas análises de desempenho e fatores afetivos. Os estados mentais do aluno inferidos dos comportamentos de cada situação observável aliado aos estados mentais do tutor determinam os planos que o agente pedagógico deve adotar.

A seleção das estratégias e táticas se apoia fortemente na práxis pedagógica que , por sua vez, depende do domínio da área do conhecimento. Os aspectos de cada área impõem a necessidade de especialistas especificarem quais as melhores opções. A opção das ações e atitudes do agente pedagógico por nós apresentada reflete uma posição retirada dos trabalhos de Soldato, em [SOL95], de nossa experiência da prática docente e na aplicação da teoria de Ortony, em [ORT99], quanto a algumas das emoções consideradas. Entretanto, não foram especificadas exatamente qual o teor das mensagens e os detalhes da apresentação na interface, muito importantes e quase vitais para a comunicação, motivação do aluno.

TABELA 5.5 - Ações do agente pedagógico

Ação proposta pela análise de desempenho	Ação proposta pela análise de fatores afetivos	Ação tutorial
Indicação de tarefa mais difícil	Aumentar experiência de sucesso e não estimular desafios	Sugestão de problema do tipo similar
Indicação de tarefa mais difícil	Estimular desafios e não aumentar confiança	Sugestão de problema do tipo mais difícil
Indicação de tarefa mais difícil	Enfatizar promoção	Sugestão de problema do tipo mais difícil e comentário de promoção de nível
Disponibilizar contribuição tipo errado, sugestão de problema similar	Facilitar sucesso	Providenciar ajuda de conteúdo sobre a próxima tarefa
Disponibilizar contribuição tipo errado, sugestão de problema similar	Estimular curiosidade	Providenciar ajuda conteúdo de resultado surpresa
Disponibilizar contribuição tipo acerto	Manter esforço	Disponibilizar contribuição tipo acerto e providenciar comentário parabenizando esforço
Disponibilizar contribuição tipo errado	Manter esforço	Disponibilizar contribuição tipo errado e comentário parabenizando esforço
Sugestão de problema mais difícil	Facilitar sucesso, não respeitar controle	Providenciar ajuda conteúdo do próximo problema
Sugestão de problema mais difícil	Encorajar esforço	Providenciar comentário tipo tentar mais difícil, sugerir ajuda e conteúdo do próximo problema
Sugestão de problema mais difícil	Lembrar sucessos	Providenciar comentário conteúdo sucessos anteriores
Providenciar ajuda	Não providenciar intervenção	Pular ajuda
Disponibilizar ajuda	Encorajar independência	Providenciar comentário, com conteúdo para encorajar independência
Providenciar ajuda, tipo geral	Aumentar confiança	Providenciar ajuda tipo específica
Em espera	Encorajar independência	Não disponibilizar a próxima ajuda
Disponibilizar ajuda	Dividir controle	Sugerir ajuda
Ajuda não necessária	Não disponibilizar próxima intervenção	Não disponibilizar próxima ajuda

Conforme já exposto anteriormente, para a identificação de fatores afetivos comportamentais foram adotados os modelos de confiança, independência, esforço [BER99], já desenvolvidos no agente perceptivo implementado por Moissa, em [MOI2001], descritos a seguir.

A confiança é representada como um valor na faixa de 0 a 10, a atribuição do valor inicial deste fator é feita, no início da primeira sessão, com o valor médio 5. A

atualização é feita através de incrementos ou decrementos que podem ser de um ou dois pontos. Em qualquer momento da interação a confiança do aluno é um valor entre 0 e 10. O valor 0 representa uma confiança muito baixa e o valor 10 representa confiança máxima. O valor que representa a confiança do aluno é atualizado dinamicamente através das regras descritas na TABELA 5.6.

TABELA 5.6 - Modelo de Confiança

Situação	Estado de Ajuda	Confiança
Nenhuma tentativa	Solicita ajuda	-1
Acerta	Com ajuda	+1
Acerta	Sem ajuda	+2
Erra	Sem ajuda	-1
Erra	Com ajuda	-2

A TABELA 5.7 apresenta um modelo para classificação do esforço do estudante em função de sua persistência na resolução de problemas e solicitações de ajuda para resolver a tarefa proposta. A classificação aceita para os diversos níveis de esforço estão definidas como: nenhum, mínimo, pequeno, médio, grande e máximo. A atribuição do valor inicial deste fator é feita, no início da sessão, com o valor 3 que correspondente ao esforço médio.

Assume-se, que a persistência ou esforço na resolução do problema pode ser medida pelo número de tentativas de solução, ou pelo número de passos realizados, sendo que um elevado número de passos reflete um alto grau de esforço por parte do aluno. A quantificação do número de passos, para a classificação de muitos ou poucos passos, deve ser definida por um especialista do domínio, em função do grau de dificuldade do problema. Um aluno que solicita ajuda com poucos passos, realiza um esforço pequeno, em comparação a outros que continuam tentando a solução da tarefa sem ajuda do tutor. O resultado da realização da tarefa é outro fator importante. A desistência de uma dada tarefa sem a tentativa de solução, obviamente, demonstra uma baixa persistência.

TABELA 5.7 - Modelo de Esforço

Estado da Tarefa	Passos	Ajuda	Esforço
Desistiu	Nenhum	-	Nenhum
Desistiu	Poucos	Com ajuda	Mínimo
Desistiu	Poucos	Sem ajuda	Pequeno
Realizou	Poucos	Com ajuda	Pequeno
Realizou	Poucos	Sem ajuda	Médio
Desistiu	Muitos	Com ajuda	Médio
Desistiu	Muitos	Sem ajuda	Grande
Realizou	Muitos	Com ajuda	Grande
Realizou	Muitos	Sem ajuda	Máximo

O modelo de independência é similar ao modelo de confiança em muitos aspectos. A independência é representada como um valor numérico, tem um valor mínimo e um máximo e é atualizada através de incrementos e decrementos. A faixa assumida é de 0-10 e o valor inicial atribuído no início da sessão é 5. Consideraremos quatro situações básicas: o tutor oferece ajuda, o tutor fornece ajuda genérica, o tutor fornece ajuda específica, o aluno rejeita a oferta de ajuda. A TABELA 5.8 relaciona as regras para incremento e decremento do valor de independência.

TABELA 5.8 - Modelo de Independência

Estado da ajuda	Tipo de ajuda	Independência
Sugerida	-	-1
Fornecida	Genérica	-1
Fornecida	Específica	-2
Não Utilizada	-	+1
Negada	-	+1
Rejeitada	-	+2

Esses modelos apresentados nas tabelas são adotados pelo agente perceptivo que informa ao “kernel cognitivo” sempre que é identificada uma alteração em um desses fatores.

5.1.2 Coreografia dos estados mentais no modelo de Móra

No intuito de demonstrar a utilização do sistema lógico adotado, foi selecionado um pequeno diálogo, mas complexo o suficiente, para ilustrar a dinâmica dos estados mentais da sociedade do agente, representado pelo “kernel cognitivo”, e do aluno.

A dinâmica dos estados mentais é resultado das ações do aluno e do tutor que ocorrem durante a interação. A base das deliberações do tutor, entretanto, está nas informações que recebe do ambiente e do aluno.

Sempre que é iniciada uma sessão de trabalho no Eletrotutor III, algumas informações, como as relativas à identificação (nome, por exemplo) e aos valores de controle que possibilitam o sensoriamento das ações do aluno e do ambiente, são passadas ao tutor. A cada ação dos alunos, as interpretações oriundas do ambiente via Interface e Percepção são repassadas ao tutor, em sentenças X-BDI, conforme anteriormente exposto (ver 5.1.1). O tutor, então, possui sempre um conjunto de informações atualizadas, permitindo a construção de um histórico para cada aluno.

Uma sessão de trabalho está em andamento e o aluno em interação já possui seu modelo construído e que reflete o reconhecimento e a identificação realizados pela Percepção e pelas crenças do tutor em tempos anteriores. O aluno inicia uma nova tarefa (ou uma série de problemas e exercícios) que foi sugerida pelo tutor. A tarefa é de tipo similar a uma anterior já realizada.

Um conjunto de fatores motivacionais e dados característicos associados ao aluno estão disponíveis:

- desempenho relativo às tarefas: médio alto (índice 7);
- independência: baixa (índice 4);
- confiança: média alta (índice 7);
- persistência ou esforço: média;
- estado emocional desagradado: mediano baixo (índice 4).

Na situação exemplificada, serão considerados somente os desejos e crenças do tutor que estão relacionadas à situação. O tutor considera seus desejos e escolhe alguns formando um conjunto de desejos possíveis. Os desejos possíveis são aqueles que o tutor acredita passíveis de serem realizados. A partir dos possíveis serão escolhidos os elegíveis a serem realizados ou satisfeitos (ver item 3.4.3).

(A) Em tempos anteriores foram obtidas as crenças, entre outras:

bel(tutor, media_desempenho_aluno(7)).

bel(tutor, bel(aluno, confianca(7))).

bel(tutor, bel(aluno, independencia(4))).

bel(tutor, bel(aluno, esforco(medio))).

bel(tutor, bel(aluno, desagrado(4))).

que refletem os fatores motivacionais, estado emocional e intelectual do aluno para a situação vigente, e, a ação do tutor, a seguir:

mostrar-prox_tarefa(tarefa, lição, uni, sugerida, similar, seguinte)

já tendo sido realizada em um tempo anterior no ambiente.

A partir dessa ação, nenhuma atividade observável é verificada por parte do aluno, ficando o tutor em estado de observação. O tutor observa também que o estado da tarefa está em execução, pois o aluno não tem apresentado nenhuma nova ação observável. A crença relacionada a esse estado da tarefa também é modificada para:

bel(tutor, tarefa(tarefa, lição, uni, em_execução, similar, corrente)).

Assim, o único desejo candidato à intenção atual do tutor é:

des(tutor, encorajar_indep).

No entanto, o desejo será adotado como intenção, se o tutor acreditar que há um conjunto de ações que possa ser realizado para satisfazê-lo. De modo a satisfazer o desejo candidato, as ações, modeladas a seguir **(1)**, devem ser executadas.

(1) *(nao_disponibilizar_ajuda(Tarefa, Licao, Uni), enviar_mensagem(10))*

causes

*(bel(tutor, encorajar_indep), bel(tutor, desagradar_aluno(N))) if
bel(tutor, ind_desempenho(espera)),*

(2) *bel(tutor, aluno_solicita_ajuda(tarefa, licao, uni)),*

bel(tutor, ind_afetivo(encorajar_indep)),

bel(tutor, desagradar_aluno(N1)),

N is N1 + 1.

As ações (1) exigem, por sua vez, o cumprimento das condições (2). Como o tutor ainda não dispõe do conhecimento desses estados mentais do aluno, ele não toma atitude nenhuma e torna as crenças, em (2), gatilhos (*triggers*). O tutor então espera em alerta.

Quando as pré-condições para as ações de não disponibilizar ajuda e envio de mensagem se concretizarem (em (1)), o tutor estará em condições de as efetivar, atuando. O mecanismo de inferência do X-BDI transforma os desejos em intenções, gerando os planos para satisfazê-las. As ações do tutor são em forma de comandos para o ambiente (no caso, o Eletrotutor III) que utiliza todos os seus recursos, alterando as páginas, disponibilizando ajudas ou não e apresentando mensagens.

A seguir, a situação é descrita através de tempos. O tempo usado é o tempo em que ocorre uma ação ou um evento, quando é enviada a mensagem ao “kernel”, não sendo utilizado o tempo de horas, minutos,

Tempo T1:

O tutor observa a interação e se encontra em estado de espera, pois a tarefa está sendo executada pelo aluno, o que é modelado através da crença:

bel(tutor, ind_desempenho(espera)) if bel(tutor, tarefa(Tarefa, Licao, Uni, em_execucao, Tipo, corrente)).

O tutor acredita que o aluno vem apresentando um nível razoável no desempenho, com confiança em bom nível, mas pouco independente (de acordo com (A)). Neste caso, acredita que a melhor opção para o aluno é não disponibilizar a ajuda por um tempo e incentivar o aluno a realizar sozinho a tarefa. A ação do tutor é enviar mensagem de incentivo à independência do aluno e não disponibilizar ajuda específica ou geral para resolver a tarefa proposta. Mas, como os gatilhos não foram satisfeitos, o tutor continua em espera.

O aluno não quer terminar a tarefa sozinho. Pensa em verificar se a crença, que possui para solucionar o problema, é válida. Solicita ajuda, para consultar.

O evento de solicitação de ajuda ao ser realizado, traz a mensagem ao “kernel”:

[current_time(t1), sense(tutor, aluno_solicita_ajuda (tarefa, licao, uni)]

O tutor possui também as crenças:

*bel(tutor, ind_afetivo(encorajar_indep)) if
bel(tutor, tarefa(Tarefa, Licao, Uni, em_execucao, Tipo, Q_tarefa)),
bel(tutor, ind_afetivo(nao_aumentar_confianca)).*

*bel(tutor, ind_afetivo(nao_aumentar_confianca)) if
bel(tutor, independencia(N)),
bel(tutor, limite_indep(X)), $N < X$.*

Nesse tempo, essas crenças se verificam, pois o índice de independência está abaixo do limite estipulado, que é 5, levando o tutor a acreditar que a indicação de ação no plano afetivo deve ser de não incentivo à confiança do aluno, pois ela está em bom nível. Também o tutor passa a acreditar em adotar uma tática de incentivo a

independência do aluno, pois a indicação de ação baseada em fatores afetivos diz não ser necessário o incentivo à confiança do aluno se o aluno não concluiu a tarefa. Nesse instante, o gatilho **(2)** conectou-se com as crenças em **(1)**, ativando-as e gerando as intenções em **(1)**.

Ao decidir por tais ações, o tutor acredita que o nível de desagrado do aluno em relação ao sistema pode aumentar, mas corre o risco. Espera.

Tempo T2:

O aluno não obtendo ajuda sente que o seu desagrado em relação à interação aumentou, mas mesmo assim resolve continuar e realiza a tarefa sem ajuda.

O evento da realização das ações e as novas identificações de fatores intelectuais e afetivos realizadas pela Percepção trazem ao “kernel” o conjunto de sentenças:

[current_time(t2), sense(tutor,aluno_conclui_tarefa(tarefa, licao, uni, insucesso, similar, corrente)), sense(aluno, confianca(6)), sense(aluno, independencia(5)), sense(aluno, esforco(medio)), happens(nao_disponibilizar_ajuda (tarefa, licao, uni), t1), happens(enviar_mensagem(10)), t1)].

O tutor observa que o aluno tem o nível de independência aumentado, que a confiança baixou, o esforço mantém-se e que o aluno não obteve sucesso em sua tarefa. Ao observar que o aluno não obteve sucesso aliado à não obtenção do auxílio solicitado, o tutor acredita que o aluno aumentou seu descontentamento em relação ao sistema. Essas informações concretizam a crença de que o aluno aumenta seu desagrado em relação ao sistema e ativam as condições (outro *trigger*) do desejo:

(3) *des(tutor, não_desagradar_aluno(N),[0.4]) if*
bel(tutor, bel(aluno, desagrado(N)),
N > 5.

Ao concretizar as condições do desejo **(3)**, o tutor deve alterar totalmente a estratégia até então assumida, pois a emoção de desagrado do aluno em relação ao sistema ou interação pode provocar o desinteresse do aluno em continuar.

O diálogo prossegue e a formação de intenções se processa da mesma forma, com as alterações e ampliações de crenças até a interação terminar. Quando a mudança no conjunto de crenças ativa algum gatilho, o tutor tentará adotar as intenções relacionadas, construindo planos, mas sempre mantendo o conjunto de crenças consistentes.

5.2 Estudo de Casos

Experimento 1:

A seguir a descrição em língua natural de algumas das situações que foram experimentadas juntamente com a apresentação no formalismo da ferramenta X-BDI. Os itens nomeados, em negrito, aluno e tutor, indicam a descrição da situação e dos estados mentais associados a cada um.

Situação A1 - sem considerações de afetividade

O Aluno está interagindo pela primeira vez com o Ambiente. Supõe-se que ele não tenha conhecimento do domínio, mas possua os pré-requisitos necessários.

Aluno: concluiu a leitura ou navegação das páginas relativas a uma lição e segue aos exemplos. O evento é capturado quando a opção exemplos está disponível na interface é escolhida (ver anexo, FIGURA 8.11).

Nesse caso, o ambiente envia:

```
[current_time(1),
sense(tutor,aluno_conclui_licao(licao(la,um))),
sense(primeiro(licao(la,um)))].
```

Tutor: apresenta o primeiro exemplo.

O desejo do tutor:

```
des(tutor, apresenta_exemplos_licao(licao(Licao,Uni),Que_exemp))
```

é concretizado através da ação:

```
apresenta_exemplos_licao(licao(la,um),primoex).
```

Aluno: lê o primeiro exemplo e envia o dado que foi solicitado para a determinação de um valor relativo a uma fórmula.

Essas ações são sensoriadas e enviadas ao “kernel”:

```
[current_time(2),
sense(tutor,aluno_enviou_dado_exemplo(ex1,dado1,errado)),
sense(tutor,contribuicao(ex1,disponibilizada,sobre_erro)),
happens(apresenta_exemplos_licao(licao(la,um),primoex),1)].
```

Tutor: verifica ser o valor enviado incorreto para o cálculo do exemplo. Sabe que uma mensagem de erro, solicitando que apresente um valor dentro das especificações necessárias, foi apresentada.

O desejo do tutor ainda é o de apresentar exemplos ao aluno e uma ação é enviada ao ambiente:

```
apresenta_exemplos_licao(licao(la,um),corrente).
```

Aluno: Envia um novo valor.

Tutor: verifica ser o valor enviado incorreto para o cálculo do exemplo. Sabe que uma mensagem de erro, solicitando que apresente um valor dentro das especificações necessárias, foi apresentada.

O tutor novamente recebe:

```
[current_time(3),
sense(tutor,aluno_enviou_dado_exemplo(ex1,dado1,errado)),
sense(tutor,contribuicao(ex1,disponibilizada,sobre_erro)),
happens(apresenta_exemplos_licao(licao(la,um),corrente),2)].
```

atuando da mesma forma.....:

```
apresenta_exemplos_licao(licao(la,um),corrente).
```

Aluno: começa a sentir *desagrado*, mas envia um novo valor.

Tutor: verifica ser o valor enviado incorreto para o cálculo do exemplo. Sabe que uma mensagem de erro foi apresentada (contribuição), solicitando que um valor seja apresentado dentro das especificações necessárias.

```
[current_time(4),
sense(tutor,aluno_enviou_dado_exemplo(ex1,dado1,errado)),
sense(tutor,contribuicao(ex1,disponibilizada,sobre_erro)),
happens(apresenta_exemplos_licao(licao(la,um),corrente),3)].
```

Tutor atua da mesma forma.....:

```
apresenta_exemplos_licao(licao(la,um),corrente).
```

Aluno: o *desagrado* em relação ao sistema aumenta e desiste de investigar os exemplos. O aluno abandona a opção tutoriada.

O tutor novamente recebe:

```
[current_time(5),
sense(tutor,aluno_enviou_dado_exemplo(ex1,dado1,errado)),
sense(tutor,contribuicao(ex1,disponibilizada,sobre_erro)),
sense(tutor,aluno_desiste_exemplos(licao(la,um))),
happens(apresenta_exemplos_licao(licao(la,um),corrente),4)].
```

Situação A2 - com considerações de afetividade.

As condições iniciais são iguais às de A1.

Aluno: concluiu a leitura ou navegação das páginas relativas a uma lição e segue aos exemplos. O evento é capturado quando a opção exemplos está disponível na interface é escolhida. Nessa situação, o sistema já fez análises de fatores afetivos e inicialmente os índices de confiança e independência possuem valor médio alto e persistência média.

O ambiente envia:

```
[current_time(1),
sense(tutor,aluno_conclui_licao(licao(la,um))),
sense(primeiro(licao(la,um)))].
```

Tutor: apresenta o primeiro exemplo.

O desejo do tutor:

```
des(tutor,apresenta_exemplos_licao(licao(la,um),Que_exemp))
```

é concretizado através da ação:

```
apresenta_exemplos_licao(licao(la,um),primoex).
```

Aluno: lê o primeiro exemplo e envia o dado que foi solicitado para a determinação de um valor relativo a uma fórmula.

A percepção dos eventos e ações realizadas pelo aluno são enviadas ao “kernel”:

```
[current_time(2),
sense(tutor,aluno_enviou_dado_exemplo(ex1,dado1,errado)),
sense(tutor,contribuicao(ex1,disponibilizada,sobre_erro)),
sense(tutor,bel(aluno,confianca(6))),
happens(apresenta_exemplos_licao(licao(la,um),primoex),1)].
```

Tutor: verifica ser o valor enviado incorreto para o cálculo do exemplo. Sabe que uma mensagem de erro foi apresentada (contribuição), solicitando que um valor seja apresentado dentro das especificações necessárias. Observa que a confiança do aluno baixou, mas o desejo do tutor ainda é o de apresentar exemplos ao aluno e a mesma ação é determinada:

```
apresenta_exemplos_licao(licao(la,um),corrente).
```

Aluno: Envia um novo valor.

Tutor: recebe do ambiente:

```
[current_time(3),
sense(tutor,aluno_enviou_dado_exemplo(ex1,dado1,errado)),
sense(tutor,contribuicao(ex1,disponibilizada,sobre_erro)),
sense(tutor,bel(aluno,confianca(5))),
happens(apresenta_exemplos_licao(licao(la,um),corrente),2)].
```

O tutor observa que o valor enviado é incorreto para o cálculo do exemplo e que o aluno tem o valor de confiança diminuído para o limite. Acredita que o aluno está apresentando situação para descontentamento e/ou confusão. Acredita que se fornecer ajuda ao aluno, o aluno pode apresentar uma queda maior de auto estima e do aumento da sensação de desagrado. A partir desses eventos o desejo de ajudar o aluno passa a ser considerado. Envia uma mensagem perguntando se o aluno deseja ajuda juntamente com a ação de apresentação do mesmo exemplo:

```
envia_mensagem_ajuda(8,sugerida,especifica)
apresenta_exemplos_licao(licao(la,um),corrente).
```

Aluno: começa a sentir *desagrado*, mas envia um novo valor e não responde à pergunta do tutor.

Tutor: recebe do ambiente:

```
[current_time(4),
sense(tutor,aluno_enviou_dado_exemplo(ex1,dado1,errado)),
sense(tutor,contribuicao(ex1,disponibilizada,sobre_erro)),
sense(tutor,bel(aluno,confianca(4))),
sense(tutor,bel(aluno,independencia(6))),
happens(apresenta_exemplos_licao(licao(la,um),corrente),3),
happens(envia_mensagem(8,sugerida,especifica),3)].
```

Verifica ser o valor enviado incorreto para o cálculo do exemplo. Observa que a confiança do aluno está abaixo do limite e passa a acreditar que o aluno está confuso. Acredita que se fornecer ajuda ao aluno pode ajudá-lo. Reenvia uma mensagem perguntando se o aluno deseja ajuda:

```
envia_mensagem_ajuda(8,sugerida,especifica).
```

Aluno: opta por solicitar ajuda.

Tutor: recebe do ambiente:

```
[current_time(5),
sense(tutor,aluno_aceita_ajuda(licao,ex1)),
happens(envia_mensagem(8,sugerida,especifica),4)].
```

Tutor: fornece a ajuda específica sobre o mesmo exemplo e apresenta um outro similar para o aluno fornecer o dado. Acredita que o desagrado do aluno em relação ao sistema está alto e a crença relativa à emoção de descontentamento se altera para:

```
bel(tutor,bel(aluno,desagrado(6)))
```

Aluno: Lê a mensagem explicativa e envia um outro valor. A sensação de desagrado em relação ao sistema diminui.

Tutor: recebe do ambiente:

```
[current_time(6),
sense(tutor,aluno_enviou_dado_exemplo(ex2,dado2,correto)),
sense(tutor,contribuicao(ex2,disponibilizada,sobre_acerto)),
sense(tutor,bel(aluno,independencia(6))),
sense(tutor,bel(aluno,confianca(5))),
happens(apresenta_exemplos_licao(licao(la,um),seguinte),5),
happens(ajuda(licao(la,um),ex1,especifica),5)].
```

Tutor: verifica ser o valor enviado pelo aluno correto. Observa que o aluno teve um decréscimo em sua independência e sua confiança melhora. Acredita que o descontentamento do aluno é menor. Apresenta o exemplo seguinte:

```
apresenta_exemplos_licao(licao(la,um),seguinte).
```

Aluno: desiste de investigar os exemplos. O aluno abandona a opção tutoriada.

```
[current_time(7),
sense(tutor,aluno_desiste_exemplos(licao(la,um)),
happens(apresenta_exemplos_licao(licao(la,um),seguinte),6)].
```

Análise relativa ao experimento 1.

As duas situações A1 e A2 são bem simples, mas complexas o suficiente para demonstrarem o potencial do uso da afetividade na deliberação de planos pedagógicos. A alteração do comportamento do tutor na situação A2 está na consideração dos fatores afetivos confiança, independência e do estado de confusão do aluno. A confiança do aluno em sua atuação diminui na medida em que ele verifica que os dados que ele apresenta para os exemplos estão incorretos, pois o erro contínuo assim o ensina. Apesar dos avisos do tipo de erro, o aluno permanece apresentando valores não condizentes, o que determina o tutor a acreditar que o aluno está confuso. Simultaneamente, o tutor analisa o sentimento de desagrado do aluno que pode estar aumentando na medida em que o aluno encontra insucesso.

O plano de ação do tutor ao levar em conta fatores afetivos e a emoção inferida não serve somente para a situação e instante considerados. Não é simplesmente a contagem do número de vezes em que o aluno apresentou erros e reações são adotadas pelo tutor. As diferentes nuances apresentadas pelas condições afetivas e que se alteram gradualmente, imprimem dinamicidade na determinação dos planos de ação. O aluno pode estar confuso e a ação relativa, que é normalmente adotada, é tentar ajudá-lo através de explicações. Entretanto, se a emoção do aluno relativa ao descontentamento

estiver muito elevada, a ação do tutor deve ser radicalmente diferente, não bastando uma explicação sobre o erro.

Observa-se que a introdução do raciocínio sobre fatores afetivos e possíveis emoções no aluno permite uma maior flexibilização do comportamento do tutor.

Experimento 2:

O aluno está realizando uma série de exercícios indicados pelo tutor. O desempenho do aluno tem sido ótimo e não tem solicitado ajuda.

Situação B1 - sem considerações de afetividade

Aluno: Acaba de realizar mais um exercício e apresenta a resposta. Nesse caso, o ambiente envia:

```
[current_time(1),
  sense(tutor,aluno_resp_exercicio(exerc,licao(lb,tres),
  dado1,correto))].
```

Tutor: apresenta um exercício.

O desejo do tutor:

```
des(tutor,apresenta_exerc(licao(Licao,Uni),Que_exercicio))
```

é concretizado através da ação:

```
apresenta_exerc(licao(lb,tres),seguinte).
```

Aluno: executa a tarefa indicada e envia uma resposta.

Tutor: recebe conjunto de sentenças:

```
[current_time(2),
sense(tutor,aluno_respexercicio(exercza,licao(lb,tres),dado2,correto))
, sense(tutor,contribuicao(exercza,disponibilizada,sobre_acerto)),
happens(apresenta_exerc(licao(lb,tres),seguinte),1)].
```

Novamente o desejo do tutor é concretizado pela ação:

```
apresenta_exerc(licao(lb,tres),seguinte).
```

Aluno: executa a tarefa indicada e envia uma resposta.

Tutor: recebe conjunto de sentenças:

```
[current_time(3),
sense(tutor,aluno_respexercicio(exerczb,licao(lb,tres),dado3,correto))
, sense(tutor,contribuicao(exerczb,disponibilizada,sobre_acerto)),
happens(apresenta_exerc(licao(lb,tres),seguinte),2)].
```

Novamente o desejo do tutor é concretizado pela ação:

```
apresenta_exerc(licao(lb,tres),seguinte).
```

Este diálogo acontece e se repete até o término dos exercícios ou até a desistência do aluno em continuar. O aluno tem um bom desempenho, mas não é levado a enfrentar desafios.

Situação B2 - com considerações de afetividade

Aluno: Acaba de realizar mais um exercício e apresenta a resposta. As crenças em relação aos fatores motivacionais e afetivos do aluno e de seu desempenho são:

```
bel(tutor, media_desempenho_aluno(9)).
bel(tutor, bel(aluno, confianca(10))).
bel(tutor, bel(aluno, independencia(10))).
bel(tutor, bel(aluno, esforco(medio))).
bel(tutor, bel(aluno, desagrado(2))).
```

Nesse caso, o ambiente envia:

```
[current_time(1),
sense(tutor, aluno_respexercicio(exerc, licao(lb, tres), dado1, correto)),
sense(tutor, contribuicao(exerczb, disponibilizada, sobre_acerto))].
```

Tutor: apresenta um exercício.

O desejo do tutor:

```
des(tutor, apresenta_exerc(licao(Licao, Uni), Que_exercicio)).
    é concretizado através da ação:
apresenta_exerc(licao(lb, tres), seguinte).
```

Aluno: executa a tarefa indicada e envia uma resposta.

Tutor: recebe conjunto de sentenças:

```
[current_time(2),
sense(tutor, aluno_respexercicio(exercza, licao(lb, tres), dado2, correto))
, sense(tutor, contribuicao(exercza, disponibilizada, sobre_acerto)),
happens(apresenta_exerc(licao(lb, tres), seguinte), 1)].
```

O Tutor observa que o aluno apresenta um ótimo desempenho, confiança e independência em alta. Acredita que o aluno pode estar se aborrecendo por encontrar facilidade excessiva. O índice de *desagrado* do aluno está sendo considerado bom, apesar da indicação de *aborrecimento* estar iniciando uma possível alta. Nessa situação, o desejo do tutor passa a ser de estimular desafios para o aluno:

```
des(tutor, estimular_desafios(licao(Licao, Uni))).
    é concretizado através das ações:
apresenta_exerc(licao(lb, tres), mais_dificil),
envia_mensagem(9, maior_dificuldade).
```

Aluno: executa a tarefa indicada e envia uma resposta.

Tutor: recebe conjunto de sentenças:

```
[current_time(3),
sense(tutor, aluno_respexercicio(exerczd, licao(lb, tres), dado3, correto))
, sense(tutor, contribuicao(exerczd, disponibilizada, sobre_acerto)),
happens(apresenta_exerc(licao(lb, tres), mais_dificil), 2),
happens(envia_mensagem(9, maior_dificuldade), 2)].
```

O diálogo continua similar, mas, nesse caso, o cuidado do tutor está sempre sobre a sensação de aborrecimento que pode estar se instalando no aluno. Na medida

que o aluno apresenta ótimo desempenho, aliado aos fatores de alta confiança e independência, o tutor deve promover desafios. Nesse caso, depende-se fortemente da disponibilização dos recursos referentes a promoção de desafios que os especialistas providenciaram no ambiente.

Novamente a inclusão do raciocínio, sobre as emoções observadas e inferidas do aluno representadas por estados mentais associadas às ações, permite condições de flexibilizar o comportamento da práxis pedagógica.

As situações afetivas são extremamente dinâmicas e as emoções podem gerar outras emoções e cognições ou situações (aparentemente) somente intelectuais. A integração da afetividade e da intelectualidade em um raciocínio para agir com intencionalidade é difícil, mas um caminho para realizá-lo é a utilização do paradigma de estados mentais devido a abstração que lhe é inerente.

6 Conclusões e perspectivas de trabalhos futuros

A principal contribuição da presente tese é a forma de abordar a adaptação da práxis pedagógica de um agente artificial a um aluno em situação de aprendizagem. Ao invés do STI escolher a estratégia de ação referentes a estilos e perfis de alunos definidos *a priori*, o processo de adaptação é desenvolvido durante a interação dos agentes biológico e artificial, baseado em deliberações que consideram a afetividade inerente à aprendizagem.

A escolha da ação pedagógica é oriunda de um processo que inicia com a identificação e o reconhecimento de sinais e comportamentos apresentados pelo aluno até uma análise mais complexa que leva em conta o contexto da situação de interação de aprendizagem para compor os estados afetivos e intelectuais (ou essencialmente racionais) do modelo do aluno.

A área de aplicações educacionais trata essencialmente de sistemas que se relacionam com o homem, o sujeito que raciocina (com emoções), age (com emoções) e, é afetado pelo mundo. Sendo assim, a saída para um sistema adaptativo e funcionalmente eficiente nas interações com agentes humanos deve ser buscada na integração (ou interação) da emoção versus razão.

A maioria das pesquisas em Inteligência Artificial ignorava os mecanismos emocionais e motivacionais. Hoje já existe o desenvolvimento de pesquisas que trazem a emoção como componente de um sistema, seja na área de interfaces ou/e na comunicação Homem-máquina. Entretanto, os trabalhos que realizam deliberações em base de emoções ainda constituem um pequeno grupo, e nesse grupo encontra-se o trabalho desenvolvido por esta tese.

As questões iniciais que foram consideradas foram:

1. um sistema de ensino e aprendizagem computacional deve levar em consideração fatores afetivos de modo a tornar a interação com o aluno mais flexível e adaptável, e
2. a arquitetura de um sistema computacional de interação em tempo real com agentes humanos deve prever, em sua arquitetura básica, a estrutura explícita para as crenças e o raciocínio afetivos.

Uma solução às questões mencionadas está na modelagem do modelo do aluno como um elemento que integra características afetivas e intelectuais. Na visão adotada, o modelo do aluno é a integração de esquemas intelectuais e esquemas afetivos. A porção intelectual diz respeito aos aspectos de desempenho e competência do aluno no domínio. Esses aspectos envolvem as características do aluno quanto aos acertos, aos tipos de erros, aos processos e formas de resolução de problemas, aos estados mentais cognitivos que se podem associar aos comportamentos observados.

A porção afetiva diz respeito a todos aspectos passíveis de serem observados através de ações e comportamentos que podem ser associados a geração de emoções no contexto, indicadores de motivação, como os utilizados na tese: persistência, independência e confiança.

Outros aspectos que podem ser observados como as expressões faciais, expressões posturais e indicadores de sinais biofisiológicos são por nós considerados

como fundamentais e complementares numa avaliação de contexto afetivo, mas não foram desenvolvidos nesta tese (discussão nos itens 4.6, 4.7 e 4.8).

O modelo do aluno resultante é uma integração dos dois esquemas, afetivo e intelectual, centrado no estudante e que evolui naturalmente a partir da interação desse com o sistema.

Como proposta de solução à questão dois, adotou-se o uso de tecnologia SMA (Sistemas MultiAgentes), no enfoque mentalístico BDI. Essa opção permitiu a formalização e construção de “kernel cognitivo” com a ferramenta X-BDI, para o tutor realizar a avaliação pedagógica que considera fatores afetivos e motivacionais.

O agente pedagógico projetado e desenvolvido com arquitetura BDI se torna mais flexível, pois adaptar o agente a um novo contexto, significa incluir ou excluir novos estados mentais acerca do ambiente e dos alunos ou descrever o conjunto de estados mentais que devem estar associados aos agentes artificiais e biológicos.

Além disso, a proposta da arquitetura para o agente pedagógico torna a aplicação bastante flexível, uma vez que o “kernel cognitivo” com poucos ajustes pode ser acoplado a outros ambientes já desenvolvidos, onde pode realizar geração de planos ou de raciocínio de meta-nível, como se pode ver nos experimentos desta tese com o Eletrotutor III.

O comportamento do agente pedagógico é resultado de suas análises quanto ao estado afetivo e intelectual do aluno na situação, quanto aos seus objetivos de ensino, seus estados mentais, e quanto às informações oriundas do ambiente. Essa deliberação para ação implica na necessidade de uma interface sofisticada, que permita a aquisição das ações do aluno, além de possibilitar o seu monitoramento contínuo. Entretanto, os sinais adquiridos através dos eventos e ações do aluno somente obtêm significado se houver conhecimento para tal. À esse problema propusemos um conjunto de agentes funcionais, denominado Percepção, para analisar sinais fisiológicos, comportamentos, expressões faciais, entendimento da fala ou termos usados na comunicação (ver discussão itens 4.6, 4.7, 4.8 e 5.1).

No primeiro momento desta pesquisa, a preocupação com os comportamentos que estão associados com afetividade, derivou na aplicação desenvolvida, por Moissa e Vicari, em [MOI2001], como um dos agentes do conjunto Percepção que identifica fatores afetivos e motivacionais observáveis através do comportamento do aluno durante o processo de interação em situação de ensino aprendizagem.

Da análise dos comportamentos do agente pedagógico nos estudos de casos apresentados, pode-se verificar que a inclusão da afetividade permite um ajuste fino da práxis pedagógica ao apoio à aprendizagem, mesmo que, em determinados instantes, pareça haver da parte do tutor o não atendimento aos anseios do aluno (ver item 5.1.2 e 5.2). A inclusão das emoções no raciocínio do tutor mostra ser um importante fator para ajustar seu comportamento, permitindo uso de múltiplas estratégias.

Outra contribuição importante é a abordagem, em nossas pesquisas, de parte do processo cognitivo-emocional humano, envolvido em uma situação de aprendizagem, permitindo estudos para o entendimento desse processo. Os resultados e pesquisas podem servir à Psicologia, em especial à Psicopedagogia.

Além das contribuições científicas, essas pesquisas favorecem a exploração e continuidade dos trabalhos do Grupo de IA do PPGCC da UFRGS, quanto a construção

de agentes pedagógicos, de agentes animados com características afetivas e do desenvolvimento da própria área de Computação Afetiva.

Nem todos os sistemas computacionais devem apresentar todas ou algumas das características afetivas, por exemplo, aplicações com agentes e robôs que jogam futebol. É exigido do *jogador* de futebol, *frieza* (aqui visto como um estado não emocional) suficiente para acertar no gol, quando só dele depende a vitória.

Na maioria das vezes, as características afetivas podem estar presentes nas formas expressivas de sua exteriorização (sons, expressões em FIGURAs, personagens, agentes animados, falas com intonações), mas a introdução delas como parte do raciocínio ou presentes numa simulação de consciência em máquina deve ser analisada com mais cuidado. A esse respeito sugere-se as leituras de Damásio em [DAM2000], [DAM96] e Del Nero [DEL97].

Toda a alternativa que possa flexibilizar ou melhorar o desempenho de adaptação de um sistema ao homem, acreditamos que deve ser apoiada, e as emoções, principalmente na comunicação entre agentes biológicos e artificiais constituem um poderoso instrumento.

De outro lado, com nossa tese, esperamos estar enriquecendo o domínio dos SMA com um novo modelo de agentes, ou seja, um agente com afeto.

6.1 Limitações

No desenvolvimento de nossa tese nos confrontamos com um conjunto de questões que mesmo dentro do escopo de nossas pesquisas não nos foi possível tratar. A primeira está nos estudos de integração do sensoriamento de sinais biofisiológicos, como pressão arterial, batimentos cardíacos, com os comportamentos observados. Pode-se desenvolver a identificação dos estados emocionais de um usuário através de vários aspectos biofisiológicos, efeitos vocais, expressões corporais, faciais, ações motoras e comportamentos em situações específicas. Entretanto, devido ao escopo do trabalho, dos recursos necessários para o sensoriamento de sinais biofisiológicos, limitações na pesquisas se apresentaram. As limitações existentes são as seguintes:

- não foram considerados os estados afetivos do agente artificial tutor (humor, por exemplo);
- o número de aspectos observáveis para identificação de fatores afetivos é pequeno;
- aspectos complementares ao reconhecimento da afetividade envolvida em situações de aprendizagem, como biofisiológicos, processamento de fala e de expressões faciais e posturais;
- poucos estados emocionais foram associados (desagrado, confusão).

A influência dos estados afetivos do agente artificial na deliberação dos planos para agir não foi trabalhada na etapa em que se encontram as pesquisas, pois é extremamente complexa demandando estudos aprofundados, principalmente no que diz respeito a que emoções devam ser consideradas no relacionamento de ensino e aprendizagem e se de fato a inclusão de emoções do agente tutor determinam maior flexibilidade e adequação do sistema aos objetivos de ensino e aprendizagem. Estudos sobre a influência do humor devem ser considerados, principalmente sua identificação no aluno, pois o humor estabelece um viés de conduta e de ação [PIC97], [DEL96].

Pesquisadores como Raskin [RAS2001], Helga Kotthoff [KOT98] desenvolvem importantes pesquisas na área.

A análise de estados afetivos é mais acurada na medida em que se obtém os dados referentes às diferentes facetas, como os aspectos biofisiológicos, fala e intonação, expressões faciais e corporais. Entretanto, novamente a complexidade de cada uma das áreas e sua integração implica em esforços além das possibilidades destas pesquisas. Os itens 4.5 e 4.6 discutem e apresentam as pesquisas na área.

O conjunto de emoções que podem ser geradas em uma interação de ensino e aprendizagem com agentes artificiais demanda estudos especializados. Rosalind Picard et al. [PIC2001] estão desenvolvendo trabalhos para identificar quais as emoções que são geradas ou podem ser associadas em interações de ensino e aprendizagem. Com a utilização de mais emoções passíveis de serem analisadas pelo tutor, haverá um enriquecimento da eficácia no apoio à aprendizagem do aluno.

6.2 Trabalhos Futuros

Os resultados obtidos desta pesquisa permitiram o desenvolvimento de outro projeto com a construção de um agente pedagógico no ARCA – Ambiente de Realidade Virtual Cooperativo de Aprendizagem do programa PROTEM-CC, na área de IE e coordenado pelo PPGIE – Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação dessa Universidade.

O projeto do agente no ambiente utiliza as contribuições realizadas por esta tese, quanto ao uso da arquitetura proposta e da integração de fatores afetivos para a decisão de qual ação ou tática adotar. O projeto ARCA busca o desenvolvimento de um ambiente de ensino aprendizagem que, usando Realidade Virtual, permita a Cooperação. Aos estudantes será possibilitado não apenas cooperar, mas também experimentar a telepresença, via avatar. Isto permitirá aos estudantes e professores atuarem e cooperarem, não através de si próprios mas, cada um deles, através de um personagem, o avatar.

Nesse ambiente virtual, um Agente Pedagógico Animado está sendo implementado para apoiar o aprendizado dos estudantes. Ele deve atuar como um assistente, mas demonstrando e entendendo alguns fatores afetivos envolvidos na aprendizagem.

Duas técnicas diferenciadas foram projetadas para implementar o agente pedagógico. A primeira utiliza um agente baseado em redes neurais artificiais, algoritmos genéticos e teorias de esquemas de Jean Piaget para atuar com ações sensório-motoras (tipo 1) [FER2001]; a segunda, se baseia no sistema formal lógico BDI (estados mentais de crenças, desejos e intenções) para atuar com raciocínios mais complexos (tipo 2) como raciocínio sobre alguns dos fatores afetivos identificados e de emoções envolvidas na interação [BER2000].

Esses dois agentes desenvolvem funções diferenciadas e especializadas que se complementam. O agente tipo 1 atua na percepção das ações motoras do aluno no ambiente, enviando à análise do agente tipo 2. A ação final é então o resultado da percepção do agente tipo 1 juntamente com informações oriundas do ambiente e da deliberação do agente tipo 2 sobre que ação pedagógica deve ser executada.

Devido ao potencial do ambiente de testes usado para experimentar as idéias dessa tese, desenvolve-se o protótipo através:

- da integração definitiva do agente perceptivo já desenvolvido com uma interface especial de comunicação com o tutor;
- da integração definitiva do agente pedagógico como um planejador de ações em nível meta no ambiente do Eletrotutor.

Outra perspectiva de continuação do trabalho desenvolvido na presente tese é investigar a dinâmica dos estados mentais que envolvam o raciocínio de emoções e do estado do humor do agente biológico e do artificial. Os resultados trarão, com certeza, importantes contribuições sobre que emoções realmente estão envolvidas em situações de ensino e aprendizagem onde um dos parceiros é um agente artificial.

Como já colocado, pesquisas nessa direção já iniciam e um interessante trabalho pode ser encontrado nos projetos em andamento de Picard et al., em [PIC2001].

Anexo 1 O protótipo Eletrotutor

A arquitetura utilizada pelo Eletrotutor III foi a primeira implementação a utilizar, com algumas adaptações, o modelo organizacional do JADE. JADE é um mnemônico para *Java Agent framework for Distance learning Environments* ou *infra-estrutura de agentes Java para ambientes de ensino a distância* e foi desenvolvido por Silveira [SIL2001].

O propósito do JADE é, ao mesmo tempo, prover uma infra-estrutura básica de código em linguagem de programação Java, que vem sendo utilizada em larga escala para a implementação de agentes distribuídos.

O ambiente Eletrotutor III é basicamente constituído por seis agentes autônomos. A FIGURA A1.1 mostra a arquitetura do Eletrotutor já alterada para incluir o agente perceptivo de Moissa e Viccari e o agente pedagógico, proposto por esta pesquisa e referenciado por “kernel cognitivo”.

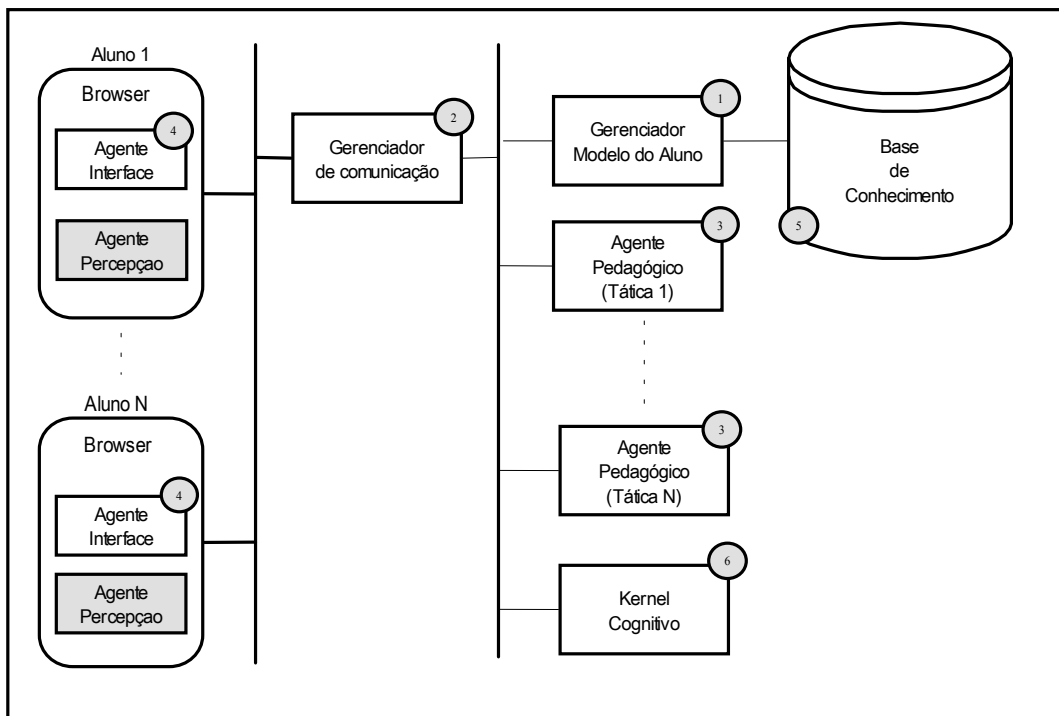


FIGURA A1.1 - Arquitetura do ambiente Eletrotutor III (adaptado p/incluir novos agentes)

O agente Gerenciador do modelo do aluno (1) é responsável pela criação e manutenção de uma base do conhecimento (5) de modo a manter a representação cognitiva de cada um dos alunos que estejam ou já estiveram conectados ao sistema. Esta manutenção compreende não só a recuperação dos dados do aluno no momento em que ele efetua o login, como também a atualização do histórico do aluno sempre que o Agente Pedagógico enviar dados para esta função.

O Agente Gerenciador de Comunicação (2), é o responsável pela gerência de toda comunicação que ocorre entre o Agente de Interface e os demais agentes do sistema. Todas estas mensagens são recebidas e enviadas através de Java RMI.

O Agente Interface do Aluno (4) é responsável pelo controle do *browser* no ambiente do aluno, existe um para cada aluno, o qual controla as atividades realizadas na interface, repassando-as ao Agente Gerenciador de Comunicação para que este encaminhe aos outros agentes, recebendo as mensagens do Agente Gerenciador de Comunicação e repassando ao aluno.

O Agente Pedagógico (3) é responsável pela tática de ensino, existe um para cada tática de ensino definida pelo especialista do curso e suas tarefas podem variar conforme a necessidade de cada agente, porém algumas tarefas são previamente definidas a todos os agentes genéricos, entre as quais estão: mostrar o conteúdo atual, avançar para o próximo conteúdo, voltar ao conteúdo anterior, atualizar histórico e comunicação.

As funções dos agentes enumerados entre um e três permanecem inalteradas e mantendo as características descritas em [SIL 2001]. O agente seis é a proposta deste trabalho.

O Agente Pedagógico de nossa proposta (6), passa a agregar um novo conjunto de funções que darão suporte aos estados afetivos identificados pelo agente Percepção (ver FIGURA 7.1) e que é descrito no item Anexo 2.

A função do “kernel cognitivo” é a realização do plano da práxis pedagógica e após sua deliberação, as ações são traduzidas para cada um dos agentes pedagógicos do tipo 3 (tática 1 a tática n) de modo que eles as possam efetivar. Toda a comunicação entre o “kernel cognitivo” e os demais agentes deve seguir as orientações de comunicação do sistema, em KQML. Entretanto, como o “kernel cognitivo” exige sentenças em X-BDI, deve ser desenvolvido uma interface que faça a conversão das sentenças X-BDI nas estruturas KQML e vice-versa.

A1.1 - Estratégia de Ensino

O ambiente Eletrotutor foi desenvolvido de modo a poder ser utilizado pelo aluno de duas formas diferentes: o modo Tutorial e o modo Autônomo. No modo Autônomo, o aluno detém total controle sobre a sessão de estudo, podendo realizar qualquer lição, acompanhar qualquer exemplo ou fazer qualquer exercício, na seqüência que melhor lhe convier. Nesta modalidade, não é mantido qualquer registro dos dados do aluno ou das lições realizadas.

No modo Tutorial, o sistema assume o controle da sessão, definindo a seqüência mais adequada de lições, exemplos e exercícios. O número de acertos e erros de cada lição e o número de exemplos e exercícios realizados são utilizados como principal método de avaliação para obter o grau de compreensão do aluno. Este modelo adotado é essencialmente quantitativo.

A dinâmica do modo tutorial utilizada pelo Eletrotutor III foi implementada de acordo com Silveira, em [SIL 92], e funciona de um modo tal que, a cada avaliação, é proposta uma série de até, no máximo, sete vezes o mesmo tipo de exercícios, mas sempre com valores diferentes, escolhidos randomicamente em uma tabela de valores pré-determinados. O procedimento seguinte do tutor é determinado pelo desempenho do

aluno, sendo que o tutor se comporta de acordo com o resultado obtido dos acertos ou erros do aluno.

Deste modo, o tutor encaminha o aluno a percorrer todas as lições, executando os exercícios até que ele obtenha uma boa performance em cada um deles. No entanto, a todo momento, o aluno tem liberdade para interromper o processo tutorial, modificando a seqüência estabelecida e acompanhando a lição que desejar, desde que a lição desejada já tenha sido previamente estudada por este aluno.

O material instrucional apresentado é formado por lições (páginas HTML), exemplos (páginas HTML e *JavaScript*) e exercícios (*Java applet*). A FIGURA 7.2 mostra um exemplo de tela de lição.

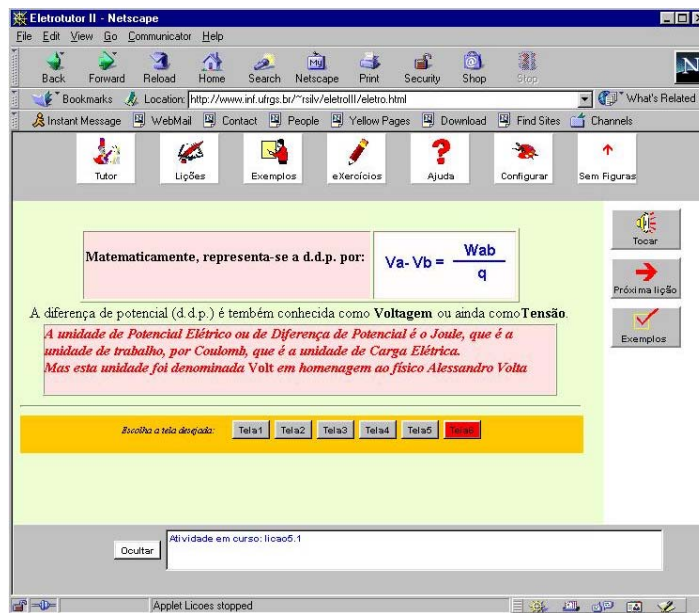


FIGURA A1.2 - Interface com conteúdo de lições

Os exemplos, conforme mostrado na FIGURA 7.2, são elaborados de modo a mostrar ao aluno a aplicação de fórmulas através da solução de exercícios, nos quais o próprio aluno informa ao sistema os valores numéricos, com os quais o sistema resolve o problema. O aluno pode fazer uma infinidade de exemplos de cada tipo, introduzindo valores diferentes para que ele possa, assim, inferir os conceitos aplicados

Os exercícios, por sua vez, são apresentados ao aluno propondo a solução de problemas nos quais os valores propostos para cada exercícios são gerados pelo próprio sistema. A cada vez que um exercício é respondido, o sistema retorna ao usuário a resposta correta e o resultado da correção, como ilustra a FIGURA 7.2. Quando o aluno executa os exercícios, o sistema monitora o seu desempenho e, através da troca de mensagens entre os agentes, apresenta as telas de acordo com o andamento da sessão, podendo mostrar um próximo exercício, retornar aos exemplos ou à lição ou, ainda, passar à lição seguinte. A seguir, a FIGURA 7.3 e a FIGURA 7.4, apresentam as telas de exercícios e da abertura do Eletrotutor III.

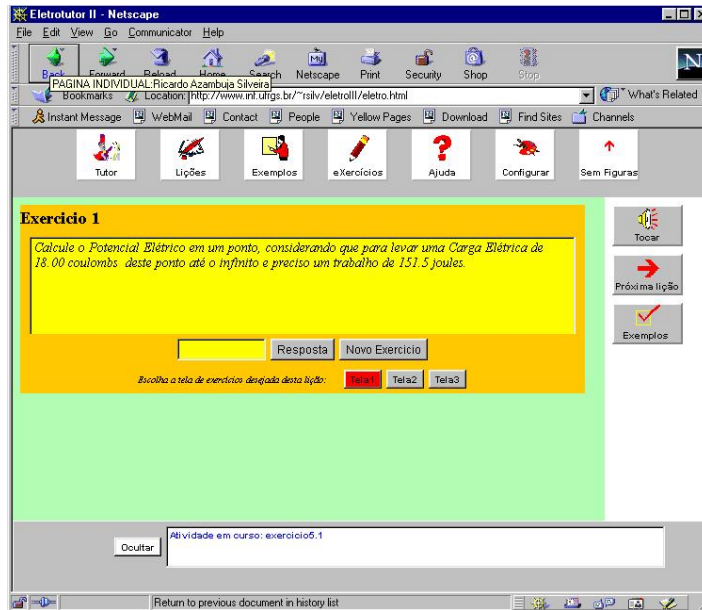


FIGURA A1.3 - Tela de exercício do Elettrotutor III

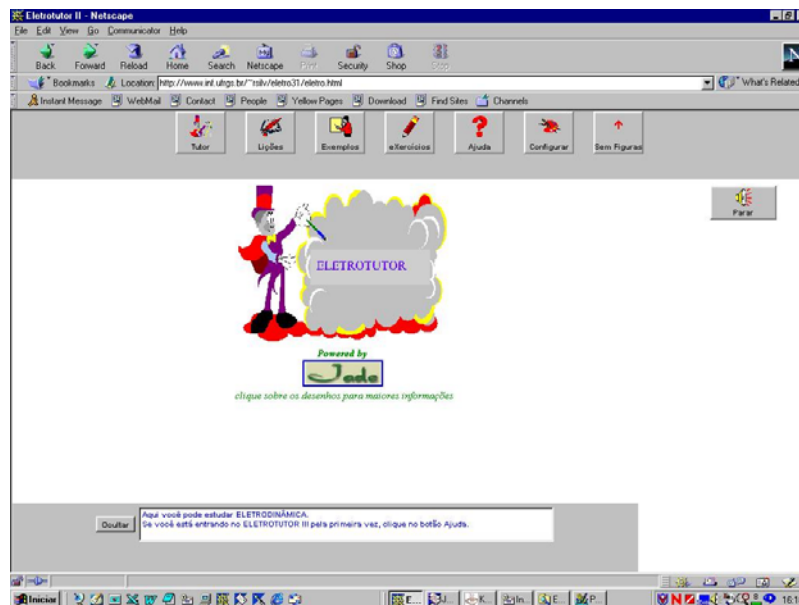


FIGURA A1.4 - Tela de abertura do Elettrotutor III

Anexo2 Agente Identificador de fatores Afetivos e Motivacionais¹⁹

O protótipo atual foi desenvolvido tendo como base a arquitetura de agentes autônomos implementados no Elettrotutor III [BIC 99] e posteriormente adaptada para o Elettrotutor IV [SIL 2001]. A principal alteração realizada na arquitetura do STI foi: a inclusão de um novo agente, denominado Percepção. O novo agente foi inserido junto ao, já existente agente Interface, conforme a FIGURA A1.1.

¹⁹ O texto referente ao agente identificador de fatores afetivos tem partes idênticas ao texto original da dissertação de Moissa, em [MOI01], e é autorizado pelo autor.

Uma série de requisitos faz-se necessário para que o agente Percepção possa desempenhar sua tarefa. Os requisitos são classificados em quatro grupos: requisitos quanto à organização do domínio, requisitos quanto ao sistema de ajuda, requisitos quanto às estratégias de ensino e requisitos quanto aos eventos relevantes.

É requisito que o STI disponha de um sistema de ajuda ao aluno. Esta ajuda, para ser válida, deve ser voltada para o conteúdo do domínio e deve estar disponível em dois níveis, genérico e específico. A classificação da ajuda depende do domínio do conteúdo que está sendo ensinado e deve ser feita pelo especialista do domínio. Considera-se como ajuda somente aquela referente ao conteúdo pedagógico; não são consideradas as ajudas referentes ao uso e operação do STI.

A ajuda genérica não detalha os procedimentos ou faz referência específica ao problema que está sendo solucionado. Por exemplo: se o aluno solicita a ajuda durante a resolução de um problema, a ajuda genérica provê a fórmula necessária, traz uma explicação sobre as variáveis utilizadas ou os conceitos que embasam tal área ou até indica onde se deve procurar os detalhes sobre o assunto.

A ajuda específica é dada em forma de exemplo ou demonstração, ou seja, faz referência ao problema que se está resolvendo. Sempre que possível um exemplo é apresentado, similar à tarefa proposta, podendo até ser o mesmo problema com valores diferentes, ou em casos excepcionais, com os mesmos valores.

Os eventos relevantes ao processo de identificação são as ações, reações e comportamentos que possam contribuir para alterar um ou mais fatores afetivos. Para facilitar o estudo, eles foram divididos em três grupos: Lição, Ajuda e Controle de sessão. Para que o agente Percepção possa exercer sua função corretamente é fundamental que o STI gere e permita a identificação dos eventos relacionados a cada grupo.

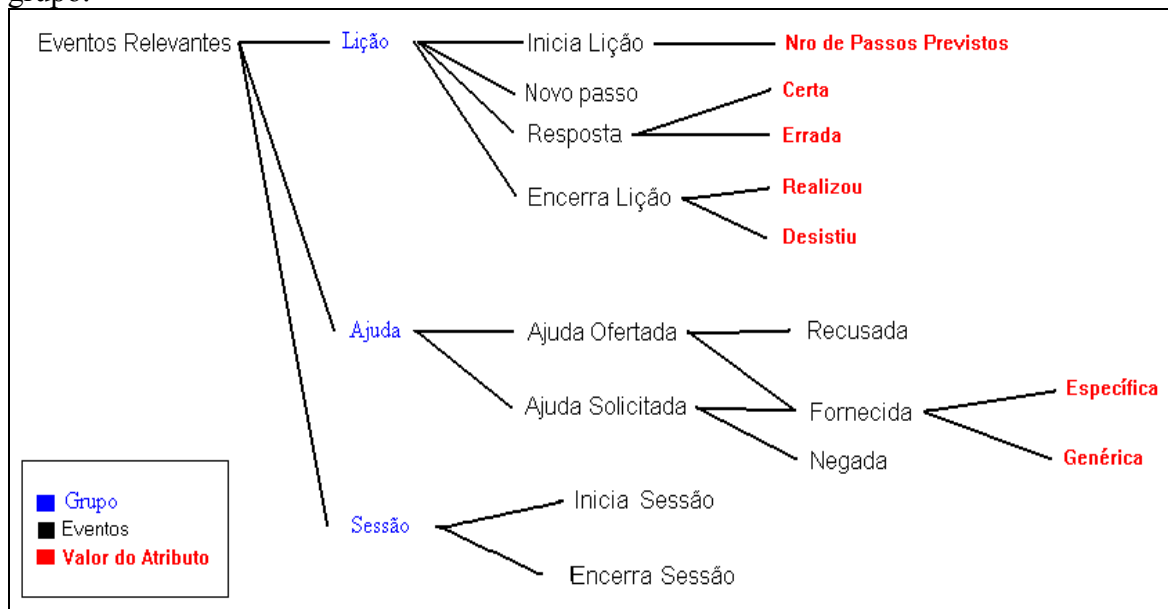


FIGURA A2.1 – Esquema hierárquico dos eventos e atributos relevantes

Para o grupo lição, os eventos relevantes são: inicia lição, novo passo, resposta e encerra lição. Para todo o evento inicia lição, deve vir um valor que representa o número de passos previstos para conclusão da lição, sendo esse número fornecido pelo especialista do domínio. O evento encerra lição possui uma estrutura um pouco mais

complexa, além de necessitar de uma informação adicional, informando se a tarefa foi encerrada por completude ou foi encerrada antes do fim (tarefa abandonada pelo aluno).

Caso o evento encerra lição tenha sido encerrado por completude (chegou ao fim), deve ser gerado um outro evento, denominado resposta, que irá reportar uma resposta afirmativa ou negativa relativa ao sucesso do aluno em relação à lição, em outras palavras, se a tarefa terminou com sucesso ou insucesso.

Para o grupo ajuda, os eventos relevantes são: ajuda sugerida e ajuda solicitada. A ajuda ofertada é quando o STI exibe uma mensagem para o aluno questionando se ele aceita a ajuda do tutor. E ajuda solicitada é quando o aluno solicita ajuda através de algum recurso disponibilizado na interface, seja um botão específico ou a tecla padrão <F1>.

Quando a ajuda é ofertada, o ambiente deve aguardar um outro evento como resposta, que pode ser do tipo: aceitou ou recusou. Se a ajuda foi solicitada, o ambiente deve verificar o nível de independência do aluno. Se o nível de independência estiver muito baixo e o nível de confiança do aluno estiver muito alto, a tática deve ser a de negar a ajuda.

Se a ajuda foi ofertada e aceita pelo aluno ou foi solicitada, é gerado um evento que será chamado de ajuda fornecida e deverá ser acompanhada de um atributo que qualifique o tipo de ajuda.

Os eventos possíveis sobre o controle de sessão são: inicia sessão e encerra sessão. O evento inicia sessão serve para o agente atribuir os valores iniciais aos seus controles, e o evento encerra sessão chama o evento encerra lição podendo caracterizar ou não o abandono da lição. Este evento faz-se necessário porque o usuário pode encerrar o tutor de várias formas, por exemplo, fechando o *browser*, e neste caso antes de encerrar o STI é necessário salvar o histórico e outros dados que sejam necessários. Início/Término é um grupo de eventos que controla a entrada e saída do usuário do sistema.

O agente Percepção, apresentado na FIGURA 7.6, monitora todas as comunicações que ocorrem entre a interface e o STI. As informações relevantes são armazenadas em um histórico (log), onde são aplicadas regras que identificam os fatores motivacionais e afetivos do aluno, durante todo o tempo em que o Tutor é utilizado.

Cada vez que um dos três fatores (independência, esforço ou persistência e confiança) é alterado, o agente Percepção envia esta informação para que “kernel cognitivo” possa avaliar e deliberar sobre os estados intelectuais e afetivos do aluno.

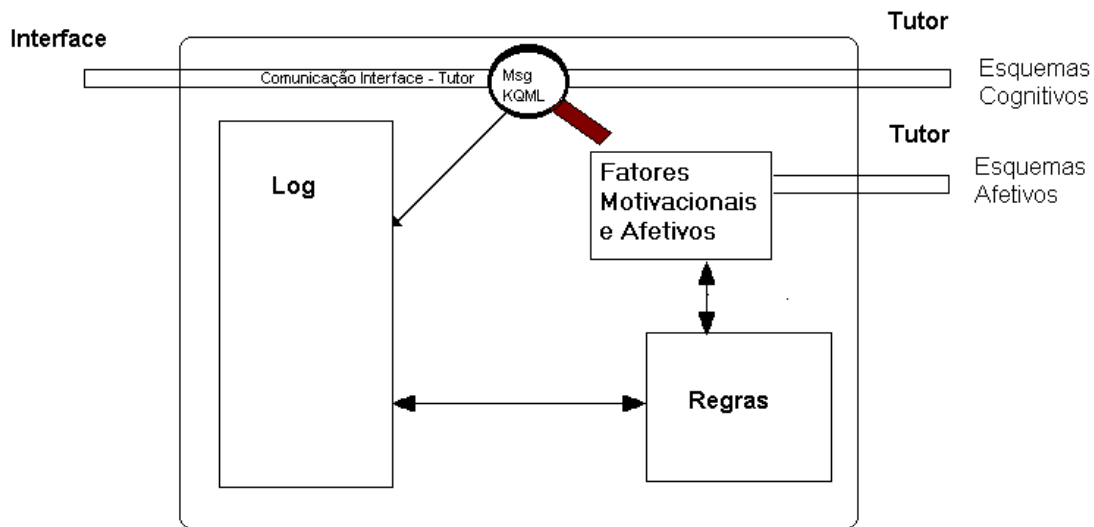


FIGURA A2.2 - Arquitetura do Agente Percepção [MOI2001]

O funcionamento do agente Percepção verifica toda e qualquer mensagem que é transmitida entre o Eletrotutor e a interface, em qualquer sentido. Se a mensagem for referente a um dos eventos relevantes descritos, uma inserção com os dados do evento é inserida na lista de históricos (log). A cada inserção de um item no histórico, executa-se uma ou mais regras que, conseqüentemente podem alterar ou não o valor atribuído a um dos fatores motivacionais e afetivos. Se algum dos fatores sofrer alteração em decorrência da aplicação de alguma regra, uma mensagem correspondente é enviada ao “kernel cognitivo”.

A2.1 - Sistema de comunicação

O sistema de comunicação utilizado é de extrema importância ao funcionamento do agente Percepção, uma vez que esse utiliza o conteúdo das mensagens com sua fonte de informação.

O Eletrotutor IV utiliza-se de dois métodos de comunicação: o JDBC-Thin da Oracle, que é utilizado na comunicação entre os agentes e o banco de dados e o RMI Java é utilizado para a comunicação entre agentes. A FIGURA 7.7 é uma adaptação da arquitetura do ambiente do Eletrotutor III, apresentado em Bica ([BIC 99]) e em Silveira ([SIL2001]).

Na FIGURA 7.7, pode-se observar que todas as comunicações feitas entre o agente Interface e os demais agentes do Eletrotutor são do modelo ponto-a-ponto, utilizam RMI Java e um protocolo baseado em KQML.

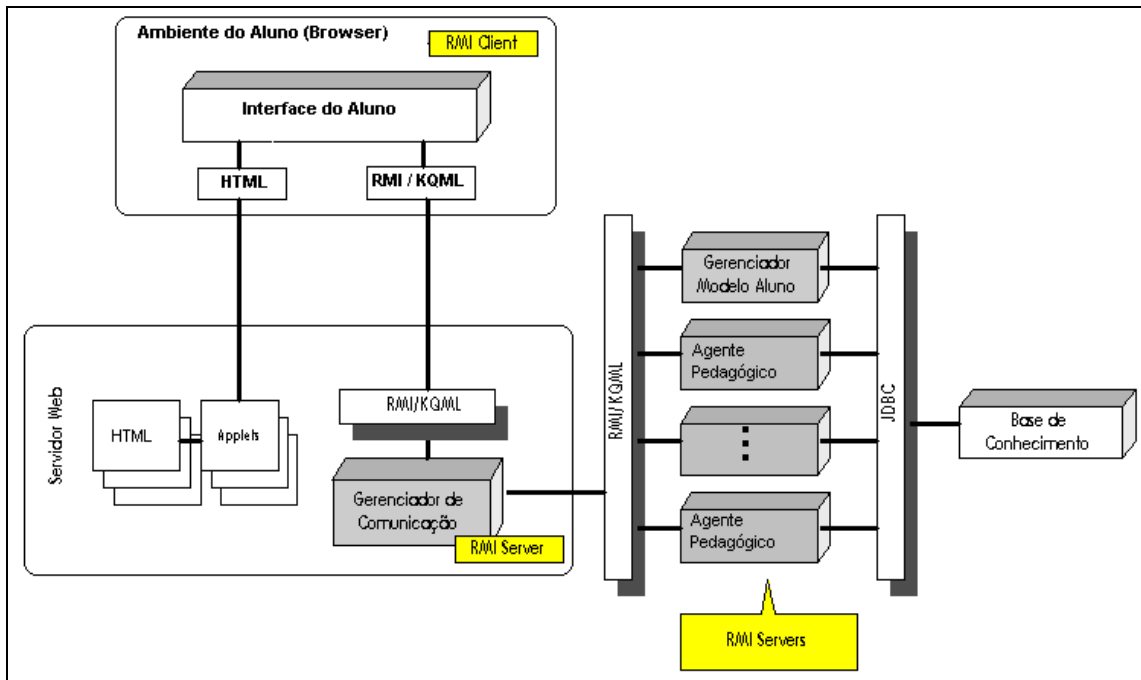


FIGURA A2.3 - Arquitetura do Ambiente

Para validar o agente Percepção foi feita uma implementação parcial do mesmo, no ambiente do Eletrotutor [BIC99] e [SIL2001]. Esta implementação contempla um mecanismo discreto de acompanhamento visual, gráfico, dos fatores emocionais e afetivos, uma tela com o detalhamento dos fatores emocionais e afetivos e uma terceira tela com os controles necessários à emulação dos eventos relevantes, necessários ao funcionamento do agente Percepção.

O mecanismo discreto de acompanhamento visual é um pequeno gráfico que se localiza dentro de um *frame*, inserido no Eletrotutor especialmente para manter o gráfico, no canto inferior direito da tela do navegador. O gráfico é composto de três barras horizontais nas cores: vermelha, amarela e azul; a barra de cor vermelha é precedida da letra “E” e representa o nível do fator “Esforço”, a barra de cor amarela é precedida da letra “C” e representa o nível do fator “Confiança” e a barra de cor azul é precedida da letra “I” e representa o nível do fator “Independência”.

Quanto maior as barras no gráfico, melhor a situação do aluno com referência aos fatores motivacionais e afetivos que apresenta, ou seja, o tamanho da barra do gráfico é diretamente proporcional à qualidade do nível afetivo do aluno. Na tela de abertura, FIGURA 7.8, pode-se verificar o gráfico em sua situação inicial, ou seja, imediatamente após o início da execução do Tutor.

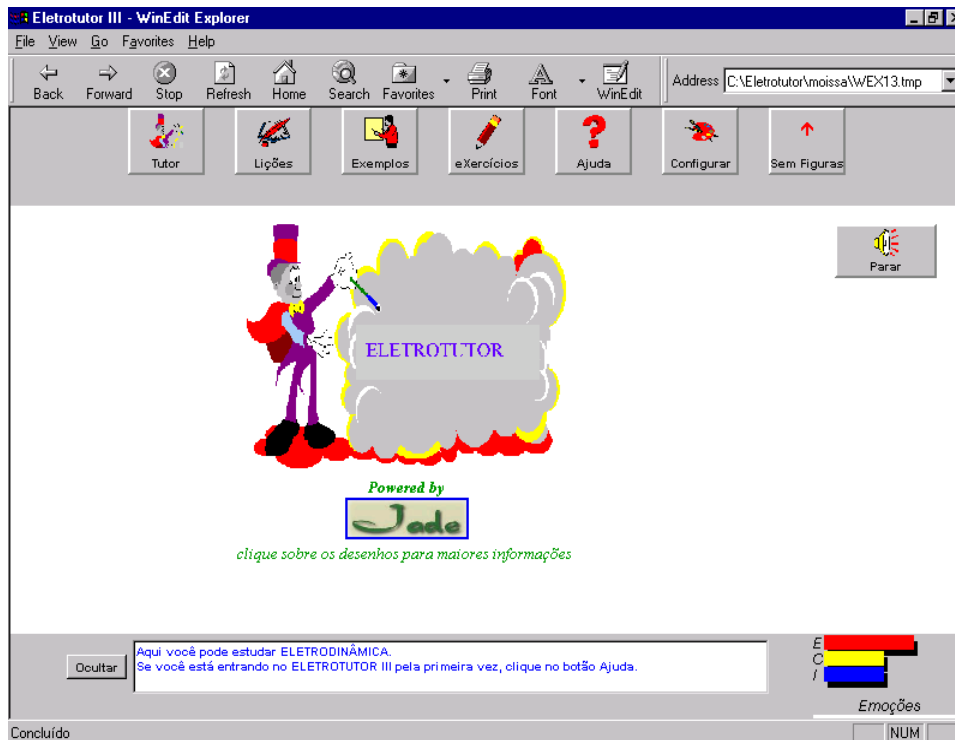


FIGURA A2.4 - Tela de abertura referente a aplicação com agente perceptivo

A segunda tela, apresentada na FIGURA 7.9, especifica os fatores motivacionais e afetivos através de representação numérica, mostra uma lista dos eventos relevantes, na ordem em que ocorreram, e outros nove importantes atributos utilizados durante a interação. Sua exibição se dá através de um duplo clique sobre o gráfico de acompanhamento visual.

A tela está dividida em duas partes: na parte esquerda estão os rótulos e os valores dos principais atributos utilizados pelo agente, na parte direita encontra-se uma lista dos eventos relevantes gerados durante a sessão de uso.

O primeiro atributo representa o esforço atual do aluno que é quantificado por um número que pode variar entre 0 (zero) e 5 (cinco), sendo que o 0 indica nenhum esforço e 5 representa o esforço máximo. Para facilitar a implementação, o agente Percepção, trata os níveis de esforço, apresentados na TABELA 5.7 - Modelo de Esforço (item 5.1.1), através de números inteiros, mantendo porém, a relação de um número para cada nível de esforço.

O segundo atributo apresentado representa o nível de confiança do aluno e é quantificado por um número que pode variar entre 0 (zero) e 10 (dez), onde zero indica o mínimo de confiança e 10 representa o máximo de confiança.

O terceiro atributo representa o nível de independência do aluno e é quantificado por um número que pode variar entre 0 (zero) e 10 (dez), onde o 0 indica a menor independência e o dez a maior independência.

O quarto atributo apresentado sob a forma de um valor numérico representa a quantidade de passos que o agente irá considerar como poucos passos. Nesse protótipo, esse número é obtido pela diminuição de uma unidade (passo) do número especificado como quantidade de passos médios.

O quinto atributo é um valor numérico, recebido como parâmetro do evento inicia lição e indica o número de passos médios necessários para a resolução da lição. A

definição deste número deve ser feita pelo especialista do domínio, no momento em que a lição é cadastrada.

O sexto atributo é similar ao quarto atributo, todavia representa o que o agente irá considerar como muitos passos. A forma de obtenção deste número também é semelhante a do quarto atributo, porém ao invés de diminuir um passo, soma-se um.

O sétimo atributo apresenta o número atual de passos dados pelo aluno, e serve exclusivamente para monitoração das ações realizadas pelo agente Percepção.

O oitavo atributo apresenta o número de acertos na lição atual.

O nono atributo apresenta o número de acertos consecutivos na lição atual.

O décimo atributo representa a condição de acerto do último resultado apresentado pelo aluno.

O décimo primeiro atributo representa a condição de término da última lição iniciada.

O décimo segundo atributo representa o tipo de ajuda utilizada na lição atual.

No lado direito da Tela de Detalhamento dos fatores afetivos, apresentada na FIGURA 7.9, encontra-se uma lista que armazena os eventos recebidos pelo agente e seus parâmetros.

São possíveis onze eventos, distribuídos em três grupos: Lição, Ajuda e Início/Término. Para o grupo Lição são possíveis quatro eventos, dos quais três exigem parâmetro. Para o grupo Ajuda são possíveis cinco eventos, dos quais dois são primários e três são secundários, isto é, são gerados como consequência de um evento primário, destes, somente um evento, do tipo secundário, exige parâmetro. Para o grupo Início/Término são possíveis dois eventos e nenhum deles exige parâmetro.

No grupo lição o primeiro evento é denominado “Inicia Lição”, e exige como parâmetro o número de passos médios previstos para a conclusão da mesma pelo aluno. O segundo evento é denominado “Novo Passo”, e representa cada tarefa realizada ou resposta dada pelo aluno durante o estudo da lição, não exige parâmetro. O terceiro evento é denominado “Resposta”, e exige como parâmetro um qualificador que indica se a resposta está correta ou não. O quarto parâmetro é denominado “Encerra Lição”, e exige um parâmetro que indique se o encerramento se deu porque chegou ao fim ou se foi abortado por algum outro motivo.

No grupo Ajuda, pode-se ter dois tipos de eventos, os primários e os secundários. Entre os primários estão a “Ajuda Sugerida” e a “Ajuda Solicitada”, e entre os secundários estão a “Ajuda Recusada”, a “Ajuda Negada” e a “Ajuda Fornecida”, sendo que essa última exige um parâmetro que a identifique como genérica ou específica.

No grupo Início/Término, são possíveis dois eventos: “Inicia Tutor” e “Encerra Tutor”, sendo que nenhum deles exige parâmetro.

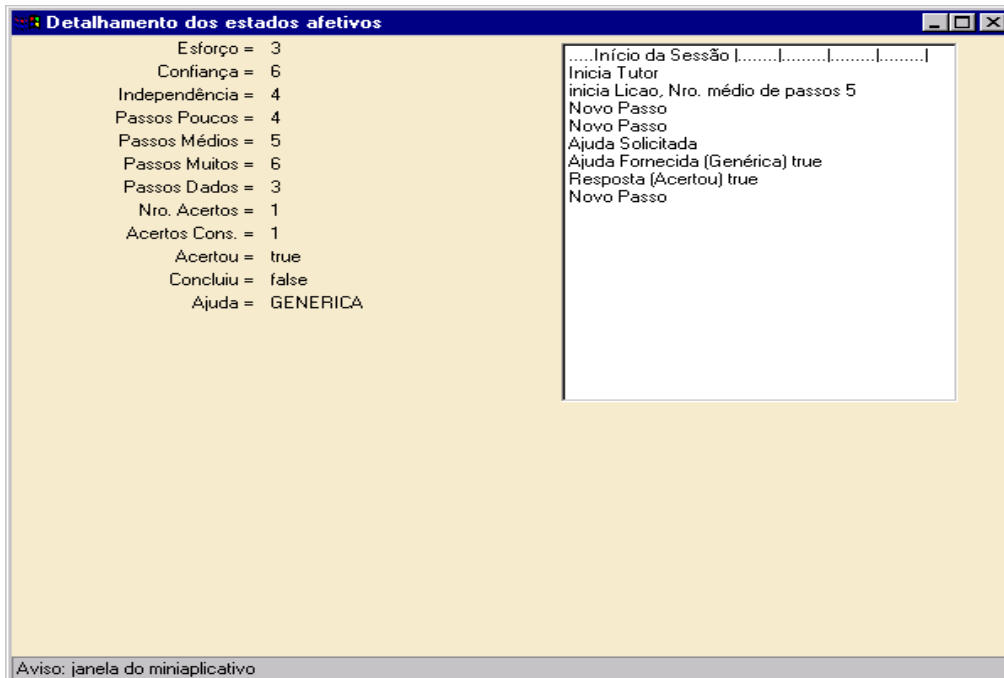


FIGURA A2.5 - Tela de detalhamento dos fatores afetivos

A FIGURA 7.10, apresenta a tela de simulação de eventos. Essa tela é composta de uma caixa de edição de texto e doze botões, sendo que os onze primeiros representam os eventos relevantes.

O funcionamento desta tela é simples e possibilita apenas dois tipos de operação: gerar evento sem parâmetro e gerar evento com parâmetro. Os eventos que operam sem parâmetro são: ajuda sugerida, inicia tutor, ajuda recusada, encerra tutor, ajuda negada, novo passo e ajuda solicitada. Os eventos que operam com parâmetro são: inicia lição, resposta, encerra lição e ajuda fornecida.

Para gerar um evento sem parâmetro, basta pressionar o botão, para gerar um evento com parâmetro, deve-se digitar o valor do parâmetro na caixa de texto e pressionar o botão do evento correspondente.

O evento inicia lição requer como parâmetro um número inteiro que indica o número de passos médios previstos para a conclusão da lição pelo aluno.

O evento resposta aceita os números zero e um, onde zero representa uma resposta errada e um representa uma resposta certa.

O evento encerra lição aceita como parâmetro os números zero e um, onde o zero indica que a lição foi encerrada porque foi concluída e um indica que a lição foi abortada pelo usuário.

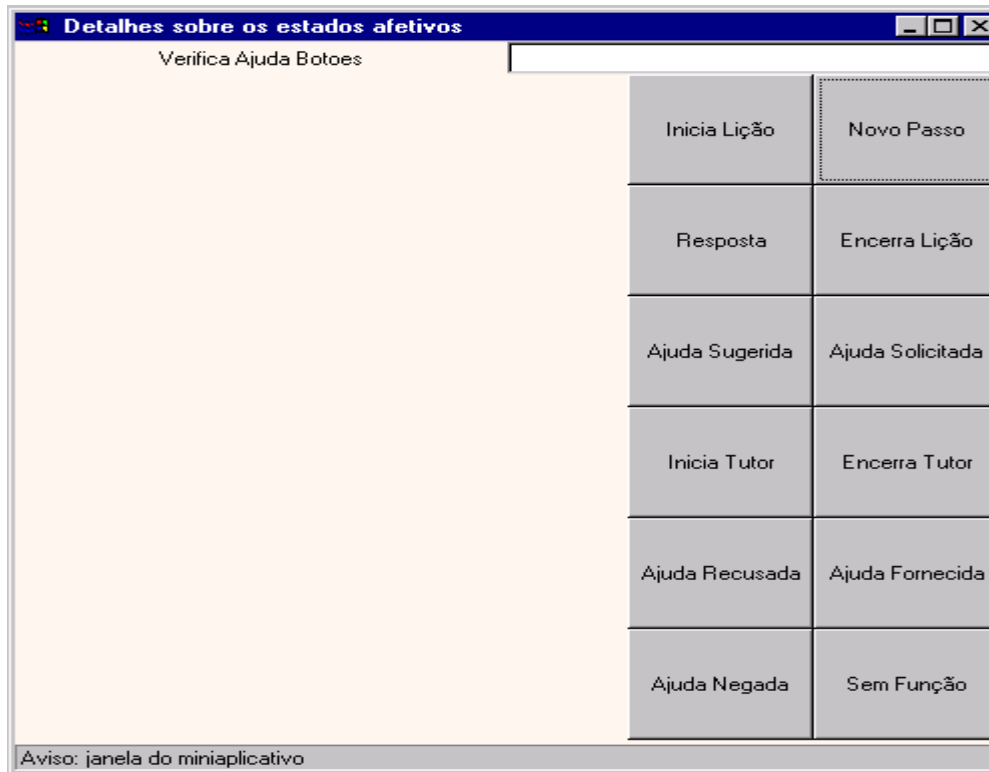


FIGURA A2.6 - Tela de Simulação de Eventos

O evento ajuda fornecida aceita os números zero e um, onde o zero indica que a ajuda fornecida é do tipo específica e o um indica que a ajuda fornecida é do tipo genérica.

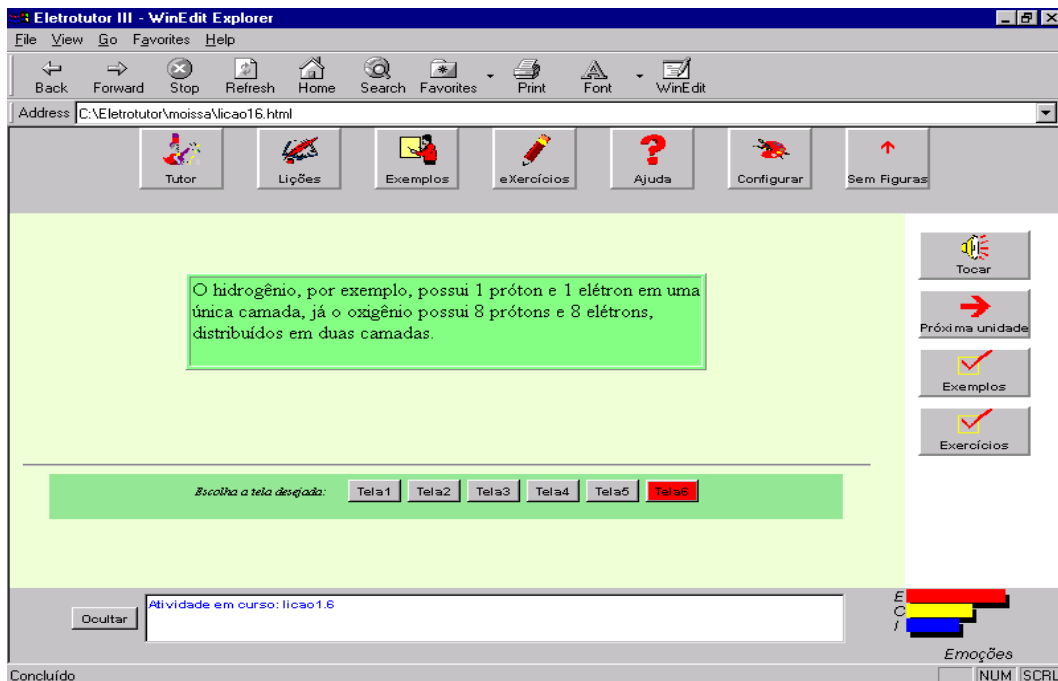


FIGURA A2.7 - Tela de conteúdo referente à aplicação com agente perceptivo [MOI2001]

A FIGURA 7.11, apresenta a tela do conteúdo do Eletrotutor, na versão com a inclusão do agente perceptivo de Moissa, após uma seqüência de passos realizados pelo aluno durante uma sessão de uso.

Anexo 3 Exemplo do conteúdo do arquivo do tutor

/*Conj. de crenças do tutor sobre os elementos componentes do ambiente Eletrotutor*/

```
bel(tutor,e_um_componente(unidade(Uni)))if
  bel(tutor,unidade(Uni)).
```

```
bel(tutor,e_um_componente(licao(Licao,Uni))) if
  bel(tutor,licao(Licao,Uni)).
```

```
mostrar_prox_pag(Licao,Uni) causes
  bel(tutor,licao(Licao,Uni)).
```

```
bel(tutor, e_um_componente(exemplo(Exemplo, Licao,Uni,Q_exemp))) if
  bel(tutor,exemplo(Exemplo,Licao,Uni,Q_exemp)).
```

```
bel(tutor,exemplo(Exempl,Licao,Uni,Que_exemp)).
```

```
bel(tutor, e_um_componente(tarefa(Tarefa,Licao,Uni,Estado,Tipo,Q_tarefa))) if
  bel(tutor, tarefa(Tarefa,Licao,Uni,Estado,Tipo,Q_tarefa)).
```

```
bel(tutor, e_um_componente(ajuda(Ajuda,Tarefa,Licao,Uni,Estado,Tipo))) if
  bel(tutor, ajuda(Ajuda,Tarefa,Licao,Uni,Estado,Tipo)).
```

```
mostrar_ajuda(Ajuda,Tarefa, Licao,Uni, Estado,Tipo) causes
  bel(tutor,ajuda(Ajuda, Tarefa, Licao, Uni, Estado,Tipo)).
```

```
bel( tutor, e_um_componente(contribuicao(Exemplo,Contribuicao, Estado, Tipo))) if
  bel(tutor,contribuicao(Exemplo,Contribuicao,Estado,Tipo)).
```

```
bel( tutor, e_um_componente(mensagem(X),Estado,Tipo))if
  bel( tutor,mensagem(mensagem(X),Estado,Tipo)).
```

/*Conj. de crenças e desejos do tutor sobre a interacao do aluno*/

```
des(tutor, apresenta_exemplos_licao(licao( Licao,Uni), Que_exemp)) if
  bel(tutor, aluno_conclui_licao(licao(Licao,Uni))),
  bel(tutor, existe_exemplos(licao(Licao,Uni))).
```

```
apresenta_exemplos_licao(licao( Licao,Uni),seguinte) causes
  bel(tutor, apresenta_exemplos_licao(licao(Licao,Uni),seguinte)) if
    bel(tutor, aluno_enviou_dado_exemplo(Exemplo, Dado,Resultado)),
  Resultado = correto.
```

```
apresenta_exemplos_licao(licao( Licao,Uni),corrente) causes
  bel(tutor, apresenta_exemplos_licao(licao(Licao,Uni),corrente)) if
```

```

bel(tutor, aluno_enviou_dado_exemplo(Exemplo, Dado, Resultado)),
Resultado = errado.

apresenta_exemplos_licao(licao(Licao, Uni), primoex) causes
  bel(tutor, apresenta_exemplos_licao(licao(Licao, Uni), primoex)) if
  bel(tutor, primeiro(licao(Licao, Uni))).

bel(tutor, existe_exemplos(licao(Licao, Uni))) if
  - bel(tutor, acabou_exemplos(licao(Licao, Uni))).

des(tutor, apresenta_tarefa_licao(tarefa(Tarefa, Licao, Uni, Estado, Tipo, Q_tarefa)))
  if
  bel(tutor, aluno_conclui_licao(licao(Licao, Uni))),
  bel(tutor, acabou_exemplos(licao(Licao, Uni))),
  -bel(tutor, acabou_tarefa(tarefa(Tarefa, Licao, Uni, Estado, Tipo, Q_tarefa))).

/*apresenta_exemplos_licao(licao(Licao, Uni), seguinte) causes
  bel(tutor, apresenta_exemplos_licao(licao(Licao, Uni), seguinte)) if
  bel(tutor, aluno_enviou_dado_exemplo(Exemplo, Dado, Resultado)),
  Resultado = correto.*/

apresenta_tarefa_licao(tarefa(Tarefa, Licao, Uni, Estado, Tipo, Q_tarefa)) causes
  bel(tutor, apresenta_tarefa_licao(tarefa(Tarefa, Licao, Uni, Estado, Tipo, seguinte))) if
  bel(tutor, aluno_enviou_dado_tarefa(Tarefa, Dado, Resultado)),
  Resultado = ok.

apresenta_tarefa_licao(tarefa(Tarefa, Licao, Uni, Estado, Tipo, Q_tarefa)) causes
  bel(tutor, apresenta_tarefa_licao(tarefa(Tarefa, Licao, Uni, Estado, Tipo, corrente))) if
  bel(tutor, aluno_enviou_dado_tarefa(Tarefa, Dado, Resultado)),
  Resultado = nok.

/*apresenta_exemplos_licao(licao(Licao, Uni), primoex) causes
  bel(tutor, apresenta_exemplos_licao(licao(Licao, Uni), primoex)) if
  bel(tutor, primoex(primoex)).*/

apresenta_tarefa_licao(tarefa(Tarefa, Licao, Uni, Estado, Tipo, primatarefa)) causes
  bel(tutor, apresenta_tarefa_licao(tarefa(Tarefa, Licao, Uni, Estado, Tipo, prima)))
  if
  bel(tutor, primatarefa(tarefa(Tarefa, licao, Uni, estado, Tipo))).

des(tutor, mostrar_contrib(contribuicao(Exemplo, Contribuicao, Estado, Tipo))) if
  bel(tutor, contribuicao(Exemplo, Contribuicao, Estado, Tipo)).

des(tutor, enviar_mensagem(X)).

enviar_mensagem(2) causes
  bel(tutor, enviar_mensagem(2)) if

```

```
bel(tutor, aluno_enviou_dado_exemplo(Exemplo, Dado, Resultado)),
Resultado = errado.
```

```
/*Conj. de crenças e desejos do tutor relativos a fatores afetivos*/
```

```
bel(tutor, lim_indep(5)).
bel(tutor, lim_conf(5)).
bel(tutor, lim_esforço(medio)).
bel(tutor, lim_passos(3)).
```

```
bel(tutor, bel(aluno, confiança(X))).
bel(tutor, bel(aluno, independência(X))).
bel(tutor, bel(aluno, esforço(X))).
```

```
des(tutor, encorajar_indep, [0.6]).
des(tutor, desagradar_aluno(N), [0.4]) if
bel(tutor, bel(aluno, desagrado(N)),
N > 5.
```

```
/*Conj. de crenças e desejos do tutor relativos a      */
```

```
(nao_disponibilizar_ajuda(Tarefa, Licao, Uni), enviar_mensagem(10)) causes
```

```
(bel(tutor, encorajar_indep, [0.6 ]bel(tutor, desgradar_aluno(N))) if
    bel(tutor, ind_desempenho(espera)),
    bel(tutor, ind_afetivo(encorajar_indep)),
    bel(tutor, desgradar_aluno(N1)),
    N is N1 + 1.
```

```
bel(tutor, ind_desempenho(espera)) if
    bel(tutor, tarefa(Tarefa, Licao, Uni, em_execucao, Tipo, Q_tarefa)).
```

```
bel(tutor, ind_afetivo(encorajar_indep)) if
    bel(tutor, tarefa(Tarefa, Licao, Uni, em_execucao, Tipo, Q_tarefa)),
    bel(tutor, ind_afetivo(nao_aumentar_confianca)).
```

```
bel(tutor, ind_afetivo(nao_aumentar_confianca)) if
    bel(tutor, independência(N)),
    bel(tutor, limite_indep(X)), N < X.
```

Anexo 4 Publicações

- Relatórios Técnicos

BERCHT, M. **Ambientes de Ensino Inteligentes: a avaliação pedagógica no apoio a modelagem e construção de estratégias de ensino na perspectiva de arquitetura de agentes.** T.II. (Trabalho Individual no. 624) Porto Alegre. CPGCC.UFRGS.1997. 40 p.

BERCHT, M. **Avaliação Pedagógica como Fator para a Construção de Estratégias de Ensino em Ambientes de Ensino e Aprendizagem Computadorizados.** E.Q. 14. (Exame de Qualificação no.14): Porto Alegre. CPGCC.UFRGS.1998. 100p.

BERCHT, M. **Uma Arquitetura para Fatores Emocionais e Motivacionais em Agentes Pedagógicos.** Proposta de Tese. PPGCC.UFRGS.jan 2000. 54p.

- Poster

BERCHT, M. ; VICCARI, R. ; MOISSA, H. **Identificação de fatores motivacionais e afetivos em um ambiente de ensino e aprendizagem.** In: Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. 1999

- Artigos em congressos nacionais e internacionais

BERCHT, M. ; VICCARI, R. **Integrando Fatores Emocionais e Motivacionais em Agentes Pedagógicos.** Workshop SBIE99. Ambientes de Aprendizagem Baseados em Agentes.In: <http://www.inf.pucrs.br/~giraffa/gie/sbie99whtml> . Curitiba.nov 1999.

BERCHT, M. ; VICCARI, R. **Pedagogical Agents with Affective and Cognitive Dimensions.** RIBIE2000. Chile

FERREIRA, L. ; BERCHT, M. **A Realidade Virtual na Educação médica: usando Agentes Pedagógicos como apoio à avaliação de competência em cirurgia.** VII Congresso Brasileiro de Informática Médica.São Paulo. 2000

FERREIRA, L. ; BERCHT, M. **Uso de Agentes pedagógicos na avaliação de competência na educação médica.**RIBIE 2000. Chile

Bibliografia

- [AKH95] AKHRAS, F. N.; SELF, J. A process-oriented perspective on analysing Learner-Environment Interactions in Constructivist Learning. In: SIMPÓSIO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, SBIE, 6., 1995, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBC, 1995. p.41 - 52.
- [AKH96] AKHRAS, F.; SELF, J. From the Process of Instruction to the Process of Learning: Constructivist Implications for the Design of Intelligent Learning Environments. In: EUROPEAN CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION, AIED, 1., 1996, Lisbon. **Proceedings...** Lisbon: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996. p. 9-151.
- [ALV97] ÁLVARES, L.O.; SICHMAN, J. Introdução aos Sistemas Multiagentes. In: JORNADA DE ATUALIZAÇÃO EM INFORMÁTICA, Congresso da SBC, 17, 1997, Brasília. **Anais...** Brasília: SBC, 1997. 39p.
- [ALV2000] ALVAREZ, O.H. Dominio de vocabulario, uso del diccionario, analisis contextual, y comprensión lectora de textos em formato hipermedial e impreso. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE INFORMÁTICA EDUCATIVA, RIBIE, 5., 2000, Chile. **Actas...** Viña del Mar: RIBIE, 2000.
- [AND97] ANDRÉ, E. et al. Life-Like Presentation Agents: A New Perspective for Computer-Based. Technical Documentation. In: WORKSHOP ON PEDAGOGICAL AGENTS. 1997, Kobe. **Proceedings...** Kobe, Japão: [s.:n.], 1997. p.1-8.
- [ANL98] ANDLER, D. **Introdução às Ciências Cognitivas**. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 1998. 430p.
- [ANT99] ANTUNES, L.; COELHO, H. Decisions based upon multiple values: the BVG agent architecture. In: PORTUGUESE CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, EPIA, 9., 1999, Évora. **Progress in Artificial Intelligence: proceedings...** Berlin: Springer-Verlag, 1999. p. 297-311. (Lectures Notes in Artificial Intelligence, n.1695).
- [ANT2000] ANTUNES, L.; COELHO, H. Redesigning the agent's decision machinery. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON AFFECT IN INTERACTIONS- TOWARDS A NEW GENERATION OF INTERFACES, IWAI, 2000, Siena, (Itália). **Proceedings...** Berlin: Springer-Verlag, 2000. (Lecture Notes in Artificial Intelligence, nº 1814).

- [ASA91] ASANOME, C. **Sistemas Tutoriais Inteligentes**: um estudo. 1991. Monografia (Especialização em Engenharia de Software) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- [BAR83] BARWISE, J.;PERRY,J. **Situations and Attitudes**. Cambridge: MIT Press,1983.
- [BAT94] BATES,J. **The Role of emotion in believable Agents**.Pittsburgh: Carnegie Mellon University, 1994. (CNU-CS-94136).
- [BAZ2001] BAZZAN,A.L.;BORDINI,R.H. A Framework for the Simulation of Agents with Emotions: Report on Experiments with the Iterated Prisoner’s Dilemma. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTONOMOUS AGENTS, 5., 2001, Canada. **Proceedings...** Canada: ACM Press, 2001.p.292-299.
- [BER99] BERCHT, M; MOISSA, H. E.; VICCARI R. M. Identificação de fatores motivacionais e afetivos em um ambiente de ensino e aprendizagem. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, SBIE, 10., 1999. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1999.
- [BER2000] BERCHT,M.; VICCARI R. M Pedagogical Agents with Affective and Cognitive Dimensions.In: CONGRESO IBERAMERICANO DE INFORMATICA EDUCATIVA, RIBIE, 5., 2000, Viña del Mar. **Actas...** [Santiago]: Universidade de Chile,2000.
- [BER2000a]BERCHT,M. **Uma Arquitetura para fatores emocionais e motivacionais em Agentes Pedagógicos**. 2000. Proposta de Tese (Doutorado em Ciência de Computação) – Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- [BET94] BERTELS, K. A Dynamic View on Cognitive Student Modelling in Computer Programming. **Journal of Artificial Intelligence in Education**, Charlottesville,v.5,n.1, p.85-105, 1994.
- [BIC 99] BICA, F. **Eletrotutor III**: uma abordagem multiagente para o ensino a distância.1999. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- [BOR99] BORDINI, R.H. **Contributions to an Anthropological Approach to the Cultural Adaptation of Migrant Agents**.1999, 239 p. Tese (Doutorado) - Department of Computer Science, University College London, London, GB.
- [BRA87] BRATMAN,M.; ISRAEL, D.; POLLACK, M. **Toward an architecture for resource-bounded agents**. Stanford: Stanford University. 1987.(CSLI-87-104).

- [BRA89] BRATMAN,M. What is Intention. In: COHEN, P.; MORGAN, J.; POLLACK, M. (Ed.). **Intentions in Communication**. [S.1.]: MIT Press, 1989.
- [BRO78] BROW,J.S; COLLINS,A.; HARRIS,G. Artificial Intelligence and Learning Strategies. In: O'NEIL, H. (Ed.). **Learning Strategies**. New York: Academic Press, 1978.
- [BRO82] BROW,J.S; BURTON,R.B. Pedagogical natural language and knowledge engineering techniques in Sophie II, III and I. In: D.SLEEMAN ; BROWN,J.S. (Ed.). **Intelligent Tutoring Systems**. New York: Academic Press. 1982.
- [BRK91] BROOKS,R.A. Intelligence without reason. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE,1991, IJCAI,1991, Sydney. **Proceedings...** Sydney:[s.n.],1991.p.569-595.
- [BUR88] BURNS,H.L.; CAPPS,C.G. Foundations of Intelligent Tutoring Systems: an introduction. In: POLSON, M.C. ; RICHARDSON, J.J. ; SOLOWAY,E. (Ed). **Foundations of Intelligent Tutoring Systems**. Hillsdale,N.J.: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 1988. p.1-19.
- [CAH90] CAHN, J. The generation of affect in Synthesized Speech. **Journal of the American Voice I/O Society**, Cambridge,n.8, p. 1 -19, 1990.
- [CAG97] CAGLAYAN, A; HARRISON, C. **Agent Sourcebook**. New York: John Wiley & Sons,1997. 349p.
- [CAM2001] CAMPOS, M.B. **Ambiente Telemático de Interação e Comunicação para suporte à Educação bilingüe de surdos**.2001. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- [CAR70] CARBONELL, J.R. AI in CAI: an artificial intelligence approach to computer-assisted instruction. **IEEE Transactions on Man-Machine Systems**, New York, v.11, n. 2, p.190-202, 1970.
- [CAÑ98] CAÑAMERO, D.; VAN DE VELDE, W. **Socially Emotional: using Emotions to Ground Social Interaction**.1998.Disponível em: <<http://homepages.feis.nak.ac.uk/compea/emotion.html>>. Acesso em: junho de 1999.
- [CAS90] CASTELFRANCHI,C. Social power: a point missed in multi-agent DAI and HCI. In: EUROPEAN WORKSHOP ON MODELLING AUTONOMOUS AGENTS IN A MULTI-AGENT WORLD, MAAMAW,1.,1990, Cambridge. **Decentralized A.I**. Amsterdam: Elsevier Science B.V.,1992. p. 49-62.

- [CAS95] CASTELFRANCHI,C. Commitments: From individual intentions to groups and organizations. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTI-AGENT SYSTEMS, ICMAS,1995, São Francisco. **Proceedings...** São Francisco: AAI Press/MIT,1995. p. 41-48.
- [CEC98] CECCIM, R. B. **Políticas da Inteligência:** educação, tempo de aprender e dessegregação da deficiência mental.1998. 221 p. Tese (Doutorado, Programa de Estudos Pós-graduados em Psicologia Clínica) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.
- [CHE95] CHEE.Y.S. Cognitive apprenticeship and its application to the teaching of Smalltalk in a multimedia interactive learning environment. **Instructional Science**, [S.l.], p.133-161, 1995.
- [CLA 87] CLANCEY, W.J. **Knowledge-based Tutoring:** the GUIDON Program. Cambridge, Massachusets: MIT Press,1987.
- [COH90] COHEN,P.R. ; LEVESQUE, H.J. Rational interaction as the basis for communication. In: COHEN, P.; MORGAN, J.; POLLACK, M. (Ed.). **Intentions in Communication**. Cambridge: MIT Press, 1990.
- [COO97] COOK, J. An Empirically Based mentoring Agent for Supporting Music Composition Learning. In: WORLD CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION, AI-ED, 8., 1997. **Proceedings...** Kobe, Japan: [s.n.], 1997.
- [COR94] CORREA,M. **A arquitetura de Diálogos entre Agentes Cognitivos Distribuídos**. 1994. Tese (Doutorado – Pós-graduação em Engenharia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- [COR95] CORREA,M.; MENDES, S. A Computational Approach to Situation Theory Based on Logic Programming to Design Cognitive Agents. In: BRASILIAN SYMPOSIUM ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, SBIA, 12., 1995, Campinas. **Proceedings...** [S.l.]: Springer Verlag,1995.
- [CON96] CORNELIUS, R. **The Science of Emotion:** Research and Tradition in the Psychology of Emotion. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall,1996. 260p.
- [COR98] CORREA, M.; VICCARI,R.M.; COELHO,H. Dynamics in Transition Mental activity. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTI-AGENT SYSTEMS, ICMAS,1., 1998, Paris. **Proceedings...** Paris: ICMAS,1998.

- [COS95] COSTA, E. B.; LOPES, M. A.; FERNEDA, E. **Mathema: A Learning Environment based on a Multi-Agent Architecture.** In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, SBIA, 12., 1995, Campinas, Brazil. **Advances in Artificial Intelligence: proceedings.** Berlin: Springer -Verlag, 1995. p.141-150.
- [COS96] COSTA, E.; PERKUSICH, A. **Modelling the Cooperative Interactions in a Teaching/Learning Situation.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS, ITS, 3., 1996. **Proceedings...** Berlin: Springer-Verlag, 1996, p.168-176. (Lecture Notes in Computer Science, v.1086).
- [DAM96] DAMÁSIO, A., R. **O Erro de Descartes. Emoção, Razão e o Cérebro Humano.** São Paulo: Companhia das Letras. 1996. 330 p.
- [D'AM99] D'AMICO, C. **Aprendizagem estática e dinâmica em sistemas multiagentes de ensino-aprendizagem.** 1999. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- [DAM2000] DAMÁSIO, A., R. **O Mistério da Consciência: do corpo e das emoções ao conhecimento de si.** São Paulo: Companhia das Letras. 2000. 474 p.
- [DAV80] DAVIDSON, D. **Essays on actions and events.** New York: Oxford University Press, 1980.
- [DEL97] DELNERO, H.S. **O sítio da mente: pensamento, emoção e vontade no cérebro humano.** São Paulo: Collegium Cognition, 1997. 510 p.
- [DEM 93] DEMAZEAU, Y. **Distributed Artificial Intelligence and multiagents systems.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, 10., 1993, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBC, 1993.
- [DEV91] DEVLIN, K. **Logic and Information.** Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 308p.
- [DEZ98] DEVEDZIC, V.; DEBENHAM, J. **An intelligent tutoring system for teaching formal languages.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS, ITS, 4., 1998. **Proceedings...** Berlin: Springer-Verlag, 1998. (Lecture Notes in Computer Science, v. 1452).
- [DIL96] DILLENBOURG, P. **Some Technical Implications of Distributed Cognition on the Design on Interactive Learning Environments.** **Journal of Artificial Intelligence in Education.** London, v.7, n.2, 1996.

- [DOUX98] LEDOUX, J. **O Cérebro Emocional**. Rio de Janeiro: Objetiva 1998. 332p.
- [ECO99] ECCONOMOU,D.; MITCHELL,W.L.; BOYLE,T. **Pedagogical Virtual Actor Technology Development based on Real World Applications and User Needs**.1999.Disponível em: <<http://www.doc.mmu.ac.uk/RESEARCH/virtual/museum/pubs/va99/va99.html>>. Acesso em: dez. 2000.
- [ELL94] ELLIOT; C. Research problems in the use of a shallow Artificial Intelligence model of personality and emotion. In: AAI SPRING SYMPOSIUM ON BELIEVABLE AGENTS, 1994. **Proceedings...**[S.l:s.n.], 1994.
- [ELL97] ELLIOT; C. Affective Reasoner Personality Models for Automated Tutoring Systems. In: WORKSHOP ON PEDAGOGICAL AGENTS, 5.,Kobe. **Proceedings ...**Kobe, Japão:[s:n.], 1997 .p.33-39.
- [ELL99] ELLIOT; C. et al. Lifelike Pedagogical Agents and Affective Computing: An Exploratory Synthesis. In: WOOLDRIDGE, M.; VELOSO, M. (Ed.). **Artificial Intelligence Today**.Berlin: Springer-Verlag, 1999. p.195-212.(Lecture Notes in Computer Science, n. 1600).
- [ESS95] ESSA,I.A. **Analysis, Interpretation, and Synthesis of Facial Expressions**. 1995. Tese (Doutorado) – Media Laboratory, MIT, Cambridge.Disponível em: <<http://cc.gatech.edu/~irfan/research/pubs>>. Acesso em: nov. 2001.
- [EYS94] EYSENCK,M.; KEANE,M.T. **Psicologia Cognitiva: um manual introdutório**. Porto Alegre: Artes Médicas. 1994.490 p.
- [FAR93] FARJADO, F.R. Que puede aportar la Inteligencia Artificial al desarrollo de la Informática Educativa? **Informática Educativa**, Colômbia, v.6, n.1, p.214-219, 1993.
- [FER2000] FERREIRA, L.F.; BERCHT, M. Agentes Pedagógicos como apoio à avaliação de competência técnica em educação e prática médica em ambientes de realidade virtual. In: CONGRESO IBERAMERICANO DE INFORMATICA EDUCATIVA, RIBIE, 2000, Viña del Mar. **Actas...** [Santiago]: Universidad del Chile, 2000.
- [FER2000a] FERREIRA, L.F.; BERCHT, M. Agentes Pedagógicos como apoio a avaliação técnica em educação médica em Ambientes de Realidade Virtual.In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, SBIE, 2000, Maceió. **Anais...** [S.l:s.n.], 2000.

- [FER2001] FERREIRA, L.F. **Fazer e Compreender na Realidade Virtual**: em busca da alternativas para o sujeito da aprendizagem. 2001. 84 p. Proposta de Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- [FLA96] FLAVELL, J.H. **A Psicologia do Desenvolvimento de Jean Piaget**. 5. ed. São Paulo: Ed. Biblioteca de Ciências Sociais, 1996. 479 p.
- [FRA97] FRASSON, C.; MENGELLE, T.; AIMEUR, E. Using Pedagogical Agents in a Multistrategic Intelligent Tutoring System. In: WORLD CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION, AI-ED, 8., 1997, Kobe, Japão. **Proceedings...** Kobe, Japan: [s.n.], 1997.
- [FUR95] FURTH, H.G. **Conhecimento como desejo**: um ensaio sobre Freud e Piaget. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995. 192p.
- [GAS91] GASSER, L. Social conceptions of knowledge and action: DAI foundations and open system semantics. **Artificial Intelligence**, Amsterdam, v.47, n.1-3, p.107-138, 1991.
- [GIR 98] GIRAFFA, L.M.M. **Selecting teaching strategies using pedagogical agents**. 1998. 77p. Proposta de Tese (Doutorado em Ciência da Computação)- Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- [GIR99] GIRAFFA, L.M.M. **Uma arquitetura de Tutor utilizando estados mentais**. 1999. 151p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- [GRÉ2000] GRÉGOIRE, J. **Avaliando as aprendizagens**: os aportes da psicologia cognitiva. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000. 223 p.
- [GUA98] GUATTARY, F. **As três Ecologias**. Campinas: Papyrus. 1998. 56 p.
- [HOL91] HOLT, P. et al. The State of Student Modelling. In: GREER, J. ; MCCALLA, G.I. (Ed.). **Student Modelling**: the Key to Individualized Knowledge-based Instruction. Saskatoon, Canada: Springer-Verlag, 1991. p.3-35.
- [JON87] JOHNSON, W.L. **Understanding and debugging novice programs**. Marina del Rey, California: Information Science Institute, 1987. (ISI Technical Report).
- [JOH98] JOHNSON, L. ; SHAW, E.; GANESHAN, R. Pedagogical Agents on the Web. In: WORKSHOP ON PEDAGOGICAL AGENTES, ITS, 4., 1998, San Antonio. **Proceedings...** San Antonio: [s.n.], 1998. p.2-7

- [JOH2000] JOHNSON ,L.; RICKEL, J.; LESTER, J. **Animated Pedagogical Agents: Face-to-Face Interaction in Interactive Learning Environments**.1998. Disponível em: <<http://www.isi.edu/isd/VET/apa.ps>>. Acesso em: abr. 2001.
- [KIT98] KITAMURA, T. An Architecture of Behavior Selection Grounding Emotions. In: WORKSHOP IN GROUNDING EMOTIONS IN ADAPTIVE SYSTEMS, SAB, 1998. **Proceedings...** [S.l.:s.n.]: 1998. Disponível em: <<http://www.ai.univie.ac.at/~paolo/conf/sab9803.html>>. Acesso em: jul. 1999.
- [KEL87] KELLER,A. **When machines teach: designing computer courseware**. New York: Harper and Row,1987
- [KNE88] KNELLER,G. **Arte e Ciência da Criatividade**. São Paulo: Ibrasa,1988.
- [KOD96] KODA, T. **Agents with faces: a study on the effects of personification of software agents**. 1996. Dissertação (Mestrado em Computação). – Media Laboratory, Massachussets Institute of Technology,Cambridge.
- [KOT98] KOTTHOFF,H. **Spaß Verstehen: Zur Pragmatik von konversatio nellem Humor**. Disponível em: <<http://www.ling.uni-konstanz.de/pages/home/kotthoff.html>>. Acesso em: jun. 2001.
- [LAI87] LAIRD,J.; NEWELL, A.; ROSENBLOOM, P. SOAR: An Architecture for General Intelligence. **Artificial Intelligence Journal**, [S.l.],v. 23. p.269-294, 1987.
- [LAJ92] LAJONQUIÈRE, L. **De Piaget a Freud: a (psico)pedagogia entre o conhecimento e o saber**. Petrópolis: Vozes, 1992.
- [LAN97] LAJONQUIÈRE,L. **De Piaget a Freud: para repensar as aprendizagens**. 6. ed. Petrópolis,R.J.:Vozes.1997. 253 p.
- [LES97] LESTER,J.C.; STONE,B.A. Increasing Believability in Animated Pedagogical Agents. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTONOMOUS AGENTS, ICAA, 1997,Califórnia. **Proceedings...** California: AACM Press, 1997. p.16-21
- [LES98] LESTER,J.C.; CALLAWAY,C.B.; TOWNS,S.G. Creating Lifelike Behaviors in Animated Pedgogical Agents. In: WORKSHOP ON PEDAGOGICAL AGENTS, 4., ITS, 1998. San Antonio. **Proceedings...**[San Antonio:s:n.],1998. p.75-77.
- [LES2000] LESTER,J.C.; MORENO, R.; MAYER,R.E. **Life-like Pedagogical Agents in Constructivist Multimedia environments: Cognitive Consequences of their Interaction**. Disponível em: <<http://www.csc.ncsu.edu/eos/users/lester/www.imedia/papers.htm>> Acesso em: 12 de nov. 2000.

- [LEV97] LÈVY, P. **As tecnologias da inteligência**. Rio de Janeiro: Ed. 34, 1997. 208 p.
- [LEV98] LÈVY, P. **A inteligência coletiva**. São Paulo: Ed. Loyola, 1998. 212 p.
- [LEW97] LEWIS, W.J.; SHAW, E. Using Agents to Overcome Deficiencies in Web-Based Courseware. In: WORLD CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION, AI-ED, 8.; WORKSHOP ON PEDAGOGICAL AGENTS, 5., 1997, Kobe, Japan. **Proceedings...** [Kobe:s.n.],1997.
- [MAC79] McCARTHY, J. **Abscribing mental qualities to machines**. Stanford: Computer Science Department, Stanford University, 1979. (STAN-CS-79-725).
- [MAG95] MAGALHÃES NETTO, J. **Um Tutor Inteligente para o Ensino de Xadrez**. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas e Computação) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- [MAN85] MANION, M.H. CAI Modes of Delivery and Interaction: New Perspectives for Expanding Applications. **Educational Technology**, [S.l], p.25-28. Jan. 1985.
- [MAN98] MANTOAN, M.T.E.; MARTINS, M.C.; MISKULIN, R.G.S. Análise Microgenética de Processos Cognitivos em Contextos Múltiplos de Resolução de Problemas. **Revista Brasileira Informática na Educação**. Florianópolis, n.3, p.27-44, 1998.
- [MEL94] MELCHIOR, M. **Avaliação Pedagógica: função e necessidade**. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1994. 150 p.
- [MIC98] MICHAELIS. **Moderno Dicionário da Língua Portuguesa**. São Paulo: Melhoramentos, 1998.
- [MIT96] MITROVIC, Antonija. SINT – a symbolic integration tutor. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS, ITS, 3., 1996. **Proceedings...** Berlin: Springer-Verlag, 1996. p. 587-595. (Lecture Notes in Computer Science, v. 1086).
- [MOI2001] MOISSA, H. **Arquitetura de um Agente Identificador de fatores motivacionais e afetivos em um Ambiente de Ensino e Aprendizagem**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

- [MOR97] MORIN,J.F.; LELOUCHE,R. Tutoring Knowledge Modelling as Pedagogical Agents in a ITS. In: WORLD CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION, AI-ED, 8.;WORKSHOP ON PEDAGOGICAL AGENTS, 5., 1997, Kobe, Japan. **Proceedings...** [Kobe:s.n.],1997.
- [MÓR97] MÓRA, M.et al. Modelling Dynamics Aspects of Intentions. In: PORTUGUESE CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, EPIA,8., 1997, Coimbra. **Proceedings ...** Berlin: Springer Verlag, 1997. p.179-194. (Lectures Notes in Artificial Intelligence, v.1323).
- [MÓR98] MÓRA, M.; LOPEZ,G.P.; COELHO, H.; VICCARI, R. BDI Models and Systems: Reducing the Gap. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON AGENT THEORIES, ARCHITECTURES AND LANGUAGES, 5., ATAL, 1998, Paris, França. **Proceedings ...** [Paris:s.n.], 1998. p. 153- 167.
- [MÓR98a] MÓRA, M.; LOPEZ,G.P.; COELHO, H.; VICCARI, R. Modelling Agents with Extended Logic Programming. In: INTERNATIONAL ICSC SYMPOSIUM ON ENGINEERING OF INTELLIGENT SYSTEMS, EIS, 1998, Tenerife, Espanha. **Proceedings...** [Tenerife:s.n.], 1998. p. 362-370.
- [MÓR2000] MÓRA,M. **Um Modelo Formal e Executável de Agentes BDI.** 2000. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- [MON2000]MORAN, J. M. **As muitas formas de comunicar-nos.** Disponível em: <<http://www.eca.usp.br/prof/moran/muitas.html>>. Acesso em: ag. de 2001.
- [MOU96] MOUSSALE,N. **Interações Tutor-Aluno Analisadas Através de Seus Estados Mentais.** 1996. 236 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- [MÜL96] MÜLLER,J. P. **The Design of Intelligent Agents: a Layered Approach.** Berlin: Springer-Verlag, 1996. 227p. (Lectures Notes in Artificial Intelligence, v.1177).
- [MUR97] MURRAY, W.R. Knowlwdge-based Guidance in the CAETI center Associate.In: WORLD CONFERENCE ON THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION, AI-ED97, 8.; Workshop on Pedagogical Agents, 5.,1997, Kobe, Japan. **Proceedings...** [Kobe:s.n.],1997.

- [NAK2000] NAKHRA, T.M. **Inside the Conductor's Jacket: Analysis, Interpretation and Musical Synthesis of Expressive Gesture**. 2000. Dissertação (Tese de Doutorado) - Media Lab. MIT Disponível em: <<http://www.whitechapel.media.mit.edu/pub.tech-reports/>>. Acesso em: maio de 2001.
- [NEW89] NEWELL, H.; ROSENBLOOM, P.S.; LAIRD, J.E. **Foundations of Cognitive Science**. Cambridge: MIT Press, 1989.
- [ORT99] ORTONY, A; CLORE, G; COLLINS, A. **The Cognitive Structure of Emotions**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. 207 p.
- [PAI99] PAIVA, A.; MACHADO, I.; MARTINHO, C. Enriching Pedagogical Agents with Emotional behaviour: The Case of Vincent. In: AIED LIFE-LIKE PEDAGOGICAL AGENTS, 1999, Le Mans. **Proceedings...** Le Mans: [s.n.], 1999.
- [PAP80] PAPERT, S. **Mindstorms: children, computers and powerfull ideas**. New York: Basic Books, 1980.
- [PAR99] PARUNAK, V. **Industrial and practical applications of DAI. In: Multiagent Systems – A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence**. Cambridge : MIT Press, 1999.
- [PER99] PEREIRA, A. **Um Agente para seleção de estratégias de ensino em Ambientes de Ensino na Internet**. 1999. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- [PIA58] PIAGET, J. **Psicologia da Inteligência**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1958. 236 p.
- [PIA73] PIAGET, J. **Problemas de Psicologia Genética**. Rio de Janeiro: Ed. Forense, 1973. 158p.
- [PIA95] PIAGET, J.; INHELDER, B. **A Psicologia da Criança**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 1995. 135 p.
- [PIA96] PIAGET, J. **Biologia e Conhecimento**. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 1996. 263p.
- [PIA97] PIAGET, J. **Seis estudos de psicologia**. 22. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1997. 136 p.
- [PIA98] PIAGET, J. **Sobre a pedagogia: textos inéditos**. São Paulo: Casa do Psicólogo. 1998. 262p.
- [PIC97] PICARD, R. **Affective Computing**. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1997. 292p.

- [PIC2001] PICARD,R.et al. **Affective Learning Companion**. Disponível em: <<http://www.media.mit.edu/affect/AC-research/lc/index.html>>. Acesso em: set. 2001.
- [PIN95] PINTO, S. C. M-ASSISTE: Um MetaAssistente Adaptativo para Suporte à Navegação em Documentos Hipermídia. 1995. 90 p. Dissertação (Tese de Mestrado em Engenharia de Sistemas e Computação) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- [POZ94] POZO, J.I. **Teorias Cognitivas da Aprendizagem**. 3. ed. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1994. 284p.
- [PRI2000] PRIMO.A. Interação mútua e Interação reativa: uma proposta de estudo.**Revista Famecos: Mídia, Cultura e Tecnologia**, Porto Alegre,n.12, p.81-92, jun. 2000.
- [RAM2000] RAMONES,S.Y.Q. Diseño de software educativo para incentivar la lectura y escritura del Wayuunaiki en los niños Wayuu. In: CONGRESO IBERAMERICANO DE INFORMATICA EDUCATIVA, RIBIE, 2000, Viña del Mar. **Actas...** [Santiago]: Universidad del Chile, 2000.
- [RAO95] RAO, A . S.; GEORGEFF, M. P. BDI-Agents: from theory to practice. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIAGENT SYSTEMS, ICMAS,1., 1995, San Francisco. **Proceedings...** Menlo Park,CA: AAAI: MIT Press, 1995.p. 312-349.
- [RAS2001] RASKIN,V. Humor. **Internatinal Journal of Humor Research**. Disponível em: <<http://www.degruyter.de/journals/humor>>; <<http://omni.purdue.edu/~vraskin>>. Acesso em: set. 2001.
- [REI92] RELLY,W.S.N; BATES, J. **Building Emotional Agents**. Pittsburgh: Carnegie Mellon University, 1992. (CMU-CS-92-143).
- [RIC88] RICH,E.; KNIGHT, K. **Inteligência Artificial**. 2. ed., São Paulo: Makron Books do Brasil, 1993. 722 p.
- [RIC97] RICKEL,J.; JOHNSON,L. Intelligent Tutoring in Virtual Reality: Preliminary Report. In: WORLD CONFERENCE ON THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION, AI-ED97, 8.; WORKSHOP ON PEDAGOGICAL AGENTS, 5.,1997, Kobe, Japan. **Proceedings...** [Kobe:s.n.],1997.p. 80-87. Disponível em: <<http://www.isi.edu /isd/VET/vet.html>>. Acesso em: set. 1999.
- [RIC98] RICKEL,J.; JOHNSON,L. Animated Pedagogical Agents for Team Training. In: WORKSHOP ON PEDAGOGICAL AGENTS, ITS, 4., 1998, San Antonio. **Proceedings...** [San Antonio:s.n.], 1998. p.75-77.

- [ROS96] ROSEMAN,I.J. Appraisal determinants of the emotions: Constructing a more accurate and comprehensive theory. **Cognition and Emotions**,[S.l.], v.10, n.3, p. 241-277,1996.
- [RUI2000] RUIZ,D.F.V.; HERNANDEZ,L.A.R.; BAUTISTA,M.E.F. Anatomía dental multimedial para estudiantes de odontología. In: CONGRESO IBERAMERICANO DE INFORMATICA EDUCATIVA, RIBIE, 2000, Viña del Mar. **Actas...** [Santiago]: Universidad del Chile, 2000.
- [RUQ97] RUQIAN, L. et al. Intelligent VR Training. In: PORTUGUESE ARTIFICIAL INTELLIGENT, EPIA, 8., 1997, Coimbra. **Progress in Artificial Intelligence**. Berlin: Springer-Verlag, 1997. p.111-118.(Lectures Notes in Artificial Intelligence, v. 1323).
- [SAL97] SALTINI, C.J.P. **Afetividade e Inteligência**. Rio de Janeiro: PD&A,1997.142 p.
- [SEA95] SEARLE,J.R. **Intencionalidade**. São Paulo: Martins Fontes, 1995. 390 p.
- [SCH93] SCHERER, K,R. Studying the emotion-antecedent appraisal process: an expert system approach. **Cognition and Emotion**, [S.l.], n.7, p. 1-141, 325-355, 1993.
- [SEL 93] SELF, John. Model-based cognitive diagnosis. **User modeling and user-adapted interaction**, Netherlands, v. 3, p. 89-106, 1993.
- [SER93] SERRES, M. **Filosofia mestiça**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1993.
- [SHO93] SHOHAM,Y. Agent-oriented programming. **Artificial Intelligence**. Berlin, v.60, p.51-92, 1993.
- [SIL2001] SILVEIRA, R.A. **Modelagem orientada a Agentes aplicada a Ambientes Inteligentes Distribuídos de Ensino**: JADE - Java Agent Framework for Distance Learning Environment. 2001. Dissertação (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática,Universidade Federal do Rio Grande do Sul, PortoAlegre.
- [SIM79] SIMON,H. Motivacional and Emotional Controls of Cognition. **Models of Thought**. New Haven: Yale University Press.1979. p.29-38.
- [SLO96] SLOMAN, A. What sort of architecture is required for a human-like agent? In: COGNITIVE MODELLING WORKSHOP, AAAI,1996, Oregon. Disponível em:<http://www.cs.bham.ac.uk/~axs/cog_affect/Miscellaneous.papers/agent.architecture.html>. Acesso em: set 2001.

- [SLO98] SLOMAN,A. What's na AI toolkit for? In: WORKSHOP ON SOFTWARE TOOLS FOR DEVELOPING AGENTS, AAAI, 1998, **Proceedings...** [S.l.: s.n.],1998.p. 1-10.
- [SOL84] SOLOWAY, E.M.; JOHNSON,W.L. Remembrance of blunders past: a retrospective on the development of Proust. In: COGNITIVE SCIENCE SOCIETY CONFERENCE, 6., 1984. **Proceedings...** New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1984. p.57
- [SOL95] SOLDATO, T.; BOULAY,B. Implementation of Motivational Tactics in Tutoring Systems. **Journal of Artificial Intelligence in Education**, Charlottesville,v.6, p.337-378, 1995.
- [SOL98] SOLLER, A; GOODMAN,B; LINTON,F; GAIMARI,R. Promoting Effective Peer Interaction in an Intelligent Collaborative Learning System. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ITS, 4.,1998, San Antonio, Texas. **Proceedings...** [San Antonio]: Springer-Verlag,1998.p. 186-195. (Lectures Notes in Computer Science).
- [STE95] STEEL,L ; BROOKS,R. **The Artificial Life Route to Artificial Intelligence**. UK: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 1995. 288 p.
- [TAY80] TAYLOR, R.P. **The computer in school: tutor, tools, tutee**. New York: Teachers College Press, 1980.
- [TAY2000] TAYLOR, R.P.; SIERRA,E.A. Diseño de un ambiente educativo interactivo para estimular visulamente la interpretación de la divina comedia de Dante. In: CONGRESO IBERAMERICANO DE INFORMATICA EDUCATIVA, RIBIE, 2000, Viña del Mar. **Actas...** [Santiago]: Universidad del Chile, 2000.
- [TEC98] TECUCI,G. Building Intelligent Agents. **An Apprenticeship Multistrategy Learning Theory, Methodology, Tool and Case Studies**. San Diego,USA: Academic Press, 1998. 320 p.
- [TEI98] TEIXEIRA,J.F. **Mentes e Máquinas: uma introdução à Ciência Cognitiva**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998, 179 p.
- [TOL99] TOLMIE, J.; BILJON, J.A. van; PLESSIS,J.P.du. Magix – an ICAE system for Problem-Based Learning. **Computers and Education**, Elmsford, v.32, p. 65-81,1999.
- [TUR95] TUROFF,M. Designing a Virtual Classroom. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION, ICCAI, 1995, Hsinchu, Taiwan. **Proceedings...** [S.l.:s.n.], 1995. Disponível em: <<http://www.shss.montclair.edu/useful/design.html>>. Acesso em: nov. 2000.

- [VAR95] VARELA, F. The Re-Enchantment of the Concrete. Some Biological Ingredients for a Nouvelle Cognitive Science. In: . STEELS, L.; BROOKS, R. (Ed.). **The Artificial Life Route to Artificial Intelligence. Building Embodied, Situated Agents.** UK: Lawrence Erlbaum Associates, 1995. p.11-22.
- [VAS97] VASSILEVA, J. Goal-Based Pedagogical Agents. In: WORLD CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION, 8., AI-ED, 1997, Kobe, Japão. **Proceedings...** [Kobe:s.n.], 1997. p.97-104.
- [VIC 90] VICCARI, R.M. **Um Tutor inteligente para a programação em Lógica:** idealização, projeto e desenvolvimento. 1990. Tese (Doutorado – Faculdade de Ciências e Engenharia) - Universidade de Coimbra, Coimbra.
- [VIC92] VICCARI, R.M.; OLIVEIRA, F. **Sistemas Tutores Inteligentes.** Porto Alegre: Pós-graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1992. 63p.
- [VIE98] VICENTE, A.; PAIN, H. Motivation Diagnosis in Intelligent Tutoring Systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ITS, 4., 1998, San Antonio, Texas. **Proceedings...** [San Antonio]: Springer-Verlag, 1998. p.86-95. (Lectures Notes in Computer Science).
- [VYG84] VYGOTSKY, L.S.A. **A formação social da mente.** São Paulo: Martins Fontes, 1984.
- [WEH98] WEHRLE, T. Motivations behind modeling emotional agents: Whose emotion does your robot have? In: WORKSHOP: GROUNDING EMOTIONS IN ADAPTIVE SYSTEMS, SAB, 1998, Austria. **Proceedings...** [S.l.:s.n.], 1998.
- [WEH99] WEHRLE, T.; KAISER, S. Emotion research and AI: Some theoretical and technical issues. **Geneva Studies in Emotion and Communication.** Technical Reports. Geneva emotion Research Group, v.1, issue 1, 1999. Disponível em <<http://www.unige.ch/emotion/members/kaiser/rai.html>>. Acesso em: nov. 2001.
- [WEN87] WENGER, E. **Artificial Intelligence and Tutoring Systems:** computational and cognitive approaches to the communication of knowledge. Los Altos: Morgan Kaufmann, 1987. 86p.
- [WIL97] WILSON, T.; WHITELOCK, D. To Collaborate or not to Collaborate? Monitoring the on-line antics of Distance learning Computer Science Students. In: INTERNATIONAL PEG CONFERENCE, PEG, 8., 1997, Sozopol, Bulgária. **Proceedings...** Sofia: Virtech, 1997. p.276-282.

- [WHI86] WHITE,B.Y.; FREDERIKSEN,J.R. Intelligent Tutoring Systems based upon qualitative model evolutions. In: NATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE,5,1986. **Proceedings...** Los Altos: Morgan Kaufmann, 1986.
- [WOO95] WOOLDRIDGE, M.; JENNINGS,N. **Intelligent Agents**: Theory and Practice. London: QM&WC,1995.
- [YIN98] YIN,J.; EL-NASR,M.S.; YANG,L.; YEN,J. Incorporating Personality into a Multi-Agent Intelligent System for Training Teachers. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ITS, 4.,1998, San Antonio, Texas. **Proceedings...** [San Antonio]: Springer-Verlag,1998. p. 484-493. (Lectures Notes in Computer Science).
- [ZAM2001]ZAMBERLAN,A.O.; GIRAFFA,L.M.M; MÓRA,M. C. **X-BDI**: uma ferramenta para programação de agentes BDI. Porto Alegre: CampusGlobal /FACIN/PUCRS, 2001.(Relatório Técnico, n.009).