

**RUDIMAR LUÍS SCARANTO DAZZI**

**METODOLOGIA PARA ADAPTAÇÃO DE  
INTERFACE E ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA EM  
SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES**

**FLORIANOPOLIS  
2007**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**  
**ELÉTRICA**

**METODOLOGIA PARA ADAPTAÇÃO DE**  
**INTERFACE E ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA EM**  
**SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES**

Tese submetida à  
Universidade Federal de Santa Catarina  
como parte dos requisitos para a  
obtenção do grau de Doutor em Engenharia Elétrica.

**RUDIMAR LUÍS SCARANTO DAZZI**

Florianópolis, junho de 2007.

# **METODOLOGIA PARA ADAPTAÇÃO DE INTERFACE E ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA EM SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES**

Rudimar Luís Scaranto Dazzi

‘Esta Tese foi julgada adequada para a obtenção do Título de Doutorado em Engenharia Elétrica, Área de Concentração em Sistemas de Informação, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina

---

Fernando Mendes de Azevedo, D.Sc.  
Orientador

---

Kátia Campos de Almeida, Ph.D.  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

## **Banca Examinadora:**

---

Fernando Mendes de Azevedo, D.Sc.  
Presidente

---

Ana Paula Soares Fernandes, Dra.  
Co-Orientadora

---

Edílson Ferneda, Dr.

---

Andréa Teresa Riccio Barbosa, Dra.

---

Renato Garcia Ojeda, Dr.

---

Fernanda Isabel Marques Argoud, Dra.

A minha esposa e companheira de todas as horas, por sua  
compreensão e apoio em todos os momentos.

Aos meus filhos que suportaram os momentos de ausência  
do pai.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Márcia, minha amada por toda a ajuda e incentivo dado, não permitindo que eu desanimasse.

As amigas Anita e Ana que me incentivaram e ajudaram a tornar realidade essa tese.

Ao meu orientador Fernando que aceitou a tarefa de me orientar, viabilizando que eu fizesse o doutorado.

As colegas de IEB e de linha de pesquisa Glória, Andréa e Nazaré pelas idéias e pelos bons papos que tivemos ao longo de nossa convivência no doutorado.

As conversar descontraídas, mas de assuntos por vezes muito sérios, por vezes desabafos, que duravam longo tempo com a sempre animada e disposta Daniela.

Ao inesquecível colega Heuler, pelos trabalhos e estudos conjuntos e principalmente pelas boas risadas que seu eterno bom humor propiciava.

Aos colegas de estudo, fundamentais para entender assuntos que não eram da minha formação básica e que pro vezes me deixaram com ainda menos cabelos.

Um agradecimento especial ao colega Mauricio Kaster, que foi um professor e teve atuação decisiva no pior momento de todo o meu doutorado.

Aos demais colegas de IEB que participaram de alguma forma dessa caminhada.

Resumo da Tese apresentada à UFSC como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutorado em Engenharia Elétrica.

# **METODOLOGIA PARA ADAPTAÇÃO DE INTERFACE E ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA EM SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES**

**Rudimar Luís Scaranto Dazzi**

junho / 2007

Orientador: Fernando Mendes de Azevedo, D.Sc.

Área de Concentração: Sistemas de Informação

Palavras Chave: Sistemas Tutores Inteligentes, Redes Neurais Artificiais, Sistemas Adaptativos

Número de Páginas: 191

**RESUMO:** O objetivo principal do presente estudo consiste em desenvolver uma metodologia para a construção de Sistemas Tutores Inteligentes com adaptação de interface e de estratégia pedagógica. Como consequência da necessidade de maior adaptação dos sistemas de ensino aos alunos, os sistemas tutores inteligentes tradicionais começaram a ser considerados limitados, demandando aplicações computacionais que permitissem melhorar a interação entre o sistema e os alunos, em busca de maior aproveitamento e utilização desses. Devido a esse fato, a metodologia desenvolvida nesse estudo propõe a adaptação do sistema ao perfil do aluno em duas situações distintas e complementares, porém de forma independente. No caso da interface, utiliza-se a teoria das inteligências múltiplas para adaptar as mídias utilizadas na apresentação dos conteúdos ao perfil do aluno. Por sua vez, a adaptação da estratégia pedagógica permite o uso de duas ou mais estratégias simultaneamente. Na construção operacional da metodologia, optou-se por utilizar as redes neurais artificiais, do tipo interação e ativação competitiva (IAC) e perceptron multi-camadas (MLP), no mecanismo de adaptação das interfaces e a adaptação das estratégias pedagógicas (EP) é realizada por meio de sistemas especialistas (SE) baseados em regras empíricas para o mecanismo cognitivo dos agentes que representam as estratégias pedagógicas. Para implementar, validar e demonstrar a aplicabilidade da metodologia proposta foi desenvolvido um protótipo, denominando SINEPOPE (Sistema Inteligente para o Ensino de Odontologia em Pacientes Especiais). Esta aplicação visa proporcionar aos profissionais e estudantes de odontologia uma forma de aperfeiçoar suas técnicas de atendimento a pacientes com necessidades especiais. Para avaliar o protótipo desenvolvido foram realizados os seguintes testes: testes realizados com as RNA (IAC e MLP), testes realizados com os SE dos agentes de EP, testes realizados com o protótipo do sistema e testes com alunos de odontologia. Todos os testes apresentaram resultados satisfatórios, destacando a importância do sistema e aplicabilidade do mesmo.

Abstract of Thesis presented to UFSC as a partial fulfillment of the requirements  
for the degree of Doctor in Electrical Engineering.

# **METHODOLOGY FOR INTERFACE AND PEDAGOGICAL STRATEGIES ADAPTATION IN INTELLIGENT TUTOR SYSTEMS**

**Rudimar Luís Scaranto Dazzi**

june / 2007

Advisor: Fernando Mendes de Azevedo, D.Sc.

Area of Concentration: Information Systems

Keywords: Intelligent Tutoring Systems, Neural Net Works, Adaptive systems

Number of Pages: 191

**ABSTRACT:** The main objective of this present study is the development of a methodology for the construction of Intelligent Tutors Systems with interface and pedagogical strategies adaptations. As consequence of needs related to education system in offering larger adaptation to the students, traditional intelligent tutors systems had be considered limited, needing for computational applications that allowed the interaction among the system and the students looking for a better use using these systems. Because of this, the methodology developed in this study proposes the adaptation of the system to the student's profile in two different and complementary situations, however in an independent way. In the case of the interface, the theory of multiple intelligences is used to adapt the media used to present the contents to the student's profile. By the way, pedagogical strategies adaptation allows the use of two or more strategies simultaneously. In the operational construction of the methodology, it was opted to use the artificial neural networks (ANN), such as interactive activation and competition (IAC) and multi-layer perception (MLP). In the interface and pedagogical strategies adaptation mechanism it is used expert systems based in empiric rules in order to modeled agents' cognitive mechanism that represents pedagogical strategies. To implement, validate and demonstrate the applicability of the proposed methodology, a prototype was developed, called as SINEPOPE (Intelligent System for Teaching of Dentistry in Special Patients). This application wants to give to the professionals and dentistry students a way to improve their techniques to take care of patients with special needs. To evaluate the developed prototype some tests were done, such as: tests related to ANN (IAC and MLP), tests related to the expert system responsible to agent's pedagogical strategies, tests related to the system prototype and tests with dentistry students. All the tests presented satisfactory results, showing the importance and applicability of the system.

# SUMÁRIO

Lista de Figuras .....	x
Lista de Tabelas .....	xiii
Lista de abreviaturas e siglas .....	xv
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Justificativa.....	2
1.3 Metodologia.....	3
1.4 Estrutura da Tese .....	5
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	7
2.1 Inteligência Artificial na Educação .....	8
2.1.1 Evolução da Inteligência Artificial na Educação .....	8
2.1.2 Questões Relevantes na área de IA-ED.....	10
2.2 Sistemas Tutores Inteligentes .....	10
2.2.1 Evolução dos STI .....	12
2.2.2 ARQUITETURA DE STI .....	13
2.3 Um Estudo Sobre Interfaces e Interfaces Inteligentes nos STI.....	19
2.3.1 Interfaces .....	20
2.3.2 Interfaces Inteligentes.....	21
2.3.3 A Diferença entre Interfaces e Interfaces Inteligentes.....	22
2.3.4 Projeto de Interfaces .....	22
2.3.5 Considerações de Design para Interfaces Inteligentes .....	23
2.3.6 Síntese.....	24
2.4 Estratégias Pedagógicas em Sistemas Tutores Inteligentes.....	24
2.4.1 Teoria Cognitivista .....	25
2.4.2 Inteligências Múltiplas .....	26
2.5 Agentes .....	30
2.5.1 Arquitetura Geral de um Agente .....	32
2.6 Inteligência Artificial Distribuída.....	34



2.6.1	Resolução Distribuída de Problemas .....	34
2.6.2	Sistemas Multiagentes .....	36
2.6.3	RDP ou SMA.....	40
2.6.4	Comunicação entre Agentes .....	40
2.7	Redes Neurais Artificiais.....	41
2.7.1	Modelo do Neurônio Artificial .....	43
2.7.2	Redes de Competição e Ativação Interativa.....	43
2.7.3	Redes MLP .....	52
2.8	Sistemas similares .....	55
3	METODOLOGIA PROPOSTA .....	62
3.1	Modelo Pedagógico .....	63
3.2	Modelo do Aluno.....	69
3.3	Interface Adaptativa .....	76
3.4	Modelo do Domínio .....	83
3.5	Módulo de Avaliação.....	85
4	PROTÓTIPO DO SISTEMA .....	86
4.1	Modelagem computacional do protótipo.....	87
4.1.1	Levantamento de Requisitos.....	87
4.1.2	Diagrama de Caso de Uso .....	89
4.1.3	Diagrama de Classe .....	91
4.1.4	Diagrama de seqüência.....	92
4.2	Apresentação do protótipo desenvolvido .....	97
5	TESTES E RESULTADOS .....	105
5.1	Avaliação do sistema (SINEPOPE).....	105
5.1.1	Avaliação da Interface .....	106
5.1.2	Avaliação do Software.....	108
5.2	Testes funcionais executados.....	109
5.2.1	Testes realizados com as RNA .....	109
5.2.2	Testes realizados com os SE dos agentes de EP.....	116
5.3	Testes com alunos.....	117
6	CONCLUSÕES .....	135

7 REFERÊNCIAS .....	140
APENDICE I .....	156
APENDICE II.....	160
APENDICE III .....	162
APENDICE IV .....	164
ANEXO I.....	166

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema com a representação das temáticas que envolvem o trabalho. ....	7
Figura 2: Arquitetura ampliada de um STI.....	13
Figura 3: Componentes de um STI genérico .....	14
Figura 4: Paradigma de Agentes.....	31
Figura 5: Arquitetura Geral de um Agente.....	33
Figura 6: A abordagem RDP .....	35
Figura 7: A abordagem SMA .....	36
Figura 8: Agente Cognitivo.....	38
Figura 9: Agente Reativo.....	39
Figura 10: Modelo de Rumelhart e McClelland. O grupo azul representa o grupo escondido e os demais representam os grupos visíveis. ....	45
Figura 11: Relação existente entre os parâmetros <i>max</i> , <i>min</i> , <i>decay</i> e <i>rest</i> .....	48
Figura 12: Redes com o exemplo dos Jets e Sharks. Estão ressaltadas apenas as conexões com o grupo que representa Art. ....	49
Figura 13: Exemplo de rede MLP .....	53
Figura 14: Representação Gráfica do Modelo Proposto.....	63
Figura 15: Modelo Pedagógico Ampliado e Detalhado .....	64
Figura 16: Árvore de decisão do agente da estratégia pedagógica 1.....	65
Figura 17: Árvore de decisão do agente da estratégia pedagógica 2.....	66
Figura 18: Árvore de decisão do agente gerenciador. ....	67
Figura 19: Regras obtidas do CLIPS para o SE do agente da EP1.....	68
Figura 20: Regras obtidas do CLIPS para o SE do agente da EP2.....	68
Figura 21: Regras obtidas do CLIPS para o SE do agente Gerenciador. ....	69
Figura 22: Questionário para identificação das IM. ....	71
Figura 23: Modelo da rede MLP1 .....	71
Figura 24: Modelo da rede MLP2 .....	73
Figura 29: Perguntas para identificação da EP inicial.....	74
Figura 30: Topologia da rede IAC proposta.....	78

Figura 31: Integração das RNA MLP e IAC.....	79
Figura 32: Exemplo reduzido da matriz de pesos da rede IAC.....	80
Figura 25: Árvore de decisão das regras para ajuste das médias com erro -2.....	81
Figura 26: Árvore de decisão das regras para ajuste das médias com erro -1.....	82
Figura 27: Árvore de decisão das regras para ajuste das médias com erro +1.....	82
Figura 28: Árvore de decisão das regras para ajuste das médias com erro +2.....	83
Figura 33: Caso de Uso Aluno .....	89
Figura 34: Caso de Uso dos Agentes.....	90
Figura 35: Caso de Uso do Professor. ....	91
Figura 36: Diagrama de Classes do SINEPOPE. ....	92
Figura 37: Diagrama de seqüência do aluno. ....	93
Figura 38: Diagrama de seqüência de resolução de exercício.....	94
Figura 39: Diagrama de seqüência de cadastro de Alunos.....	95
Figura 40: Diagrama de Entidade Relacionamento.....	96
Figura 41: Tela de Entrada (a) e de cadastro (b) do Sistema.....	98
Figura 42: Tela de login (a) e do questionário de identificação das IM (b). ....	98
Figura 43: Exemplos de diálogos do agente de interface. ....	99
Figura 44: Exemplo de conteúdo da EP tradicional nas mídias texto (a) e imagem (b). ..	100
Figura 45: Exemplo de conteúdo da EP tradicional nas mídias esquema (a) e animação (b). .....	101
Figura 46: Exemplo de conteúdo da EP casos clínicos nas mídias texto (a) e imagem (b). .....	101
Figura 47: Exemplo de conteúdo da EP casos clínicos nas mídias esquema (a) e animação (b). ....	102
Figura 48: Exemplo de avaliação do aluno (a) e avaliação do sistema (b) .....	103
Figura 49: Exemplo de apresentação/eliminação de conteúdos (a) e cadastro de questões (b). ....	103
Figura 50: Exemplo de cadastro de conteúdos. ....	104
Figura 51: Valores médios dos dados originais e gerados pelas RNA MLP1.....	114
Figura 52: Quantidades médias por mídias, original e geradas pela RNA MLP2. ....	114
Figura 53: Resultados gerais da RNA MLP2 em percentuais. ....	115

Figura 54: Gráfico com o cruzamento entre frequência de uso com utilização do computador para estudo.....	119
Figura 55: Gráfico do cruzamento entre a utilização do computador para estudos e possuir computador em casa. ....	119
Figura 56: Gráfico da facilidade de utilização do sistema.....	120
Figura 57: Gráfico da facilidade de navegação do sistema. ....	120
Figura 58: Gráfico com resultado para ícones auto-explicativos. ....	120
Figura 59: Gráfico com resultado para menu auto-explicativos.....	120
Figura 60: Gráfico relativo a clareza dos diálogos do sistema. ....	121
Figura 61: Gráfico para o conforto proporcionado pelas fontes.....	121
Figura 62: Gráfico para cores cansativas.....	121
Figura 63: Gráfico relativo a compreensão dos conteúdos.....	122
Figura 64: Gráfico para conteúdos bem elaborados. ....	122
Figura 65: Gráfico para conteúdos adequadamente apresentados.....	123
Figura 66: Gráfico de preferência dos conteúdos por formato (mídia). ....	123
Figura 67: Gráfico de capacidade de aprendizagem com o sistema.....	123
Figura 68: Gráfico da relação dos exercícios/testes com o s conteúdos.....	124
Figura 69: Gráfico de satisfação com os diálogos do agente de interface.....	124
Figura 70: Gráfico de funcionamento dos menus.....	125
Figura 71: Gráfico de funcionamento dos ícones. ....	125
Figura 72: Gráfico de erros do sistema.....	125
Figura 73: Gráfico da utilização do sistema nos estudos.....	128
Figura 74: Gráfico do resultado da avaliação dos conteúdos na aula com professor, por questão. ....	130
Figura 75: Gráfico do resultado da avaliação dos conteúdos na aula com o SINEPOPE, por questão. ....	131
Figura 76: Gráfico da média da avaliação dos alunos com o professor. ....	132
Figura 77: Gráfico da média da avaliação dos alunos com o SINEPOPE. ....	133
Figura 78: Gráfico da quantidade de alunos por faixa (com professor). ....	133
Figura 79: Gráfico da quantidade de alunos por faixa (com SINEPOPE). ....	133

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Eventos internos e externos das fases da instrução. ....	26
Tabela 2: Inteligências Múltiplas e sua influência em processos de aprendizagem.....	29
Tabela 3: Características dos sistemas de ensino pesquisados .....	56
Tabela 4: Exemplo de conjunto de treinamento utilizado no treinamento da MLP 1 .....	72
Tabela 5: Exemplo do conjunto de treinamento utilizado para treinar a rede da rede MLP 2 .....	74
Tabela 6: Resultados obtidos com a rede IAC usando grupo Espelho e não utilizando grupo Espelho. ....	110
Tabela 7: Comparativo de resultados da rede com e sem o grupo espelho. ....	111
Tabela 8: Resultados obtidos com e sem a utilização de grupo espelho para o problema das Inteligências Múltiplas (no APENDICE II encontra-se o resultado com os 124 casos testados). ....	112
Tabela 9: Comparativo entre as notas originais e geradas pela MLP1 e quantidade de mídias geradas. ....	113
Tabela 10: Testes da definição da EP inicial do aluno. ....	116
Tabela 11: Cruzamento entre conhecimento prévio dos conteúdos e compreensão dos mesmos por meio do sistema. ....	126
Tabela 12: Cruzamento entre conhecimento prévio dos conteúdos e clareza na linguagem utilizada .....	126
Tabela 13: Cruzamento entre conhecimento prévio dos conteúdos e necessidade de apoio do professor. ....	127
Tabela 14: Cruzamento entre conhecimento prévio dos conteúdos e quantidade de conteúdos apresentados em cada formato (mídia). ....	127
Tabela 15: Cruzamento entre conhecimento prévio dos conteúdos e facilidade de uso do sistema. ....	128
Tabela 16: Cruzamento entre intenção de utilizar o sistema e ter computador em casa. ..	129
Tabela 17: Cruzamento entre intenção de utilizar o sistema e tipo de conexão a internet.	129



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BD	- Banco de Dados
BDI	- beliefs, desires, intentions
BLOB	- Binary Large Object
CAI	- <i>Computer Aided Instruction</i>
CenPRA	- Centro de Pesquisas Renato Archer
CLIPS	- <i>C Language Integration Production System</i>
EP	- Estratégia Pedagógica
FIPA	- <i>Foundation for Intelligent Physical Agents</i>
IA	- Inteligência Artificial
IAC	- <i>Interactive Activation and Competition</i> )
IAD	- Inteligência Artificial Distribuída
IA-ED	- Inteligência Artificial na Educação
IAS	- Inteligência Artificial Simbólica
ICAI	- <i>Intelligent Computer Aided Instruction</i>
IEB	- Instituto de Engenharia Biomédica
IM	- Inteligências Múltiplas
KQML	- <i>Knowledge Query and Manipulation Language</i>
LCA	- Linguagem de Comunicação de Agentes
MLP	- <i>multilayer perceptron</i>
PDP	- <i>Parallel Distribute and Processing</i>
PFA	- Pierre Fauchard Academy
QI	- Quociente de Inteligência
RBC	- Raciocínio Baseado em Casos
RDP	- Resolução Distribuída de Problemas
RNA	- Rede Neural Artificial
RNAs	- Redes Neurais Artificiais
SA	- Sistemas Adaptativos
SE	- Sistemas Especialistas
SHA	- Sistemas Hipermídia Adaptativos
SINEPOPE	- Sistema Inteligente para o Ensino de Odontologia em Pacientes Especiais
SMA	- Sistemas Multiagentes
SMAC	- Sistemas Multiagentes Cognitivos
SMAR	- Sistemas Multiagentes Reativos
STI	- Sistemas Tutores Inteligentes
UFSC	- Universidade Federal de Santa Catarina
UML	- <i>Unified Modelling Language</i>



# 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento e a disseminação das tecnologias de informação permitiram a abertura de diversas possibilidades de novos negócios, novos canais de comunicação, e o processo educacional não ficou alheio a essa oportunidade, visto que foi percebido a possibilidade do uso do computador como aliado no desenvolvimento do ensino e aprendizagem de várias formas. Com isso, as pesquisas na área evoluem rapidamente e muitas técnicas e metodologias têm sido apresentadas com propostas de soluções que buscam sempre atender, da melhor forma possível, o aluno. Os sistemas de ensino aprendizagem computacionais desenvolvidos devem sempre primar pelo aprendizado do aluno, pois sem que os alunos aprendam estes passam a ser questionáveis quanto a sua eficiência.

Os avanços tecnológicos aliados aos paradigmas educacionais estão transformando constantemente, o processo tradicional de ensino e aprendizagem. Estas transformações levam a exigências pedagógicas cada vez maiores. Sendo assim, para que se consiga fazer com que o aluno absorva o conteúdo, não basta apresentar os conteúdos corretamente, é necessário prender sua atenção e apresentar-lhe as informações em um contexto adequado.

Sistemas de apoio à aprendizagem, como os Sistemas Tutores Inteligentes (STI) ou os Sistemas Hiperídia Adaptativos (SHA), têm sido desenvolvidos com o intuito de disponibilizar informações aos alunos, simultaneamente buscando mecanismos para adequar-se as características do aluno, a fim de mostrar-se efetivo no processo de ensino aprendizagem.

A maioria destes sistemas incorpora, de uma forma ou de outra, um só modelo pedagógico, ou uma mescla de modelos, como estratégia de ensino (OLIVEIRA; FERNANDES, 2003 e 2004) (BARBOSA, 2004) (CURILEM, 2002). Os modelos pedagógicos utilizados nestes sistemas podem ser tanto aqueles descritos na literatura quanto os definidos de forma empírica (DE OLIVEIRA et al. 2005).

Como consequência da necessidade de maior adaptação dos sistemas de ensino aos alunos, os STI tradicionais começaram a ser considerados limitados. Assim, as aplicações computacionais para a educação deixaram de ser simples reprodutoras de informações para tentar mudar os métodos de ensino/aprendizagem e de redefinir os objetivos educacionais e resultados do aprendizado (CUMMING; MCDUGALL, 2000).

Neste aspecto, esta tese apresenta uma alternativa para a construção de STI por meio de uma metodologia que os tornem duplamente adaptativos. Esta adaptação se dá em

dois momentos, na interface e na estratégia pedagógica, uma vez que propõe a utilização de múltiplas mídias e múltiplas estratégias pedagógicas em um só sistema de ensino. Na busca por melhores resultados, foi utilizada uma abordagem híbrida na construção destes sistemas, agregando à metodologia, as interfaces adaptativas (CURILEM; De AZEVEDO, 2002) (BARBOSA 2004) e os agentes pedagógicos (DAZZI; De AZEVEDO, 2004) de forma independente.

O desafio desta metodologia é manter, de forma coerente e harmônica, as múltiplas mídias a serem tratadas pela interface adaptativa com as múltiplas estratégias pedagógicas (EP), que também irão adaptar-se ao perfil dos alunos. Os agentes neste contexto são responsáveis por controlar cada uma das diferentes EP e definir dentre elas qual a mais apropriada para o aluno.

## **1.1 Objetivos**

Esta tese tem como objetivo geral desenvolver uma metodologia para a construção de Sistemas Tutores Inteligentes com adaptação de interface e de estratégia pedagógica.

Para atingir o objetivo geral, devem ser alcançados os seguintes objetivos específicos:

- Criar o modelo geral da metodologia para construção de STI;
- Descrever o modelo de adaptação das interfaces;
- Descrever o modelo de adaptação das estratégias pedagógicas;
- Definir os agentes e as técnicas de inteligência artificial (IA) mais apropriadas para atender as necessidades da metodologia proposta;
- Implementar um protótipo de sistema baseado na metodologia proposta;
- Gerar os conteúdos necessários para o funcionamento do protótipo;
- Testar e validar a metodologia proposta.

## **1.2 Justificativa**

A busca por melhores resultados no processo de ensino-aprendizagem tem conduzido pesquisadores de diversas áreas a buscar alternativas que auxiliem neste processo. Uma destas áreas que vem apresentando avanços significativos é a de informática na educação, a qual tem apresentado bons resultados e uma diversificada gama de soluções para auxiliar o processo de ensino-aprendizagem, seja à distância ou como apoio às disciplinas. O

desenvolvimento de ferramentas de apoio ao ensino-aprendizagem favorece a educação contínua.

No entanto, percebe-se a necessidade, cada vez mais evidente, de maior adaptação dos sistemas de ensino aos alunos, e como conseqüência, evidencia a limitação de sistemas computacionais tradicionais, baseados somente na reprodução de informações. Nesse contexto, os estudos sobre adaptabilidade de sistemas ao aluno têm se destacado no meio acadêmico e científico.

Desta forma, um estudo desta natureza se justifica como contribuição aos estudos teóricos sobre adaptabilidade de sistemas, pela apresentação de uma metodologia para construção de STI, baseada em uma abordagem alternativa. A adaptabilidade ocorre em paralelo na interface e nas estratégias pedagógicas, de forma complementar. Esta forma de adaptação não fora observada em outros trabalhos publicados na área.

A utilização do protótipo na área da saúde justifica-se pela importância da ação educativa nessa área e das possibilidades que podem ser geradas, por meio dos softwares pedagógicos, como ferramentas de apoio às novas formas de atendimento aos pacientes especiais. Pretende-se fomentar a participação ativa do paciente no auto controle de seu tratamento e propiciar ao profissional da área de saúde aprender as técnicas mais atuais, mesmo sem retornar presencialmente a uma universidade.

Por fim, um ponto fundamental é como tornar o computador acessível a todos os indivíduos, com a menor quantidade de restrições possíveis. Embora se esteja ainda longe da popularização massiva dos computadores, este processo está em andamento mesmo nos países em desenvolvimento como o Brasil. Neste contexto, a criação de aplicações que, de forma eficiente, facilitem seu uso e cumpram com os objetivos estabelecidos, sem dúvida fortalece este processo.

### **1.3 Metodologia**

O início da pesquisa se deu com estudos detalhados dos trabalhos de Curilem (2002) e Barbosa (2004), os quais fizeram parte do IEB - UFSC (Instituto de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Santa Catarina) e configuram uma de suas linhas de pesquisa. Esse detalhamento foi necessário, uma vez que, o objetivo desta tese é o de gerar uma nova metodologia de desenvolvimento de STI, utilizando como base teórica as propostas apresentadas e estudadas pelo grupo de pesquisa.

Na seqüência, outros trabalhos na área foram estudados buscando conhecer melhor o que estava sendo desenvolvido em outros grupos de pesquisa da área, com intuito de encontrar os elementos que levaram as definições da metodologia de desenvolvimento de STI apresentada neste trabalho.

No terceiro momento, foi feito um estudo direcionado em duas frentes principais, a primeira foi a teoria das inteligências múltiplas (IM), a qual foi utilizada no tratamento das interfaces adaptativas, em conjunto com as discussões pedagógicas para a definição das duas estratégias pedagógicas (EP) a serem utilizadas. A segunda frente buscou o aprofundamento na teoria de agentes, para dar flexibilidade a adaptação das estratégias pedagógicas.

Com a definição da “espinha dorsal” da metodologia (interface adaptativa utilizando IM e utilização de múltiplas EP baseadas em agentes inteligentes), buscou-se a organização dos elementos que compuseram a arquitetura do sistema. Muitos ensaios e discussões foram feitos até se chegar a proposta atual, pois apesar da “espinha dorsal” já estar definida os componentes periféricos e, principalmente, a atuação dos agentes passaram por algumas modificações no decorrer da pesquisa.

Em paralelo às definições periféricas, foram definidas as soluções para a geração dos conteúdos nas diferentes EP que atendessem às 4 IM utilizadas. Optou-se por utilizar na EP de casos clínicos, filmes (clipes) de atendimentos efetuados nas clínicas odontológicas da UFSC e, para tal, foi necessário fazer um projeto que foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa. Os conteúdos da mídia texto, em ambas as EP foram definidos e validados por um especialista em odontologia. Ao final da geração e cadastro dos conteúdos em todas as mídias e EP estes foram validados pelo especialista da área.

Decidiu-se utilizar redes neurais artificiais (RNA) IAC (interactive activation and competition) e MLP (multi-layer perceptron) para a adaptação das IMs ao usuário. Para um melhor entendimento e definição destas foi feito um estudo das RNA de forma geral, mas detalhando o modelo IAC e MLP os quais foram efetivamente utilizados no trabalho para o modelo de adaptação das interfaces.

Partiu-se então para a implementação das RNA necessárias (2 MLP e uma IAC) à adaptação da interface. Neste contexto foi proposta uma nova topologia para a rede IAC e o treinamento da MLP baseado nos resultados (exemplos) gerados por Barbosa (2004).

Com as soluções encontradas para as RNA, partiu-se para a definição dos agentes. Estes foram caracterizados, conforme seu uso, agentes responsáveis pelas EP (módulo pedagógico), o de interface e o de avaliação. Foi necessário nesse momento definir o mecanismo cognitivo dos agentes e recorreu-se novamente a técnicas de IA, optando-se pelos sistemas especialistas (SE), por utilizarem regras.

Com a finalização da arquitetura e as definições das RNA e dos Agentes iniciou-se a implementação do protótipo de sistema que serviu como meio de avaliar a metodologia proposta. Em paralelo ao desenvolvimento do protótipo, iniciou-se as atividades de confecção dos conteúdos a serem utilizados nas 4 IM e 2 EP.

À medida que o sistema foi sendo implementado, foram sendo testados, de forma independente, a implementação das RNA e dos Agentes, a integração com banco de dados, o cadastro de conteúdos e o acesso remoto ao servidor. Quando o protótipo foi finalizado, iniciaram os testes funcionais integrados do sistema, com a criação de alunos e a utilização simulada destes, buscando verificar se o sistema se comportava de acordo com o planejado.

Após os testes funcionais, foram efetuados testes com alunos. Para estes testes, utilizou-se um grupo de alunos de graduação em odontologia da UFSC. Estes alunos foram separados em dois grupos, um que realizou o estudo utilizando o sistema, e outro que participou de uma aula com um professor. Essa separação foi feita considerando-se a fase dos alunos no curso, dividindo de forma proporcional por fase, visando, com isso, deixar os grupos os mais uniformes possíveis.

Com a execução dos testes foram coletados e tabulados os resultados de ambos os grupos para as análises, que geraram os resultados e discussões apresentadas neste trabalho. Com base nas análises e no desenvolvimento, foram então feitas as conclusões que finalizaram todo o processo de pesquisa realizado.

## **1.4 Estrutura da Tese**

Esta tese está estruturada em 6 capítulos que apresentam a introdução, a fundamentação teórica, a metodologia proposta, o protótipo do sistema, os testes e resultados alcançados e as conclusões geradas. Na seqüência tem-se a descrição de cada um dos capítulos.

Na introdução é apresentada uma contextualização do trabalho, abordando os assuntos pertinentes ao tema e as interligações deles com esta tese. Definiu-se neste

capítulo, os objetivos gerais e específicos que nortearam o trabalho, e a metodologia utilizada para o desenvolvimento da tese. Por fim, descreveu-se a estrutura do trabalho.

A fundamentação teórica foi feita com o intuito de verificar o estado da arte das diversas áreas necessárias para o entendimento e desenvolvimento do projeto. Aqui foram abordados assuntos tais como: STI, algumas teorias pedagógicas, técnicas de IA, principalmente as RNA, teoria de agentes e um descrição breve de alguns trabalhos relacionados.

O capítulo relativo à metodologia proposta apresenta o que é o principal objetivo deste trabalho, a metodologia proposta para o desenvolvimento de STI e com dupla adaptação ao aluno. Neste foi detalhado todo o processo utilizado para o desenvolvimento de sistemas que seguem esta metodologia de desenvolvimento.

O protótipo do sistema é um capítulo voltado a apresentar o sistema desenvolvido baseado na metodologia proposta, mostrando a viabilidade desta. Para esta apresentação, utilizou-se da descrição de alguns diagramas de modelagem de sistemas em *Unified Modelling Language* (UML) e uma seqüência de telas do sistema desenvolvido com a descrição da funcionalidade das mesmas.

O capítulo de testes e resultados apresenta todos os testes feitos com o sistema, bem como os resultados alcançados. Estes testes tiveram dois momentos significativos, o primeiro voltado a testar a funcionalidade do sistema, onde foram feitas simulações de utilização as quais foram checadas com as respostas esperadas para cada situação. No segundo momento, foi feito o teste que buscou verificar os resultados de aprendizagem a partir do uso do sistema por alunos do curso de graduação e pós-graduação em odontologia. Neste teste também foram verificados elementos de ergonomia e qualidade do sistema.

O sexto capítulo é o de conclusões, que apresenta um resgate dos resultados obtidos cruzados com os objetivos, com intuito de posicionar o leitor sobre o que se queria com esta pesquisa e aonde se chegou com ela.

Por fim, são apresentadas as bibliografias utilizadas no processo de construção desta tese, os apêndices e anexos do trabalho.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo discute o estado da arte das técnicas que envolvem o tema escolhido para esta tese. Alguns elementos fundamentais nessa pesquisa são a Inteligência Artificial (IA), principalmente quando vinculada a Educação, os Agentes e os Sistemas Multiagentes (SMA), assim como as Redes Neurais Artificiais (RNA) e o que deu inspiração a esta tese, os Sistemas Tutores Inteligentes (STI) e as Interfaces Adaptativas ao Usuário. Não seria possível fazer uma pesquisa vinculada a área de educação sem falar de pedagogia, principalmente no que se refere às Estratégias Pedagógicas (EP) e nesse estudo de algumas teorias, como a das Inteligências Múltiplas (IM), para o embasamento necessário a metodologia que é proposta.

A Figura 1 sintetiza as relações entre as áreas pesquisadas para realização desse trabalho, partindo da área de IA na educação (IA-ED), focando o STI e a adaptabilidade possível neles, por meio das interfaces adaptativas e estratégias pedagógicas adaptativas. Ainda, apresenta-se as ferramentas utilizadas na implementação da adaptabilidade na metodologia proposta.

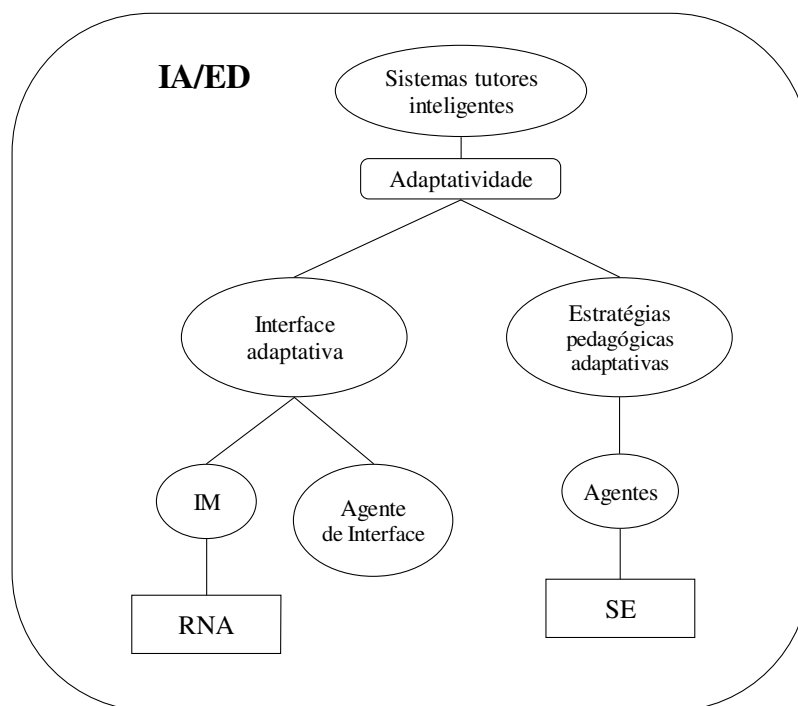


Figura 1: Esquema com a representação das temáticas que envolvem o trabalho.

## 2.1 Inteligência Artificial na Educação

A área de Inteligência Artificial na Educação (IA-ED) compreende as aplicações de técnicas da Inteligência Artificial (IA) a problemas educacionais, sendo a mais importante e disseminada, a aplicação em sistemas de tutores inteligentes (STI). A IA-ED é parte da IA aplicada. Ela constitui uma área de pesquisa bastante interessante tanto para pesquisadores da área de computação como da área de educação devido a sua constante inter-relação de idéias e é importante em decorrência da sua contribuição potencial para o objetivo social de melhorar a qualidade do aprendizado. As fontes para a área de IA-ED vêm de várias direções: primariamente da ciência da computação, psicologia, e educação, mas também de muitos campos, os quais são os tópicos dos sistemas de IA-ED.

Os sistemas de IA-ED são, freqüentemente, chamados de sistemas baseados em computador para o apoio ao ensino e à aprendizagem, tendo em vista que o projeto desses sistemas são tanto derivados quanto expressados na linguagem da IA (SELF, 1995). Especificamente, um sistema de IA-ED é um sistema computacional para o ensino e aprendizagem que possui algum grau de tomada de decisão autônoma em relação as suas interações com os usuários (aluno). Esse processo de decisão é, necessariamente, feito *on-line*, durante as interações do sistema com os usuários e, geralmente, o sistema precisa acessar vários tipos de conhecimento e processos de raciocínio para habilitar tais decisões.

Os estudos dos sistemas de IA-ED englobam, necessariamente, uma série de áreas do conhecimento visando adequar a linguagem tecnológica ao ambiente de aprendizado e permitindo, com isso, um melhor rendimento do aluno.

### 2.1.1 Evolução da Inteligência Artificial na Educação

Nos últimos anos, a área de IA-ED vem obtendo uma maior importância e representatividade no ambiente de ensino, devido, principalmente, à influência, ao avanço, e ao acesso às novas tecnologias de comunicação e informação. Não há como negar o processo determinante da utilização da tecnologia em todas as áreas, diante disto há uma necessidade de adaptar-se a esta realidade, respeitando os preceitos de cada área. Por isso, paralelamente a esta evolução, as abordagens educacionais que embasam o desenvolvimento dos sistemas de IA-ED também têm variado de forma a se adaptar e atender a essas mudanças.

Os primeiros esforços na área de IA-ED datam dos anos 70 e foram caracterizados pelo otimismo presente na área de IA em geral. Esses primeiros esforços, assim como os



sistemas computacionais para ensino existentes anteriormente, tentavam implementar os métodos tradicionais de ensino e aprendizagem: exercícios e práticas onde os estudantes resolviam problemas relativamente curtos escolhidos pelo professor (CUMMING; MCDOUGALL, 2000).

Nos anos 80, seguindo o sucesso da IA aplicada em sistemas especialistas, a pesquisa em IA-ED desenvolveu basicamente os STI. Os STI também utilizavam a idéia de implementar os métodos educacionais tradicionais e visavam objetivos de aprendizado bem definidos e bem aceitos, que fazem parte do currículo escolar tradicional e que podiam ser mensurados pelos testes padrão existentes. Dessa forma, os STI podiam melhorar, significativamente, a velocidade e a qualidade do aprendizado do estudante.

O paradigma dos STI dominou a área de IA-ED por um longo tempo. Entretanto, desde os anos 80, novos paradigmas de instrução (ensino) têm surgido, refletindo as várias mudanças de ênfase na educação. O desenvolvimento de micro mundos e ambientes de aprendizagem interativos constituem manifestações das mudanças de enfoque da IA-ED. De forma geral, os micro mundos e ambientes de aprendizado interativos tentam implementar um método de ensino/aprendizagem baseado na investigação, talvez trazendo pela primeira vez este método para a sala de aula em grande escala. Por outro lado, os ambientes de aprendizado interativos representam uma mudança tanto nos objetivos educacionais quanto nos métodos, enfocando tópicos que não fazem parte do currículo tradicional (por exemplo, teoria dos grafos) ou tópicos que fazem parte deste (por exemplo, frações ou polígonos), mas têm a intenção de fomentar um entendimento conceitual mais profundo das idéias que são geralmente ensinadas como simples procedimentos (MCARTHUR et al., 1993).

Como consequência desses desenvolvimentos, os STI começaram a ser considerados limitados. O estudante passou a ser o centro e os ambientes de aprendizado foram aceitos na IA-ED junto com os STI. Assim, as aplicações computacionais para a educação passaram de simplesmente tentar ensinar mais rapidamente, eficientemente, ou com menor custo, mas, assim como os ambientes de aprendizado interativos, a fazer parte de uma tentativa de mudar os métodos de ensino/aprendizagem e de redefinir os objetivos educacionais e resultados do aprendizado (CUMMING; MCDOUGALL, 2000).

As mudanças mais recentes nesta área são: um enfoque mais intenso na metacognição, um maior uso de domínios e tarefas abertas, um renovado interesse na

aprendizagem colaborativa, assim como uma aplicação, cada vez maior, das novas tecnologias na educação.

A fragmentação da área e a inter-relação complexa entre a IA, a educação e as novas tecnologias determinam novos desenvolvimentos e um papel da IA nos sistemas de IA-ED que está mudando. Sendo assim, o aspecto mais significativo a ser reconhecido até agora é a mudança de uma tecnologia única para tecnologias complementares, o que pode indicar um direcionamento da pesquisa em IA-ED que aponta para os sistemas híbridos (SANDBERG, 1999).

### **2.1.2 Questões Relevantes na área de IA-ED**

Os estudos realizados na área de IA-ED vêm pesquisando e utilizando uma série de paradigmas educacionais, visando adequá-los a fim de obter os melhores resultados com a aplicação e a garantia do atendimento dos objetivos propostos no processo de ensino-aprendizagem.

Dentre os paradigmas utilizados para a construção dos sistemas estão: instrução assistida por computador, sistemas tutores inteligentes (STI), micro mundos, ambientes de aprendizado inteligentes e aprendizagem colaborativa apoiada por computador. Aliados ao uso desses paradigmas, estão as tecnologias computacionais inovadoras tais como hipermídia, realidade virtual e Internet, que afetam, significativamente, a área (MIZOGUCHI; BORDEAU, 2000).

Uma revisão abrangente da IA-ED nos dias de hoje é bastante difícil, já que a área se ramificou em muitas direções. Os estudos de Wenger (1987) foram considerados referência geral para a área até meados dos anos 80, no entanto, desde então nenhum livro que incluísse um panorama tão abrangente fora publicado. Ao invés disso, muitos dos livros têm se concentrado em partes específicas da área de IA-ED. Uma tentativa de fazer uma revisão dos problemas educacionais que são abordados pela área de IA-ED foi realizada por Self (1995).

## **2.2 Sistemas Tutores Inteligentes**

Os Sistemas Tutores Inteligentes (STI) representam uma parte significativa da Inteligência Artificial na Educação (IA-ED) e, freqüentemente, são considerados como se constituíssem toda a área, ao invés de apenas uma parte dela, como de fato. A seguir serão apresentados os fundamentos dos sistemas tutores inteligentes (ROSATELLI, 2000).

Os STI são considerados a aplicação mais característica e típica da IA-ED. Estes constituem uma tentativa de implementar, num sistema computacional, os métodos tradicionais de ensino e aprendizagem, exemplificados por uma interação um-a-um entre tutor e aluno. O tutoramento um-a-um permite que o aprendizado seja individualizado e, conseqüentemente, permite um melhor resultado. Um STI, portanto, é baseado na hipótese de que o processo de pensamento de um estudante pode ser modelado, rastreado e corrigido (SELF, 1999).

Baseado nos princípios da Instrução Assistida por Computador (CAI – *Computer Aided Instruction*), os STI tentam implementar um modelo genérico que possa servir para o ensino a qualquer estudante. Originalmente, a idéia era substituir um tutor humano pelo computador, aproveitando o fato de que o computador é uma ferramenta que permite manipular conhecimento. Neste caso, tem-se então a Instrução Inteligente Assistida por Computador (ICAI – *Intelligent Computer Aided Instruction*). Os STI podem ser considerados como um tipo de ICAI. A existência de uma base de conhecimento, e não uma base de dados convencional é um dos fatores que determina a diferença entre um STI e um CAI convencional (ROSATELLI, 2000).

Nesse contexto, a IA é utilizada de forma a possibilitar um aumento do potencial de aprendizagem por meio de técnicas cognitivas e de simulação do pensamento humano. O termo inteligente refere-se à habilidade que o sistema deve ter de saber o que ensinar, quando e como. Ele deve ter a capacidade de compreender, aprender, raciocinar e resolver problemas. Além disso, deve identificar os pontos fracos e fortes do estudante e usar uma estratégia pedagógica baseada nessa informação. Ele deve procurar informações relevantes sobre o aprendizado do estudante (por exemplo, seu estilo de aprendizagem), e utilizar os melhores meios de instrução para esse estudante. Ao longo da instrução, o sistema deve avaliar se o estudante está processando e assimilando os conteúdos de forma correta (ROSATELLI, 2000).

Portanto, STI são sistemas computacionais que fazem o tutoriamento de um aluno num dado domínio (disciplina, matéria), como por exemplo, matemática. Os STI modelam o entendimento do estudante sobre um tópico e à medida que ele realiza determinadas tarefas no sistema (ou seja, ele interage com o sistema realizando tarefas colocadas por este), compara o conhecimento do estudante com o modelo que ele tem de um especialista naquele domínio. No caso de existir uma diferença, o sistema pode usar o seu modelo do domínio para gerar uma explicação que vai auxiliar o estudante a compreender o que ficou

mal entendido. Além disso, o sistema pode também ajustar os níveis e estilos de aprendizagem do estudante e apresentar a informação, os testes e o feedback que são mais apropriados.

### **2.2.1 Evolução dos STI**

Com respeito à evolução dos STI em particular (em contraste com o restante da área de IA-ED), Self (1999) coloca que à primeira vista já fica evidente a evolução das características que definem a pesquisa na área ao longo dos anos, a qual se deslocou da abordagem de questões gerais de design para aplicações (especialmente treinamento, ao invés, da aprendizagem em escolas ou em universidades) com novas tecnologias (especialmente agentes) e com novos estilos de sistemas (ambientes e sistemas colaborativos). Isto leva a um campo de pesquisa ativo, multifacetado, mas por outro lado mascara a coerência subjacente do campo.

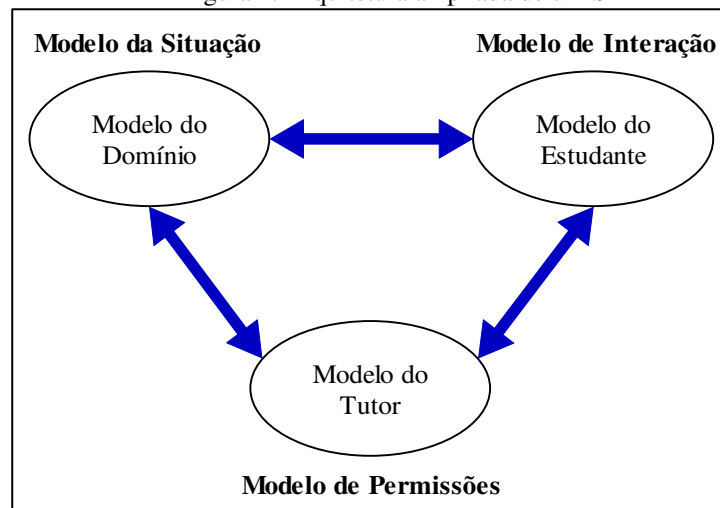
Os STI, como definido anteriormente, são sistemas computacionais para ensino que tentam se adaptar às necessidades dos estudantes e, conseqüentemente, são sistemas que “se preocupam” com os estudantes. Além disso, a pesquisa em STI é a única parte da tecnologia da informação em geral, e do campo da educação, que tem como objetivo científico tornar, computacionalmente, precisas e explícitas as formas de conhecimento educacional, psicológicas e sociais que são freqüentemente deixadas implícitas. Como conseqüência, as oportunidades reais para os próximos anos consistem em agrupar as duas linhas - projetar sistemas que “se preocupam” com os estudantes e que têm um grau de precisão computacional – a fim de que se possa dar uma contribuição científica e técnica única para a área de IA-ED (SELF, 1999).

A arquitetura genérica que emerge hoje não é oposta à arquitetura padrão dos STI. As arquiteturas emergentes, simplesmente, enfocam questões que surgem das diferentes filosofias de ensino. Em especial, a tentativa de desenvolver sistemas inteligentes para apoio à aprendizagem não é, inerentemente, contraditória à visão construtivista do aprendizado. De forma a esclarecer este fato, Self (1999) apresenta um modelo tripartite de arquitetura ampliada dos ambientes de aprendizagem baseados em computador, que inclui a arquitetura padrão dos STI como um subconjunto, o qual é reproduzido abaixo (Figura 2).

De acordo com a definição tradicional de um STI, o modelo do domínio tende a assumir que o conhecimento pode ser descrito em termos de fatos, princípios, etc., que

podem ser representados simbólicamente e hierarquicamente e, aprendidos de maneira incremental. Conseqüentemente, o esforço do projetista de um STI concentra-se em desenvolver representações complexas deste conhecimento (SELF, 1994).

Figura 2: Arquitetura ampliada de um STI



Fonte: adaptado de Self (1999).

Os construtivistas, por outro lado, enfatizam que o estudante constrói o seu próprio conhecimento através da interpretação das suas experiências no contexto da interação. Como resultado, o projetista de um ambiente de aprendizado construtivista enfoca, não a representação do conhecimento, mas a natureza das situações, contextos e interações. Este fato determina a consideração do conteúdo desses contextos e da dinâmica do processo de aprendizagem.

## 2.2.2 ARQUITETURA DE STI

Apesar dos STI diferirem em uma variedade de aspectos de acordo com o enfoque o projetista quer dar, a maioria deles segue uma arquitetura tradicional. Classicamente, os STI incluem três componentes: o modelo do domínio, o modelo do estudante e o modelo pedagógico, além da interface com o usuário (ROSATELLI, 2000). A Figura 3 exemplifica um STI genérico.

Os STI incorporam as técnicas de IA em pelo menos um de seus modelos, geralmente, no modelo sobre a matéria (conteúdo) a ser ensinada (modelo do domínio). A transferência de conhecimento ocorre como um processo de comunicação de duas vias, que se torna possível através da interface com o usuário (SELF, 1988; MCARTHUR et al., 1993). Nesse processo de comunicação é que se encaixam os modelos de redes neurais

artificiais (RNA) tipo competição e ativação interativa (*Iterative Activation and Competition-IAC*), uma vez que este modelo é bidirecional<sup>1</sup> (De AZEVEDO et. al., 2000).

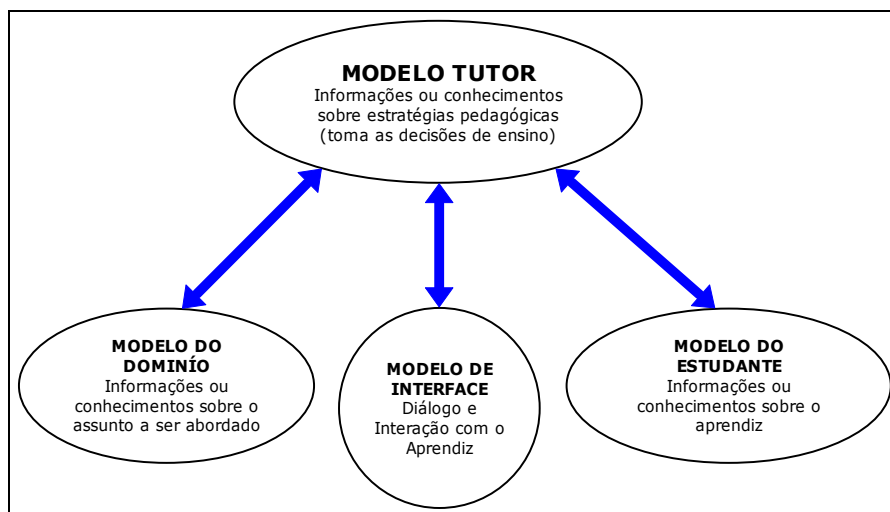


Figura 3: Componentes de um STI genérico  
Fonte: adaptado de McArthur et al. (1993).

Na seqüência, são detalhados os modelos componentes dos STI genéricos.

#### 2.2.2.1 Modelo do Domínio

O modelo do domínio (ou especialista, do conhecimento) diz respeito ao conhecimento sobre conteúdo a ser ensinado. Ele inclui o conhecimento correto, na forma do conhecimento de um especialista, a ser transferido para o estudante e aprendido pelo mesmo. O modelo do domínio é a base de conhecimento do sistema, mais comumente, uma base de regras de produção (SELF, 1988).

Esse conhecimento pode ser:

- Declarativo e teórico: consiste nas unidades contendo os conceitos do domínio e suas relações. Para representá-lo, são utilizadas, por exemplo, redes semânticas. A metodologia utilizada para sua aquisição é dividida em 3 fases:
  - determinar os objetos a serem incluídos no domínio;
  - decidir como os objetos se relacionam entre si; e
  - verificar quais relações estão corretas.

---

<sup>1</sup> Esses conceitos serão explorados com maior profundidade no decorrer desse trabalho no tópico dedicado ao estudo das RNA.

- Procedimental: é tipicamente explicativo, esclarece como fazer determinada tarefa, como diagnosticar um problema ou recomendar uma ação. Para incorporar o conhecimento em um sistema se recomenda:
  - estabelecer as metas;
  - estabelecer os fatos; e
  - estabelecer as relações entre as metas e os fatos.

As principais funções do modelo do domínio são:

- servir como fonte do conhecimento a ser apresentado ao estudante, incluindo a geração de material, de perguntas e respostas, etc.; e
- fornecer um padrão para avaliar o desempenho do estudante. Para isso, o sistema deve ser capaz de gerar soluções para os problemas no mesmo contexto do estudante, para que suas respectivas soluções possam ser comparadas.

#### 2.2.2.2 Modelo do Tutor

O modelo do tutor (ou pedagógico) trata do conhecimento sobre o ensino, ou seja, o conhecimento pedagógico instrucional. O elemento pedagógico é a base para a instrução, e isso determina o que será ministrado e em que ponto. Este modelo obtém a informação do modelo do estudante e decide o que fazer em seguida. Ele pode, por exemplo, decidir apresentar um novo material ou revisar o material que foi previamente ensinado (ROSATELLI, 2000).

O modelo do tutor é o módulo responsável pelas estruturas didática e pedagógica e, de certa forma, faz a ligação entre os outros modelos. Compete a este coordenar e gerenciar os STI. Ele seleciona os tópicos e exemplos a serem dados, planejando o modelo global do tutor e elaborando as estratégias instrucionais. É responsável pelo rastreamento dos estados de conhecimento, comportamento, ânimo e motivação do estudante, através da interação entre o estudante e os STI, a partir da entrada de dados como respostas às questões apresentadas e as estratégias de raciocínio dos estudantes. Devido a este fato, é imprescindível que tenha uma interface gráfica com o aluno que desperte sua atenção e o mantenha motivado.

Este rastreamento ainda é incompleto devido à ausência de teorias consistentes sobre os estados mentais e técnicas para implementar o diálogo homem-máquina. A análise da natureza do conhecimento, como é interpretado e manipulado pelo cérebro humano, é também preocupação do modelo do tutor.

### 2.2.2.3 Modelo do Estudante

O modelo do estudante se refere ao conhecimento do estudante. Ele consiste do conhecimento “incorreto” e incompleto que o estudante possui. Ele mapeia o estudante em termos do que este sabe ou não sabe. Ou seja, o modelo do estudante infere o que o estudante sabe sobre a matéria e o quão bem o estudante está progredindo. Essa informação é usada para decidir qual o próximo passo, isto é, o que o sistema deve apresentar para o estudante em seguida (SELF, 1988)(HOLD et al., 1994).

O modelo do estudante é fonte de todo tipo de informação sobre o estudante. O leque de possibilidades e funções deste modelo varia muito de uma implementação para outra. Em geral, ele é utilizado para registrar as diferentes atividades de um estudante e, assim, permitir ao sistema guiá-lo e aconselhá-lo nos momentos certos. Pode ser também um elemento que possui informação incompleta acerca do tópico que vai ser ensinado e que aprende junto com o estudante, servindo assim de parceiro da interação do mesmo com o sistema. Ao aprender com o estudante, este módulo pode aconselhá-lo, orientá-lo e ajudá-lo, em um nível de interação muito similar ao seu.

O modelo do estudante é constituído por dados estáticos e dados dinâmicos que são de fundamental importância para o tutor poder comprovar hipóteses a respeito do estudante. Esse modelo contém uma representação do estado do conhecimento do estudante no momento em que ele interage com os STI. A partir desse modelo e do conteúdo a ser ensinado, o sistema deve ser capaz de inferir a melhor estratégia de ensino a ser utilizada. Um modelo realista do estudante implica em uma atualização dinâmica enquanto o sistema avalia o desempenho do estudante (GIRAFFA, 1999).

O modelo do estudante pode ser representado das seguintes formas (GIRAFFA, 1999) (SCHREIBER, 2001):

- Modelo diferencial: consiste da comparação da resposta do estudante com a base de conhecimento. Esta modelagem compara a performance do especialista com a do estudante e não o conhecimento deles. O conhecimento é dividido em duas classes: aquele que se espera do estudante e o outro que não se espera. O conhecimento do estudante é somente um subconjunto do conhecimento do especialista;
- Modelo *overlay*: consiste da representação do conhecimento do estudante como um subconjunto da base de conhecimento do sistema tutor. Isso implica na representação de conhecimento utilizada no modelo do estudante ser a mesma na base do domínio.



A idéia do modelo *overlay* é representar o conhecimento de um estudante em particular como uma “sobreposição” do modelo do domínio. Para cada conceito do modelo do domínio, um modelo de sobreposição individual armazena algum valor que é uma estimativa do nível de conhecimento do estudante sobre o assunto. Isto pode ser, simplesmente, um valor binário (sabe ou não sabe), uma medida qualitativa (bom-médio-ruim), ou uma medida quantitativa, tal como uma probabilidade do quanto o estudante sabe sobre o conceito. Neste último caso, pode ser representado como um conjunto de pares “conceito–valor”, um par para cada conceito do domínio.

Uma crítica ao modelo *overlay* é que este assume (implícita ou explicitamente) que os erros ou comportamentos anômalos do estudante são sempre devidos à ausência de alguma informação presente na base do domínio. Este pressuposto psicológico é, excessivamente, simplista, uma vez que muitos comportamentos incorretos originam-se da presença de concepções incorretas na mente do estudante. Com base nisso, muitos sistemas adotam modelos de perturbação (SELF, 1988).

- Modelo de perturbação: consiste em assumir que os erros do estudante são decorrentes da concepção errônea de algum conceito ou ausência dele. Este modelo também relaciona o modelo do estudante com a base de conhecimento do domínio.

No modelo de perturbação, existe a base do domínio e uma biblioteca de erros típicos. O modelo do estudante dentro da perspectiva do modelo de perturbação incluirá, por sua vez, elementos da base do domínio e da biblioteca de erros. Estes modelos permitem um tratamento mais inteligente dos comportamentos incorretos do estudante, mas ainda são limitados, principalmente, pela estrutura da biblioteca de erros.

- Modelo estereótipo: um modelo de estudante desse tipo distingue (classifica) vários tipos de usuários (estudantes). A modelagem do estudante estereotipado pode ter várias dimensões e para cada dimensão o sistema pode ter um conjunto possível de estereótipos. Um exemplo de classificação poderia ser “novato–iniciante–intermediário–especialista”. Um estudante em particular é, geralmente, modelado atribuindo a este estudante um dos estereótipos.

Um modelo de estudante estereotipado pode também ser representado como um conjunto de pares “estereótipo-valor”, onde o valor pode ser não somente “verdadeiro” ou “falso” (que significa que o estudante pertence ou não ao estereótipo), mas também pode ser usando algum valor probabilístico (que representa a probabilidade que o estudante pertença ao estereótipo). O modelo estereótipo é mais simples e menos poderoso que o

modelo *overlay*, mas é também mais genérico e muito mais fácil de inicializar e manter (BRUSILOVSKY, 1996).

- Modelo de simulação: consiste em um modelo de como o estudante pode ou deve comportar-se em determinada situação. Por meio deste modelo, é possível prever o comportamento futuro do estudante, ou seja, a resposta do estudante somente com base no seu comportamento durante a sessão de trabalho. Geralmente tais modelos utilizam Redes Bayesianas ou Cadeias de Markov;
- Modelo de agentes: consiste em tratar o modelo do estudante como um sistema de crenças, desejos e intenções (BDI – beliefs, desires, intentions - da noção forte de agentes segundo WOOLDRIDGE; JENNINGS, 1995). A interação entre estudante e sistema tutor é visto como uma interação entre dois agentes inteligentes, ou, pelo menos, dois agentes dotados de algum comportamento cognitivo. Considerar o estudante como um agente implica em considerar o modelo do estudante como um modelo de agente. Esta consideração apresenta conseqüências para a estrutura do modelo, que, desta forma, deve incluir três componentes: a base de crenças, a base de motivações e o modelo de inferência.

A base de crenças compreende os conhecimentos/crenças do agente sobre o domínio da aplicação. Toda a informação representada na base de crenças é, em princípio, passível de revisão.

Na base de motivações estão representadas tanto as intenções primárias do agente (seus objetivos básicos) como as intenções derivadas (obtidas a partir das intenções primárias, seja por conseqüência direta, ou pela interação das intenções com as informações presentes na base de crenças).

O modelo de inferência pode ser pensado como um conjunto de regras de inferência. Cada uma das regras modela um tipo de inferência ou mecanismo de aprendizagem disponível para o agente, podendo atuar tanto sobre a base de crenças como sobre a base de motivações. No primeiro caso (que é o mais comum), tem-se a transformação do conhecimento que o agente possui do domínio. No segundo caso, tem-se a representação da criação/alteração de planos e modificação das intenções. É interessante notar, no entanto, que esta arquitetura gera um terceiro caso: as regras de transformação se aplicam sobre o próprio modelo de inferência. Desta forma, seria possível modelar agentes com sofisticadas capacidades de auto-modificação (meta-raciocínio).

A metodologia apresentada neste trabalho propõe um modelo de estudante que agrega algumas características do modelo de estereótipo, uma vez que, estabelece, pela análise das características dos estudantes, qual estratégia pedagógica deve ser utilizada e qual a proporção de mídias de cada tipo deve ser apresentada na interface. O modelo de estudante também possui características do modelo diferencial, pois analisa as respostas do estudante e as compara com as soluções do especialista para verificar o conhecimento que o estudante adquiriu. Esta análise resulta nos *feedbacks* que serão apresentados ao estudante. Características do modelo de inferência também são utilizadas na modelagem dos agentes de estratégia pedagógica, no que se refere às regras do sistema especialista que estes utilizam para tomada de decisão.

#### 2.2.2.4 Interface Gráfica com o Usuário

A interface gráfica com o usuário controla o fluxo de informações entre o sistema e o aluno, apresentando o conteúdo do curso e as intervenções do tutor de uma maneira apropriada.

Alguns aspectos que devem ser observados numa interface são (LUCENA; LIESENBERG, 2002):

- escolha de uma linguagem adequada de comunicação de informações vindas tanto do sistema quanto do estudante;
- escolha dos elementos de interface;
- facilidade de uso; e
- identificação do usuário (login e senha).

A grande variedade de formas e meios de apresentação existentes faz com que a interface seja uma das vantagens do uso da computação aplicada ao ensino. Desde a hipermídia e a multimídia até a Realidade Virtual, existe uma grande gama de possibilidades para fazer interfaces ergonômicas, amigáveis, eficientes e atrativas para os estudantes. No entanto, os custos de implementação são ainda altos, devendo ser observado um compromisso “custo x benefício” da interface.

### **2.3 Um Estudo Sobre Interfaces e Interfaces Inteligentes nos STI**

Para que dois elementos, homem e máquina, trabalhem em conjunto, é necessária uma conexão. A responsável por esta ponte no ambiente computacional é a interface. As interfaces são utilizadas constantemente e estão presentes em diversas áreas

computacionais, inclusive nos STI, tornando-se de fundamental importância por ser esta a responsável pelo contato com o aluno, motivando ou não este a continuar os seus estudos.

Nos STI, as interfaces também são consideradas importantes sendo uma das barreiras a serem transpostas para que estes alcancem popularidade no mercado tanto quanto os sistemas interativos.

### **2.3.1 Interfaces**

A interface de um sistema consiste na ligação entre o usuário e o computador, sendo através dela que o usuário pode interagir com os sistemas existentes. Heemann (1997) destaca que uma característica importante de qualquer sistema é a interface entre o usuário e o computador, conhecida como interface humano-computador.

Quando o conceito de interface começou a aparecer ele era entendido como o hardware e o software através dos quais um humano e um computador podiam se comunicar. Segundo Baranauskas (1999), o conceito inclui também aspectos perceptuais, motores, viso-motores e cognitivos do usuário que devem ser levados em consideração durante o processo de desenvolvimento das mesmas.

Para Lucena e Liesenberg (2002), a interface é responsável pelo mapeamento das ações do usuário sobre dispositivos de entrada em pedidos de processamento fornecidos pela aplicação, e pela apresentação em forma adequada dos resultados produzidos.

Ribeiro (1998) destaca que a interface não se refere somente aos aspectos gráficos da camada imediatamente visível pelo usuário na tela do computador, mas também dos objetivos de interação e do próprio usuário. De forma mais completa, o autor define que a interface é a zona de comunicação em que se realiza a interação entre o usuário e o programa. Nela estão contidos os tipos de mensagens compreensíveis pelos usuários (verbais, icônicas, pictóricas ou sonoras) e pelo programa (verbais, gráficas, sinais elétricos e outras), os dispositivos de entrada e saída de dados que estão disponíveis para a troca de mensagens (teclado, mouse, tela do monitor, microfone) e ainda as zonas de comunicação habilitadas em cada dispositivo (as teclas no teclado, os menus no monitor, barras de tarefas, área de trabalho).

As interfaces são um importante veículo de comunicação. O desenvolvimento tecnológico permite que, cada vez mais, um número maior de possibilidades seja abordado na interface, permitindo diversas formas de expressão: com textos, imagens, sons, combinações de cores, entre outras. Cada vez mais, estão sendo pesquisadas e testadas

maneiras de comunicação entre humano e computador, nesta linha pode-se citar o trabalho e resultados obtidos por Litman e Forbes-Riley (2006).

A importância da escolha da interface mais adequada pode garantir o sucesso ou não de um projeto. Cada vez mais, o usuário exige interfaces amigáveis e que lhe solicite o menor esforço para compreensão do ambiente. Desta forma, alguns aspectos devem ser observados: escolha de uma linguagem adequada de comunicação de informações oriundas tanto do sistema quanto do usuário, escolha dos seus elementos, facilidade de uso e identificação do usuário (login e senha).

A evolução das interfaces tem aprimorado o uso de técnicas específicas que permitem incorporar inteligência a elas. As interfaces inteligentes buscam facilitar a utilização dos sistemas se aproximando mais das necessidades dos usuários, conforme pode ser observado no item a seguir.

### **2.3.2 Interfaces Inteligentes**

Assim como os sistemas tendem a utilizar mecanismos inteligente para permitir maior interatividade com os usuários, as interfaces adotam esta concepção, no que se convencionou chamar de interfaces inteligentes.

Conforme Sá e Souza (2002), a interface inteligente é um tipo de interface usada nos Sistemas Adaptativos (SA). A interface com característica "inteligente" adapta-se às necessidades de diferentes usuários, aprende novos conceitos e técnicas, antecipa-se às necessidades dos usuários, toma a iniciativa de fazer sugestões aos usuários e dá explicação das suas ações.

Sendo assim, Waern (2002) afirma que para uma interface ser considerada inteligente deve conter mais de um tipo de técnica inteligente, portanto, segue abaixo uma lista de técnicas que, atualmente, estão sendo aplicadas em interfaces inteligentes:

- Adaptatividade ao Usuário: técnicas que permitem que a interação do usuário com o sistema seja adaptável para diferentes usuários e usada em diferentes situações;
- Modelagem do Usuário: técnicas que permitem um sistema manter o conhecimento sobre o usuário;
- Tecnologia de Linguagem Natural: técnicas que permitem um sistema interpretar ou gerar modos de fala em linguagem natural em texto ou em discurso;

- Modelagem do Diálogo: técnicas que permitem um sistema manter um diálogo em linguagem natural com um usuário, possivelmente, em combinação com outra interação (diálogo multimodal);
- Geração de Explicação: técnicas que permitem um sistema explicar seus resultados para o usuário.

A área de interfaces inteligentes é um dos assuntos de pesquisa mais heterogêneos no que se refere aos computadores. O próprio termo é tão amplo que os pesquisadores da área realizam, freqüentemente, levantamentos em artigos que têm sido escritos sobre tutores inteligentes, interfaces adaptativas e diálogo multimodal, e observam que em nenhuma dessas áreas esse tema é referenciado especificamente.

### **2.3.3 A Diferença entre Interfaces e Interfaces Inteligentes**

Pode-se dar início a este item relatando que conforme Waern (2002), um sistema inteligente nem sempre apresenta uma interface inteligente, pois a sua inteligência não se manifesta, necessariamente, em uma interface de usuário. Ainda, pode-se afirmar que algumas "boas" interfaces não podem ser consideradas inteligentes apesar de esta afirmação estar longe de ser simples. Existem muitas interfaces consideradas inteligentes em virtude de o sistema manter um diálogo humano com o usuário, como por exemplo, a interface PUSH.

No caso da interface PUSH, utiliza-se um hipertexto que se adapta a tarefa atual do usuário e o sistema é controlado, principalmente, através de manipulação direta, mas a saída consiste em um texto onde certas partes são "invisíveis", pois apenas serão exibidas as partes que são mais relevantes ao usuário na tarefa que estiver realizando. Sendo assim, observa-se que esta forma passiva não imita de jeito nenhum o comportamento humano.

Conforme o item anterior, pode-se dizer, de forma geral, que a visão de interface inteligente como imitação do comportamento humano não é tão restrita e, para reforçar esta afirmação, Waern (2002) relata que uma interface inteligente, mesmo não mantendo, necessariamente, um modelo de estudante, adapta-se a ele.

### **2.3.4 Projeto de Interfaces**

Segundo Lucena e Liesenberg (2002), definir o projeto de uma interface não é uma tarefa simples. Em essência, projeto é a descrição de um objeto a partir do qual ele pode ser construído. Ou ainda, um planejamento de uma construção.

A construção de interfaces ainda não possui um padrão de desenvolvimento sistemático que possa ser aplicado com sucesso garantido. É uma necessidade definir uma interface com a qual o usuário irá interagir e, paulatinamente, refinar esta definição por meio de uma avaliação de protótipos/modelos formais até a obtenção de um projeto.

Conforme Lucena e Liesenberg (2002), a implementação pode ainda revelar dificuldades que não foram, adequadamente, contempladas no projeto e, neste caso, novamente o projeto é realimentado com novos dados, modificado e a implementação tem prosseguimento. A avaliação e interação são também características no ciclo de vida de um projeto.

### **2.3.5 Considerações de Design para Interfaces Inteligentes**

A interface inteligente pretende ser construída para se adaptar às maneiras de pensamento do usuário e para ir além da compreensão de como o ser humano pensa. No entanto, as origens das pesquisas em design para interfaces inteligentes falham, principalmente, na psicologia cognitiva - a teoria através do ser humano.

Conforme Waern (2002), alguns dos primeiros modelos de cognição humana na interação com interfaces de computador foram analisados, como por exemplo, o GOMS que pode ser usado para estimar a cognição presente nos usuários nas tarefas de rotina da interface. Porém, este modelo pode ser usado apenas para uma análise em nível de detalhe muito baixo e provê pequenos *insights* no que diz respeito a um design apropriado de uma interface.

No que concerne aos princípios de transparência e controle, em geral, uma interface deve permitir o usuário inspecionar a funcionalidade de um sistema para que seja hábil no controle e correção do mesmo. A inspeção é importante porque permite que o usuário confie no sistema. Um sistema inteligente, por exemplo, precisa ser hábil para produzir uma explicação do porquê certa ação foi sugerida.

Outra consideração importante observada por Waern (2002), é que interfaces inteligentes podem prover adaptações passivas e ativas para as necessidades dos usuários e podem requerer diferentes metáforas de interação para ser compreendida pelo usuário. Quando a metáfora de interação é de manipulação direta, o sistema deve comportar pouca passividade (*prompts* adaptativos) e se a metáfora for por gerenciamento indireto, o sistema deve tomar a iniciativa, fazendo sugestões ativas. E, isso pode ser convertido por

meio de um "agente de interface" que será percebido pelo usuário como um parceiro de conversa, ao invés de uma ferramenta útil.

Segundo Sá e Souza (2002), na construção de um STI, quando o estudante acessa o sistema, o tutor deve ter uma forma de identificá-lo unicamente e a comunicação entre o sistema e o usuário é feita através da interface inteligente. Dessa forma, se for a primeira vez do usuário no sistema, este geralmente apresenta um pré-teste, para que possa ter as informações necessárias para inicializar o modelo do estudante.

O sistema também deve apresentar um questionário ao aluno, pedindo que este entre com informações a seu respeito, como *background*, formação, conhecimento prévio e outros.

### **2.3.6 Síntese**

A área de pesquisa é interdisciplinar e os esforços devem dirigir-se ao objetivo de desenvolver novos princípios de interação para aperfeiçoar o diálogo homem-máquina. Há mais de uma década descrevia-se a influência das interfaces no sucesso de sistemas interativos. Aprender a usá-los, geralmente, implica em investimento razoável de tempo. Uma boa interface torna a interação com o sistema mais fácil de aprender e usar, isto é, amigável (*user-friendly*). Em outras palavras, a interface pode influir na produtividade do usuário, que muitas vezes prefere um sistema com poucos recursos e pouca eficiência do ponto de vista computacional, mas que possua uma interface de fácil utilização (LUCENA; LIESENBERG, 2002).

Como se pode perceber nos estudos dos artigos analisados, há muito que se pesquisar nesta área. Também se pode perceber a falta de uma explicação clara de como a arquitetura das interfaces inteligentes é construída.

## **2.4 Estratégias Pedagógicas em Sistemas Tutores Inteligentes**

Os STI, como visto anteriormente, são softwares que se propõem a auxiliar estudantes a aprender e assimilar um determinado assunto. Para que isso seja possível, um dos pontos básicos a ser cuidadosamente planejado quando se pretende desenvolver um software desse tipo é o modelo do tutor. Este é o módulo responsável pelas estratégias pedagógicas, que determinam o que será ministrado ao aluno em cada etapa do sistema.

Os paradigmas pedagógicos são a forma de conceber o que acontece durante o processo de ensino-aprendizado. Eles definem termos como compreensão, conhecimento,



ensino e aprendizado. Segundo a forma de entender o aprendizado, os diferentes paradigmas tentam estabelecer condições e etapas necessárias para que esse processo se realize adequadamente. Estas condições e etapas determinam as estratégias pedagógicas. Desta forma, cada paradigma está associado a uma estratégia pedagógica que indica como organizar os ambientes de aprendizagem.

As táticas pedagógicas, por sua vez, são as ações específicas que, dentro de uma estratégia determinada, permitem materializar o processo de ensino-aprendizagem. Hoje, os paradigmas pedagógicos seguem em plena evolução, já que nenhum satisfaz plenamente todas as facetas deste processo complexo (CURILEM et al, 2000). Em virtude desta evolução constante esta sendo proposto neste trabalho uma metodologia que permite o uso de diversas estratégias pedagógicas em paralelo, facilitando o desenvolvimento de soluções que atendam as diversas possibilidades pedagógicas disponíveis ou necessárias. Será discutido brevemente na seqüência duas teorias, que nortearam o desenvolvimento deste trabalho, estas teorias são a cognitivista que serviu como inspiração para a definição das estratégias pedagógicas e a teoria das inteligências múltiplas que é utilizada na adaptação da interface com o usuário.

#### **2.4.1 Teoria Cognitivista**

O cognitivismo permitiu o desenvolvimento dos sistemas de ensino programados, no qual o aluno deve seguir uma seqüência pré-definida de tópicos e atividades. A matéria a ensinar é dividida em unidades elementares, cada uma das quais está associada a uma atividade do aluno. Se ele acerta as avaliações ao final das atividades, ele é conduzido a unidades específicas, caso contrário ele deve voltar para outras unidades. O controle sobre a seqüência de atividades do aluno é totalmente pré-estabelecido. Aqui o aluno é um indivíduo passivo no que se refere à seleção das atividades, e recebe conhecimentos já adquiridos e processados pelo professor ou tutor. Ele é conduzido pelas atividades e é o tutor quem decide o que, como e quando ele deve aprender (CURILEM, 2002).

Estudos desta teoria (GAGNE et al, 1988) propõem também o ensino e aprendizagem considerando tanto os processos internos, ao nível do sistema nervoso central, como os processos externos provocados pelo ambiente, e que num contexto de ensino, devem apoiar os processos internos e sustentar o aprendizado. Os programas realizados segundo estas teorias são muito bem estruturados quando seguem a seqüência definida por Gagné et al (1998) que decompõe em fases o processo de aprendizado,

conforme apresentado na Tabela 1. Estas fases definem os processos internos que ocorrem no momento da aprendizagem e os elementos externos e ambientais que devem apoiar os processos internos.

Tabela 1: Eventos internos e externos das fases da instrução.

<b>Fase</b>	<b>Evento Interno</b>	<b>Evento Externo (Ambiente Propício)</b>
<b>Motivação</b>	Expectativa	Apelar ao interesse: salientar a importância do tema que vai ser apresentado e as possibilidades que ele abre para o aluno. Fornece materiais de apoio como depoimentos, vídeos, história e contexto do problema que se deseja ensinar.
<b>Apreensão</b>	Atenção e percepção seletiva	Dirigir a atenção: utilizar diversos recursos multimídia para salientar as idéias, informações ou conhecimentos que são fundamentais para a compreensão do tema. Os recursos devem ser adequados ao aluno.
<b>Aquisição</b>	Codificação	Estimular a rememoração e orientar a aprendizagem: oferecer exemplos, exercícios e outras atividades que permitam manipular o tema e relacioná-lo com os conhecimentos que lhe são requisito.
<b>Retenção</b>	Armazenamento	Propiciar a reflexão: mediante perguntas, exercícios, exemplos, oferecer ao aluno a possibilidade de refletir sobre o tema específico, oferecer links com temas relacionados, ambientes de simulação de tipo exploratórios, etc.
<b>Memorização</b>	Recuperação	Intensificar a memorização: utilizar diversos meios (visual, auditivo, exemplos, etc) para facilitar a memorização do tema. Repetir algumas idéias importantes em diversas atividades
<b>Generalização</b>	Generalização	Aplicação a novos contextos: propiciar a recuperação do aprendido e sua aplicação a novos contextos, tentando integrar o tema com outros já adquiridos. Resolução de problemas, Navegação entre os conteúdos.
<b>Desempenho</b>	Aplicação	Modificação do Comportamento: Oferecer experiências em ambientes próximos à realidade, onde o aluno possa aplicar o que ele aprendeu.
<b>Retro-alimentação</b>	Reforço	Estímulo: Implementar o estímulo positivo quando for detectada uma aprendizagem efetiva do tema.

Fonte: CURILEM, 2002.

A estratégia pedagógica está muito bem definida e estrutura os ambientes e as etapas que permitem organizar o processo de ensino-aprendizagem. Se seguidos os requisitos da estratégia, esta teoria considera que a possibilidade de aprendizado é quase certa. Na teoria cognitivista, são considerados tanto os processos internos, como os processos externos de aprendizagem, estes como forma de apoiar e sustentar o aprendizado, que deverá ser realizado através de um programa bem estruturado, no qual o tutor decide o que, como e quando o aluno deverá aprender.

### 2.4.2 Inteligências Múltiplas

Foi muito comum nas décadas passadas a aplicação dos chamados testes de QI (quociente de inteligência) nos processos de admissão de funcionários em empresas e, até mesmo,

para separar estudantes em escolas. Esses testes eram basicamente testes lógico-matemáticos e de linguagem, e verificavam apenas o desenvolvimento destas capacidades nas pessoas. Estudos mais recentes apresentam uma visão de inteligência que analisa os processos mentais e o potencial humano a partir do desempenho das pessoas em diferentes campos do saber.

Para romper com a idéia de que o QI é uma medida única e incontestável da capacidade de aprendizado das pessoas, Howard Gardner propôs a teoria das inteligências múltiplas, como uma alternativa para o conceito de inteligência vista como uma capacidade inata e única que permite uma performance maior ou menor em qualquer área de atuação (GARDNER, 2001).

Segundo Gardner (2001), os processos de ensino e aprendizado devem levar em conta as inteligências múltiplas, tentando fortalecer e estimular as inteligências que um indivíduo apresenta. Os principais princípios dessa teoria são:

- os indivíduos devem ser encorajados a usar suas inteligências específicas no aprendizado;
- qualquer atividade instrucional deve considerar as diferentes formas de inteligência; e
- qualquer processo de avaliação do aprendizado deve considerar as diferentes formas de inteligência.

Por estas razões, a teoria das inteligências múltiplas deve ser considerada no desenvolvimento de sistemas pedagógico. O desenvolvimento das tecnologias de hipermídia e o aumento da interatividade entre os usuários e o sistema favorecem o desenvolvimento de aplicações que possuam elementos desta teoria e, portanto, que levem em consideração as peculiaridades de cada aluno (DRYDEN; JEANNETTE, 1997) (SUCESSO, 2000).

#### 2.4.2.1 Apresentação das Inteligências Múltiplas

A teoria das inteligências múltiplas sugere que existem diferentes formas de inteligência que cada indivíduo possui em diferentes graus. Nenhuma inteligência é mais relevante que outra, todas têm a mesma relevância (GARDNER, 2001). Inicialmente, a teoria contempla oito inteligências:

- A inteligência lingüística-verbal é a capacidade de se expressar, de pensar e avaliar significados complexos, manipulando a linguagem. Esta seria a principal inteligência

dos poetas, jornalistas e todas as profissões que trabalham com linguagem. Estas pessoas têm facilidade para escutar histórias, poesias e aulas expositivas entre outras.

- A inteligência lógico-matemática é a facilidade de manipular números, conceitos abstratos, calcular, quantificar, considerar proposições e hipóteses e realizar operações matemáticas complexas. Ela é a principal inteligência dos cientistas, engenheiros, contadores, etc. As pessoas com essa inteligência possuem facilidade para raciocinar cientificamente nas disciplinas acadêmicas, na lógica dedutiva e indutiva, com cálculos, probabilidades, geometria e demais áreas afins.
- A inteligência visual-espacial é a capacidade de formar um modelo mental de um mundo espacial e de ser capaz de perceber imagens externas e internas, movimentar objetos através do espaço e produzir ou decodificar informações gráficas. Permite pensar de forma tridimensional. Engenheiros, escultores, cirurgiões têm esta inteligência muito desenvolvida.
- A inteligência musical é a capacidade de se expressar através da música e é a capacidade de grandes compositores. Estas pessoas possuem uma grande sensibilidade para as melodias, ritmos e tons. Compositores, maestros, críticos musicais e fabricantes de instrumentos musicais são exemplos.
- A inteligência corporal-cinestésica é a capacidade de resolver problemas ou elaborar produtos utilizando o corpo ou partes do corpo. É a capacidade de dançarinos, atletas, artistas, mas também cirurgiões, etc.
- A inteligência interpessoal é a capacidade de entender outras pessoas, de criar empatia com elas e de interagir efetivamente com elas. Conhecer o que as motiva, como elas trabalham, como cooperar com elas. Essa inteligência geralmente é mais desenvolvida em professores, terapeutas, políticos, atores, líderes religiosos.
- A inteligência intrapessoal é a capacidade de formar um modelo verídico de si mesmo, e de utilizar esse modelo para se desenvolver ou planejar sua vida. Essa inteligência leva as pessoas a terem consciência das suas reais possibilidades e limitações. Filósofos, psiquiatras, teólogos e pesquisadores de padrões cognitivos são exemplos.
- A inteligência ecológico-naturalista é a capacidade de compreender os sistemas naturais, mas também aqueles criados pelo homem. As pessoas com essa inteligência podem utilizar eficazmente o meio ambiente para se desenvolver, como por exemplo, caçadores, paisagistas, botânicos e ecologistas.

### 2.4.2.2 Modelos de Ensino para as inteligências múltiplas

Diante da identificação das inteligências de um aprendiz, a escolha do estilo de ensino surge como uma consequência e permite a criação dos chamados ambientes inteligentes. Com isso, podem ser reconhecidas e respeitadas as diferenças entre os aprendizes e, assim, criar oportunidades condizentes com as aptidões do aluno (SOUZA et al, 2000a) (CAMPBELL; DICKINSON, 2000). Na Tabela 2, estão descritas algumas características, meios propícios e tecnologias afins para cada inteligência.

Tabela 2: Inteligências Múltiplas e sua influência em processos de aprendizagem.

<b>Inteligência</b>	<b>Ambientes propícios</b>	<b>Tecnologia de apoio</b>
<b>Linguística-Verbal</b>	Discussões; Depoimentos; Contar histórias; Brincar com palavras.	Texto, Fala; Comunicação verbal com outras pessoas (chat) ou com personagens.
<b>Lógico-Matemática</b>	Problemas abertos a serem resolvidos. Prever e verificar resultados lógicos. Proporcionar oportunidades para pesquisa e observação.	Exercícios, Jogos lógicos, quebra-cabeça, Classificação, Analogia, gráficos, códigos. Resolução de problemas.
<b>Visual-Espacial</b>	Estímulos Visuais, Comunicação não verbal. Representações gráficas, fluxogramas, quadros gerais. Mapas conceituais, uso de cores e formas.	Animações, Gráficos, Realidade Virtual.
<b>Musical</b>	Música de fundo. Ortografia musical. Utilizar música como estímulos para memorizar ou chamar a atenção. Transmitir emoções através do som.	CDs musicais, atividades musicais, sons, fala.
<b>Corporal-Cinestésica</b>	Teatro, dramatização. Simulações. Jogos de associação espacial, fluxogramas cinestésicos. Observar movimentos espaciais na tela (se sentir dentro do ambiente).	Teclado, Mouse, movimento da cabeça ou qualquer outra atividade cinestésica. Realidade Virtual, simulações, animações, personagens animadas e vídeos. Navegação livre e Interatividade alta.
<b>Interpessoal</b>	Aprendizagem colaborativa, gerenciamento de conflitos, respeito e compreensão das diferenças. Sensível aos sentimentos de outras pessoas. Solidariedade. Desenvolvimento de perspectivas múltiplas. Educação multicultural: dar a possibilidade de conhecer o problema em outros contextos culturais.	Atividades de trabalho cooperativo. Aprendizagem em grupos. Personagens animadas que interajam emocionalmente com o aprendiz. Fala. Temas que salientem aspectos sociais. Interatividade alta.
<b>Intrapessoal</b>	Propiciar auto-valorização e capacidade de contribuir com os outros. Atmosfera afetiva, democrática que valorize a diversidade cultural. Trabalho por objetivos. Incorporação de sentimentos ao processo. Encontrar propósitos no aprendizado. Desafiar o aluno. Identificar motivações e determinar habilidades para atingir os objetivos da aprendizagem.	Dar liberdade de escolha: uso de hipertexto ou hiperímídia. Elaborar mapas mentais.  Incentivar a procura de parceiros com motivações ou personalidades similares.
<b>Ecológico-Naturalista</b>	Permitir observar, relacionar, classificar, integrar, comunicar percepções do mundo. Propiciar a pesquisa, facilitar a observação, experimentar hipóteses, explorar os ambientes.	Facilitar a pesquisa, construir e analisar. Usar Bases de dados. Oferecer exemplos e cenário de natureza. Navegação Livre.

Fonte: CURILEM, 2002.

O modelo das inteligências múltiplas visa respeitar a individualidade e, com isso, obter o máximo de resultado no processo de aprendizagem (GARDNER, 2001). A identificação das inteligências pode ser feita por meio de testes que verifiquem as características do aprendiz, enquadrando estas às inteligências múltiplas de Gardner correspondentes (ANTUNES, 2001).

## 2.5 Agentes

Neste item são discutidos aspectos referentes tanto à teoria quanto à implementação de agentes. Como não é objetivo deste discutir ou apresentar definições formais do tema, pretende-se descrever o que são e como se comportam os agentes, ou, ainda, o que é necessário para caracterizar um agente.

Pode-se dizer que agentes são entidades autônomas (no contexto deste trabalho, apenas programas/software) especialistas na execução de uma determinada tarefa, geralmente, disparada pela percepção do ambiente onde o agente se encontra, tomando decisões sobre as informações obtidas do ambiente, que resulta na execução da tarefa ao qual o agente se propõe (YANG et al, 2007).

Os agentes de software podem ser desenvolvidos com ou sem o auxílio de técnicas de IA. O comportamento passivo foi atribuído àqueles agentes que não possuem autonomia e não utilizam técnicas de IA. Desta forma, assemelham-se a simples programas e são construídos através de instruções (AHMED et al, 2007).

Por sua vez, os agentes de software desenvolvidos com o auxílio de técnicas de IA podem ser ativos ou autônomos. Os agentes ativos são desenvolvidos com o auxílio de heurísticas. Servem para definir regras de produção ou redes neurais artificiais para auxiliar na solução dos problemas, conhecidos como sistemas de raciocínio lógico e fazem parte da IAS (inteligência artificial simbólica). Assemelham-se aos sistemas especialistas e não possuem autonomia. Os agentes autônomos são desenvolvidos com auxílio de técnicas baseadas em casos (exemplos), tais como redes neurais artificiais e raciocínio baseado em casos. A Figura 4 apresenta graficamente essa teoria (FRANCESCHI et al, 2002).

Para que possa agir de maneira autônoma, os agentes podem ter várias habilidades: percepção e interpretação de mensagens, raciocínio baseado em crenças, tomada de decisão, planejamento, e habilidade para executar planos, incluindo passagem de mensagens (JENNINGS, 2000) (JENNINGS, 1996). Jennings categoriza os agentes quanto ao nível de capacidade de resolução de problemas:

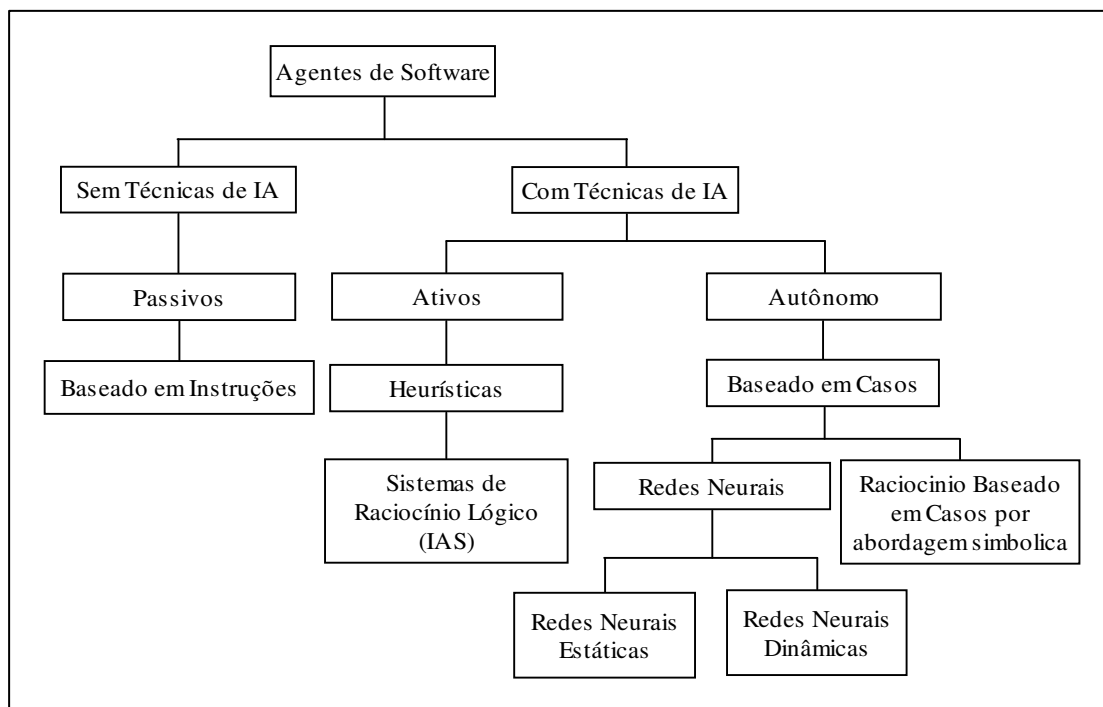


Figura 4: Paradigma de Agentes  
Fonte: FRANCESCHI et al, 2002.

- Reativos: reagem a alterações no ambiente ou a mensagens de outros agentes. Não têm capacidade de raciocínio sobre suas intenções, reagindo tão somente sobre regras e planos estereotipados. Suas ações podem ser: atualizar a base de fatos e enviar mensagens para outros agentes ou para o ambiente;
- Cognitivos: têm a habilidade de raciocínio sobre suas intenções e crenças, e criar e executar planos de ações. São considerados como sistemas de planejamento, selecionando objetivos - de acordo com suas motivações - e raciocinar sobre estes - detecção e resolução de conflitos e coincidências de objetivos, selecionar e criar planos (agendamento de ações), detecção de conflitos entre planos (alocação de recursos), e, se necessário, executar e revisar planos. Esta categoria também pode ser chamada de Intencional, Racional e Deliberativa; e
- Sociais: agentes intencionais são considerados sociais quando possui modelos de outros agentes, sobre os quais raciocina para tomar decisões e criar planos.

Um programa para ser caracterizado como agente deve possuir algumas características fundamentais (HUHNS; SINGH, 1997 e 1999):

- Autonomia de Decisão: capacidade do agente em analisar e resolver uma situação, visando alcançar seus objetivos;
- Autonomia de Execução: capacidade de operar no ambiente sem intervenção externa;

- Competência para Decidir: capacidade de configurar sua atuação sem intervenção externa; e
- Existência de uma Agenda Própria: capacidade de criar uma agenda de objetivos que caracterizem suas metas.

Os agentes ainda podem ter outros atributos tais como (GARCIA; SICHMAN, 2003):

- Adaptabilidade: capacidade de adaptação do agente aos processos de decisão que se apresentem a ele;
- Ambiente de Atuação: define onde o agente irá atuar, se localmente ou na Internet;
- Comunicabilidade: capacidade de interagir com outros agentes computacionais para atingir suas metas;
- Interatividade com o Usuário: capacidade de interagir com o usuário, reagindo a possíveis falhas de comunicação de forma aceitável;
- Mobilidade: capacidade de se deslocar e ser executado em outras plataformas;
- Personalidade: capacidade de se personificar, utilizando recursos que lembrem características humanas (emoções, por exemplo); e
- Reatividade: capacidade de reagir às mudanças do ambiente a partir do conhecimento de um contexto conhecido.

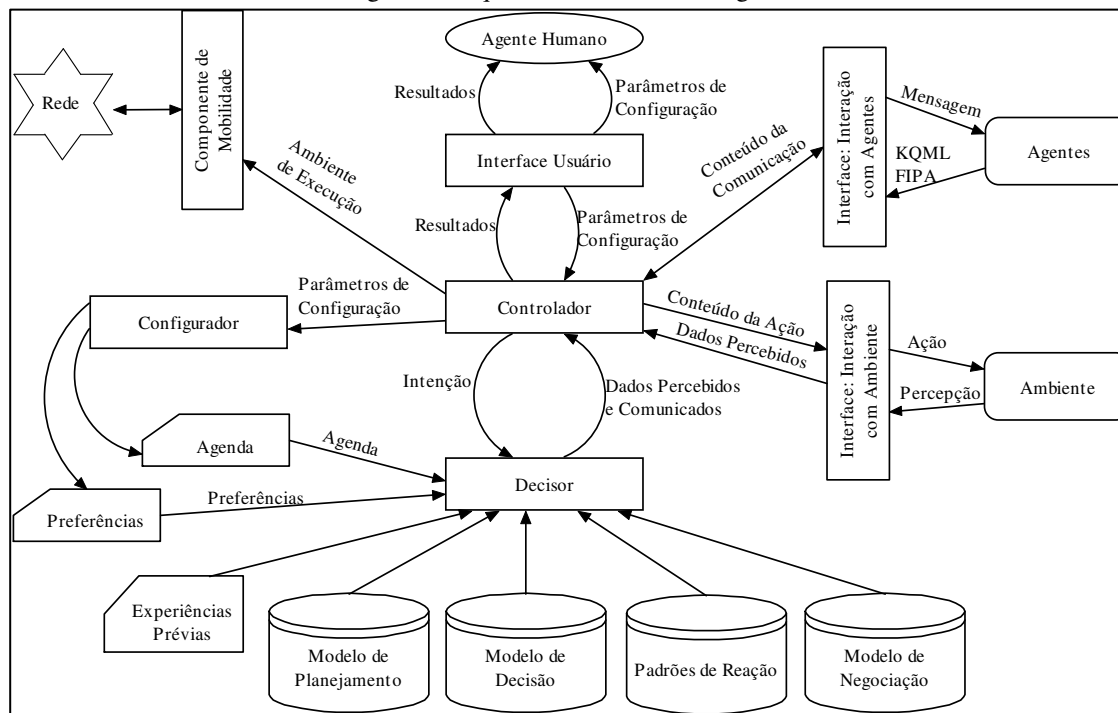
### 2.5.1 Arquitetura Geral de um Agente

Um agente deve possuir mecanismos de decisão que permitam escolher como atuar, entre as possibilidades armazenadas (agenda) para ele, num determinado perfil de atuação e num ambiente de atuação, o que define o seu modo de operação. Este modo de operação pode ser puramente reativo (identificada uma situação é tomada uma determinada ação), ou mais elaborado (baseado num modelo de decisão e num planejador de ações).

O agente também deve saber planejar a seqüência de ações que levem ao seu objetivo. Existe uma variedade de modelos de planejamento: *strips*, *nonlin*, *abstrips* e *noah*. (GARCIA; SICHMAN, 2003). Todos modelam o mundo em termos de estados, possuindo dois estados especiais, o estado inicial e o estado objetivo, além de um conjunto de operadores que permitem a mudança de estado. A arquitetura geral de um agente pode ser observada visualmente na Figura 5 (GARCIA; SICHMAN, 2003).



Figura 5: Arquitetura Geral de um Agente.



Fonte: GARCIA; SICHMAN, 2003.

Outros componentes que não são de raciocínio, também podem fazer parte dos agentes, especificando melhor os detalhes de implementação deles. A seguir tem-se a descrição desses componentes:

- **Controlador:** é importante em agentes cognitivos, para determinar a ordem de ativação de seus processos internos;
- **Configurador de performance:** permite que sejam configurados a agenda de objetivos, o modo de atuação, as preferências e as restrições. Estas configurações podem ser alteradas pelo usuário, por agentes externos ou pelo próprio agente;
- **Interface com o usuário:** agentes que representam usuários no desenvolvimento de alguma atividade necessitam interagir com ele para entender a tarefa a ser executada e apresentar os resultados a serem avaliados;
- **Interface com outros agentes:** essa interface é necessária quando os agentes atuam em comunidade, cooperando ou competindo com outros agentes. Para tal, é necessário definir uma linguagem de comunicação entre os agentes;
- **Interface com o ambiente:** o agente deve ser capaz de perceber mudanças e atuar sobre um ambiente (onde ele está inserido); e

- Componente de mobilidade: importante em agentes móveis, para permitir que o mesmo possa sobreviver fora de seu habitat. Ele pode mover-se e ser executado em outras plataformas quando necessário.

## **2.6 Inteligência Artificial Distribuída**

A Inteligência Artificial Distribuída (IAD) pode ser dividida em duas grandes áreas, de acordo com o modelo usado para projetar a sociedade de agentes, Resolução Distribuída de Problemas (RDP) e Sistemas Multiagentes (SMA) (BOND e GASSER, 1988).

Em qualquer um dos casos, usa-se a designação agente para as entidades que participam das atividades de solução de problemas. A diferença pode ser observada pela autonomia desses agentes. Um agente é uma entidade autônoma que funciona de um modo contínuo em um ambiente formado por vários processos. Como esses agentes são autônomos, não haverá intervenção humana contínua em seu processamento. Além disso, esse agente deve possuir autodeterminação em relação ao meio ambiente em que vive, que é real e dinâmico (SICHTMAN; ALVARES, 1997).

### **2.6.1 Resolução Distribuída de Problemas**

A Resolução Distribuída de Problemas (RDP) aborda como a atividade de se resolver um problema particular pode ser dividida entre um número de módulos ou nodos que cooperam no sentido de se dividir e compartilhar conhecimento acerca do problema e sobre o desenvolvimento da sua solução. Nesse enfoque, os agentes são construídos para resolver o problema em particular (GARCIA; SICHTMAN, 2003).

Apesar de existirem estados globais identificáveis e um objetivo para a resolução do problema, cada agente possui apenas uma visão parcial e inexata, sendo que cada um tenta reconhecer, prever e influenciar o estado global de forma tal que sua visão local dos objetivos seja satisfeita.

A motivação inicial da RDP é que existe um problema inicial e preciso a ser resolvido. A estratégia de resolução apresenta as seguintes características (SICHTMAN, 1995):

- o problema é resolvido por um conjunto de agentes, fisicamente distribuídos em diversas máquinas conectadas via rede. Esses agentes são concebidos para solucionar um determinado problema particular;

- uma organização é concebida para restringir o comportamento destes agentes, que, geralmente, é definida durante a fase de concepção do sistema;
- a interação entre os agentes é realizada seja por troca de mensagens, seja por meio do compartilhamento de dados comuns. A estrutura destas trocas é, geralmente, definida durante a fase de concepção do sistema, sendo intimamente relacionada ao modelo algorítmico subjacente (como por exemplo, o quadro-negro) e ao problema que o sistema deve resolver;
- os agentes são executados de modo concorrente, para aumentar a velocidade de resolução;
- os agentes cooperam, dividindo entre si as diversas partes do problema original (sub-problemas, tarefas), ou podem até mesmo aplicar diferentes estratégias de resolução para uma mesma tarefa; e
- existe a noção de um controle global, na maior parte dos casos, implícito nos agentes, que garante um comportamento global coerente do sistema, conforme a organização inicialmente prevista. Tal controle pode ser implementado quer de modo centralizado (pela criação de um agente responsável pela gerência do sistema), quer de modo distribuído (pela criação de agentes auto-controlados).

O projeto de um sistema RDP é realizado por um projetista que, primeiramente, realiza uma análise do problema a ser resolvido e então, identifica os agentes necessários para a solução desse problema. Desta maneira, a tarefa de resolução será decomposta entre os vários agentes, buscando melhorar o processamento do sistema através da execução paralela. A Figura 6 apresenta graficamente todo esse processo (SICHTMAN, 1995):

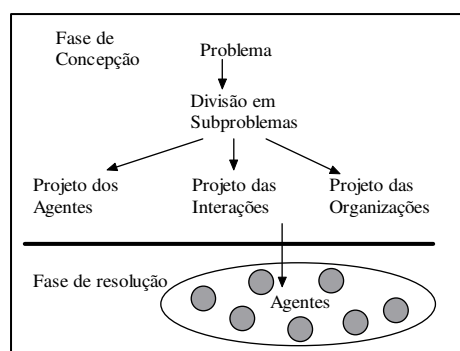


Figura 6: A abordagem RDP  
Fonte: SICHTMAN, 1995.

## 2.6.2 Sistemas Multiagentes

A fundamentação dos sistemas multiagentes (SMA) é baseada na interação social de indivíduos que convivem entre si e interagem mutuamente para alcançar objetivos comuns e individuais. Para tal, um agente é concebido como um indivíduo autônomo, com funções que lhe são inerentes para o desempenho de suas funções e o alcance dos seus objetivos (SICHTMAN, 1995). A Figura 7 apresenta graficamente a abordagem SMA.

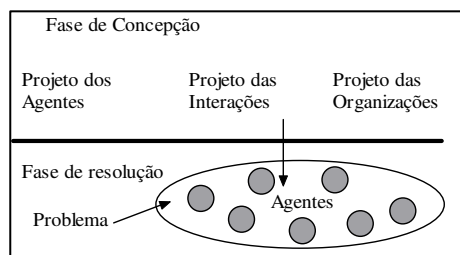


Figura 7: A abordagem SMA  
Fonte: SICHTMAN, 1995.

Estes agentes, no entanto, dividem um mundo comum, e cada um possui diferentes objetivos e pontos de vista, gerando, muitas vezes, alguns conflitos. Estes conflitos são negociados e resolvidos entre os agentes, e eles, por sua vez, devem estar comprometidos com um plano conjunto.

Para que uma sociedade de agentes atinja objetivos comuns, deve ser constituída por elementos capazes de desempenhar as seguintes funções (MORA, 2002):

- **Cooperação:** agentes recebem problemas com certo nível de abstração. Cada agente deve, então, decompor o problema em subproblemas que lhes digam respeito e que possam lidar, de acordo com os recursos e os conhecimentos que possui ou que possa buscar com outros agentes;
- **Conflitos:** podem ocorrer conflitos, quando agentes cooperam entre si para resolver um problema, como resultado de um conhecimento incompleto, de objetivos ou prioridades diferentes, de critérios de avaliação ou contenção de recursos. Os conflitos devem ser vistos como um aspecto positivo do processo de resolução conjunta de problemas, sua resolução envolve interação entre os agentes, o que provoca robustez, abrangência e equilíbrio na solução do problema;
- **Negociação:** a necessidade de negociação pode ser detectada a partir de um conflito entre planos e objetivos de diferentes agentes. O propósito da negociação é resolver o conflito de modo que um plano conjunto para os agentes em conflito seja executado. A

negociação é um processo interativo em que agentes fazem concessões mútuas ou apelam pela coordenação de outro agente;

- Comprometimento: pode ser concebido como um conjunto de objetivos persistentes e comuns à sociedade de agentes. Um grupo de agentes está, via de regra, comprometido com um objetivo comum até que um agente do grupo atinja este objetivo, acredite que o objetivo nunca possa ser atingido ou acredite que a motivação para atingir tal objetivo não seja mais válida;
- Interação: para resolver problemas, os agentes geram planos, estática ou dinamicamente. Os planos guiam as atividades e as ações que devem ser realizadas pelos agentes, as quais podem ser seqüências, idênticas ou simultâneas. Muitos agentes podem engajar-se em atividades separadas, porém integradas, por um determinado período, devendo para isto interagir mutuamente a fim de realizar ações conjuntas, competir por recursos, ou ainda, dividir recursos; e
- Comunicação: os agentes devem comunicar-se, mutuamente, para poder interagir. A comunicação pode se dar em diferentes níveis. Para interagirem, agentes devem estar habilitados a participar em um diálogo, seja de forma ativa, passiva ou ambas. Algumas vezes um conhecimento a ser usado não localmente deve ser representado e reinterpretado de forma diferente, gerando a necessidade de protocolos de comunicação entre agentes.

Os SMA podem ainda ser subdivididos em duas abordagens principais: Sistemas Multiagentes Cognitivos (SMAC), cuja característica principal é a existência de uma forma explícita de representação de conhecimento e Sistemas Multiagentes Reativos (SMAR), cuja ênfase principal é no comportamento, sem uma preocupação maior com a representação do conhecimento.

#### 2.6.2.1 Sistemas Multiagentes Cognitivos

Os agentes cognitivos possuem um estado mental e funcionam racionalmente, isto é, raciocinam para construir um plano de ações que leva a um objetivo pretendido, conforme apresentado na Figura 8 (DEMAZEAU; MÜLLER, 1990).

Os agentes são visualizados como sistemas intencionais, isto é, possuem estados mentais de informação e manipulam o conhecimento. Nos estados mentais estão as seguintes características: crenças, conhecimento, desejos, intenções, obrigações etc. Estes estados mentais são representados internamente nos agentes. Estes agentes também são

ditos sociais porque, além de manipular o seu conhecimento, eles conhecem as crenças, objetivos e motivações dos elementos que os cercam.

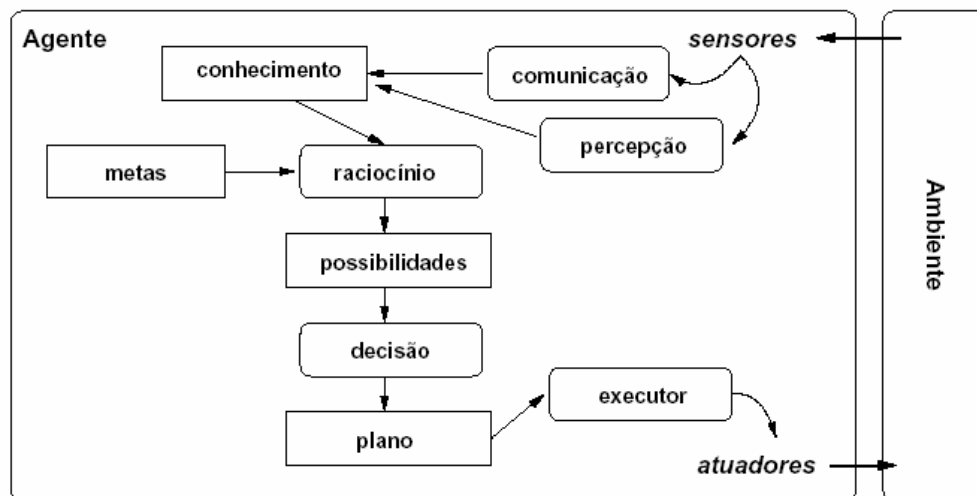


Figura 8: Agente Cognitivo.  
Fonte: DEMAZEAU e MÜLLER, 1990.

Para formar um grupo social unindo um conjunto de agentes deliberativos, é necessário que algumas questões sejam tratadas. São elas (HÜBNER, 2003):

- Organização: diz respeito a como os agentes interagem entre si, e qual o tipo de organização que eles adotam;
- Cooperação: quando um agente não estiver capacitado para realizar sozinho uma tarefa pessoal, ele deve cooperar com outros agentes. Esta cooperação deve ocorrer ainda quando outros agentes podem executar mais eficientemente a mesma tarefa;
- Negociação: como é realizada a negociação entre os agentes, dividindo a execução das tarefas, de maneira que seja mais organizada e fazendo uso das capacidades e conhecimentos dos agentes; e
- Comunicação: como os agentes se comunicam e qual o protocolo de comunicação que é utilizado na interação entre estes agentes.

Os SMAC são baseados em modelos organizacionais humanos, como grupos, hierarquias e mercados. As principais características dos agentes cognitivos são as seguintes (FERBER; JACOPIN, 1991):

- mantêm uma representação explícita de seu ambiente e dos outros agentes da sociedade;
- podem manter um histórico das interações e ações passadas, isto é, têm memória do passado;

- a comunicação entre os agentes é feita de modo direto, através do envio e recebimento de mensagens;
- seu mecanismo de controle é deliberativo, ou seja, tais agentes raciocinam e decidem sobre quais objetivos devem alcançar, que planos seguir e quais ações devem ser executadas num determinado momento;
- seu modelo de organização é baseado em modelos sociológicos, como as organizações humanas; e
- uma sociedade contém, tipicamente, poucos agentes, na ordem de uma dezena.

### 2.6.2.2 Sistemas Multiagentes Reativos

Os agentes reativos têm um comportamento muito simples escolhendo suas ações baseadas unicamente nas percepções que têm do ambiente em que estão inseridos. Neste contexto, eles apresentam, em geral, as seguintes propriedades: possui representação de conhecimento implícita no código; por não possuir memória, não tem a história dos fatos que aconteceram e das ações que executaram; não tem controle deliberativo (planejado) de suas ações; em geral, formam organizações do tipo etológico; e as sociedades são formadas por muitos agentes (HÜBNER, 2003).

A Figura 9 apresenta a arquitetura proposta por Russel e Norvig (2004) para o modelo de agente reativo. O comportamento do agente é determinado, unicamente, pela percepção do ambiente e por um conjunto fixo de regras.

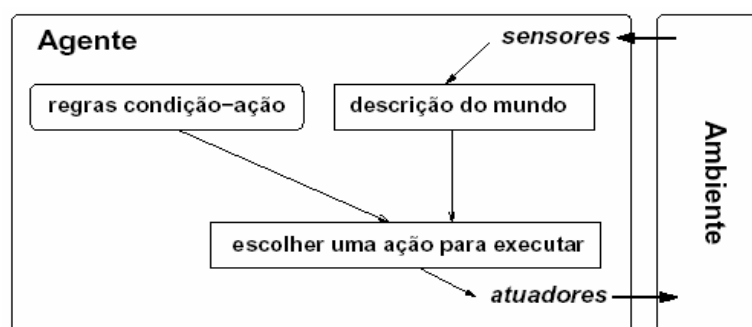


Figura 9: Agente Reativo.  
Fonte: RUSSEL; NORVIG, 2004.

Esta abordagem é particularmente interessante em domínios que envolvem ações de caráter nitidamente comportamental, ou seja, de ações ou simulações de ações no mundo físico, tal como a robótica e a automação industrial. Estas geralmente envolvem um comportamento cooperativo de vários agentes para realizar uma tarefa, da qual surge, de modo implícito, os padrões de comportamento social inteligente, tais como coordenação,

negociação, etc. A atividade de um agente é produzida pela interação entre o agente e seu meio-ambiente, e não pelo processo de raciocínio que ocorre internamente.

As principais características dos agentes dos SMAR são (SICHMAN; ALVARES, 1997):

- conhecimento dos agentes é implícito e se manifesta através do seu comportamento;
- seu comportamento se baseia no que é percebido a cada instante do ambiente, mas sem uma representação explícita dele;
- os agentes reativos não mantêm um histórico de suas ações, de forma que o resultado da ação passada não exerce nenhuma influência sobre suas ações futuras;
- a forma de organização dos agentes reativos é similar à dos animais, em oposição à organização social dos agentes cognitivos; e
- os sistemas multiagentes reativos têm, em geral, um grande número de agentes. Podendo ser da ordem de dezenas, centenas ou até mesmo milhões de agentes.

### **2.6.3 RDP ou SMA**

Basicamente, não se pode escolher uma das técnicas em detrimento da outra. Demonstrando, por exemplo, que talvez seja mais interessante diferenciar as sub-áreas não pelo comportamento global do sistema, mas pelas motivações técnicas e científicas. Pode-se muito bem adotar uma combinação das duas técnicas em seus problemas cotidianos. Três relações possíveis entre as sub-áreas de RDP e SMA foram propostas por Durfee e Rosenchein (1994):

- RDP é um subconjunto de SMA: pode-se considerar a RDP como um caso particular de SMA;
- SMA fornece uma base para RDP: segundo este ponto de vista, a área de SMA se dedica ao estudo de certas propriedades internas aos agentes; e
- RDP e SMA são agendas de pesquisa complementares: mesmo considerando os pontos de vista anteriores, por vezes se torna difícil, senão impossível, a um observador externo discernir se um dado sistema foi construído segundo a abordagem RDP ou SMA.

### **2.6.4 Comunicação entre Agentes**

Em um SMA, os agentes não são desenvolvidos visando resolver um problema específico; pelo contrário, dado um problema, um grupo de agentes se une para resolvê-lo



(SICHMAN; ALVARES, 1997). Com isso, os agentes não têm que ser desenvolvidos utilizando as mesmas ferramentas e modelos, mas este grupo de agentes deve utilizar uma só linguagem de comunicação.

A comunicação entre os agentes e módulos pode ser feita por intermédio de linguagens específicas que garantam a transmissão do conhecimento entre os módulos (GARCIA; SICHMAN, 2003). Algumas especificações de Linguagem de Comunicação de Agentes (LCA) foram propostas com o objetivo de viabilizar a comunicação entre agentes desenvolvidos em projetos diferentes e possibilitar a descrição das regras que regem o fluxo de comunicação entre eles. Dentre as propostas de LCA existentes, duas se destacam: *Knowledge Query and Manipulation Language (KQML)* e *Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA)* (HÜBNER; SICHMAN, 2000).

## 2.7 Redes Neurais Artificiais

As redes neurais artificiais (RNA) são inspiradas nos sistemas nervosos biológicos quando se tenta reproduzir seu funcionamento (pelo menos em parte) em computador. Essa técnica objetiva dotar os computadores da capacidade de “aprender”, para resolver problemas aos quais ele não foi, explicitamente, programado, mas que pertence ao mesmo domínio de conhecimento. O principal objetivo das RNA não é duplicar o funcionamento do cérebro humano, mas receber inspiração de fatos conhecidos do funcionamento deste (DAZZI, 1999).

Pode-se descrever as RNA de forma mais tecnológica, usando as palavras de Haykin (2001), que afirma que uma RNA é um processador paralelamente distribuído de unidades de processamento simples (neurônios), que tem a propensão natural de armazenar conhecimento experimental e torná-lo disponível para o uso.

Uma RNA é um sistema composto por vários neurônios, ligados por conexões sinápticas. Alguns dos seus neurônios recebem excitações do exterior e são chamados neurônios de entrada, enquanto outros levam suas respostas para o exterior e são chamados neurônios de saída. Além destes, ainda existem os neurônios intermediários ou escondidos, que recebem excitação de outros neurônios e sua saída também excita outros neurônios, por isso, eles são isolados das entradas e saídas (De AZEVEDO, 1997).

As RNA podem ser caracterizadas por uma série de componentes, tais como (RUMELHART; McCLELLAND, 1986a)( HAYKIN, 2001):

- um conjunto de unidades de processamento;

- um estado de ativação, que está definido para cada unidade da rede. A matriz de ativação de todas as unidades da rede pode ser visto como uma metáfora do pensamento da rede naquele instante;
- uma função de saída, que fornece a saída de cada unidade, utilizando como argumento o valor de ativação. O valor obtido é transmitido para outras unidades da rede;
- topologia, que é o padrão de conectividade entre as unidades, determinando como cada unidade está conectada às outras unidades da rede. O padrão de conectividade também especifica que unidades podem se conectar a uma outra unidade particular;
- regra de propagação, ou função de combinação, que propaga as atividades da unidade através da rede;
- regra de ativação, que muda a atividade de cada unidade usando o valor de ativação corrente e as entradas recebidas de outras unidades;
- ambiente externo, que fornece informação para a rede ou interage com ela; e
- regra de aprendizado, que modifica o padrão de conectividade usando informação fornecida pelo ambiente externo.

As RNA são sistemas celulares físicos que podem adquirir, armazenar e utilizar aprendizado por experiência. As seguintes características de redes neurais têm disputado um importante papel em uma grande variedade de aplicações (PANDYA; MACY, 1996):

- Adaptativo: poderosos algoritmos de aprendizagem e regras de auto-organização, permitindo auto adaptação, tanto mediante necessidade, como continuamente mudando o ambiente;
- Processamento não-Linear: habilidade para realizar tarefas que tenham afinidades não-lineares, é um bom candidato para classificação e prognóstico; e
- Processamento Paralelo: arquiteturas, com uma grande quantidade de unidades de processamento aumentam a interconectividade para processamento concorrente tão bem como armazenagem de informações paralela e distribuída.

De forma um pouco mais sucinta, pode-se dizer que as RNA são formadas por um conjunto de unidades de processamento, conectados por canais de comunicação que estão associados a determinado peso, sendo que estas unidades de processamento fazem operações apenas com as entradas recebidas pelas suas conexões (FERNANDES, 2003).

### 2.7.1 Modelo do Neurônio Artificial

Como toda a teoria das RNA, o neurônio artificial também foi criado com base no neurônio biológico, formando as unidades básicas de processamento de uma RNA. O primeiro modelo foi proposto por McCulloch e Pitts (1943), sendo posteriormente, propostos vários outros modelos que permitem a produção de uma saída qualquer, com valor não necessariamente igual a zero ou um, e com diferentes funções de ativação.

### 2.7.2 Redes de Competição e Ativação Interativa

As redes IAC (Competição e Ativação Interativa do inglês *Interactive Activation and Competition*) foram propostas inicialmente no livro PDP (*Parallel Distributed and Processing*) escrito por Rumelhart e McClelland (1986b). As IAC são redes com representação local que fornecem um mecanismo de memórias associativas. Como essa topologia tem características de memórias associativas, eram bastante interessantes para a recuperação de padrões. O conceito de memória associativa é intuitivo, e é uma das funções primárias do cérebro humano. É este conceito que permite que se associe um nome à face de uma pessoa conhecida, e também que se possa reconstituir padrões corrompidos ou incompletos.

O mecanismo era utilizado para modelar reconhecimento de palavras e para modelar a recuperação de informações gerais e específicas do conhecimento armazenado sobre indivíduos. Talvez a característica mais marcante deste modelo de redes é o fato de seus pesos sinápticos serem fixos, ou seja, os pesos são fixados *a priori* na matriz de pesos sinápticos e assumem, geralmente, apenas os valores 1, 0 e -1. Por conseguinte, não existe a necessidade de algoritmos de treinamento.

Paralelamente, Grossberg (1987) também tem estudado esses mecanismos de ativação e interação competitiva o que deu origem a seu modelo. Estudos mais recentes levaram ao modelo proposto por De Azevedo (1993), modelo este que se pretende seguir neste trabalho, dando assim continuidade a linha de pesquisa implantada no Instituto de Engenharia Biomédica (IEB).

#### 2.7.2.1 O Modelo de Rumelhart e McClelland

O modelo original, proposto por Rumelhart e McClelland (1986) é composto, basicamente, de unidades de processamento organizadas em grupos. Cada grupo representa um “conceito” ou “característica” para o problema em questão, e cada neurônio dentro do

grupo representa uma possível “propriedade” ou “valor” (não necessariamente numérico) para a característica ou conceito. Cada uma destas conexões tem um peso associado, sendo que este peso pode assumir exclusivamente os valores -1 (conexão inibitória) e 1 (conexão excitatória), além do valor 0 correspondente a ausência de relação.

Entre as unidades de um mesmo grupo, todas as unidades são conectadas a todas as outras (salvo a ela mesma) através de conexões inibitórias, gerando um processo de competição num mesmo grupo (daí o “competition” de IAC). Entre unidades de grupos diferentes, as conexões são excitatórias, caso haja relação direta entre estas unidades (ou seja, entre “propriedades” ou “valores” de “conceitos” ou “características” diferentes), ou assumir o valor 0. Quando duas unidades têm conexão excitatória, ao ser ativada uma destas unidades, ela tende a ativar também a outra unidade (daí o “activation” de IAC). Estes pesos formam uma matriz simétrica  $W$  de dimensões  $m \times m$ , onde  $m$  é o número de unidades existentes na rede. A matriz  $W$  é simétrica, pois as conexões existentes entre unidades ou de um mesmo grupo ou de grupos diferentes são bidirecionais. Isto quer dizer que, existindo uma conexão de uma unidade  $i$  para uma unidade  $j$ , existirá também uma conexão, de mesmo valor, da unidade  $j$  para a unidade  $i$ . Como as conexões são bidirecionais, o processamento se torna interativo, já que o processamento em um determinado grupo influencia e também é influenciado pelo processamento que ocorre em outros grupos da rede (daí o “interactive” de IAC). A interação ocorre tanto dentro do grupo como entre grupos.

Esta rede apresenta dois tipos de grupos:

- Grupos visíveis: unidades que recebem entradas do exterior. Estas unidades podem ter três tipos de conexões, que são as conexões com unidades do mesmo grupo, conexões com unidades de outro grupo e conexões com o exterior; e
- Grupos escondidos: unidades que não podem receber entradas do exterior, sendo suas entradas obtidas apenas como a combinação das saídas de outras unidades as quais elas estão conectadas. Todavia, as unidades deste grupo também competem entre si apresentando, portanto, conexões inibitórias entre elas. O grupo escondido tem como finalidade fazer a ligação entre os diferentes conceitos representados pelos outros grupos. Conseqüentemente, é fácil observar que o número de neurônios deste grupo deve ser, pelo menos, igual ao número de neurônios do maior grupo visível.

Na Figura 10 é apresentado o modelo geral de rede IAC. Os círculos vermelhos e pretos representam os neurônios. Cada círculo transparente representa um grupo, sendo que os neurônios, representando características relacionadas ao mesmo conceito, estão agrupados em um grupo. Estes grupos são os grupos visíveis que podem receber entradas vindas do exterior. O círculo azul representa o grupo escondido. Este grupo não pode receber entradas vindas do meio externo. Pode-se observar, também, que não existem conexões entre grupos visíveis. Todas as relações existentes entre conceitos, ou seja, entre diferentes grupos visíveis, são realizadas através do grupo escondido.

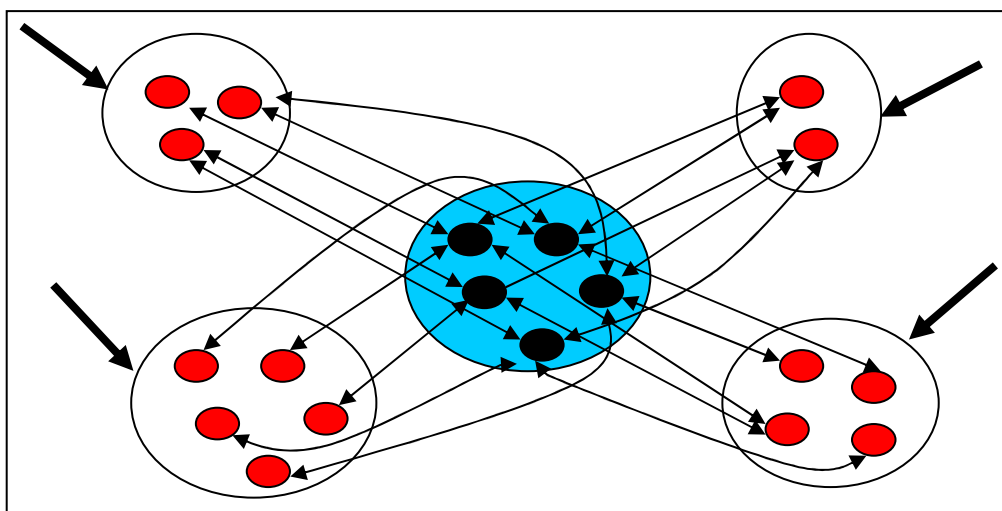


Figura 10: Modelo de Rumelhart e McClelland. O grupo azul representa o grupo escondido e os demais representam os grupos visíveis.

Fonte: (RUMELHART; MCCLELLAND, 1986).

Neste modelo, cada neurônio do mesmo grupo inibe todos os outros. Além disso, podem receber entradas externas (salvo os neurônios do grupo escondido). As conexões bidirecionais negativas entre neurônios do mesmo grupo não estão mostradas nesta figura.

Cada unidade da rede tem um nível de ativação. Esta ativação é modificada por três diferentes tipos de estímulos:

- os que vêm de fora da rede e que correspondem a uma afirmação da existência daquela “propriedade” ou “valor” particular para a “característica” ou “conceito”. Obviamente apenas os grupos visíveis podem receber este tipo de estímulo;
- os que vêm de outras unidades do mesmo grupo, através das conexões inibitórias existentes entre todas as “propriedades” ou “valores” particulares para a “característica” ou “conceito” que este grupo representa. Estes estímulos provocam competição entre essas unidades; e

- os que vêm de unidades do grupo escondido, através de conexões excitatórias. Estas conexões representam as relações existentes entre as “características” ou “conceitos” diferentes, ou seja, entre os diferentes grupos visíveis. Estes estímulos provocam ativação entre os diferentes grupos.

A ativação de um neurônio na rede IAC evolui, gradualmente, no tempo. A unidade que teve sua ativação modificada por entrada externa à rede influenciará as unidades com as quais ela tem conexão. Ou seja, ela tende a inibir a ativação das unidades pertencentes ao mesmo grupo, que estão conectadas a ela com pesos  $-1$ , e excitar a unidade correspondente no grupo intermediário, que está conectada a ela com valor  $+1$ . É esta unidade pertencente ao grupo intermediário que fará com que as unidades relacionadas de outros grupos sejam excitadas, desde que também estejam conectadas a ela com conexões de valor  $+1$ .

A ativação de uma unidade pode ser considerada como o grau de crença em uma hipótese ou existência daquela característica (DENNIS, 1997). O mecanismo IAC, incorporando uma função de ativação, é um processo cíclico de mudança de crença em uma hipótese de acordo com as evidências existentes.

O princípio de operação é o mesmo que o das redes de Hopfield (1982; 1984), em que o projetista fixa a topologia e o estado inicial da rede. A rede evolui para um ponto de equilíbrio que corresponde à resposta do problema (NASCIMENTO; ZARROP, 1995).

Considerando a rede operando em tempo discreto e modo síncrono (todas as unidades atualizadas no mesmo instante), a equação que representa a entrada líquida de uma unidade  $i$ , é dada pela Equação 1.

$$net_i = exitacao_i \cdot \alpha + inibicao_i \cdot \gamma + extinput_i \cdot estr \quad \text{Equação 1}$$

onde:

$\alpha$ ,  $\gamma$  e  $estr$ : parâmetros que graduam a força das entradas para a unidade.

$extinput$  é a entrada externa à rede.

A *excitação* é dada pela Equação 2, que leva em consideração apenas conexões excitatórias.

$$exitacao_i = \sum_j w_{ij} \cdot output_j \quad \text{Equação 2}$$

A *inibição* é dada pela Equação 3, que leva em consideração apenas conexões inibitórias.

$$inibicao_i = \sum_j w_{ij} \cdot output_j \quad \text{Equação 3}$$

A cada nova entrada calculada, obtém-se uma nova mudança nas ativações destas unidades. O resultado desta alteração é obtido através das Equação 4 e Equação 5, que são as equações de atualização das ativações  $\gamma$ . Considerando que  $net_i > 0$ , então:

$$\Delta\gamma_i = (\max - \gamma_i) \cdot net_i - decay \cdot (\gamma_i - rest) \quad \text{Equação 4}$$

Por outro lado, para  $net_i < 0$  ou  $net_i = 0$ , a equação se torna:

$$\Delta\gamma_i = (\gamma_i - \min) \cdot net_i - decay \cdot (\gamma_i - rest) \quad \text{Equação 5}$$

onde:

*min*: ativação mínima.

*max*: ativação máxima.

*rest*: nível de ativação de repouso.

*Decay*: é a taxa de decaimento.

A saída de uma unidade (*output*) não é necessariamente idêntica ao seu valor de ativação ( $\gamma$ ). O valor de *output* é dado pela Equação 6.

$$output_i = \begin{cases} \gamma_i, & \text{se } net_i > 0 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad \text{Equação 6}$$

Com relação à Equação 4 e Equação 5, pode-se concluir que:  $net_i$  determina quando a ativação da unidade incrementa ou decrementa; se a ativação de uma unidade é igual a *max*, então a rede acredita na hipótese completamente; se a ativação é igual a *min*, então a rede desacredita completamente na hipótese; se a ativação é igual a *rest*, então a rede está em um estado de repouso; os termos  $(\max - \gamma_i)$  e  $(\gamma_i - \min)$  dão certeza que a ativação da rede permanece entre *min* e *max*, evitando que ela cresça ou diminua além destes limites; o termo  $-decay(\gamma_i - rest)$  força a ativação a retornar ao valor de repouso na ausência de entradas externas.

Existem vários parâmetros no modelo IAC que podem ser controlados pelo usuário. Estes parâmetros são:

*min*: Ativação mínima. Nas simulações realizadas por Rumelhart e McClelland, o seu valor foi fixado em 0,2;

*max*: Ativação máxima. Seu valor foi estabelecido como 1;

*rest*: Nível de ativação de repouso para o qual as ativações tendem a estabelecer-se na falta de uma entrada externa. O seu valor foi fixado em -0,1;

*decay*: Taxa de decaimento que determina a força da tendência de retorno ao nível de ativação de repouso. O seu valor nas simulações foi estabelecido como 0,1;

*estr*: Representa a força das entradas externas. O seu valor foi definido como 0,4;

*alpha*: Gradua a força das entradas excitatórias sobre as unidades provenientes de outras unidades da rede;

*gamma*: Gradua a força das entradas inibitórias sobre as unidades provenientes de outras unidades da rede.

Poder-se-ia pensar na possibilidade de atribuir valores separados específicos a esses parâmetros para cada unidade (o modelo original IAC não permite isso, fazendo com que cada parâmetro afete toda a rede), mas este procedimento aumentaria, fortemente, a complexidade do modelo, bem como a tratabilidade matemática, não originando, ao menos que se saiba, nenhum benefício.

Os valores propostos por Rumelhart e McClelland (1986) são, portanto, tomados como base em simulações realizadas. Os parâmetros *max*, *rest* e *min* obedecem à relação  $max > 0 \geq rest \geq min$ . A Figura 11 mostra a relação existente entre os parâmetros *max*, *min*, *decay* e *rest*.

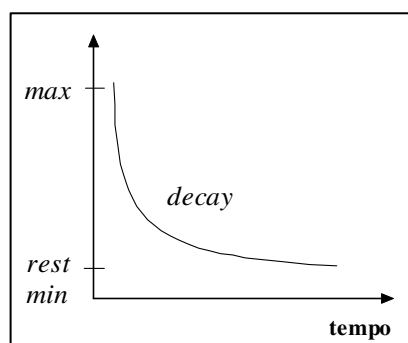


Figura 11: Relação existente entre os parâmetros *max*, *min*, *decay* e *rest*

Pode-se dizer que alguns dos parâmetros citados anteriormente têm inspiração biológica. Por exemplo, a curva de decaimento (*decay*), e a metáfora do esquecimento dos seres humanos e o parâmetro *rest* significa que, geralmente, não se tem esquecimento total (SIGAKI, 1997).

Como a rede IAC é também uma rede realimentada (com *feedback*), o tempo é discreto, pois o processamento é dividido em seqüência de passos, ou ciclos. Cada ciclo inicia com todas as unidades possuindo um valor de ativação, determinado no final do ciclo precedente, e os novos valores de ativação são considerados somente em um novo ciclo. Então o processo de atualização de cada unidade é síncrono. O princípio de operação



é semelhante àquele da rede de Hopfield, isto é, não existe uma fase de aprendizado e o usuário estabelece a topologia e o estado inicial da rede.

A Figura 12 apresenta uma rede IAC que contém informação sobre duas gangues rivais, os *Jets* e os *Sharks*<sup>2</sup>. A rede apresenta 7 grupos: nome dos membros das gangues, faixa etária, ocupação, estado civil, nível escolar, gangue e um grupo escondido que é o espelho do grupo de nomes, e faz a ligação entre todos os outros grupos. As conexões entre grupos indicam como algumas “propriedades” de cada “característica” estão relacionadas com outras “propriedades” de cada outra “característica”. Em outras palavras, como cada “característica” está relacionada com as outras “características”.

Na Figura 12, estão indicadas as outras “características” (relativas as outras “propriedades”) relacionadas a “característica” Art, por exemplo. Desta forma, pode-se interpretar que Art está na faixa de 40 anos, é solteiro, é ladrão, é membro da gangue dos Jets e tem como escolaridade JH.

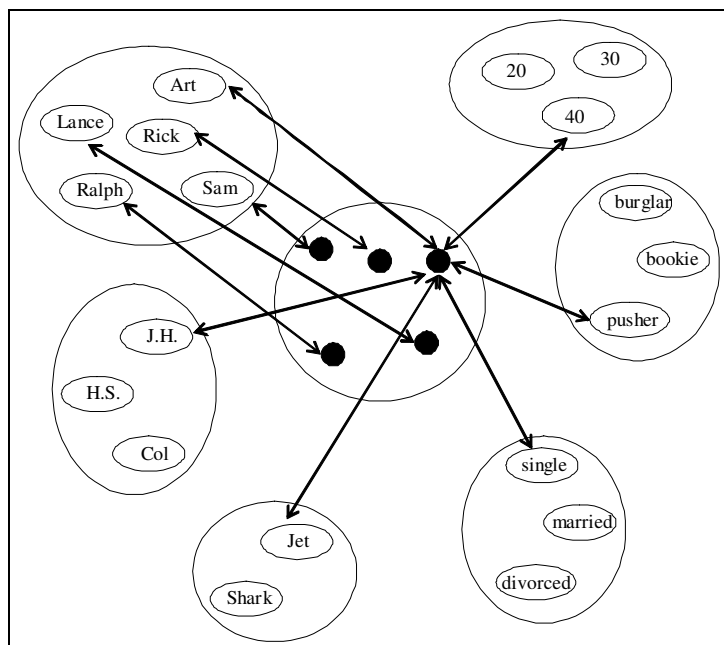


Figura 12: Redes com o exemplo dos Jets e Sharks. Estão ressaltadas apenas as conexões com o grupo que representa Art.

### 2.7.2.2 Projetando com redes IAC

As redes IAC, devido a suas características intrínsecas, apresentam ao projetista, no momento da implementação da solução de um problema, diferentes dificuldades em comparação com os modelos mais conhecidos.

<sup>2</sup> Este problema é apresentado no livro de Rumelhart exemplificando o funcionamento da rede IAC.

No caso das redes mais conhecidas, o projetista se utiliza de uma topologia pré-determinada e ajusta os pesos através de um algoritmo de treinamento, sendo esta última, a parte central do problema. Para exemplificar, é considerada uma rede *feedforward*. Para definir qual topologia deve ser utilizada (que forneça, ao menos, um resultado razoável), não há dificuldades, já que o número de entradas e saídas é definido pelo problema. Com relação à camada intermediária, sabe-se que uma única camada resolve a maioria dos problemas, residindo a maior dificuldade na escolha do número de neurônios desta camada.

No entanto, hoje em dia, existem várias heurísticas para resolver esta questão. Ou seja, não seria difícil montar uma rede, que talvez não fornecesse o resultado ótimo, mas que poderia fornecer bons resultados. Já quando se trata de treinamento, o desenvolvimento é mais complicado. Continuando com o exemplo do modelo *feedforward*, sabe-se que existem diversos algoritmos prontos para realizar o treinamento deste tipo de rede. Um desses algoritmos, talvez o mais conhecido, seria o *backpropagation*. Porém, mesmo com a topologia da rede pronta e o algoritmo de aprendizado escolhido, há uma série de parâmetros a serem ajustados, adequadamente, como por exemplo, a taxa de aprendizado e o termo *Momentum*. Existe também o problema do conjunto de treinamento, ou seja, deve existir um conjunto de exemplos para realizar o treinamento da rede que seja representativo do problema e em número suficiente, cuja obtenção não se constitui numa tarefa trivial.

Já no paradigma IAC, ao contrário do exemplo mostrado, o centro do problema, e certamente a maior dificuldade, está em se encontrar uma topologia que represente, adequadamente, o problema em questão, e não no ajuste de pesos, já que este passo não existe para redes IAC. Em outras palavras, como não existe fase de aprendizado, visto que os pesos só possuem dois valores possíveis, a tarefa do projetista na busca de uma solução para um dado problema se encontra exclusivamente em definir a topologia que represente o problema (em contraposição aos outros paradigmas, onde o cerne da questão se encontra no aprendizado), que consiste de:

- definir quais são os conceitos envolvidos no problema, sendo que cada um destes conceitos, no momento da implementação, será representado por um grupo visível;
- definir todos os possíveis “valores” para cada conceito e, a seguir, representar cada um destes valores através de um neurônio dentro do grupo;

- definir todas as possíveis relações existentes entre cada um dos valores dos diferentes conceitos e, a seguir, definir o grupo escondido, ou seja, aquele através do qual todas essas ligações serão realizadas;
- fazer as ligações entre todos os neurônios de todos os grupos, utilizando-se de um dos dois pesos permitidos, baseado nas relações que foram definidas entre os valores dos diferentes conceitos. Sabendo como os valores se relacionam, fica muito bem estabelecido quando usar cada um dos pesos possíveis.

Esse não seria um problema por demais complicado, se o modelo original de Rumelhart não apresentasse uma séria restrição: cada conceito só pode apresentar “valores” mutuamente excludentes. Por exemplo, um conceito poderia ser o de idade: quem tem 21 anos, não pode ter 22 ou 20, nem qualquer outro valor, como no caso do exemplo Jets e Sharks, mostrado no item anterior. Outros exemplos seriam o estado civil, o grau de escolaridade e sexo. No entanto, no mundo real, observa-se que seriam poucos os conceitos que poderiam apresentar tal tipo de exclusão entre seus “valores”. Talvez uma alternativa, para obedecer essa restrição, seria o projetista, para um determinado problema, subdividir os conceitos gerando um grande número de grupos visíveis.

Existem conceitos onde fica complexo definir os valores como totalmente excludentes. Pode ocorrer de se possuir um ou mais valores daquele determinado conceito, mas com diferentes graus de pertinência (um exemplo clássico em problemas médicos é o da febre, dois indivíduos com febre não terão, necessariamente a mesma temperatura, um terá febre com temperatura maior e outro com temperatura menor), assim como ocorre com conjuntos *fuzzy* (KLIR; YUAN, 1995). A lógica *fuzzy* surgiu da necessidade de se representar conceitos que não são *crisp* (um determinado indivíduo pode exclusivamente pertencer ou não pertencer a um determinado grupo). Observou-se a existência de casos onde indivíduos podiam pertencer a diferentes conjuntos com diferentes graus de pertinência.

Por exemplo, pode-se citar o caso implementado por Curilem (2002), que trata das Inteligências múltiplas. Segundo a referida teoria, de autoria de Howard Gardner (GARDNER, 1993) existem diferentes tipos de Inteligência (musical, lingüística, lógico-matemática, espacial, corporal-cinestésica, interpessoal, intrapessoal e ecológica), e uma mesma pessoa poderia apresentar mais de uma inteligência com diferentes graus. Este problema, segundo Curilem (2002), seria impossível de resolver utilizando o modelo tradicional, já que as características não são mutuamente excludentes e por este motivo,

Curilem (2002) utilizou o modelo de De Azevedo (1993), que utiliza pesos *fuzzy*. Porém Barbosa (2004) apresentou uma solução que identifica quatro das inteligências múltiplas utilizando o modelo tradicional em conjunto com redes MLP.

Em conseqüência da utilização de pesos *fuzzy*, surge um novo problema a ser resolvido, que consiste na falta de um algoritmo que treinasse o modelo para ajustar os pesos adequadamente. Curilem (2002) destacou as dificuldades que encontrou neste ajuste de pesos, tendo que ser realizado de forma manual.

Uma questão que é levantada, a partir do momento que se decide utilizar valores *fuzzy* para as conexões, é se não poderiam ser utilizadas arquiteturas mais conhecidas, possuidoras de algoritmos de aprendizado bem estabelecidos, para a representação do problema. Pode-se dizer que a resposta para este questionamento é negativa, já que a rede IAC apresenta características que não são comuns a outras redes, tais como a bidirecionalidade nas conexões e organização em grupos.

Por outro lado, o mesmo poderia ser considerado para as evidências. Ou seja, poder-se-ia imaginar que, para algumas classes de problemas, o valor de entrada externa (a evidência) para um determinado “valor” de um conceito não fosse, necessariamente, zero (0) ou um (1). Mas, sim, qualquer valor nesse intervalo  $[0,1]$ , o que representaria o grau de incerteza associada à informação de entrada.

Considere uma unidade simples. A evidência sobre como se deve incrementar ou decrementar a sua ativação vem de seus pesos de entrada. Se a maioria das unidades ativas na rede é conectada a uma unidade com pesos positivos, então a sua ativação será incrementada. Se a maioria das unidades ativas é conectada a uma unidade com pesos negativos, então sua ativação deve ser diminuída.

### **2.7.3 Redes MLP**

A rede neural artificial do tipo *multilayer perceptron* (MLP) é um modelo de rede, no qual os neurônios são dispostos em camadas, e as camadas, geralmente, são totalmente conectadas (todos os neurônios de uma camada são conectados a todos os neurônios da camada seguinte). Este rede é do tipo *feedforward*, pois as saídas dos neurônios de uma camada são interligados apenas às entradas dos neurônios da camada seguinte. Desta forma, o sinal de entrada vai sendo propagado pela rede camada a camada em um só sentido (da camada de entrada para a de saída) de forma progressiva.

Um exemplo de modelo de rede MLP pode ser visto na Figura 13 que apresenta quatro camadas totalmente conectadas. Esta rede possui uma camada de entrada com dois neurônios, duas camadas intermediárias ou ocultas com três neurônios cada e uma camada de saída com um neurônio.

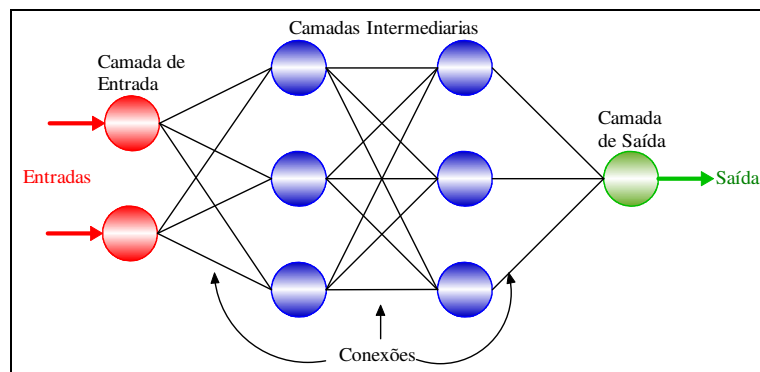


Figura 13: Exemplo de rede MLP

O número de neurônios na camada de entrada é determinado pelo problema e corresponde a quantidade de entradas do problema. Esses neurônios são passivos e, assim, não modificam os dados, sendo, por isso, denominados por alguns autores, como nós de entrada. Cada neurônio da camada de entrada recebe um único valor e o repassa para todos os neurônios da camada intermediária (De AZEVEDO et al., 2000) (BRAGA et al., 2000 apud BARBOSA, 2004). O número de neurônios na camada de saída também é definido pelo problema e representa a quantidade de saídas (resposta) desejada.

Também é necessário definir o número de camadas escondidas, o número de neurônios nestas camadas e a especificação de todos os pesos sinápticos que interconectam os neurônios nas diferentes camadas da rede (De AZEVEDO et al., 2000)(BRAGA et al., 2000 apud BARBOSA, 2004). A complexidade do modelo da rede MLP é determinada pela definição do número de camadas escondidas e quantidade de neurônios em cada uma dessas camadas, que são determinadas heurísticamente. Segundo Haykin (2001), uma rede com uma camada intermediária pode implementar qualquer função contínua e a utilização de duas camadas intermediárias permite a aproximação de qualquer função.

Quanto à especificação do valor dos pesos sinápticos, é necessária a utilização de algoritmos de treinamento supervisionado, sendo o mais conhecido deles o denominado algoritmo *backpropagation*. Este algoritmo utiliza pares (entrada, saída desejada) para, por meio de um mecanismo de correção de erros, ajustar os pesos da rede. O treinamento ocorre em duas fases, sendo que cada fase percorre a rede em sentido contrário. Estas duas

fases são chamadas de fase *forward* e fase *backward*. A fase *forward* é utilizada para definir a saída da rede para um dado padrão de entrada. A fase *backward* utiliza a saída desejada e a saída fornecida pela rede para atualizar os pesos de suas conexões (BRAGA et al., 2000 apud BARBOSA, 2004).

O algoritmo *backpropagation* baseia-se na regra delta proposta por Widrow e Hoff, sendo, por isso, também chamada de regra delta generalizada e utiliza um método de gradiente descendente para minimização do erro. Nesse algoritmo, os pesos são ajustados iterativamente de acordo com o erro quadrático acumulado (Equação 1), onde  $d$  é valor de saída desejado, o valor de saída fornecido pela RNA ( $erro = d - o$ ) e  $ncs$  é o número de neurônios da camada de saída (BRAGA et al., 2000; AZEVEDO et al., 2000 apud BARBOSA, 2004).

$$Eq = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{ncs} (d_j - o_j)^2 \quad \text{Equação 1}$$

No método de gradiente descendente para minimização do erro, é calculado um pequeno valor a ser adicionado em cada peso ( $\Delta VP$ ), que é proporcional ao gradiente descendente do erro em relação ao peso, conforme Equação 2 (BRAGA et al., 2000 apud BARBOSA, 2004).

$$\Delta VP = -\eta \cdot \frac{\partial Eq}{\partial VP} \quad \text{Equação 2}$$

A constante ( $\eta$ ) é chamada de taxa de aprendizagem e controla o quanto os pesos devem ser alterados em cada iteração. Uma taxa de aprendizagem muito pequena faz com que a convergência da RNA (diminuição do erro para próximo de zero) seja lenta, e um valor muito alto torna a convergência instável, podendo exibir uma oscilação em torno do valor final (HAYKIN, 2001).

Assumindo que a busca do gradiente descendente é realizado para reduzir o erro  $Eq$  (Equação 1) através dos ajustes dos pesos, a regra de treinamento delta aplicada a uma rede MLP resulta em que os valores dos pesos dos neurônios da camada de saída ( $VPcs$ ) são alterados através da Equação 3, onde  $nci$  é o número do neurônio da camada intermediária ( $nci = 1, 2 \dots$  último neurônio),  $Xcs$  é o neurônio da última camada,  $Xci$  é o neurônio da camada intermediária e o  $\delta$  é o gradiente local ( $\delta = e \cdot Xcs(1 - Xcs)$ ) (HAYKIN, 2001).

$$VP3[nci] = VP3[nci]_{anterior} + \eta \cdot \delta \cdot X2[nci] \quad \text{Equação 3}$$

As alterações nos valores dos pesos das camadas intermediárias também devem ser calculadas e, para tal, utiliza-se a Equação 4. Observa-se, entretanto, que agora o gradiente

local deve ser encontrado através da Equação 5. Para estas equações, o índice *nce* indica o número da camada de entrada ( $nce = 1, 2, \dots$  até o último neurônio da camada de entrada) (HAYKIN, 2001).

$$VP2[nce, nci] = VP2[nce, nci]_{anterior} + \eta \cdot \partial \cdot X2[nce, nci] \quad \text{Equação 4}$$

$$\partial[nce, nci] = X2[nce, nci] \cdot (1 - X2[nce, nci]) \cdot \sum_{i=1}^{\text{números de neurônios}} \partial \cdot VP3[i, nci] \quad \text{Equação 5}$$

O algoritmo *backpropagation* padrão, para problemas mais complexos, pode apresentar uma série de dificuldades como lentidão e convergência para um mínimo local. Entenda-se que mínimos locais são pontos na superfície de erro que apresentam uma solução estável, embora não seja a saída mais adequada (menor erro). Algumas técnicas são utilizadas para acelerar o algoritmo *backpropagation* e para reduzir a incidência de mínimos locais. Uma das mais conhecidas consiste na adição de um termo chamado momento, sendo uma técnica simples e efetiva (HAYKIN, 2001). A Equação 3 com o termo momento (que varia de 0 a 1) vai resultar na Equação 6.

$$VP3[nce, nci]_{t+1} = VP3[nce, nci]_t + \eta \cdot \partial \cdot X2[nce, nci] + \alpha (VP3[nce, nci]_t - VP3[nce, nci]_{t-1}) \quad \text{Equação 6}$$

Desde a criação do algoritmo *backpropagation*, várias alterações têm sido propostas visando tanto acelerar o treinamento como melhorar seu desempenho na classificação de padrões. Destas variações, as mais utilizadas são *backpropagation* com momento, descrita anteriormente, Quickprop, Levenberg-Marquardt, Momento de Segunda Ordem, Newton, Rprop e outras (HAYKIN, 2001).

Espera-se que uma rede MLP, com uma topologia com número apropriado de camadas e neurônios por camada, treinada por um algoritmo de aprendizado com parâmetros de treinamento, satisfatoriamente, ajustados e utilizando um conjunto de treinamento adequado, em termos de representatividade e tamanho, possa ser capaz de reconhecer e classificar, não só os vetores utilizados em seu treinamento, mas também de generalizar e classificar novos padrões apresentados, com um erro mínimo.

## 2.8 Sistemas similares

Após a apresentação tanto da base teórica referente aos fatores de adaptabilidade dos STI, como da apresentação das ferramentas a serem utilizadas na construção da metodologia proposta nesse trabalho, mostrou-se importante verificar sistemas similares a fim de observar os aspectos abordados em cada um deles.

A introdução de técnicas de IA em ambientes de ensino e aprendizagem em STI proporciona um avanço no desenvolvimento das pesquisas na área de informática aplicada à educação. Esses sistemas têm potencial para representar um meio de comunicação de conhecimento, porque apresentam uma capacidade dinâmica de modelagem cognitiva, facilitando as decisões educacionais à medida que o estudante utiliza o sistema. Dentro desta perspectiva, o processo de aprendizagem pode ser concebido como o mapeamento do conhecimento do tema a ser ensinado - usualmente aquele possuído pelo professor - para a estrutura de conhecimento do estudante (JONASSEN; WANG, 1993).

O Modelo Pedagógico, também chamado Modelo Instrucional ou Regras de Ensino, executa o diagnóstico do conhecimento do aprendiz, decide quais as estratégias de ensino serão utilizadas e determina a maneira que a informação será apresentada. A seguir são apresentados, na Tabela 3, alguns sistemas de ensino pesquisados e similares ao proposto neste trabalho. O protótipo aqui desenvolvido denominado SINEPOPE é o primeiro apresentado na tabela (em destaque) para permitir a comparação com as características dos demais sistemas pesquisados.

Tabela 3: Características dos sistemas de ensino pesquisados

Identificação / Origem	Tipo	Técnicas de IA/ aprendizagem	Interface	Estratégia Pedagógica	Adaptação ao aluno	Destaque
SINEPOPE / IEB-UFSC, 2006.	STI	SE, RNA IAC (modelo reduzido) e MLP e Agentes	Agente de comunicação, Múltiplas mídias (IM) em interface web	Múltiplas estratégias possíveis, trabalhando integradas mas independentes. (Tradicional e Casos Clínicos são as utilizadas aqui)	Adaptação ao perfil do aluno, em 2 pontos: Interface pela análise das IM e EP de acordo com os parâmetros das EP utilizadas no sistema.	Principal ponto deste é possibilitar a utilização de múltiplas EP trabalhando de forma integrada (mas independente) as mídias de interface.
STI para Apoio ao Tratamento de Diabetes Mellitus / IEB-UFSC (CURILEM 2002)	STI	SE e RNA IAC (modelo De Azevedo)	Múltiplas mídias apresentadas dinamicamente e em interface não web.	Uma estratégia pedagógica que utiliza como base as teorias da Inteligências Múltiplas e dos Estilos de Aprendizagem.	Adaptação baseada na teoria das inteligências múltiplas e estilos de aprendizagem. Um padrão de estratégia	Estratégia pedagógica apresentada ressaltando a ergonomia didática.
Mecanismo de adaptação baseado em redes neurais artificiais para SHA / IEB UFSC (BARBOSA 2004)	SHA	RNA IAC (modelo tradicional) e MLP convencionais e com podas de nós	Múltiplas mídias apresentadas dinamicamente e em paginas web.	Uma estratégia pedagógica, seguindo a teoria das inteligências múltiplas	Adapta as múltiplas mídias ao perfil do aluno. Um padrão de estratégia	Aspectos motivacionais no usuário quando comparados aos sistemas web estáticos.
REDEEM / School of Psychology, University Park (AINSWORTH, 2000 e 2004)	STI	Regras de produção e Redes Semânticas	Interface não web (nas versões iniciais) podendo apresentar materiais diversos.	Apenas uma estratégia, mas é configurada pelo professor para cada curso.	O professor define perfis e enquadra os alunos, mas se o desempenho for insatisfatório o sistema reenquadra o estudante no perfil padrão.	Ferramenta configurável que permite a professores montar STI simples para seus cursos baseado em seus materiais didáticos com facilidade.



SimEduc / Faculdade de computação - UFU (BORGES; LOPES, 2004)	STI	Regras de produção, Fuzzy e Agentes	Interface web sem adaptação específica	Uma estratégia configurável por parâmetros	Plano de aula gerado automaticamente baseado no perfil do aluno	Utilização de objetos de aprendizagem
Personal Reader / Semantic Web Group, University of Hannover & Research Center (HENZE, 2005)	Estilo STI e SHA	Sistema especialista	Interface web com personalização ao usuário	Uma estratégia, configurável por parâmetros.	Adaptação sobre a atuação detectada na navegação do usuário	Utilização de objetos de aprendizagem
WETAS / Intelligent Computer Tutoring Group, University of Canterbury (MARTIN; MITROVIC; SURAWEERA; 2005)	STI	Sistema especialista e algoritmos de aprendizagem de máquinas	Interface web sem adaptação específica	Uma estratégia baseada em restrições definidas.	Não possui adaptação ao aluno	A abordagem permite desenvolvimento simplificado de STI e a abordagem pedagógica a facilmente aplicável.
Rashí / Center for Knowledge Communication at the University of Massachusetts (DRAGON, WOOLF; 2006)	Tutor	Redes Bayesianas e regras baseadas em sistemas especialistas	Interface desktop sem adaptação ao usuário.	Uma estratégia, baseada em aprendizado por investigação.	Não possui adaptação ao aluno	Tutor para atuar em domínios mal definidos. Geração de hipóteses. Treinamento baseado em casos.
AutoTutor / Tutoring Research Group at the University of Memphis (GRAESSER et al.; 2005)	STI	Agentes Inteligentes	Interface WEB, com interação adaptativa do Tutor Virtual. O tutor é 3D e animado.	Uma estratégia construtivista.	Adaptação é relativa ao diagnóstico feito em função das interações do aluno nas respostas emitidas.	O tutor 3D animado apresenta expressões faciais correspondentes ao estado emocional.
MATFIN / Faculdade de Informática da PUC-RS (SCHUCK; GIRAFFA, 2001)	STI	Agentes inteligentes (baseado em regras)	Agente de comunicação.	Três estratégias que são utilizadas em conjunto conforme interação do aluno com o sistema.	Adaptação é vinculada às ações do aluno (erros acertos) e análise das atividades realizadas.	A metodologia é baseada na resolução de problemas com estratégias para cada tipo de erro cometido.
DÓRIS / Departamento de Informática UNISC (SANTOS et al. 2001 e 2002)	STI	Agentes inteligentes e RBC	Interface WEB	Estratégia baseada em estados emocionais.	Adaptação é relativa ao diagnóstico feito em função das interações do aluno nas respostas emitidas.	Agente dinâmico que pode ser utilizado em diversos contextos.
AVEI / Grupo de pesquisa e desenvolvimento da educação a distância - URI (FRAGA et al. 2001)	Jogo Educativo	Agentes Inteligentes	Ambiente 3D com realidade virtual não imersiva.	Estratégia é ajustada conforme o modelo do aluno.	Adaptação é relativa ao diagnóstico feito em função das interações do aluno nas respostas emitidas.	Interatividade do agente com o aluno é bastante motivadora.
AMPLIA / Instituto de Informática - UFRGS (SEIXAS et al, 2002, 2004)	SMA	Agentes Inteligentes e redes Bayesianas	Agente de comunicação sem adaptação.	Estratégia pedagógica por comparação de modelos baseada na interação e negociação entre aluno e agente	Não há adaptação explícita.	Negociação entre o aluno e os agentes como estratégia pedagógica.
BILLY / Learning Technology Center - Vanderbilt University / School of Education - Stanford University (BISWAS, 2001)	STI	Agentes inteligentes	Gráfica com agente de comunicação	Estratégia denominada Star-Legacy	Não há adaptação explícita.	Metodologia de ensino invertida, onde o aluno ensina o tutor a realizar tarefas.

AME-A / Instituto de Informática - UFRGS (MOISSA, 2001)	SMA	Agentes Inteligentes	Agente de comunicação.	Estratégia pedagógica por fatores emocionais.	Adaptação é relativa ao diagnóstico feito em função das interações do aluno nas respostas emitidas.	Focado na interação do agente com expressões emocionais relativas a situação corrente.
ELETROTUTOR / Instituto de Informática - UFRGS (BICA, 2000)	Ambiente Distribuído	Agentes Inteligentes	Agente de comunicação	Estratégia estilo de ensino tradicional	Adaptação é relativa ao diagnóstico feito em função das interações do aluno nas respostas emitidas.	Aplicação de equações, com demonstração para o estudante.
WÖHLER / Instituto de Informática - PUC-RS (LUZZI, 1998)	STI	Regras de produção	Interface gráfica não adaptável	Estratégia baseada em perguntas e respostas com reforços.	Não há adaptação explícita.	Assistente inteligentes com características de um jogo.
Ms. Lindquist / School of Computer Science - Carnegie Mellon University (HEFFERNAN, 2001) (HEFFERNAN; CROTEU, 2004)	STI	Agentes inteligentes, Redes Bayesianas e regras de produção,	interface simples com comunicação textual em caixa de diálogo	Estratégia baseada em perguntas e respostas com interação por editor de equações.	Não há adaptação explícita.	Analizador de equações
COMMET / Asian Institute of Technology (SUEBNUKARN; HADDAWY, 2004)	STI	Redes Bayesianas	Interface gráfica não adaptável	Estratégia baseada na geração de hipóteses sobre o assunto.	Modela o estudante pelo seu conhecimento e atividades realizadas.	Permite fazer apontamentos diretamente sobre imagens
ISM / Department of Informatics - University of Piraeus (TSIRIGA; VIRVOU, 2004)	STI / Framework	Vizinho mais próximo	Interface multimídia	Estratégia baseada em perguntas e respostas.	Semelhança com estereótipos pré-definidos.	Permite a criação de STI seguindo o modelo de estudante proposto.
ITECOLE / The European Commission in the Information Society Technologies (RUBENS et al. 2005)	Projeto Integrado	Apenas regras lógicas foram identificadas.	Interface gráfica e web.	Estratégia baseada no aprendizado colaborativo e construção do conhecimento.	não tem adaptação automática ao perfil do aluno	Software e Modelo pedagógico foram desenvolvidos para serem distribuídos livremente pelas escolas Europeias.
SmartTutor / Department of Computer Science and Information Systems - University of Hong Kong (CHEUNG et al., 2003)	STI	Agentes Inteligentes	Interface web com agente consultivo	Estratégia tradicional de ensino com análise de desempenho e aconselhamento para estudo personalizado	modela o estudante pelo seu desempenho e atividades realizadas	Possui versão offline com os mesmos recursos da versão padrão.
VersaTutor / Seton Hall University (KODAGANALUR; WEITZ; ROSENTHAL, 2004)	STI	não identificada	Interface padrão não adaptativa	Configurável dentro do conjunto de parâmetros disponível. Baseado em restrições.	Não possui adaptação ao aluno	Gera STI sem necessidade de programação e para qualquer tipo de assunto.
Web Tutor / Science Institute - University of Iceland (STEFANSSON, 2004)	STI	Regras de produção	Interface permite textos, figuras e equações, vídeos. Mas não é adaptado ao aluno.	Estratégia baseada em seminários (o conteúdo é tratado como slides que compõe unidades de estudo).	Baseado no resultado de avaliações	Permite o reaproveitamento de materiais de disciplina.

ALEKS / Department of Computing and Mathematical Sciences - Texas A&M University (HARDY, 2004)	STI	não identificada	Interface padrão não adaptativa	Estratégia baseada em perguntas e respostas	Adaptação é baseada no conhecimento identificado pelo sistema usando um questionário inicial com perguntas sobre o assunto.	Emite relatórios completos de acompanhamento dos alunos e seu aprendizado.
DIATS / University of Calgary & University of Manitoba (JOSHUA; SCUSE, 2005)	STI	árvores de decisão de diagnóstico diferencial / sistemas especialistas	Interface multimídia para os conteúdos	Disponibilização de conteúdos multimídia com acompanhamento dos resultados dos diagnósticos.	não tem adaptação automática ao perfil do aluno	Domínio de psiquiatria com uso de diagnóstico diferencial. Permite ao aluno justificar seu diagnóstico quando considerado incorreto.

O principal objetivo dos STI é fornecer ao estudante um ambiente individualizado de aprendizagem, diante deste fato, as aplicações avaliadas visam alcançá-lo de forma efetiva, utilizando de recursos variados para isto. As mais diversas aplicações nestes sistemas, focalizando as estratégias de ensino-aprendizagem, permitem a avaliação do conhecimento do estudante, decidindo quais as estratégias de ensino-aprendizagem devem ser utilizadas. A partir desta escolha, é determinada a maneira como a informação será apresentada ao estudante.

Conforme pode ser observado na Tabela 3, a maioria das aplicações pesquisadas utiliza agentes inteligentes para o tutoriamento do aluno (GRAESSER et al., 2005), (SCHUCK; GIRAFFA, 2001), (SANTOS et al. 2001 e 2002), (FRAGA et al. 2001), (SEIXAS et al, 2002, 2004), (BISWAS, 2001), (MOISSA, 2001), (BICA, 2000), (HEFFERNAN e CROTEU, 2004) e (CHEUNG et al., 2003). Estes agentes podem ter ações cognitivas como gerenciador de informações, por exemplo, (BAYLOR, 1999), (SELF, 1999), (HALFF, 1998) e (COLLINS, 1998). Geralmente os agentes nos sistemas de ensino possuem representação física para representar o papel do professor, apesar de ser comum a utilização de representações não humanas em ambientes mais lúdicos (BAYLOR; KIM, 2003). Alguns exemplos de agentes em ambientes educacionais podem ser o agente ADELE que representa uma enfermeira (JOHNSON; SHAW, 1997) (SHAW, JOHNSON; GANESHAN, 1999), a professora ELEKTRA, um agente *on-line* (LEONHARDT et al., 2003), ou STEVE, um agente modelado para ambientes virtuais de imersão (JOHNSON; RICKEL, 1998), além dos apresentados nas aplicações pesquisadas e destacadas Tabela 3.

O modelo do aluno, na maioria dos trabalhos, é baseado em regras (MULLIER e MOORE, 1998), porém pesquisas vem sendo apresentadas com o uso de técnicas mais dinâmicas e adaptativas, como as RNA e Redes Bayesianas (BARBOSA, 2004)

(CURILEM, 2002) (MULLIER, 2000) (CONATI et al., 1997) (MURRAY; VANLEHN, 2000) (MAYO; MITROVIC, 2001) (KAPPEN; NEIJT, 2002) ( DRAGON, WOOLF; 2006) ( SEIXAS et al, 2002 e 2004) ( HEFFERNAN; CROTEU, 2004).

As estratégias abordadas nos ambientes STI baseiam-se em estudos realizados entre as diferentes teorias de aprendizagem, principalmente construtivista e sócio-interacionista (tutor-aluno), para então compor as estratégias de ensino e aprendizagem no sistema. As aplicações pesquisadas definem uma estratégia pedagógica a ser utilizada e, normalmente, permitem que alguma variação dentro desta estratégia seja feita para reforçar o estudo de alunos que não apresentem o desempenho esperado.

Algumas ferramentas de autoria permitem que se crie STI e defina-se por meio de regras e parâmetros a estratégia a ser utilizada (AINSWORTH, 2000 e 2004) (HENZE, 2005) ( KODAGANALLUR; WEITZ; ROSENTHAL, 2004), porém, após a sua criação ou configuração, a estratégia é única ou no máximo permite variações na estratégia base. Considerou-se mudança de estratégia neste trabalho, quando esta é alterada significativamente, com no protótipo apresentado, onde foi utilizado ensino por tópicos e unidades (denominado de estratégia tradicional) e por estudo de casos, o que pode ser considerado como uma mudança significativa de abordagem.

Na metodologia apresentada nesse trabalho, fez-se uso da idéia de adaptação ao aluno (modelo do aluno) por perfil de inteligência desenvolvida (teoria das IM) (CURILEM, 2002) (BARBOSA, 2004) para adaptar as possíveis mídias utilizadas nos conteúdos ao perfil do aluno, sendo esta adaptação feita utilizando RNA. Aliado a esta e de forma complementar, propôs-se a utilização de múltiplas estratégias pedagógicas que também se adaptam ao aluno, mas esta adaptação é baseada em regras de sistemas especialistas que gerenciam o processo. A adaptação da estratégia é feita pela análise do resultado de avaliações realizadas a cada assunto abordado (GRAESSER et al.; 2005)( SCHUCK; GIRAFFA, 2001) (SUEBNUKARN; HADDAWY, 2004) (CHEUNG et al., 2003) ( STEFANSSON, 2004) ( HARDY, 2004).

Os agentes foram utilizados para flexibilizar a criação de novas estratégias pedagógicas de forma independente das existentes e também para o agente tutor que interage com o aluno no sentido de auxiliá-lo e orientá-lo no desenrolar dos seus estudos. Esse tutor (agente) segue os princípios de representação humana e mensagens motivacionais e emocionais (GRAESSER et al., 2005) (SANTOS et al., 2002) (RAABE et al., 2005).

Os conteúdos a serem utilizados no sistema para atender a metodologia proposta de múltiplas estratégias pedagógicas, são similares aos objetos de aprendizagem (LOM, 2002) (MUZIO et al., 2001) (BORGES; LOPES, 2004) (HENZE, 2005), apesar de não ter sido utilizado nenhuma especificação que siga a teoria dos objetos de aprendizagem. Este conceito permitiu que se criassem pequenas unidades de ensino que podem ser disponibilizadas segundo decisões tomadas automaticamente pelo sistema.

A forma de adaptação ao aluno proposta neste trabalho se diferencia de tudo o que foi pesquisado por permitir que sejam utilizadas múltiplas estratégias pedagógicas trabalhando de forma independente e complementar, integradas a uma segunda forma de adaptação ao perfil do aluno, denominada nesse trabalho de adaptação de interface, onde são disponibilizados os conteúdos na mídia mais apropriada para o aluno.

### 3 METODOLOGIA PROPOSTA

Para alcançar o objetivo de obter um sistema de ensino que seja eficiente, adaptando-se aos alunos e suas características, está sendo proposta uma abordagem que separa o tratamento de interface, do tratamento das estratégias pedagógicas (EP) utilizadas no sistema. Observando os trabalhos da área (vide Tabela 3), pode se observar que todos buscam de alguma forma adaptar o sistema ao aluno, mas sempre utilizando EP vinculada à interface.

O foco principal da metodologia é na capacidade de adaptação do sistema ao aluno, por meio de duas situações de adaptabilidade, a primeira no que se refere às interfaces adaptativas e a segunda relativa às estratégias pedagógicas adaptativas ao aluno. Normalmente, os sistemas de ensino tratam a apresentação das informações (interface) em conjunto com a estratégia pedagógica, uma vez que elas estão intimamente ligadas.

O propósito de separar o tratamento de EP e interface foi o de buscar uma adaptação mais efetiva do que as observadas nos STI propostos e desenvolvidos até o início deste estudo. Parte-se do princípio de que as alternativas para que se consiga atingir os alunos aumentam à medida que este tratamento é separado, tendo em vista que a quantidade de possibilidades de apresentação dos conteúdos aumenta em quatro novas formas para cada EP disponibilizada. Isto por que em cada EP tem-se 4 mídias (uma para cada IM) o que faz esse incremento de 4 novos formatos para cada conteúdo.

Esse fato, além de permitir uma adaptação melhor ao aluno em função de trabalhar com duas análises de perfil diferentes (EP e interface) e em paralelo, permite ao sistema ajustar essa adaptação de acordo com as preferências demonstradas pelo aluno durante a utilização (condução dos estudos) do sistema. Em função destas características o sistema tem mais opções de formas de apresentação de conteúdo para trabalhar a adaptação ao aluno. Com isso, é mais fácil de atender as necessidades pedagógicas do aluno, pois muitas alternativas pedagógicas são disponibilizadas para o sistema trabalhar o ajuste fino ao perfil do aluno, levando esse a compreensão dos conteúdos apresentados.

Esta metodologia está sendo inspirada na estrutura dos STI (VICARI; GIRAFFA, 2003) (SELF, 1999), mas com independência entre a apresentação visual dos conteúdos (interface), e a estratégia de ensino, responsável pela organização de como os conteúdos serão abordados e disponibilizados aos alunos. Visando encontrar soluções para esta

divisão e, principalmente, para conseguir disponibilizar em uma só ferramenta de ensino diversas abordagens pedagógicas, buscaram-se as soluções nos conceitos de agentes (GARCIA; SICHMAN, 2003) (FRANCESCHI et al, 2002) (RUSSEL; NORVIG, 2004). Os agentes foram organizados em comunidade para buscar os resultados esperados, no que se refere às múltiplas EP. Neste caso, cada agente é implementado para responder a uma EP, sendo que é possível inserir tantos agentes quantos forem necessários, para atender a todas as EP desejadas, conforme pode ser visualizado no modelo apresentado na Figura 14.

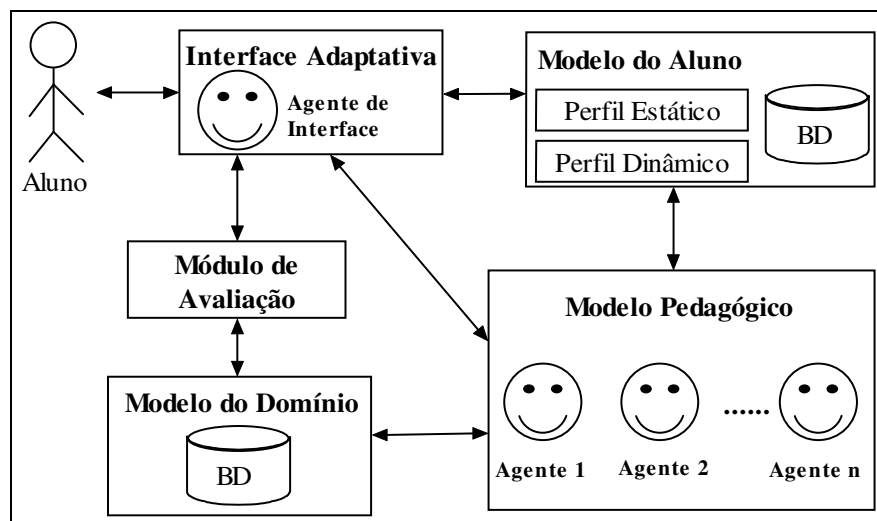


Figura 14: Representação Gráfica do Modelo Proposto.

O modelo apresentado na Figura 14 possui módulos similares aos dos STI tradicionais, separando o domínio, as estratégias, o perfil do aluno e a interface. Porém aqui, existem algumas diferenças básicas, na forma de como está se propondo o Modelo Pedagógico e o tratamento das interfaces, ambos adaptativos ao aluno. Este modelo pode ser caracterizado como sendo um STI duplamente adaptativo, pois se adapta ao perfil do aluno em duas frentes, as mídias utilizadas na interface baseadas na teoria das IM e as EP baseadas em regras empíricas (que podem ser redefinidas e ajustada conforme o domínio que esta sendo trabalhado).

Na seqüência serão apresentados todos os detalhes relativos a cada um dos módulos presentes no modelo. Com isso, será possível compreender melhor a abordagem utilizada e a metodologia proposta nesse trabalho.

### 3.1 Modelo Pedagógico

No modelo pedagógico, os múltiplos agentes responsáveis por cada uma das EP abordadas precisam de um mecanismo cognitivo que permita a tomada de decisão necessária para

atender aos preceitos da estratégia deste agente. Este módulo também necessita decidir, dentre as estratégias disponibilizadas no sistema, qual delas deve ser empregada para cada aluno. A arquitetura detalhada deste módulo pode ser analisada na Figura 15.

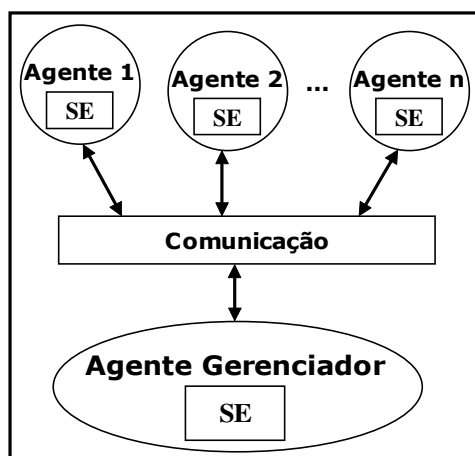


Figura 15: Modelo Pedagógico Ampliado e Detalhado

Os agentes do modelo pedagógico podem ser caracterizados segundo Russel e Norvig (2004) como sendo “agentes reativos baseados em modelo”, pois mantêm um estado interno, que é utilizado na análise das situações futuras. E possuem algumas características de classificação (GARCIA; SICHMAN, 2003) tais como: comunicabilidade, pela interação entre os agentes de estratégia com o agente gerenciador na busca pela definição da estratégia a ser utilizada e da responsabilidade de tutoriamento do aluno; quanto ao ambiente de atuação, estes agentes atuam na internet, mas no ambiente específico de cada aluno; eles não possuem interatividade com o usuário pois atuam internamente no sistema; também não possuem mobilidade, pois não têm necessidade de se deslocar para outros ambientes; também não têm personalidade, pois não possuem aparência, uma vez que atuam internamente; e podem ser considerados reativos, visto que detectam as ações do usuário e agem de acordo com elas.

Esses agentes possuem seu mecanismo cognitivo baseado em um sistema especialista (SE), fundamentado em regras de produção. Estas regras são definidas pedagogicamente por um especialista, para atender a estratégia do agente. Um agente especial nesse modelo foi denominado de Agente Gerenciador, responsável por definir qual das EP é a mais apropriada para cada aluno, definindo assim qual dos Agentes de EP deve conduzir os estudos do aluno.

O Agente Gerenciador tem um SE para determinar qual dos agentes de estratégia é mais apto para atender ao aluno. A base de regras possui regras empíricas, uma vez que



não existe teoria pedagógica de consenso geral para definir qual estratégia é mais adequada a cada perfil de aluno e como detectar isso.

As regras utilizadas são apresentadas de forma visual, utilizando-se árvores de decisão, que representam a forma de decisão utilizada para o mecanismo cognitivo dos agentes do sistema. Aqui são apresentadas as regras relativas aos agentes implementados no protótipo, utilizado para testar a metodologia. Dessa forma, têm-se três árvores de decisão correspondendo, respectivamente, às regras dos agentes responsáveis pela EP 1 (tradicional) e EP 2 (casos clínicos) e do agente gerenciador, responsável por definir qual dos agentes de estratégia conduzirá o aluno. Após a apresentação das árvores de decisão serão apresentadas as regras extraídas do CLIPS (*C Language Integration Production System*), que foi a máquina de inferência utilizada para os SE dos agentes.

O agente 1, responsável pela estratégia pedagógica tradicional, possui a árvore de decisão da Figura 16 para representar suas regras. Este agente tem a incumbência de acompanhar as atividades do aluno e definir não só que conteúdos serão apresentados, mas também quais serão as atividades que devem ser desenvolvidas (exercícios e testes). Ele também verifica o resultado das avaliações para decidir se o aluno pode prosseguir ou se deverá rever os conteúdos ou refazer a avaliação.

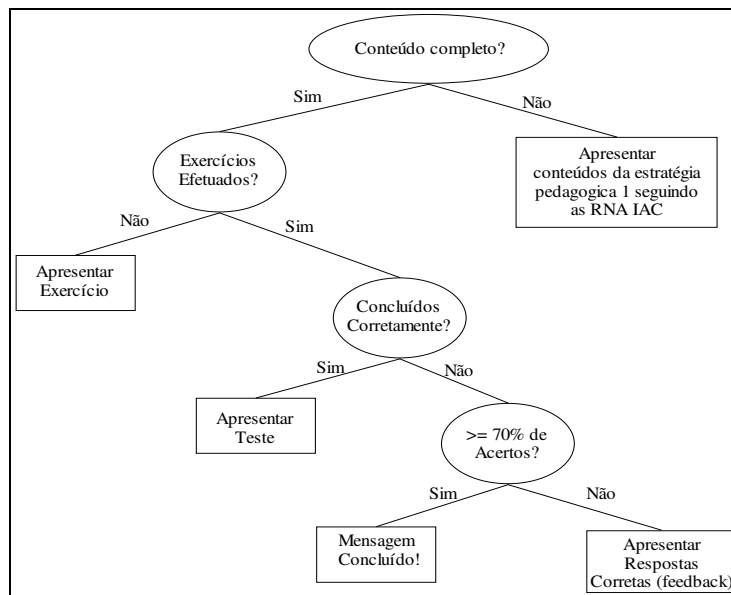


Figura 16: Árvore de decisão do agente da estratégia pedagógica 1.

O agente 2 é o responsável pela estratégia pedagógica de casos clínicos, possui a árvore de decisão da Figura 17 para representar suas regras. Este agente, assim como o anterior, tem como função monitorar o aluno e verificar suas atividades e desempenho durante os estudos, sugerindo novas atividades se necessário.

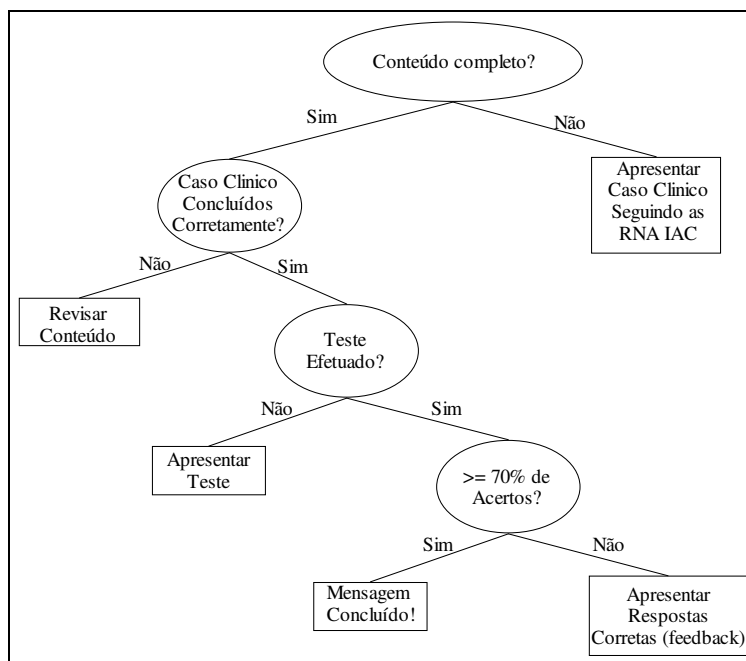


Figura 17: Árvore de decisão do agente da estratégia pedagógica 2.

Os dois agentes pedagógicos apresentados são gerenciados pelo agente gerenciador, que tem como função definir qual dos agentes de estratégia irá monitorar o aluno, ou seja identificar qual das estratégias é a mais indicada para atender ao perfil do aluno. Este agente toma a decisão sobre qual dos agentes de estratégia irá conduzir o aluno baseado na árvore de decisão apresentada na Figura 18.

Na Figura 18 o resultado da análise do perfil de estratégia do aluno é obtido do modelo do aluno, por meio do cálculo efetuado com a Equação 7 (esta equação está detalhada no tópico apresentado na sequência – Modelo do Aluno), que define um valor relativo à aptidão do aluno.

Para a implementação das regras apresentadas nas árvores de decisão, utilizou-se o CLIPS, pois esta é facilmente integrada a outras ferramentas e possui os requisitos necessários para o problema em questão, uma vez que permite a implementação das regras necessárias e recuperação das análises (resultados) do SE para a tomada de decisão dos agentes.

O CLIPS é um *expert system shell* que está sendo desenvolvido pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) desde 1985, é desenvolvido na linguagem C, implementa o algoritmo Rete em sua máquina de inferência e tem como preocupação principal a portabilidade entre vários sistemas operacionais, o que se torna uma das suas grandes vantagens (RILEY, 2005).

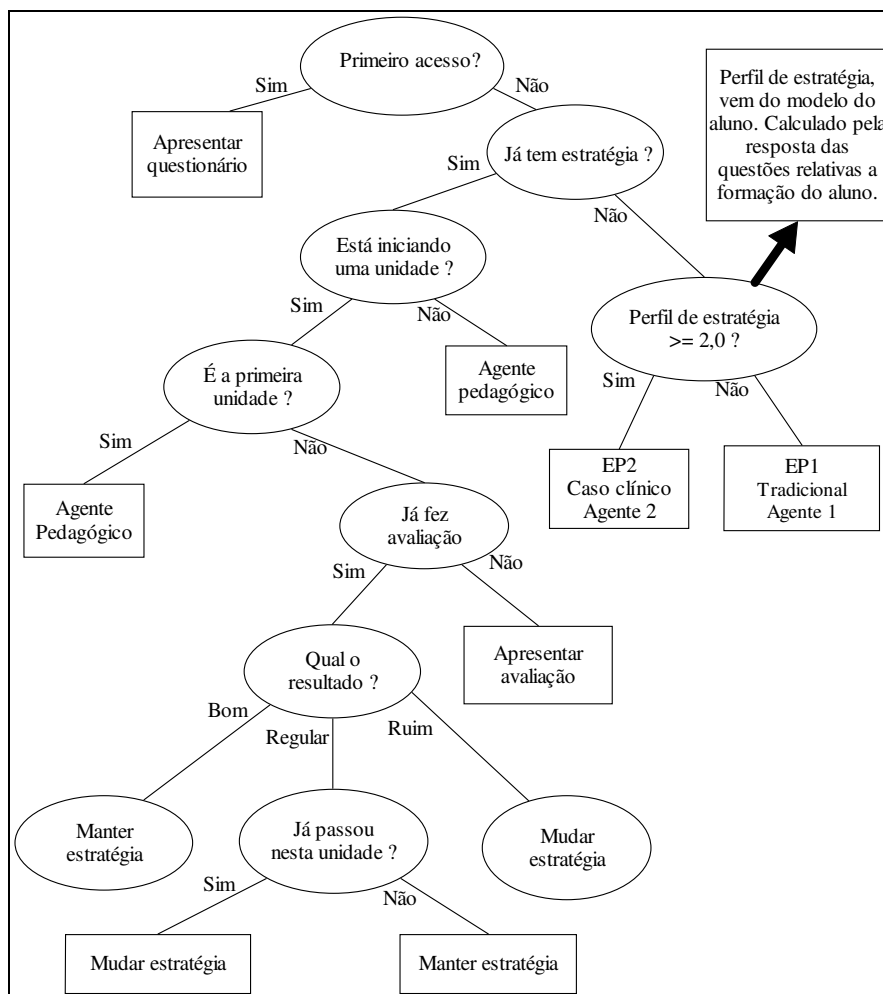


Figura 18: Árvore de decisão do agente gerenciador.

Para facilitar o entendimento das regras do CLIPS que aparecem nas Figura 19, Figura 20 e Figura 21 utilizou-se para a saída uma mensagem, que representa a ação correspondente ao disparo da regra. A Figura 19 apresenta as regras do SE utilizado pelo agente da EP1 (estratégia pedagógica tradicional), seguindo as definições apresentadas na árvore de decisão da Figura 16.

```

(defrule exercicio_1
  (conteudo-completo sim)
  (exercicios-efetuado nao)
=>
  (printout t "Apresentar Exercicio" crlf))
(defrule exercicio_2
  (conteudo-completo sim)
  (exercicios-efetuado sim)
  (concluidos-corretamente sim)
=>
  (printout t "Apresentar teste" crlf))
(defrule exercicio_3
  (conteudo-completo sim)
  (exercicios-efetuado sim)
  (concluidos-corretamente nao)
  (maioria-acerto sim)
=>
  (printout t "Mensagem Concluido!" crlf))
(defrule exercicio_4
  (conteudo-completo sim)
  (exercicio-efetuado sim)
  
```

```

        (concluidos-corretamente nao)
        (maioria-acerto nao)
=>    (printout t "Apresentar Respostas Corretas" crlf))
(defrule exercicio_5
  (conteudo-completo nao)
=>    (printout t "Apresenta conteudos da EP1" crlf))

```

Figura 19: Regras obtidas do CLIPS para o SE do agente da EP1.

A Figura 20 apresenta as regras do SE utilizado pelo agente da EP2 (estratégia pedagógica de casos clínicos), seguindo as definições apresentadas na árvore de decisão da Figura 17.

```

(defrule correcao_1
  (conteudo-completo sim)
  (concluidos-corretamente sim)
=>    (printout t "Apresentar teste." crlf))
(defrule correcao_2
  (conteudo-completo sim)
  (concluidos-corretamente nao)
  (maioria-acerto sim)
=>    (printout t "Mensagem Concluido!" crlf))
(defrule correcao_3
  (conteudo-completo sim)
  (concluidos-corretamente nao)
  (maioria-acerto nao)
=>    (printout t "Apresentar respostas corretas" crlf))
(defrule correcao_4
  (conteudo-completo nao)
=>    (printout t "Apresentar Caso Clinico " crlf))
; (printout t "O conteudo foi completo? (sim/nao)" crlf)
; (assert (conteudo-completo (read)))
; (printout t "Foram concluidos corretamente? (sim/nao)" crlf)
; (assert (concluidos-corretamente (read)))
; (printout t "Mais de 70% de acerto? (sim/nao)" crlf)
; (assert (maioria-acerto (read)))

```

Figura 20: Regras obtidas do CLIPS para o SE do agente da EP2.

A Figura 21 apresenta as regras do SE utilizado pelo agente gerenciador, seguindo as definições apresentadas na árvore de decisão da Figura 18.

```

(defrule estrategia_1
  (primeiro-acesso sim)
=>    (printout t "Apresentar questionario" crlf))
(defrule estrategia_2
  (primeiro-acesso nao)
  (tem-estrategia sim)
  (iniciando-unidade sim)
  (primeira-unidade sim)
=>    (printout t "Agente pedagogico" crlf))
(defrule estrategia_3
  (primeiro-acesso nao)
  (tem-estrategia sim)
  (iniciando-unidade sim)
  (primeira-unidade nao)
  (fez-avaliacao sim)
  (resultado bom)
=>    (printout t "Manter estrategia" crlf))
(defrule estrategia_4
  (primeiro-acesso nao)
  (tem-estrategia sim)
  (iniciando-unidade sim)
  (primeira-unidade nao)
  (fez-avaliacao sim)
  (resultado regular)

```

```

      (passou-unidade sim)
=> (printout t "Mudar estrategia" crlf))
(defrule estrategia_5
  (primeiro-acesso nao)
  (tem-estrategia sim)
  (iniciando-unidade sim)
  (primeira-unidade nao)
  (fez-avaliacao sim)
  (resultado regular)
  (passou-unidade nao)
=> (printout t "Manter estrategia" crlf))
(defrule estrategia_6
  (primeiro-acesso nao)
  (tem-estrategia sim)
  (iniciando-unidade sim)
  (primeira-unidade nao)
  (fez-avaliacao sim)
  (resultado ruim)
=> (printout t "Mudar estrategia" crlf))
(defrule estrategia_7
  (primeiro-acesso nao)
  (tem-estrategia sim)
  (iniciando-unidade sim)
  (primeira-unidade nao)
  (fez-avaliacao nao)
=> (printout t "Apresentar avaliacao" crlf))
(defrule estrategia_8
  (primeiro-acesso nao)
  (tem-estrategia sim)
  (iniciando-unidade nao)
=> (printout t "Agente pedagogico" crlf))
(defrule estrategia_9
  (primeiro-acesso nao)
  (tem-estrategia nao)
  (perfil-maior sim)
=> (printout t "EP2 Caso Clinico Agente 2" crlf))
(defrule estrategia_10
  (primeiro-acesso nao)
  (tem-estrategia nao)
  (perfil-maior nao)
=> (printout t "EP1 Tradicional Agente 1" crlf))

```

Figura 21: Regras obtidas do CLIPS para o SE do agente Gerenciador.

### 3.2 Modelo do Aluno

O modelo do Aluno é responsável por detectar e manter o perfil do aluno com suas características. Para determinar o perfil do aluno quanto à adaptação ao tipo de mídia que os conteúdos serão apresentados, é utilizada a Teoria das Inteligências Múltiplas (IM). Esta teoria foi escolhida por acreditar-se que se as informações forem apresentadas de forma a atender as características do perfil do aluno, este se sentirá mais motivado a continuar seus estudos e assimilará os conteúdos com maior eficiência. Lembrando ainda que os estudos referentes aos resultados obtidos com o seu uso foram positivos (BARBOSA, 2004).

Para a determinação das características do aluno, este precisa responder um teste de múltipla escolha, o qual é apresentado na primeira vez que o aluno acessa o sistema. Este teste permite que sejam definidos os valores das IM dos alunos para que possa ser realizada a inicialização do modelo do aluno. Para implementar a adaptação na interface, utiliza-se de quatro inteligências, dentre todas as propostas por Gardner (2001), na

identificação das características do aluno. Estas inteligências são: Lingüístico-verbal (relacionada às palavras e à linguagem escrita e falada); Lógico-matemática (relacionada ao raciocínio científico, intuitivo e dedutivo); Visual-espacial (relacionada a habilidade de criar imagens mentais) e Cinestésico-corporal (relacionado com o movimento físico).

O teste de múltipla escolha utilizado para identificar as IM foi originalmente desenvolvido pelo pedagogo Celso Antunes (ANTUNES, 2001), que desenvolveu o teste para identificar as oito IM e para tal possui 150 perguntas. Nesse trabalho foram utilizadas quatro das oito inteligências, em virtude destas serem mais facilmente geradas em mídias computacionais e já terem sido testadas por Barbosa (2004).

Tendo em vista este fato, já haveria uma redução de 150 para 76 perguntas, o que ainda é considerado um número elevado para um usuário responder, pois um grande número de perguntas poderia inviabilizar o uso do sistema neste caso, os alunos, provavelmente, perderiam o estímulo de utilizar o sistema ao preencher tal formulário e, possivelmente, desistiriam no caminho ou passariam a selecionar qualquer resposta para se livrar do questionário rapidamente.

Desta forma, optou-se por utilizar o teste reduzido proposto por Barbosa (2004), que possui apenas 30 perguntas e mapeiam as 4 IM. As perguntas estão dispostas da seguinte maneira: seis correspondentes a IM Lingüístico-verbal; nove referente a IM Lógico-matemática; oito sobre a IM Visual-espacial e sete relativas à IM Cinestésico-corporal. Cada pergunta apresenta quatro alternativas (da mesma forma que o teste original), conforme pode ser observado na Figura 22.

As respostas obtidas do questionário são submetidas a uma RNA MLP que tem o objetivo de transformar as 30 respostas (relativas às 4 IM) em 4 notas correspondentes, respectivamente, a nota da IM Lingüístico-verbal, Lógico-matemática, Visual-espacial e Cinestésico-corporal. Para simplificar as explicações, de agora em diante denominaremos esta rede MLP de MLP1.

A rede MLP1 possui a configuração apresentada a seguir e pode ser visualizada graficamente na Figura 23: 240 pares de treinamento; 3 camadas totalmente conectadas; 30 neurônios (representando as respostas das 30 questões) na camada de entrada; 10 neurônios na camada oculta ou intermediária; 4 neurônios (representando o grau de inteligência de cada uma das 4 IM) na camada de saída; taxa de aprendizado de 0,02; termo de momento de 0,7; erro máximo de 0,001; e número máximo de épocas de 5000.

As perguntas devem ser respondidas com uma e apenas uma das respostas, conforme descrito a seguir:

**S:** Sim, com muita ênfase (muito, sempre, etc...)

**s:** sim, com pouca ênfase (pouco, às vezes, etc...)

**n:** não, com pouca ênfase (acho que não, quase nunca, etc...)

**N:** Não, com muita ênfase (absolutamente não, nunca, etc...)

Item	Perguntas	S	s	n	N
1	Gosta de consultar o dicionário para descobrir novas palavras.				
2	Possui facilidade para rimar.				
3	É bom para fazer sínteses (resumos).				
4	Incorpora palavras novas ou seu falar.				
5	Lembra-se de livros que leu.				
6	É bom aluno em Língua Portuguesa.				
7	Adora enigmas (coisas inexplicáveis, mistérios, coisas difíceis de se compreender), senhas, problemas lógicos.				
8	Faz cálculos de cabeça.				
9	Analisa dados (numéricos, estatísticos e outros) com facilidade.				
10	Trabalha bem com médias, proporções e outros esquemas.				
11	Percebe a geometria nos objetos e paisagens que vê.				
12	Busca seqüência lógica nas idéias.				
13	Não tem dificuldade para usar aplicativos ou linguagens matemáticas no computador como por exemplo: Excel.				
14	Gosta de medir as coisas.				
15	É bom aluno em Ciências Exatas (matemática, física, química, etc...).				
16	Gosta de fotografar e filmar.				
17	Sabe explicar caminhos.				
18	Gosta de jogos de quebra-cabeça, labirintos e outras atividades parecidas.				
19	Gosta de desenhar.				
20	Aprecia desenhos, figuras, imagens gráficas.				
21	É capaz de mudar sua perspectiva ao olhar objetos.				
22	Gosta de rabiscar folhas.				
23	É bom em fazer mapas.				
24	Gosta de praticar atividades esportivas com regularidade.				
25	Aprecia ou pratica danças.				
26	Possui boa linguagem gestual.				
27	Possui destreza manual.				
28	Gosta de assistir no local ou TV aos programas esportivos.				
29	Mostra coragem em esportes radicais.				
30	Acredita que possui jeito para dançar ou outras formas corporais (lutas, por exemplo).				

Figura 22: Questionário para identificação das IM.

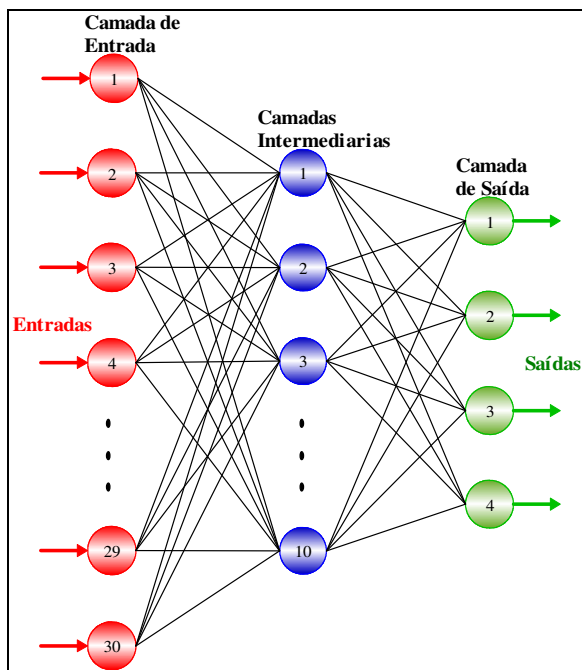


Figura 23: Modelo da rede MLP1

A rede MLP1 foi treinada utilizando um conjunto de exemplos montados baseados nas respostas de 240 casos reais (extraídos de BARBOSA, 2004). Para compor o conjunto de treinamento utilizaram-se os 240 casos, mas apenas com as questões do questionário reduzido, com as respostas originais. Os resultados obtidos com essa rede foram equivalentes aos originais de Barbosa (2004) conforme pode ser observado no capítulo de resultados (5.2.1.2).

Um exemplo dos conjuntos de treinamento da rede MLP1 pode ser visualizado na Tabela 4, que apresenta um subconjunto dos exemplos utilizados no treinamento. Os conjuntos de treinamento desta rede são formados pelas respostas das 30 questões do questionário reduzido e da nota de cada uma das 4 inteligências múltiplas. Vale ressaltar que o valor das notas das IM na tabela estão normalizados para uma variação de 0 (zero) a 1 (um), quando originalmente essa variação é de 1 (um) a 4 (quatro) e que as respostas estão com valores numéricos que correspondem respectivamente às seguintes respostas do questionário: 1 para a resposta S, 0,75 para a resposta s, 0,5 para a resposta n e 0,25 para a resposta N.

Tabela 4: Exemplo de conjunto de treinamento utilizado no treinamento da MLP 1

caso	Respostas do questionário inicial															Nota			
	1	2	3	4	5	6	7	...	24	25	26	27	28	29	30	IM1	IM2	IM3	IM4
1	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,5	0,75	...	1	0,75	0,75	1	0,75	1	0,5	0,663	0,861	0,900	0,653
2	1	1	0,75	1	1	1	0,5	...	1	1	1	0,25	1	0,75	1	0,925	0,708	0,800	0,833
3	1	0,75	1	0,25	0,75	0,75	1	...	0,75	0,5	0,75	1	0,75	0,75	0,75	0,650	0,889	0,713	0,625
4	0,75	1	0,75	0,5	0,5	0,5	0,75	...	1	0,25	0,75	0,75	0,5	0,25	0,75	0,638	0,653	0,525	0,556
5	0,75	1	1	0,5	0,75	0,75	1	...	1	0,5	0,75	1	0,75	0,75	0,5	0,638	0,875	0,800	0,653
6	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	...	1	0,75	0,75	0,75	0,75	1	0,75	0,663	0,708	0,800	0,653
...																...	...	...	...
237	0,75	1	0,5	0,25	1	0,75	0,75	...	0,75	0,25	0,75	1	1	0,75	0,75	0,750	0,708	0,775	0,792
238	1	1	1	1	0,75	0,5	1	...	1	1	1	0,75	0,75	0,75	1	0,775	0,889	0,913	0,944
239	1	1	1	1	1	0,75	1	...	1	1	1	0,5	1	0,75	0,75	0,863	0,861	0,888	0,819
240	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	0,5	1	...	0,75	0,5	0,5	0,75	1	0,75	0,75	0,650	0,694	0,625	0,583

De posse das 4 notas relativas às 4 IM consideradas nesse projeto, armazena-se estas no perfil do aluno e pode-se passar para a próxima etapa, que consiste em identificar a quantidade de cada mídia que deve ser apresentada ao aluno quando da apresentação dos conteúdos. A quantidade de mídias pode ser entendida como a quantidade de conteúdos (tópicos) em cada uma das mídias que será apresentada ao aluno.

Como não seria viável fazer essa distribuição manualmente para todas as combinações possíveis de notas de IM, uma vez que cada nota pode variar de 1,0 a 4,0 (em intervalos de 0,1), foi utilizado mais uma RNA do tipo MLP para gerar a quantidade de conteúdos em cada mídia a ser apresentado para cada novo aluno que utilize o sistema. De agora em diante esta rede MLP será denominada de MLP2 para facilitar as referências.



A rede MLP2 possui a configuração apresentada na seqüência e pode ser visualizada graficamente na Figura 24: 124 pares de treinamento; 3 camadas totalmente conectadas; 4 neurônios (representando o grau de inteligência em cada uma das 4 IM) na camada de entrada; 8 neurônios na camada oculta ou intermediária; 4 neurônios (representando a quantidade de conteúdos em cada mídia) na camada de saída; taxa de aprendizado de 0,02; termo de momento de 0,7; erro máximo de 0,0001; e número máximo de épocas de 50000.

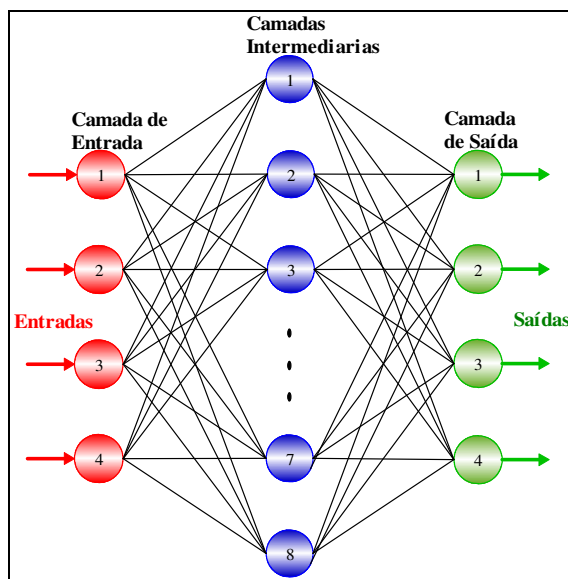


Figura 24: Modelo da rede MLP2

Para treinar a rede, foi feito um conjunto de treinamento (notas de IM com as respectivas quantidades de telas/mídias) com 124 casos. Este conjunto de treinamento foi extraído do trabalho de Barbosa (2004), uma vez que já haviam sido testados e validados. Um exemplo de conjuntos de dados pode ser visualizado na Tabela 5. Os dados utilizados no treinamento foram normalizados para o intervalo de 0 (zero) a 1 (um), conforme apresentado no lado direito da tabela.

Após a utilização da MLP1 e MLP2, o perfil inicial do aluno (para interface) está completo, pois foram geradas as notas de cada uma das 4 IM baseadas nas respostas do questionário de avaliação inicial e nas 4 quantidades de conteúdos a serem apresentados em cada uma das mídias. Para que o sistema possa iniciar a apresentação dos conteúdos, ainda é necessário que se faça uma distribuição da ordem de apresentação dos conteúdos em cada uma das 4 mídias. Isso é feito de forma aleatória (por sorteio), pois a teoria das inteligências múltiplas não indica nenhum tipo de distribuição mais ou menos adequada a

cada caso, o importante é disponibilizar os conteúdos em diferentes mídias nas proporções indicadas.

Tabela 5: Exemplo do conjunto de treinamento utilizado para treinar a rede da rede MLP 2

Item	Valores Originais								Valores normalizados (intervalo de 0 à 1)							
	Notas das IM				Quantidade média				Notas das IM				Quantidade média			
1	3,3	2	3,9	4	5	2	6	7	0,825	0,5	0,975	1	0,2941	0,1176	0,3529	0,4118
2	4	3,3	3,8	3,6	7	3	6	4	1	0,825	0,95	0,9	0,4118	0,1765	0,3529	0,2353
3	1,7	2,8	3,2	3,4	2	4	6	8	0,425	0,7	0,8	0,85	0,1176	0,2353	0,3529	0,4706
4	3	2,9	3,5	1,5	6	4	8	2	0,75	0,725	0,875	0,375	0,3529	0,2353	0,4706	0,1176
5	3,4	1,7	3,4	1	8	3	8	1	0,85	0,425	0,85	0,25	0,4706	0,1765	0,4706	0,0588
6	2,4	3,1	1,5	2,7	4	8	2	6	0,6	0,775	0,375	0,675	0,2353	0,4706	0,1176	0,3529
7	3,6	2,7	1,9	2,2	8	6	2	4	0,9	0,675	0,475	0,55	0,4706	0,3529	0,1176	0,2353
8	3,9	3,5	1,6	1,3	10	7	2	1	0,975	0,875	0,4	0,325	0,5882	0,4118	0,1176	0,0588
9	3,5	2,2	1,4	1,1	12	5	2	1	0,875	0,55	0,35	0,275	0,7059	0,2941	0,1176	0,0588
10	1,1	1,4	2,2	3,8	1	2	4	13	0,275	0,35	0,55	0,95	0,0588	0,1176	0,2353	0,7647
11	3,8	2,6	2,5	2	8	5	4	3	0,95	0,65	0,625	0,5	0,4706	0,2941	0,2353	0,1765
12	3,1	1,1	3	2,8	8	1	6	5	0,775	0,275	0,75	0,7	0,4706	0,0588	0,3529	0,2941
13	2,5	1,3	1,7	3,7	5	2	3	10	0,625	0,325	0,425	0,925	0,2941	0,1176	0,1765	0,5882
14	2,8	3,9	2,4	2,3	5	8	4	3	0,7	0,975	0,6	0,575	0,2941	0,4706	0,2353	0,1765
15	1,9	2,4	2,1	2,1	3	7	5	5	0,475	0,6	0,525	0,525	0,1765	0,4118	0,2941	0,2941
16	1,6	1,6	2,7	3,1	3	3	6	8	0,4	0,4	0,675	0,775	0,1765	0,1765	0,3529	0,4706
17	1,3	3,2	2,6	1,4	2	9	6	3	0,325	0,8	0,65	0,35	0,1176	0,5294	0,3529	0,1765
18	3,7	3,8	1,3	1,9	6	8	2	4	0,925	0,95	0,325	0,475	0,3529	0,4706	0,1176	0,2353
19	1,2	1,8	2,6	2,5	2	4	8	6	0,3	0,45	0,65	0,625	0,1176	0,2353	0,4706	0,3529
20	2	2,1	2,3	3,2	3	4	5	8	0,5	0,525	0,575	0,8	0,1765	0,2353	0,2941	0,4706

Além das características do aluno para a adaptação a interface, é preciso obter o perfil necessário para a determinação da estratégia pedagógica a ser seguida pelo aluno em seu estudo. Para fazer a escolha inicial da estratégia pedagógica para o aluno, também são feitas algumas perguntas relativas ao grau de conhecimento que este aluno possui do assunto a ser estudado. Ao todo são 4 perguntas de múltipla escolha apresentadas junto com o preenchimento dos dados cadastrais do aluno, conforme pode ser visualizado na Figura 25. Estas perguntas são utilizadas na definição da estratégia inicial a ser aplicada ao aluno, seguindo as regras apresentadas na seqüência.

Pergunta	Opções de resposta
Nível de Instrução?	3º grau incompleto 3º grau completo Especialização Mestrado Doutorado
Já teve disciplina ou experiência clínica no tratamento de pacientes com necessidades especiais?	Sim Não
Ano de início da graduação?	LIVRE (nº relativo ao ano)
Prefere ter aulas?	Expositivas Seminários Ambas

Figura 25: Perguntas para identificação da EP inicial.

Conforme já comentado, não existe uma teoria pedagógica conhecida que direcione para uma ou outra EP. Sendo assim, optou-se por estas questões que nos indicam o perfil de aluno mais ou menos apto a trabalhar com casos clínicos (segundo experiência dos especialistas da área de odontologia). Vale lembrar que o sistema faz o reajuste da EP utilizada para cada aluno de acordo com os resultados obtido com o uso da EP inicialmente proposta para ele. A análise das perguntas é feita pela seguinte regra:

Se resultado da equação (Equação 7  $\geq$  2,0) então

Aplicar a estratégia pedagógica de casos clínicos (EP2)

Senão

Aplicar a estratégia pedagógica tradicional (EP1)

$$\sum_{i=1}^4 RP_i * peso_i \quad \text{Equação 7}$$

Onde:

$RP_1$  = pergunta relativa ao nível de instrução do aluno é avaliada com um peso igual a 1 (em relação às demais perguntas). Cada resposta desta questão equivale respectivamente aos seguintes valores:

3º Grau Incompleto, com valor igual 0,2

3º Grau Completo, com valor igual 0,6

Especialista, com valor igual 0,8

Mestre, com valor igual 0,9

Doutor, com valor igual 1,0

$RP_2$  = pergunta relativa à experiência do aluno com tratamento de pacientes especiais possui um peso igual a 2 e cada uma das alternativas de resposta equivale aos seguintes valores:

Sim, com valor igual a 1

Não, com valor igual a 0

$RP_3$  = pergunta relativa ao ano de início da graduação possui peso igual a 1 e sua análise e pontuação é feita da seguinte forma:

Se ano de início  $<$  1998, valor igual a -0,5

Se ano de início  $\geq$  1998, valor igual a 0,0

$RP_4$  = pergunta sobre a preferência por que tipo de aula tem peso igual a 1,5 e suas respostas possuem a seguinte pontuação:

Aulas expositivas, com valor igual a 0

Aulas de seminários de alunos, com valor igual a 1,0

Aulas mistas, com valor igual a 0,5

As regras apresentadas foram criadas, empiricamente, utilizando-se o conhecimento dos especialistas da área de odontologia, analisando quais características seriam mais adequadas ao uso de uma ou de outra estratégia.

Como a estratégia pedagógica também é dinâmica e pode ser alterada de acordo com os resultados obtidos pelo aluno em seus estudos no sistema, não há uma preocupação maior na identificação perfeita deste perfil no primeiro momento. Vale destacar aqui que a identificação da estratégia pedagógica é feita analisando o cadastro inicial do aluno, mas vai ser alterado sempre que os agentes julgarem oportuno, de acordo com os resultados das análises das ações do aluno pelo SE.

Como o protótipo inicial desta abordagem trabalha com 2 EP, sendo uma denominada estratégia tradicional (pois utiliza conteúdos seqüências, comumente utilizado por professores em seus planos de ensino) e outra denominada estratégia de casos clínicos (que utiliza casos clínicos para apresentar os conteúdos), o grau de conhecimento do aluno sobre o assunto é fundamental para a escolha da estratégia inicial. Ao serem inseridas novas EP, devem ser observadas as regras (empíricas) de escolha e, conseqüentemente, se os dados do perfil do aluno continuam atendendo às necessidades. Caso as necessidades não sejam totalmente atendidas, podem ser criadas novas perguntas ao aluno para esclarecimento das informações demandadas pela estratégia a ser utilizada.

### **3.3 Interface Adaptativa**

Para adaptar a interface ao aluno, o uso da teoria das inteligências múltiplas é uma técnica adequada, uma vez que podem ser utilizadas mídias computacionais diferentes para cada IM. Nesse trabalho optou-se por utilizar quatro IM (Lingüístico-verbal, Lógico-matemática, Visual-espacial, Cinestésico-corporal) pois são as IM que permitem a sua representação por mídias computacionais de forma mais direta (BARBOSA, 2004).

Para adequar as 4 IM ao tipo de mídia computacional a ser utilizado na interface, foram feitos alguns estudos (AMSTRONG, 2000) (ANTUNES, 2001) (CAMPBELL, CAMPBELL; DICKINSON, 1998) (GARDNER, 1993) (GARDNER, 2001) (CURILEM; De AZEVEDO, 2002) (BARBOSA, 2004) que remetem às mídias de texto para a IM Lingüístico-verbal; aos esquemas gráficos, como fluxogramas, organogramas e mapas conceituais para a IM Lógico-matemática; às figuras, fotos e desenhos para a IM Visual-espacial; e às animações, hiperlinks e vídeos para a IM Cinestésico-corporal.

O conteúdo apresentado ao aluno não é apenas em uma das mídias, mas sim distribuído entre as mídias de acordo com a recomendação pedagógica e baseado no perfil do aluno (BARBOSA, 2004), uma vez que, cada indivíduo possui desenvolvimento em cada uma das inteligências, mas com um grau diferente. Com isso, a IM com maior desenvolvimento no aluno será a que definirá a maior quantidade de material na mídia correspondente. Todas as mídias são utilizadas em todos os alunos, mas em quantidades diferentes, adequando assim ao seu perfil de interface (relativo às IM).

Para manter o perfil do aluno sempre atualizado, baseado não só no resultado do questionário inicial, mas também nas escolhas feitas pelo aluno durante a navegação no sistema, utiliza-se as redes neurais artificiais do tipo IAC (Interactive Activation and Competition) (SIGAKI; De AZEVEDO; BARRETO, 1997) (STEVEPAGE; LEWIS, 1999) (RUMELHART; MCCLELLAND, 1986) (De AZEVEDO, 1993) que, por possuírem característica de bidirecionalidade, permitem que se faça a readequação do perfil de interface.

Visando atender a essa necessidade, o sistema identifica todas as escolhas do aluno e repassa essa informação a uma rede IAC que faz a avaliação da situação atual corrigindo ou não a quantidade de mídias de cada conteúdo apresentado ao aluno. Como a rede IAC é bidirecional esse processo pode ser tratado adequadamente, pois tanto podem ser ativados na rede as quantidades de mídias para obter as notas das IM do aluno como podem ser ativadas as notas das IM para obter a quantidade de mídias na mesma rede IAC. Este é um dos principais motivos para a utilização deste tipo de rede para resolver esse problema.

A topologia da rede IAC utilizada no processo de adaptabilidade da interface foi baseada no trabalho de Barbosa (2004), porém com uma topologia nova, que permitiu reduzir a quantidade de neurônios da rede de 442 (original de Barbosa) para 316 o que permitiu uma redução de consumo de memória e processamento da rede.

Nos testes realizados, obtiveram-se resultados equivalentes à rede original, utilizando uma topologia com 316 neurônios em 9 grupos, com desempenho otimizado (detalhes no capítulo de resultados 5.2.1.1). O que foi feito para conseguir essa redução foi remover o grupo espelho (inspirado na teoria de De AZEVEDO,1993), realizando as conexões que antes eram feitas por ele, diretamente no grupo de indivíduos que passou a fazer o papel de grupo escondido ou interno (grupo que não sobre interferência do exterior). Com essa alteração, a topologia completa da rede IAC resultou no esquema apresentado na Figura 26 e descrito na seqüência.

Os 9 (nove) grupos utilizados nessa rede e os 316 neurônios estão distribuídos da seguinte forma:

- 4 grupos representando as 4 inteligências múltiplas (Linguístico-verbal, Lógico-matemática, Visual-espacial e Cinestésico-corporal), sendo que cada um desses grupos com 31 neurônios, uma vez que cada neurônio representa uma possibilidade de nota. Como as notas variam de 1 a 4 com intervalo de 0,1 (1,0 1,1 1,2 1,3 ... 4,0) totalizam 31 possibilidades.
- 4 grupos representando as 4 mídias utilizadas (texto, esquemas, desenho e animação), sendo que cada um dos grupos possui 17 neurônios, pois cada um representa uma quantidade possível de conteúdos para cada mídia. Como o parâmetro utilizado foi de 20 conteúdos por mídia e o mínimo de conteúdos para uma mídia seria 1 e como são 4 o máximo seria 17, o que totaliza 17 neurônios.
- 1 grupo representando os indivíduos ou exemplos de casos, com 125 neurônios, sendo 124 casos exemplo e 1 o perfil inicial do aluno que está sendo analisado.

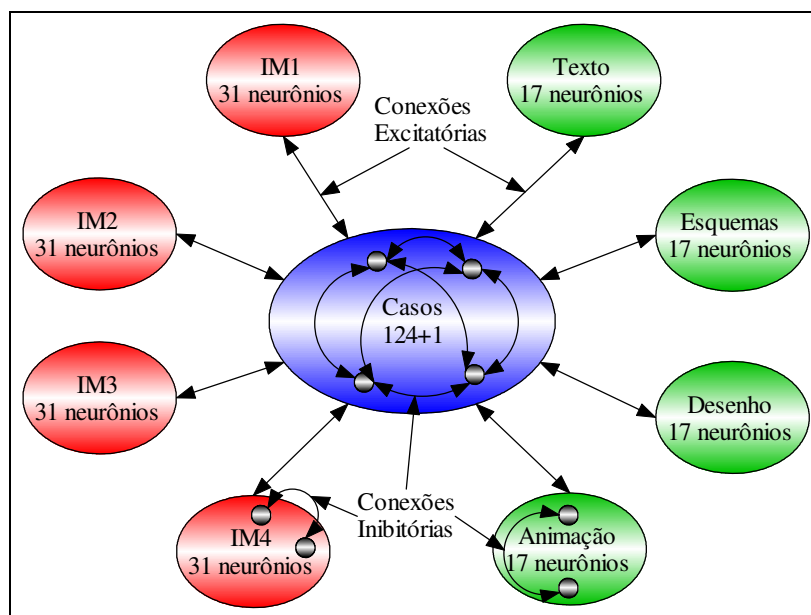


Figura 26: Topologia da rede IAC proposta.

Conforme apresentando, a IAC possui 125 exemplos (indivíduos) sendo que o último deles é o aluno que está utilizando o sistema. Os dados deste aluno são obtidos do perfil inicial gerado para ele através das redes MLP1 e MLP2, onde são gerados as notas das IM a partir do questionário e a quantidade de cada uma das mídias partindo das notas das IM. Esses dados são inseridos na matriz de conhecimento da rede IAC no local reservado para o exemplo 125. Com isso, elimina-se o problema de falta de generalização da IAC e utiliza-se a propriedade de recuperação parcial da informação. Como são

utilizados apenas 124 exemplos na matriz de conhecimento e, isso representa apenas 0,013% das possibilidades à representatividade destes, não permite que a recuperação parcial seja feita adequadamente. Com a inclusão do novo exemplo passa a constar na matriz de conhecimento um caso muito similar ao que se está querendo avaliar (pois é o próprio perfil inicial deste indivíduo) e, com isso, a rede responde adequadamente às próximas interações (BARBOSA, 2004).

Visando facilitar a compreensão do processo de integração das RNA MLP e IAC, criou-se um esquema gráfico que pode ser visualizado na Figura 27. Conforme observa-se no esquema, a saída da MLP1 (notas das IMs) é utilizada como entrada da MLP2 e também como parte do novo caso (perfil do aluno). A saída da MLP2 (quantidade de mídias) é o complemento do novo caso, que será inserido na matriz de pesos da rede IAC (esse é o caso 125 da rede IAC).

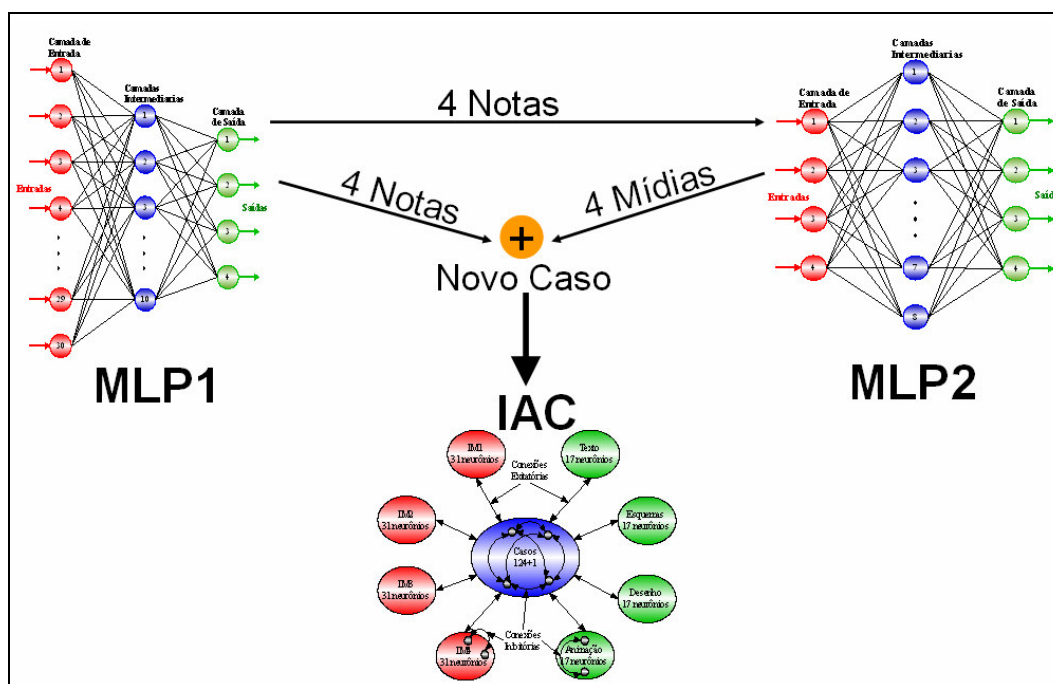


Figura 27: Integração das RNA MLP e IAC.

A matriz de pesos (ou conhecimento) da rede IAC segue o formato reduzido apresentado na Figura 28. Observe que esta matriz segue exatamente a especificação e topologia apresentados, com 9 grupos, sendo os 4 primeiros relativos as 4 IM (em vermelho) os próximos 4 para as 4 mídias (em verde) e o último para os casos ou exemplos (em azul). O último caso, destacado em fundo amarelo, é o caso relativo ao aluno que está utilizando o sistema, caso este que deriva das redes MLP1 e MLP2 conforme apresentado na Figura 27.

Com esse modelo foi possível gerar a adaptação da interface ao perfil do usuário. Como o processo é interativo e se reajusta à medida que o usuário altera a forma de apresentação proposta pelo sistema, redefinindo dessa forma o perfil do aluno. Com isso, se houver algum desvio na identificação inicial do perfil do aluno, isso será automaticamente readequando nos primeiros passos do aluno no sistema, quando o aluno solicitar mudanças nas médias apresentadas.

Grupos	IM 1	IM 2	IM 3	IM 4	Mid 1	Mid 2	Mid 3	Mid 4	Casos											
IM 1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0			
	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1		
IM 2	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
IM 3	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	
	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
IM 4	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	
	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
Média 1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
Média 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	1	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
Média 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	1	0	1	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	1	0	
Média 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	1	1	
Casos	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	-1	-1	-1
	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	-1	0	-1	-1
	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	-1	-1	0	-1
	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	-1	-1	-1	0	0	

Figura 28: Exemplo reduzido da matriz de pesos da rede IAC.

Toda vez que o aluno solicitar uma mudança de uma média para outra, o sistema reduz em uma unidade a quantidade de médias rejeitada e aumenta em uma unidade a quantidade da média escolhida. Com isso, utiliza-se a nova quantidade de médias como entrada da rede IAC (bidirecionalidade) e obtêm-se as notas das IM. Isso pode provocar a mudança desses dados no perfil do aluno, caso ocorra mudança nas notas das IM do aluno que reflitam em mudanças efetivas nas quantidades de conteúdos por média. Porém uma pequena variação pode não acarretar mudança de perfil, pois o aluno pode ter feito uma escolha por outra média por curiosidade e não por preferir realmente aquela média e a rede IAC consegue responder adequadamente a esse tipo de situação.

O conjunto de dados feito por Barbosa é para um número fixo de telas (uma tela para cada parte do conteúdo), que totalizaram em seu trabalho em 20 telas de conteúdo. Como a quantidade de telas (conteúdos) de cada média varia de 1 a 17, pois cada IM por mais baixo que seja sua nota, terá pelo menos 1 (uma) tela sendo apresentada nesta média e no máximo 17. Nesse trabalho o número de conteúdos é variável em cada unidade e, por isso, não se pode trabalhar com valor fixo para a quantidade de telas em cada média. Para resolver este problema, foi utilizado o mesmo conjunto de exemplos, mas o mesmo é



ajustado para o total de conteúdos disponível em cada unidade dos conteúdos. Este ajuste é feito de forma simples, usando distribuição proporcional para a nova quantidade total e algumas regras para fazer o ajuste fino, uma vez que o ajuste proporcional pode nos arredondamentos fazer com que o total de conteúdos a ser apresentado seja maior ou menor (em até duas unidades) do que a quantidade real. O ajuste proporcional só é feito no momento da definição da apresentação dos conteúdos para o aluno e isso acontece após a saída da RNA IAC.

A Figura 29 apresenta a árvore de decisão com as regras geradas para fazer o ajuste nas quantidades de mídias para o caso do erro negativo máximo, ou seja, uma diferença de 2 unidades a menos do que a quantidade real de conteúdos do sistema. Este ajuste ocorre raramente, pois o erro geralmente não passa de 1 unidade, porém é necessário que o sistema contemple essa possibilidade.

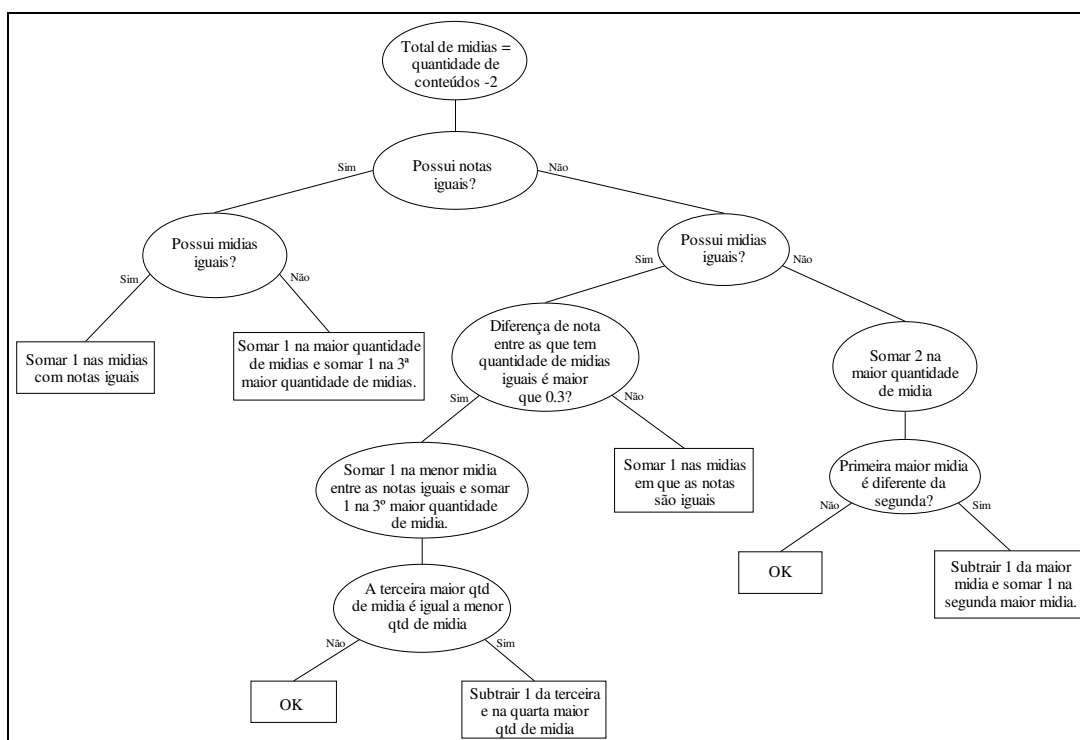


Figura 29: Árvore de decisão das regras para ajuste das mídias com erro -2.

Fonte: Adaptado de BARBOSA, 2004.

Quando a diferença é de 1 unidade a menos que o total de mídias, utiliza-se as regras apresentadas na árvore de decisão da Figura 30 que segue o mesmo princípio da árvore anterior, mas ajustando para as características específicas desta situação.

Assim como ocorre erro para quantidades menores do que o real, ocorre o contrário e para essas situações, são utilizadas regras de correção. A Figura 31 mostra a árvore de decisão das regras para ajuste das mídias com erro de 1 unidade.

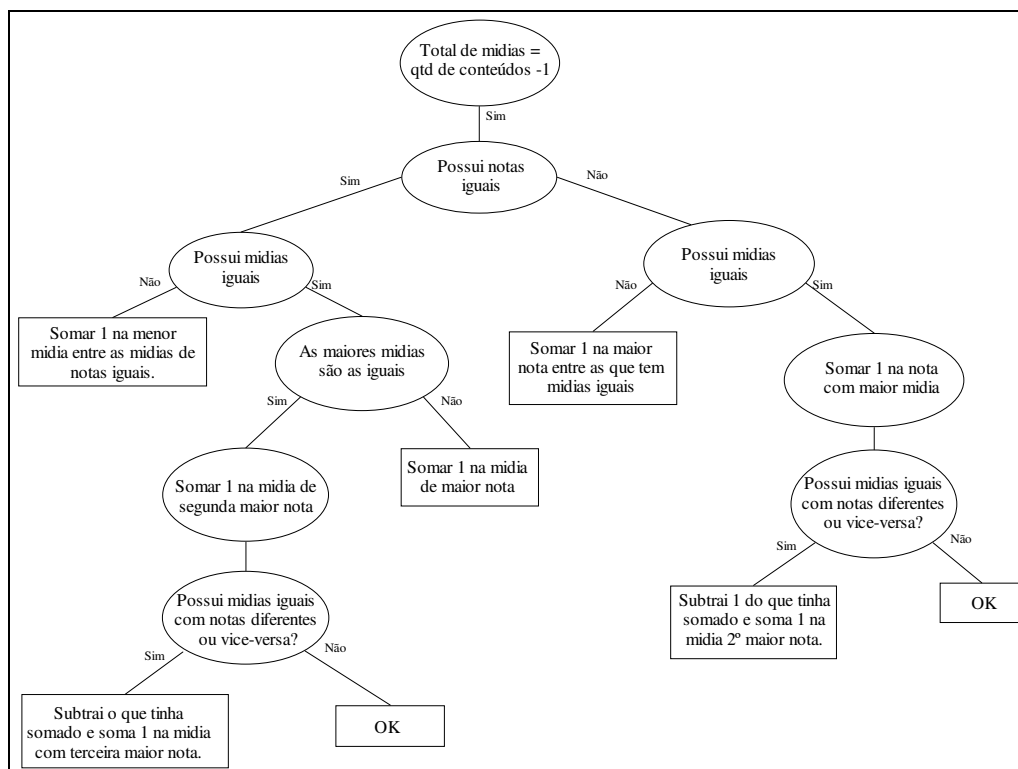


Figura 30: Árvore de decisão das regras para ajuste das médias com erro -1.  
Adaptado de BARBOSA, 2004.

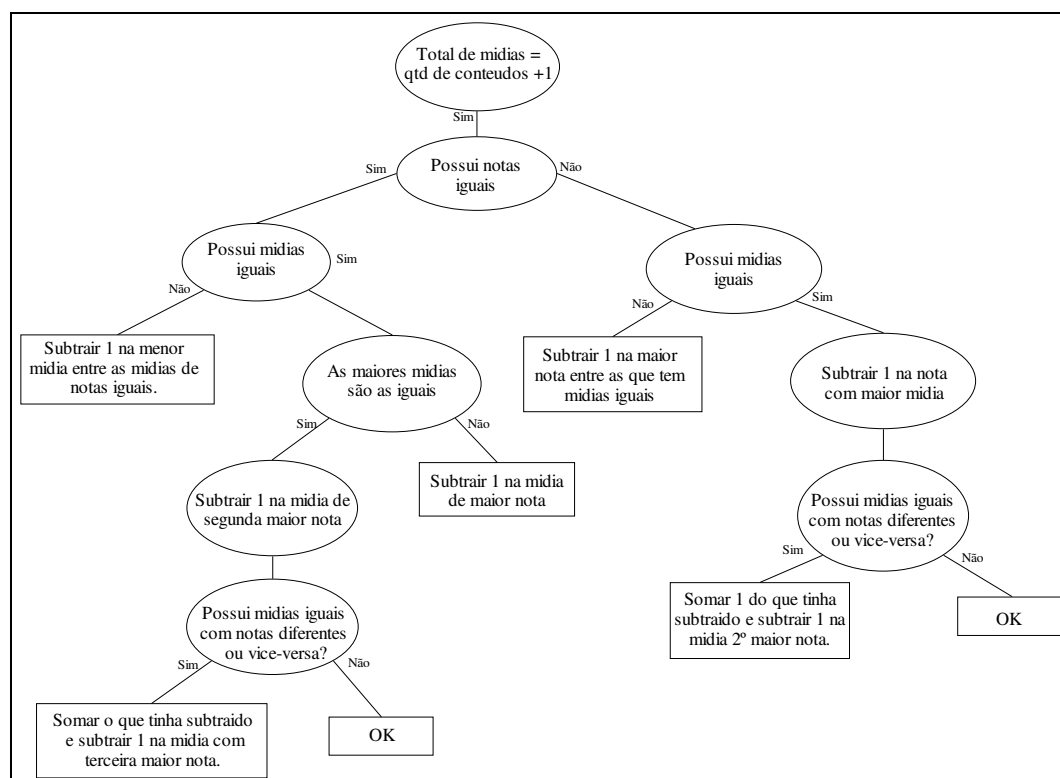


Figura 31: Árvore de decisão das regras para ajuste das médias com erro +1.  
Fonte: Adaptado de BARBOSA, 2004.

Para finalizar os ajustes dos possíveis erros das redes ao gerar as médias, apresenta-se, na Figura 32, a árvore de decisão para o caso de um erro de 2 unidades a mais.

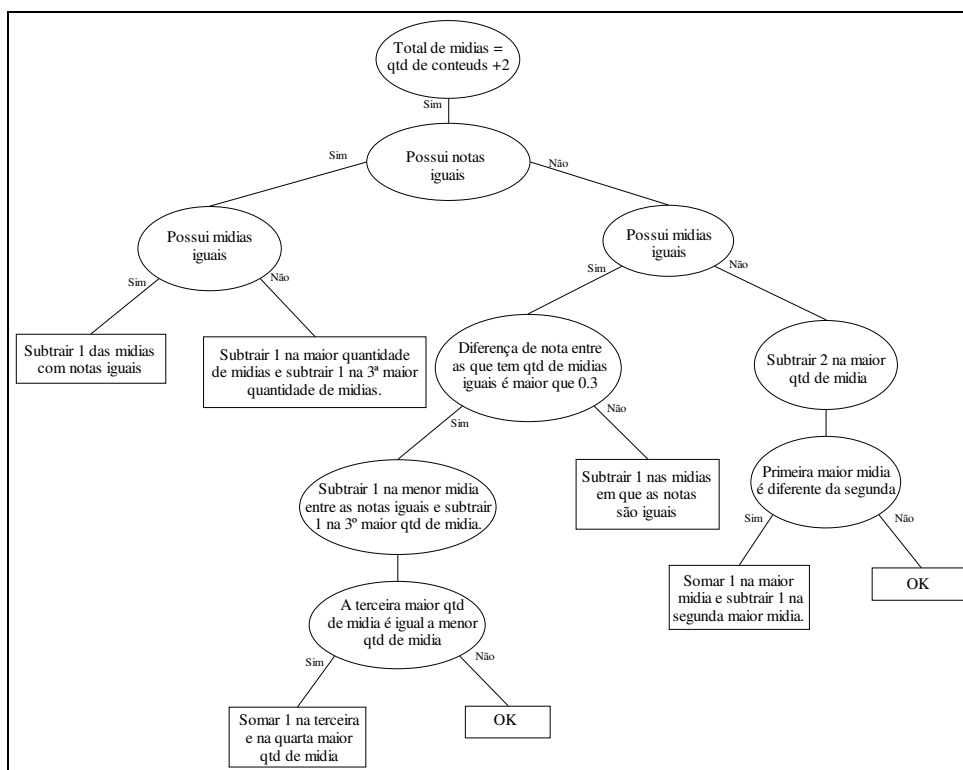


Figura 32: Árvore de decisão das regras para ajuste das médias com erro +2.

Fonte: Adaptado de BARBOSA, 2004.

### 3.4 Modelo do Domínio

Neste modelo são armazenados os conteúdos que serão abordados no curso de forma a permitir a apresentação destes aos alunos nas diversas estratégias pedagógicas implementadas pelo sistema. No protótipo desenvolvido para validar a metodologia, foram utilizadas 2 EPs e o banco de dados (BD) utilizado para implementar a base de conhecimento (BC) do modelo do domínio, deve atender às necessidades das EPs.

O BD modelado precisa prever que cada pequena parte do conteúdo armazenado deve contemplar as estratégias pedagógicas previstas e estar em 4 diferentes mídias (texto, imagens, vídeos e esquemas gráficos), permitindo, assim, que a interface possa se adaptar conforme proposto. Este BD também deve prever o armazenamento de exercícios, que serão utilizados para treinamento e avaliação dos alunos.

Um dos maiores desafios neste tipo de sistema é, sem dúvida, a montagem do material pedagógico, uma vez que este não depende do desenvolvedor do sistema e sim de especialistas da área de conhecimento que irão definir quais os conteúdos deverão ser abordados e de pedagogos que devem definir como os conteúdos devem ser montados para

atender às necessidades pedagógicas. Além disso, esses dois especialistas devem estar em contato constante para que um possa orientar o outro em suas áreas de conhecimento de forma que um complemente colaborativamente o trabalho do outro.

Além dos especialistas citados, também é essencial na equipe outro especialista ligado à área de artes, design ou afim para criar os modelos a serem utilizados, principalmente, nas mídias desenho e animação e para auxiliar na definição do layout do sistema e figuras dos agentes. Sendo assim, é fundamental para o desenvolvimento adequado dos conteúdos a participação de uma equipe multidisciplinar que trabalhe, efetivamente, em conjunto.

Em algumas situações é necessário que se utilizem diferentes alternativas, para montagem dos conteúdos, para conseguir atender às necessidades da área de aplicação e também das mídias necessárias para atender a metodologia. Pode-se citar aqui 2 exemplos que caracterizarão a confecção dos conteúdos nesse trabalho. Em função área de aplicação (odontologia) utilizada no protótipo que foi desenvolvido nesse trabalho para validar a metodologia, foram utilizados alguns recursos diferentes para a montagem de alguns conteúdos.

Os conteúdos relativos à inteligência lógico-matemática devem ser feitos através de esquemas, testes lógicos e afins. Uma das formas mais tradicionais de se representar isso na área tecnológica é pelo uso de fluxogramas e árvores de decisão, porém, esses diagramas não se adaptaram bem aos conteúdos de odontologia, em função disto buscou-se na fundamentação pedagógica a solução. A alternativa que foi considerada adequada aos conteúdos da área de odontologia foi à técnica de mapas conceituais (POZO, 2002) (LIMA, 2004) (SUE et al, 2004), que permitiram representar este tipo de conteúdos mantendo as características de esquemas lógicos.

Os conteúdos relativos à IM cinestésico-corporal devem ser feitos utilizando animações ou interações do usuário com o conteúdo. Neste caso, pela própria prática da área de odontologia que costuma utilizar filmes, foram utilizados, principalmente, este recurso nos conteúdos. Foram feitos filmes de procedimentos realizados nas clínicas e utilizaram-se estes filmes para esta mídia. Vale ressaltar que o ideal para usar esse tipo de recurso é que se tenham equipamentos de qualidade específica para este tipo de filmagem e profissionais que façam a edição destes para reduzir o tamanho e adequá-los ao sistema. Neste trabalho por falta de equipamento e profissionais especializados para fazer estas

filmagens, estas foram feitas com os equipamentos disponíveis e o resultado não ficou bom como seria o ideal.

Os conteúdos relativos à IM visual-espacial, foram feitos de duas formas, utilizaram-se imagens feitas por um designer e fotos extraídas de trabalhos publicados de materiais de odontologia, sob supervisão de especialista da área de odontologia.

Os conteúdos em texto relativos à IM linguístico-verbal foram feitos sem problemas, pois não exige nenhum recurso específico, e para sua confecção basta o especialista repassar os conteúdos a serem utilizados.

### **3.5 Módulo de Avaliação**

O módulo de avaliação é responsável por montar, controlar, avaliar e dar retorno ao modelo pedagógico sobre os resultados das avaliações de cada aluno. Baseados nos resultados das avaliações serão revistos os perfis dos alunos para readequar se necessário a EP utilizada, adaptando a EP ao aluno.

As avaliações são montadas extraindo-se dos exercícios questões para compor cada avaliação de forma automática, sendo assim, as questões das avaliações e o resultado de cada aluno serão armazenadas apenas no controle das atividades de cada aluno. Os exercícios são utilizados para as avaliações, tanto para a estratégia pedagógica tradicional como para a de casos clínicos, por isso, é necessário identificar neles um nível ou grau de complexidade, para permitir que as avaliações possam ser montadas ponderando isso, se a EP assim o exigir.

O resultado das avaliações não é utilizado por este módulo, mas é utilizado pelos agentes para analisar o prosseguimento dos estudos do aluno. Estes resultados são analisados pelas regras dos agentes e estes definem se o aluno segue para outra unidade ou retorna aos estudos para revisão. No caso da necessidade do aluno rever os conteúdos, ele será submetido novamente à avaliação após a revisão para novamente avaliar seu conhecimento. Neste caso, é necessário que este módulo apresente outras questões de avaliação e/ou as mesmas questões já apresentadas, mas a seqüência de respostas é apresentada em uma ordem diferente, para evitar a memorização de respostas por posição e não por conteúdo.

## 4 PROTÓTIPO DO SISTEMA

Visando testar e mostrar uma implementação baseada na metodologia proposta, foi desenvolvido um protótipo de sistema de ensino para a área de odontologia. O Sistema Inteligente para o Ensino de Odontologia em Pacientes Especiais (SINEPOPE) pode ser definido como um sistema de ensino que tem por objetivo principal proporcionar aos profissionais e estudantes de odontologia uma forma de aperfeiçoar suas técnicas de atendimento a pacientes com necessidades especiais. Este sistema possui uma base pedagógica que permite atender os alunos, adaptando a interface ao seu perfil, segundo a teoria das inteligências múltiplas, e também trabalhar com os conteúdos em mais de uma estratégia pedagógica.

O protótipo do SINEPOPE segue a metodologia apresentada no capítulo 3 onde a adaptação se dá em dois pontos, um na interface (interface adaptativa), seguindo a teoria das Inteligências Múltiplas, e o outro relativo à estratégia pedagógica. O protótipo contempla duas estratégias, uma que foi denominada tradicional, onde os conteúdos são definidos em ordem hierárquica (Unidades, Tópicos, Sub-tópicos), na qual o aluno vai recebendo o conteúdo de forma gradativa e crescente. A outra estratégia foi denominada de Casos Clínicos, pois nesta o conteúdo é abordado conforme exigem os casos apresentados. Em ambos os casos, exercícios e testes são realizados para fixar os conteúdos e avaliar o aluno, que pode receber reforços ou seguir em frente.

A área de aplicação para a qual os conteúdos foram desenvolvidos foi a de odontologia, mais especificamente para o tratamento de pacientes portadores de necessidades especiais, por ser esta uma área nova dentro da odontologia e bastante carente de informações. Hoje ainda não são todos os cursos de odontologia que possuem em seu currículo o estudo desta especialidade.

Portador de necessidade especial é todo o ser humano que apresenta ao nascimento ou em determinado momento da sua vida, de caráter temporário ou permanente, algum tipo de desvio da norma suficientemente capaz de ser notado. São todas as pessoas que apresentam alteração mental, deficiências sensoriais, limitação na sua capacidade de comunicação, no seu comportamento social, com deficiências sistêmicas múltiplas, ou ainda, que apresentam duas ou mais alterações ao mesmo tempo (Amante, 2002).

A Odontologia para Pacientes com Necessidades Especiais é a especialidade que tem por objetivo o diagnóstico, a prevenção, o tratamento e o controle dos problemas de saúde bucal dos pacientes que apresentam uma complexidade no seu sistema biológico e/ou psicológico e/ou social, bem como percepção e atuação dentro de uma estrutura transdisciplinar com outros profissionais de saúde e de áreas correlatas com o paciente (Conselho Federal de Odontologia – CFO 22/2001).

## **4.1 Modelagem computacional do protótipo**

Na execução de projetos de software, utilizam-se técnicas de engenharia de software para confecção de modelos que servem de referência para todas as fases de construção do software (MARTINS, 2006). Neste momento, serão apresentadas algumas etapas e alguns diagramas (modelagem do protótipo em *unified modeling language* (UML) (BOOCH; RUMBAUGH; JACOBSON, 2000)) suficientes para representar o protótipo desenvolvido.

Será apresentada na seqüência o levantamento e análise de requisitos, o diagrama de caso de uso, o diagrama de classe e de seqüência que servirão para mostrar as características do SINEPOPE.

### **4.1.1 Levantamento de Requisitos**

Os requisitos foram levantados para estabelecer as funções indispensáveis à ferramenta proposta. Estes requisitos especificam o que a ferramenta deve ou não fazer, e não como os procedimentos devem ser realizados. Estes requisitos são analisados sob três aspectos, requisitos funcionais, requisitos não funcionais e regras de negócio, como será especificado a seguir.

#### **4.1.1.1 Requisitos Funcionais**

Requisitos funcionais especificam funções que o sistema proposto deverá contemplar, ou seja, como o sistema deve reagir a determinadas situações. Sendo assim os, requisitos funcionais do SINEPOPE são:

- O sistema deve dispor de uma interface para solicitação de cadastro de usuários;
- O sistema deve apresentar um questionário para identificação das inteligências múltiplas (de preenchimento obrigatório);
- O sistema deve calcular a nota das IM com as respostas do questionário (MLP1) e a quantidade para cada uma das 4 mídias (MLP2);

- O sistema deve definir a estratégia pedagógica do aluno (Agentes);
- O sistema deve manter atualizado perfil de interface (IAC);
- Os conteúdos serão apresentados ao usuário na seqüência determinada pela estratégia e na forma determinada pela interface adaptativa;
- A navegação livre pelos conteúdos só pode ser liberada após a conclusão com sucesso da unidade;
- O sistema deve apresentar uma avaliação de conteúdo ao final de cada unidade;
- O sistema deve utilizar o agente de interface sempre que interagir com o usuário.

#### 4.1.1.2 Requisitos não Funcionais

Requisitos não funcionais definem propriedades e restrições do sistema, e não suas funções.

- As senhas do sistema devem ser criptografadas;
- A ferramenta deve permitir acesso somente a usuários cadastrados e identificados;
- O processo de atualização de perfil (processamento das redes IAC) não deve ultrapassar 30 segundos;
- A implementação será feita utilizando PHP e MySQL;
- O sistema deve ser utilizado via *browser* (independente de plataforma).

#### 4.1.1.3 Regras de Negócio

Regras de negócio especificam como o negócio funciona. As regras de negócio não são funcionalidades do sistema, mas sim características a serem consideradas no projeto e implementação:

- O aluno deve preencher os dados cadastrais e o questionário de avaliação de inteligências para que seu perfil seja inicializado;
- Os dados relativos ao perfil do usuário são de preenchimento obrigatório;
- O aluno será conduzido pelo sistema até que obtenha avaliação satisfatória ao final de cada unidade (após a conclusão da unidade a navegação aos conteúdos da unidade são liberados);
- O sistema deve se adaptar ao perfil do aluno, tanto no contexto das IM (adaptação de interface) como no contexto pedagógico (múltiplas estratégias);
- Registrar o acompanhamento do desempenho dos alunos;



- As questões de avaliação devem ser vinculadas aos tópicos e unidades e devem ser categorizadas por nível de dificuldade; e
- A manutenção dos conteúdos deve ser feita a qualquer tempo.

#### 4.1.2 Diagrama de Caso de Uso

Os casos de uso são utilizados para documentar o sistema do ponto de vista de qualquer elemento externo que interaja com o software (pessoa, outro sistema de informação, dispositivos de hardware e outros) (STEVENS; POOLEY, 2000).

Na seqüência serão apresentados alguns casos de uso do protótipo desenvolvido, iniciando com o caso de uso aluno (Figura 33), que representa as interações do aluno com o sistema.

O principal ator do SINEPOPE é o aluno, que pode ter as seguintes atividades no sistema: Preencher cadastro; Logar no sistema; Visualizar conteúdos; e Resolver Exercícios.

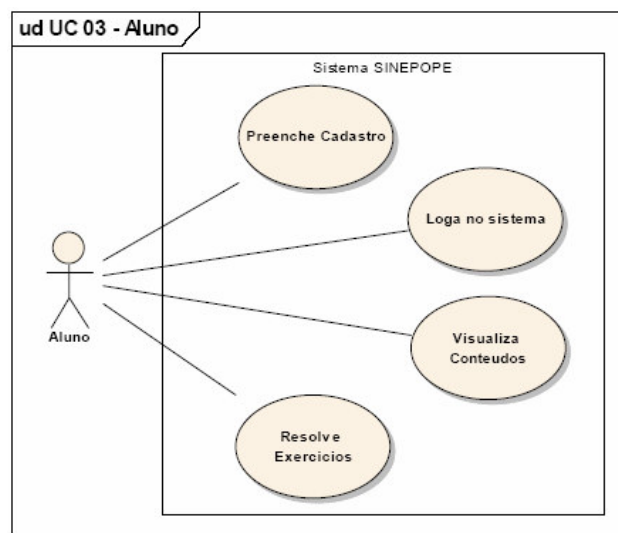


Figura 33: Caso de Uso Aluno

Preencher Cadastro: O aluno, quando está se cadastrando no sistema, deve entrar com suas informações pessoais e após isto deverá preencher um questionário que moldará o perfil de IM deste aluno.

Logar no Sistema: O aluno deverá estar logado no sistema para poder ter acesso aos conteúdos contidos no sistema. O login é essencial, pois cada aluno terá tratamento personalizado no sistema.

Visualiza Conteúdos: O aluno pode visualizar os conteúdos de qualquer das estratégias e mídias disponibilizadas no sistema. Porém, a navegação livre só é permitida após a conclusão da unidade, antes disso, o sistema conduz o aluno nos conteúdos.

Resolve Exercícios: O aluno que completar uma unidade de ensino poderá resolver exercícios para testar os conhecimentos obtidos. E caso ele não consiga um índice de acertos satisfatório, deverá refazer a unidade, para, então, tentar resolver os exercícios novamente e seguir para a próxima unidade.

Outro caso de uso a ser ressaltado aqui é o relativo aos agentes do sistema, que apresenta todos os agentes modelados e os relacionamentos deles com o sistema. Este caso de uso pode ser visualizado na Figura 34.

Foram projetados na modelagem (UML) do SINEPOPE 5 agentes distintos, sendo 3 deles voltados à solução das estratégias pedagógicas, conforme proposto na metodologia apresentada no tópico 3.1 desta tese, e outros 2 relativos respectivamente à identificação das IM (notas e mídias) e aos diálogos com o usuário. Este último é o agente que possui uma forma (imagem) e interage com o aluno.

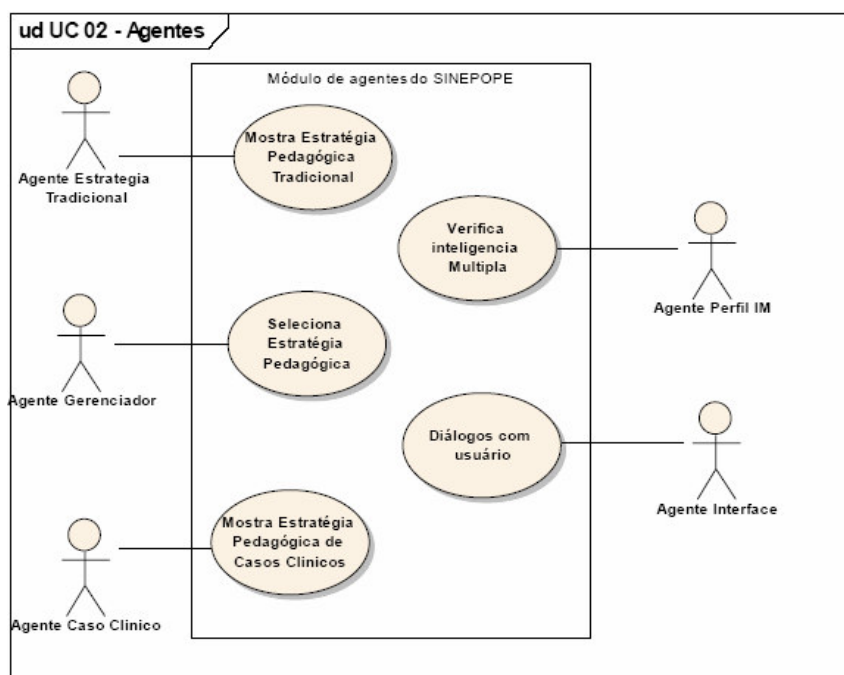


Figura 34: Caso de Uso dos Agentes

Os 3 primeiros são o “agente gerenciador”, responsável por definir dentre as estratégias pedagógicas, qual será a utilizada para o aluno em questão. O “agente estratégia tradicional”, responsável por conduzir o aluno nos preceitos da EP tradicional. O “agente estratégia caso clínico”, idêntico ao anterior, mas para a EP de casos clínicos.

O “agente perfil IM” tem como função definir o perfil do usuário no que se refere as IM. Para isto, ele detecta um novo aluno (recém cadastrado), apresenta o questionário de identificação das IM, calcula as notas de cada IM e a quantidade de médias de cada tipo, gravando tudo no banco de dados.

Por fim, o “agente interface” tem por atividade monitorar o aluno em seu estudo e interagir com este, principalmente, dando informações sobre o que o aluno deve fazer ou o que estará sendo apresentado a ele.

A Figura 35 apresenta o diagrama de caso de uso do professor, representando as ações do professor no sistema. O professor pode, basicamente, fazer os cadastros relativos aos conteúdos do sistema.

Não foram projetados para esta etapa relatórios informativos ao professor que disponibilizou os conteúdos, sobre as atividades e resultados dos alunos. Dados dos resultados dos alunos serão extraídos diretamente do banco de dados para as análises de resultados dos testes do sistema.

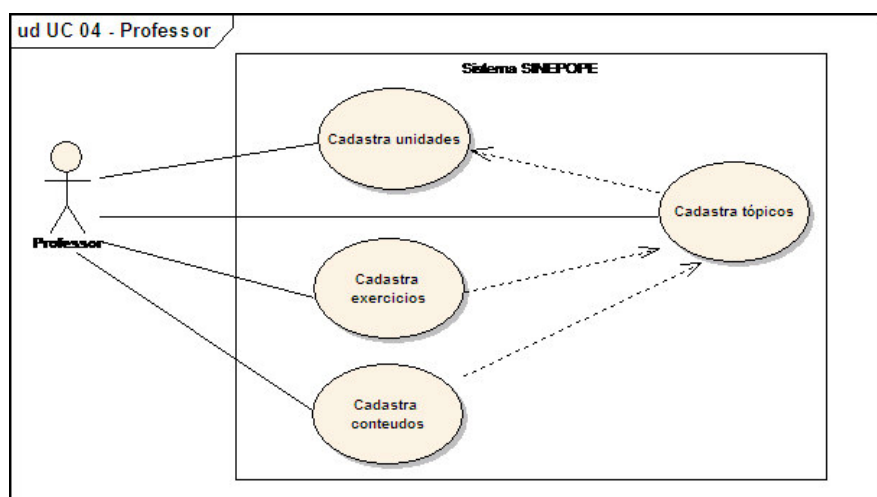


Figura 35: Caso de Uso do Professor.

### 4.1.3 Diagrama de Classe

Segundo Bezerra (2002), o diagrama de classes é utilizado para representar o modelo de classes. De todos os diagramas da UML, esse é o que possui mais termos de notação. Pode-se visualizar na Figura 36 o pacote de classes do SINEPOPE, com as classes persistentes, representando o módulo de domínio do STI. Neste diagrama, representa-se o controle dos conteúdos, exercícios e estrutura de unidades e tópicos utilizados.

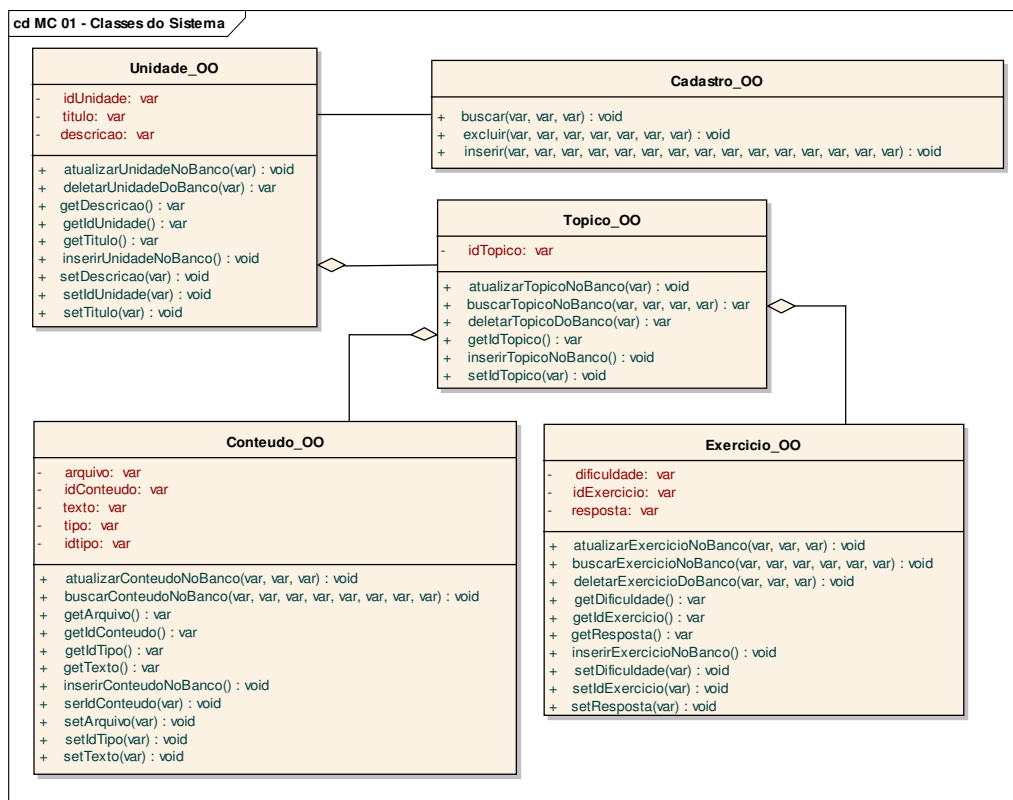


Figura 36: Diagrama de Classes do SINEPOPE.

A classe cadastro tem como funções buscar, inserir e excluir alguma unidade, tópico, conteúdo ou exercício no sistema. As classes de unidades, tópicos, conteúdos e exercícios representam os dados relativos à denominação. Os exercícios e conteúdos estão vinculados aos tópicos para facilitar o controle da disponibilização personalizada dos conteúdos e exercícios ou testes no sistema.

#### 4.1.4 Diagrama de seqüência

Para descrever o modelo de interação no sistema foram utilizados diagramas de seqüência, que tem como principal objetivo demonstrar como as mensagens são enviadas no decorrer do tempo (BEZERRA, 2002). Utilizaram-se três diagramas para representar as principais interações do sistema, quais são: Interações do aluno com o SINEPOPE; Cadastramento de Aluno; e Resolve Exercícios.

O primeiro diagrama de seqüência apresentado é o “Aluno Interage SINEPOPE”, que pode ser visualizado na Figura 37.

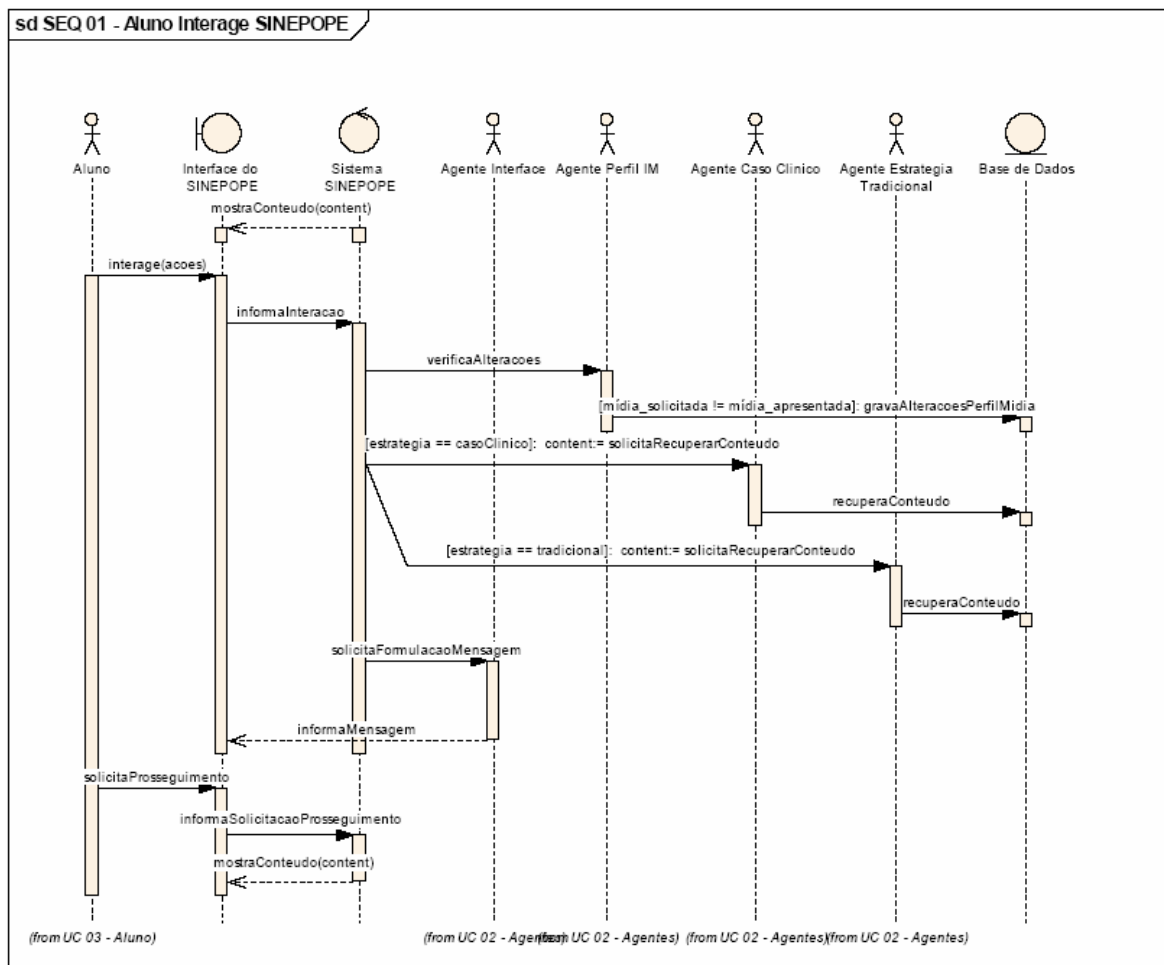


Figura 37: Diagrama de seqüência do aluno.

Este diagrama de seqüência representa as interações do aluno com o sistema, demonstrando, com isso, as interações do agente de interface com o aluno (por meio da interface do sistema), assim como a adaptação do perfil do usuário no que se refere às IM, sempre que o usuário solicitar mudanças. A apresentação dos conteúdos passando pela análise dos agentes de EP e o Banco de Dados também estão envolvidos nas interações deste diagrama.

O segundo diagrama apresentado é o “Resolve Exercício” que pode ser visualizado na Figura 38. Este apresenta as interações do aluno ao fazer um exercícios/teste no sistema. Esta interação envolve diálogos com o agente de interface, que informa ao aluno o que este deverá fazer e ao final do teste apresentará o resultado ao aluno, orientando o mesmo, caso este não tenha atingido o nível desejado de aproveitamento.

Os agentes de EP também aparecem aqui, pois os resultados do teste podem refletir em mudança na EP utilizada para o aluno. Esta análise é feita pelo agente gerenciador e

comunicada aos agentes de cada uma das EP, para a continuidade das atividades do aluno. Todas as eventuais mudanças de perfil são atualizadas no banco de dados.

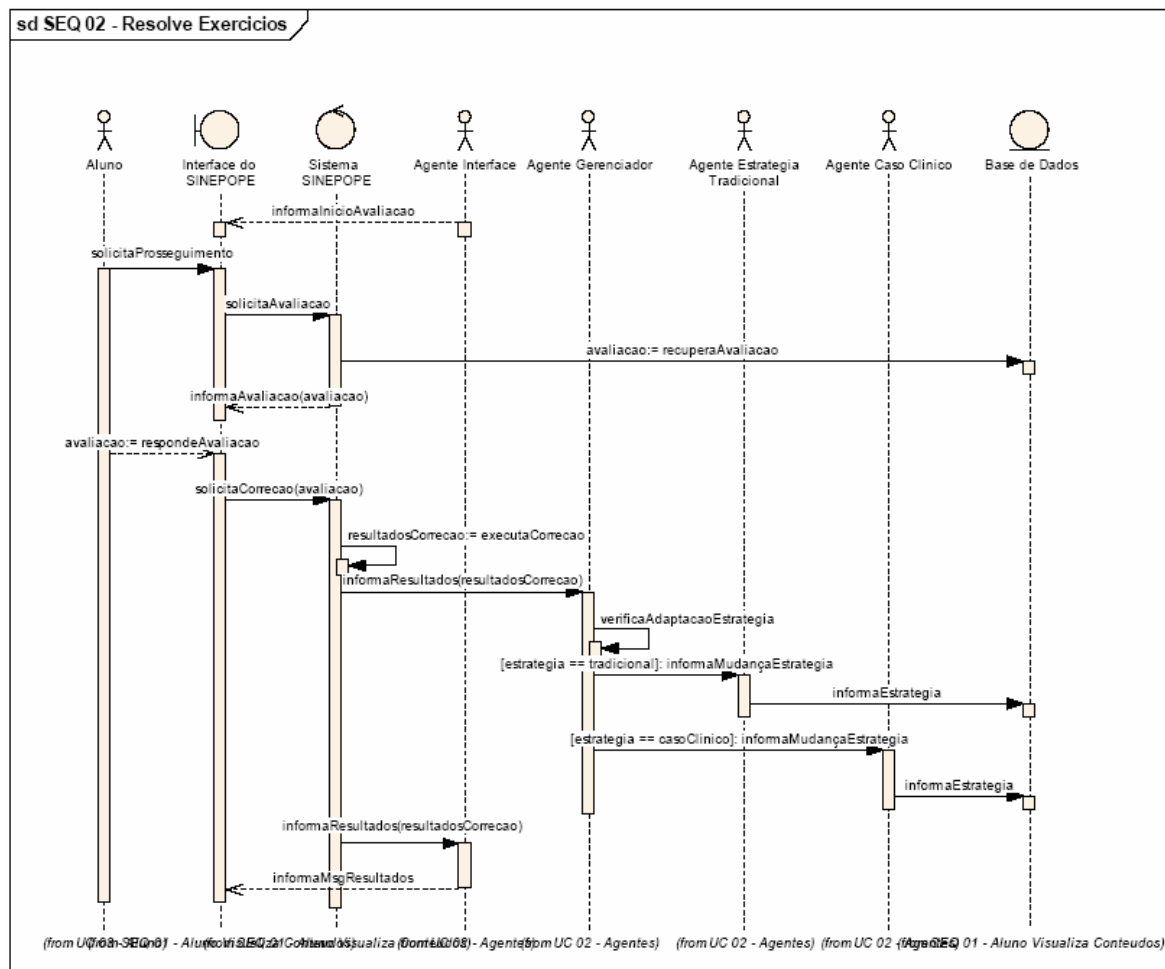


Figura 38: Diagrama de seqüência de resolução de exercício.

Os agentes de EP também aparecem aqui, pois os resultados do teste podem refletir em mudança na EP utilizada para o aluno. Esta análise é feita pelo agente gerenciador e comunicada aos agentes de cada uma das EP, para a continuidade das atividades do aluno. Todas as eventuais mudanças de perfil são atualizadas no banco de dados.

O último diagrama de seqüência utilizado aqui para demonstrar algumas das principais interações do SINEPOPE é o “Cadastro de Aluno”, que pode ser visualizado na Figura 39. A importância deste diagrama está no fato de ser neste ponto que o perfil do aluno é inicializado, e de que estas interações estão representadas nele.

Neste caso, o aluno ao solicitar seu cadastro no sistema, terá que preencher um cadastro com informações que são utilizadas para definir a EP a ser utilizada inicialmente pelo sistema. Na seqüência, um questionário relativo as IM é apresentado para ser devidamente preenchido permitindo, com isso, que o agente perfil IM inicialize o perfil de

IM do aluno. Os dados cadastrais e do perfil gerados são armazenados no banco de dados, para serem consultados e alterados futuramente, sempre que necessário.

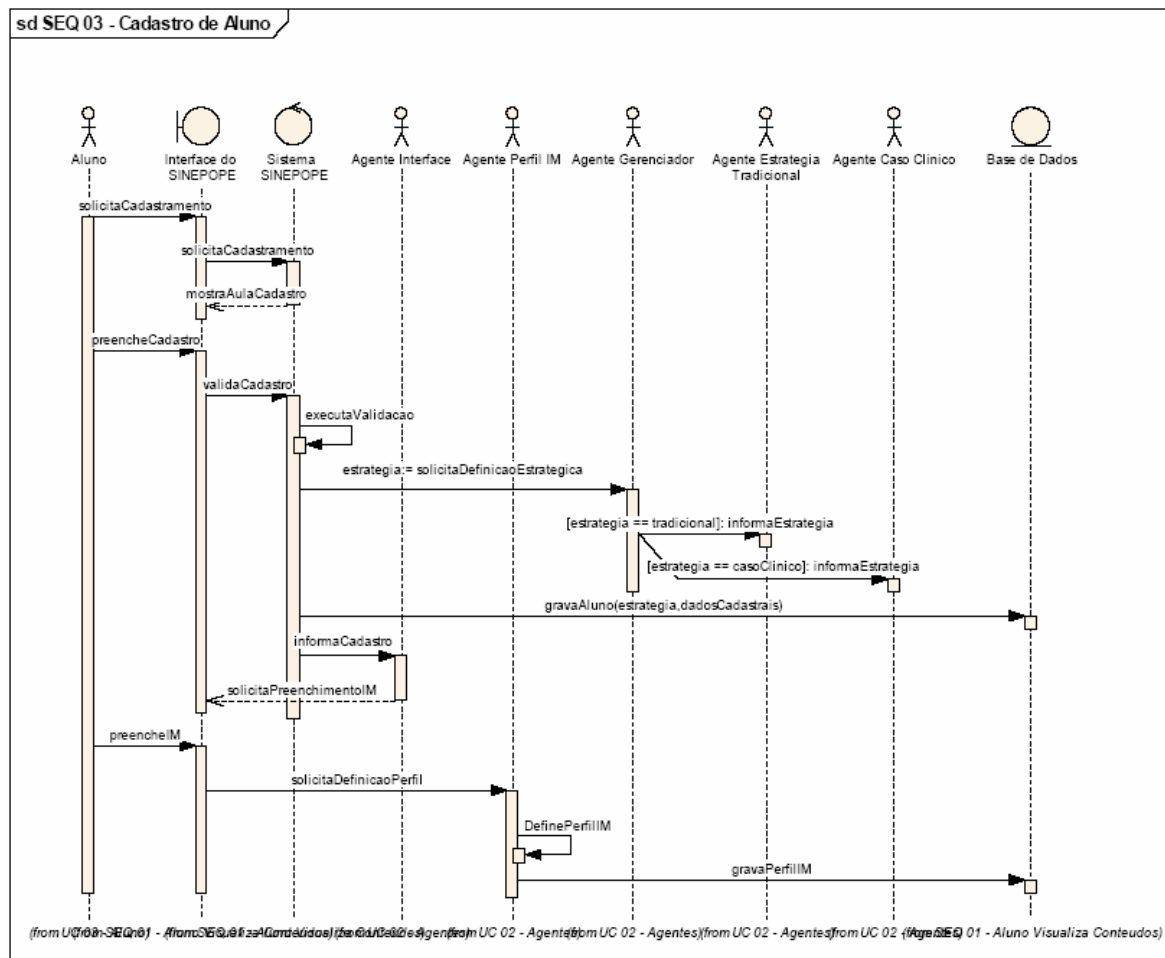


Figura 39: Diagrama de seqüência de cadastro de Alunos.

Da mesma forma que no diagrama da Figura 38, os agentes de EP efetuam a definição da EP a ser utilizada inicialmente pelo aluno, tarefa esta que é do agente gerenciador. Com essa definição, o agente de EP correspondente será ativado para acompanhar o aluno.

As interações do aluno com a interface do sistema são mediadas pelo agente de interface, que desde o princípio do processo faz todo o processo de comunicação com o aluno.

Para representar os principais dados armazenados pelo sistema, utilizou-se o diagrama entidade relacionamento (ER), uma vez que o banco de dados utilizado é relacional. A Figura 40 apresenta o modelo ER do banco com as tabelas, seus relacionamentos e os atributos de cada uma delas.

Uma descrição breve das tabelas do banco será feita na seqüência, com intuito de esclarecer a função de cada uma das tabelas do banco, sem entrar em detalhes a esse respeito.

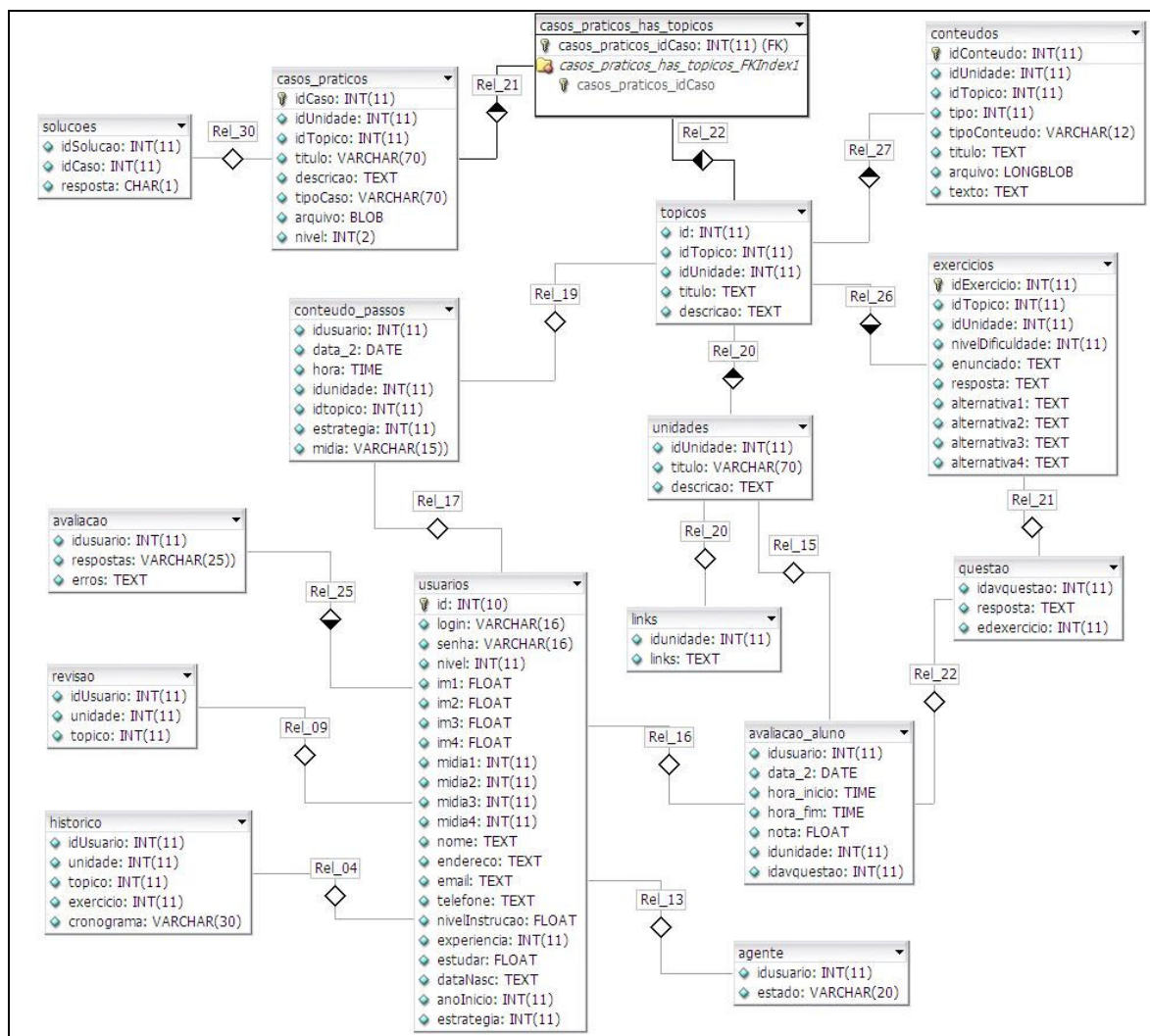


Figura 40: Diagrama de Entidade Relacionamento.

As tabelas são as seguintes:

Agente: Tabela que registra o estado do agente de cada usuário do sistema.

Avaliação: Tabela que registra as respostas dadas nas avaliações feitas a cada unidade, e a quantidade de erros.

Avaliação Aluno: Registro das avaliações feitas por cada aluno, com data, hora de início e hora de final da avaliação, bem como a unidade relacionada com a avaliação.

Casos Práticos: Tabela que armazena os casos práticos no sistema. Com a unidade, tópico e conteúdos correspondentes, assim como o tipo de caso prático e se for um arquivo, será armazenado em um campo do tipo BLOB (Binary Large Object).



Conteúdo Passos: Registra os passos executados pelo usuário no sistema, quais conteúdos ele já viu e em qual estratégia.

Conteúdos: Registra os conteúdos do sistema. E para isto, deve-se ter cadastrado pelo menos um tópico, que será vinculado ao conteúdo recém criado. Pode-se escolher entre quatro tipos de mídias diferentes para os conteúdos, e se eles serão de caso prático ou não, totalizando oito tipos de conteúdos diferentes.

Exercícios: Registra os exercícios cadastrados pelos professores. Os exercícios são todos de múltipla escolha. Para cada tópico podem ser cadastrados quantos exercícios o professor julgar necessário.

Histórico: Registra os conteúdos vistos e exercícios feitos pelo usuário.

Links: Para cada unidade são armazenados *links* da internet para posteriores consultas, caso o aluno sinta necessidade de conteúdo adicional.

Questão: Registra as questões utilizadas na avaliação e a resposta dada pelo aluno.

Revisão: Registra os conteúdos que o aluno precisa refazer para poder avançar.

Soluções: Tabela que registra as diferentes soluções para os casos práticos.

Tópicos: Registra os tópicos do sistema. Para tal, deve-se já ter cadastrado pelo menos uma unidade, a qual será vinculada o tópico criado.

Unidades: Registra as unidades cadastradas no sistema, com título e descrição de cada unidade.

Usuários: Tabela responsável pelo registro dos usuários cadastrados no sistema, e também armazena os dados necessários para modelagem do perfil do usuário.

Com a apresentação dos diagramas anteriores, pode-se ter uma visão da forma como este sistema foi desenvolvido e implementado. Sendo assim, demonstra-se que a metodologia, proposta no item 3, pode ser implementada computacionalmente. O sistema resultante deste projeto será apresentado na seqüência.

## **4.2 Apresentação do protótipo desenvolvido**

Nesse item apresenta-se o protótipo desenvolvido por meio da exibição de algumas telas do SINEPOPE, visando demonstrar como seria a interação dos alunos com o sistema. Inicialmente, o aluno se depara com uma tela de abertura, apresentando, rapidamente, o sistema (contextualizando, brevemente, o curso), conforme pode ser observado na Figura 41a. Nos casos de alunos que ainda não estão cadastrados, o sistema solicitará efetuar seu cadastro para permitir o acesso aos estudos e demais funcionalidades. O cadastro é

efetuado preenchendo uma ficha com informações básicas de identificação do aluno e algumas questões relativas a sua formação e estudos conforme apresenta a Figura 41b.

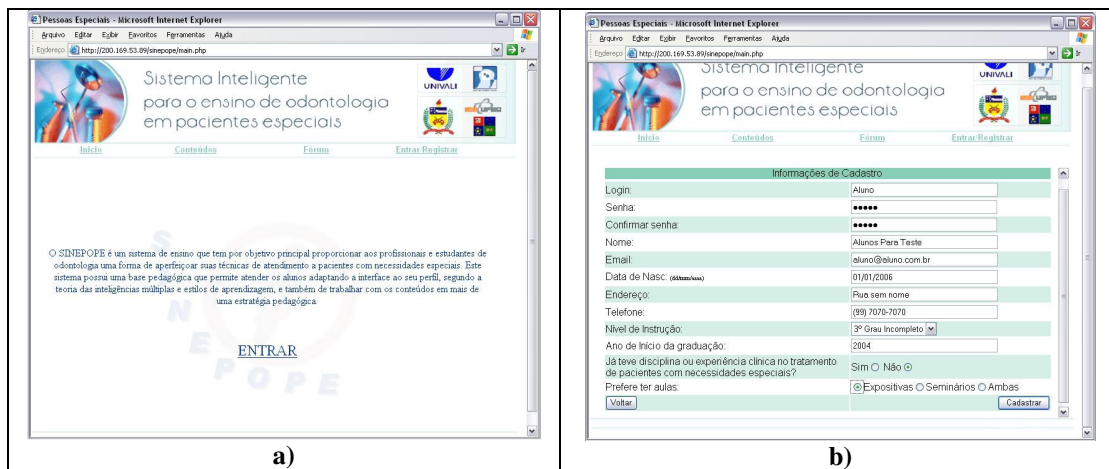


Figura 41: Tela de Entrada (a) e de cadastro (b) do Sistema

Prosseguindo no sistema, o aluno irá se logar nele (Figura 42a e, caso ele seja um aluno novo, será apresentado a ele o questionário das IM (Figura 42b) para ser respondido, o que permitirá ao sistema gerar o perfil de interface (complemento do perfil dinâmico). Isso é apresentado apenas na primeira vez que o aluno acessa o sistema.

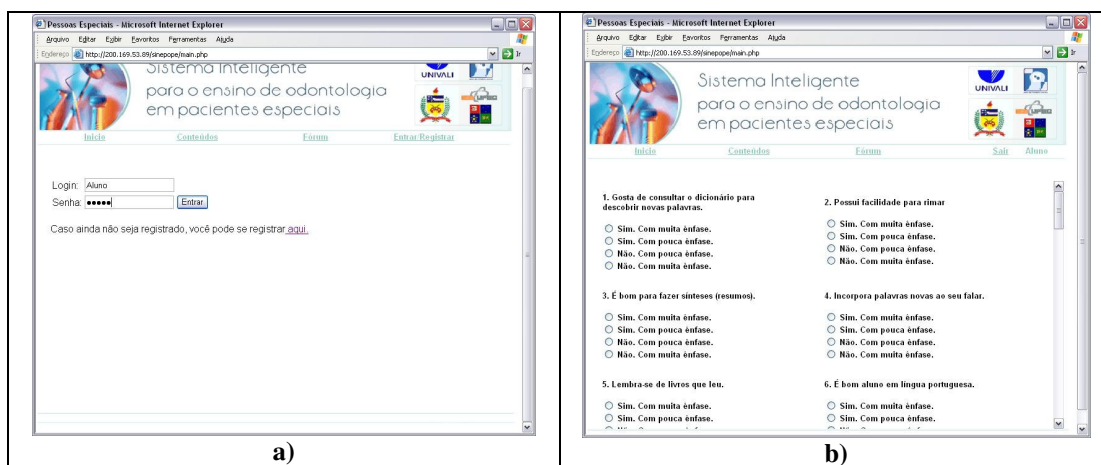


Figura 42: Tela de login (a) e do questionário de identificação das IM (b).

Um agente de interface está constantemente informando o aluno sobre o que está sendo apresentado e que atividades ele vai fazer, visando, efetivamente, interagir com o aluno, buscando maior proximidade com o usuário do que acontece comumente ao se utilizar sistemas computacionais em geral. Um bom exemplo desses agentes é o agente “Adele”, um agente com características humanas projetado para trabalhar com os estudantes na área da medicina. Suas funções são auxiliar na resolução de problemas e disponibilizar material para estudo. Além disso, Adele é capaz de destacar assuntos

importantes, monitorar o aluno e realizar testes de avaliação com o objetivo de verificar o grau de compreensão do aluno sobre o assunto que está sendo estudado (SHAW; JOHNSON; GANESHAN, 1999).

No SINEPOPE, o agente de interface tem a forma (representação humana) de um profissional da saúde, uma vez que os conteúdos abordados são da área de odontologia e para esse público alvo. Esse agente foi batizado de Pierre, uma alusão ao “pai da odontologia” Piérre Fouchard que revolucionou a odontologia na França (PFA, 2006). A idéia é que, na medida do possível, o aluno crie uma simpatia por este agente tornando o uso do sistema mais agradável e tentando tornar o relacionamento interpessoal (mesmo que sendo entre humano e computador). Um exemplo de diálogo do agente pode ser observado na Figura 43a, que mostra o momento em que o agente se apresenta ao aluno e informa que irá acompanhá-lo em seu estudo. Outro exemplo está representado na Figura 43b e apresenta um diálogo de apresentação de um novo conteúdo ao aluno.

A partir deste momento, o aluno é apresentado aos conteúdos do curso, seguindo seu perfil de interface e de estratégia pedagógica. Serão apresentadas a seguir algumas telas de conteúdos que podem ser oferecidas ao aluno em cada uma das mídias para as duas EP consideradas nesse sistema.

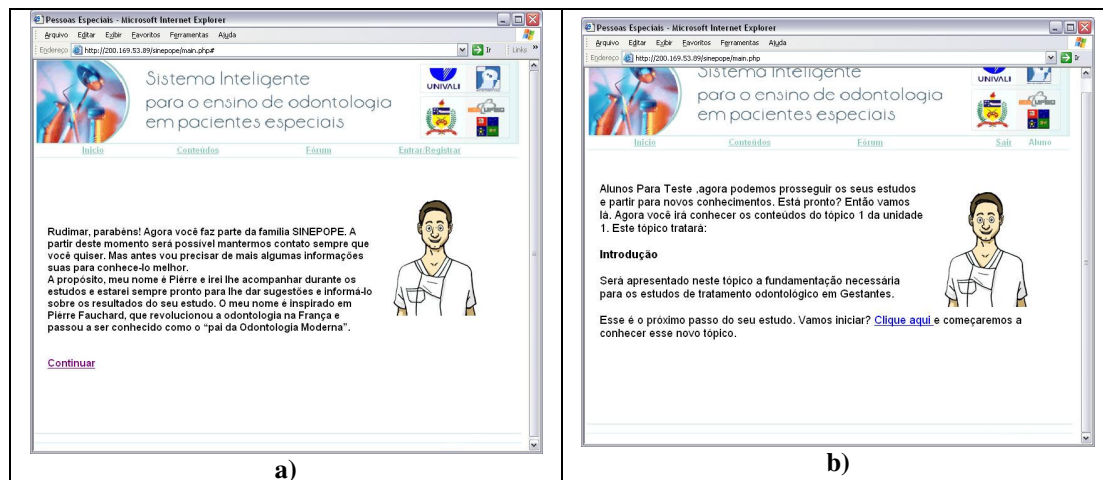


Figura 43: Exemplos de diálogos do agente de interface.

A Figura 44 apresenta a cópia de duas telas do sistema, ambas da EP tradicional, sendo uma com conteúdo da mídia texto e a outra com conteúdo da mídia imagem (ou figura).

Existe para todas as telas de conteúdo um mecanismo de navegação que permite ao aluno mudar de mídia sempre que julgar oportuno. Como são quatro possibilidades de mídias sempre antes do conteúdo (mas na mesma tela, no alto) é apresentado um menu

com as opções para o aluno acessar as outras três mídias, como pode ser observado na Figura 44a (circulado). Ao final de cada tela, tem uma opção para o aluno prosseguir para o próximo tópico do conteúdo, como pode ser observado na Figura 44b (circulado no canto inferior esquerdo).

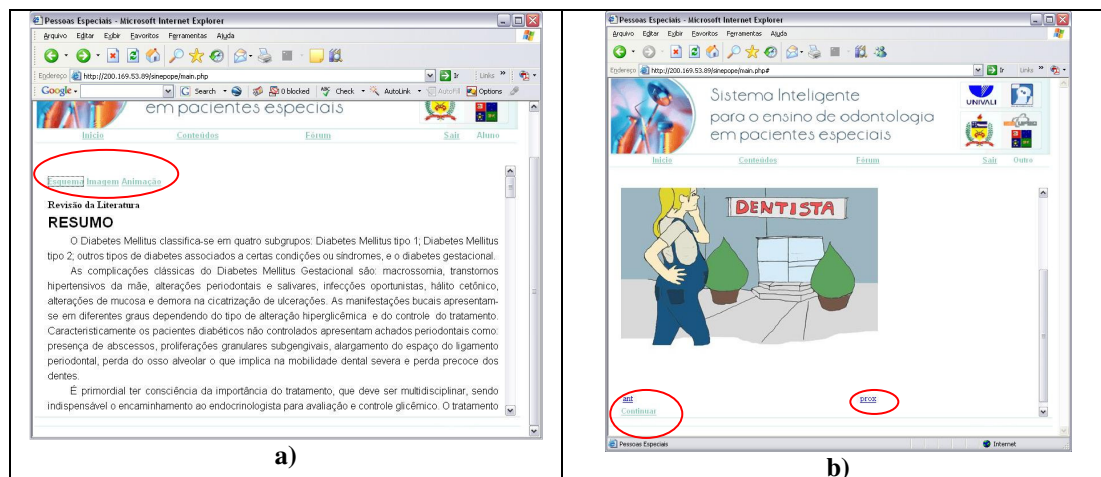


Figura 44: Exemplo de conteúdo da EP tradicional nas mídias texto (a) e imagem (b).

Os conteúdos na mídia imagem possuem duas opções de navegação que permitem alternar entre as imagens, pois podem ser utilizadas uma ou mais imagens para representar o conteúdo de cada tópico. Estas opções estão abaixo das figuras (no rodapé da janela da figura), conforme pode ser observado nas áreas circuladas na Figura 44b. À esquerda tem-se a opção de retorno (figura anterior, logo acima da opção de prosseguir do sistema) e a direita a opção próximo (figura seguinte).

Na Figura 45, são apresentados dois exemplos de telas com conteúdos nas mídias esquema, onde se optou por usar mapas conceituais, e animação no qual foram utilizados, principalmente, filmes dos procedimentos.

Quanto aos esquemas, como estes, em sua maioria, ficaram maiores que o tamanho da área de apresentação, é possível, clicando-se sobre o esquema, abri-lo em uma janela em tela cheia só com o esquema, o que permite uma visualização melhor e com possibilidade de mudança no tamanho de visualização (zoom). Além dos controles de imagem disponibilizado no *browser*, como pode ser visto na área circulada da Figura 45a.

Na mídia animação apresentada na Figura 45b, não foram implementados muitos recursos de controle, sendo que a única possibilidade disponível é reiniciar a animação (filme). O tamanho também é fixo, conforme definição utilizada na edição do filme e não é permitido alterar isso na utilização do sistema.

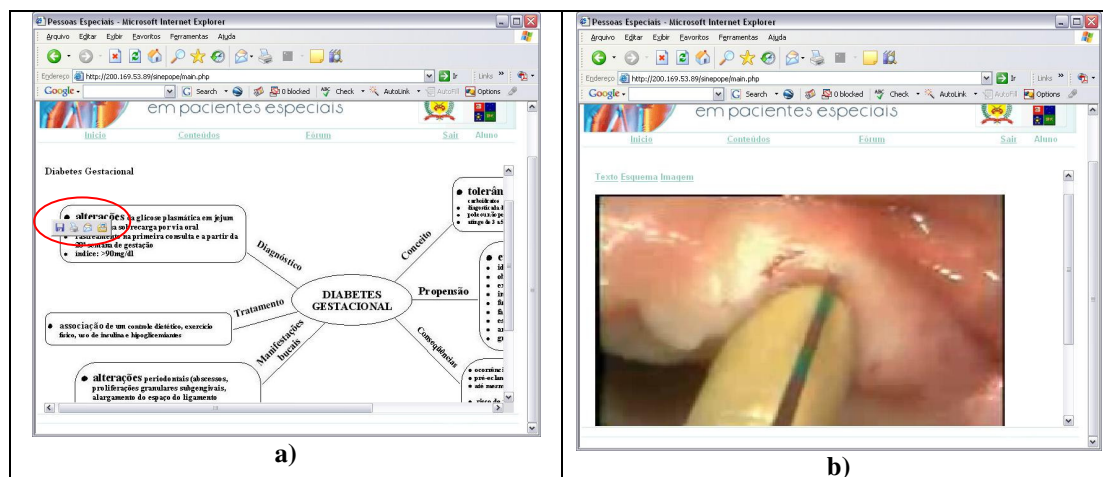


Figura 45: Exemplo de conteúdo da EP tradicional nas mídias esquema (a) e animação (b).

Além dos conteúdos da EP tradicional, também existem os conteúdos da EP casos clínicos. Estes conteúdos seguem o mesmo princípio de utilização de mídias, conforme apresentado nas Figura 46 e Figura 47.

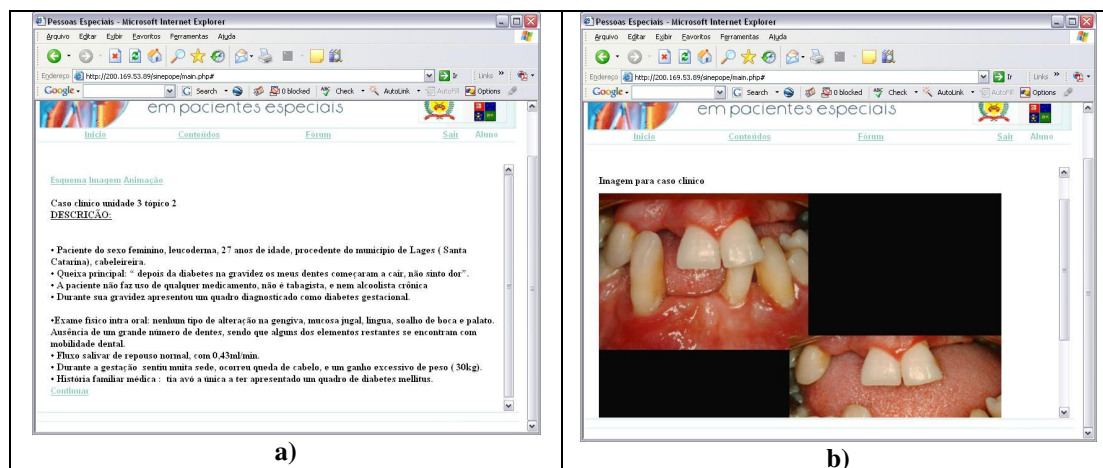


Figura 46: Exemplo de conteúdo da EP casos clínicos nas mídias texto (a) e imagem (b).

A Figura 46a apresenta um exemplo de tela com caso clínico na mídia texto e a Figura 46b o caso clínico na mídia imagem. Os controles e opções são os mesmos já comentados nos exemplos anteriores.

Os conteúdos na EP casos clínicos também podem ser apresentados nas mídias esquema e animação, conforme pode ser visualizado no exemplo da Figura 46a e b, respectivamente.

Se o aluno interromper os estudos saindo do sistema, ao retornar para continuar seu estudo o conteúdo apresentado será relativo ao tópico no qual o aluno parou no seu acesso anterior para que o mesmo prossiga seu estudo a partir daquele ponto. Como o sistema foi projetado para a web e para ser utilizado sem, necessariamente, a supervisão de um professor, é permitido ao aluno realizar seu estudo no ritmo que achar mais conveniente.

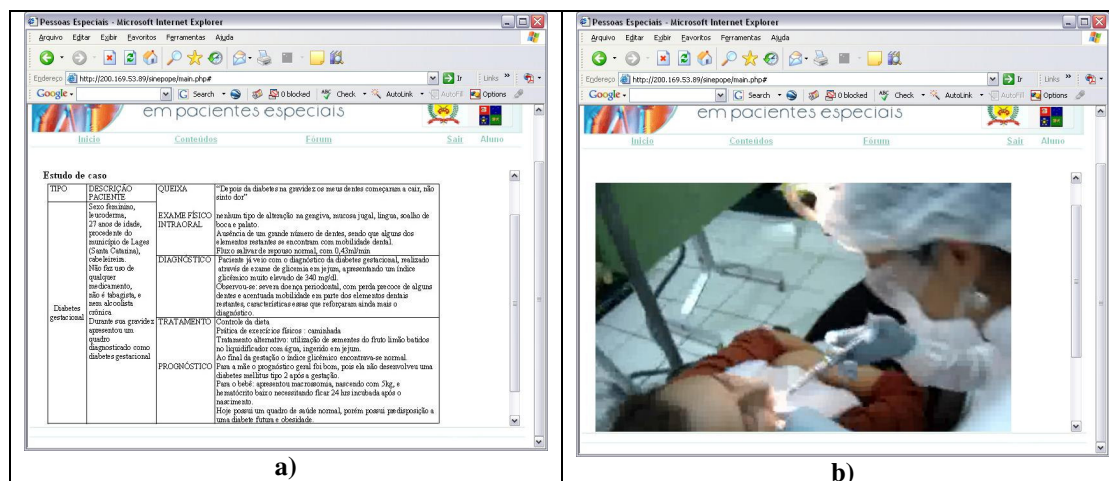


Figura 47: Exemplo de conteúdo da EP casos clínicos nas mídias esquema (a) e animação (b).

Quando o aluno finaliza uma unidade, independente da EP utilizada para este aluno, é apresentado a ele um teste com questões de múltipla escolha, para que o mesmo responda (Figura 48a). Uma vez respondido o teste é imediatamente analisado e o agente de interface apresenta ao aluno o resultado, não como uma nota, mas informando se seu aproveitamento foi considerado suficiente ou não.

O resultado do teste é utilizado pelos agentes de EP para definir se o aluno prossegue e passa para a próxima unidade ou se ele deve retomar os estudos da unidade para revisão. Essa análise pode levar o aluno a rever apenas alguns tópicos, toda a unidade ou, ainda, iniciar com a outra EP, visando buscar o entendimento do aluno sobre os conteúdos apresentados.

Por fim, quando o aluno encerra os estudos de todos os conteúdos disponíveis no sistema é apresentado a ele um questionário de avaliação do SINEPOPE (Figura 48b). Este questionário visa avaliar o sistema sob o ponto de vista dos alunos em 3 aspectos: ergonômicos, funcionais e pedagógicos. Essa avaliação é armazenada no banco de dados do sistema para ser usada nas análises feitas do sistema e da metodologia.

Como o SINEPOPE foi projetado e construído com intuito de validar a metodologia proposta nessa tese, não houve preocupação maior com os aspectos de cadastro de professores e conteúdos. A preocupação foi com a apresentação dos conteúdos aos alunos.

Em função disto, o cadastro de professores só pode ser efetuado pelo administrador do banco de dados, pois não existe interface no sistema para este cadastramento. Porém, os conteúdos podem ser cadastrados pelos professores no próprio SINEPOPE, utilizando uma

interface simples e que não passou por nenhum projeto mais apurado, mas que segue os padrões usuais deste tipo de interface.

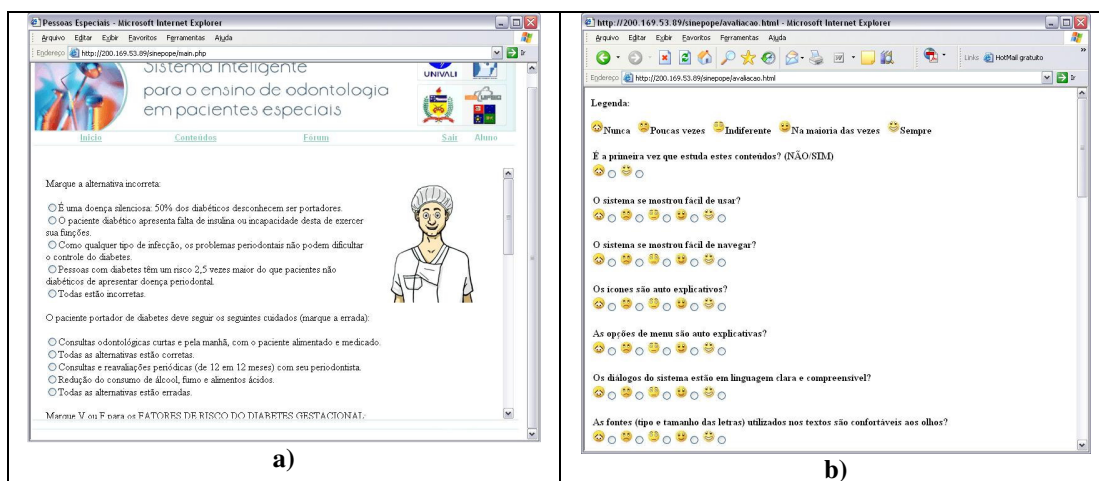


Figura 48: Exemplo de avaliação do aluno (a) e avaliação do sistema (b)

Quando um professor se autentica (loga) no sistema, aparecem algumas opções a mais no menu, como por exemplo: Listar Usuários, Listar Materiais e Cadastrar Materiais. Estas opções aparecem na linha abaixo no menu padrão, como pode ser observado no exemplo da Figura 49a na área circulada.

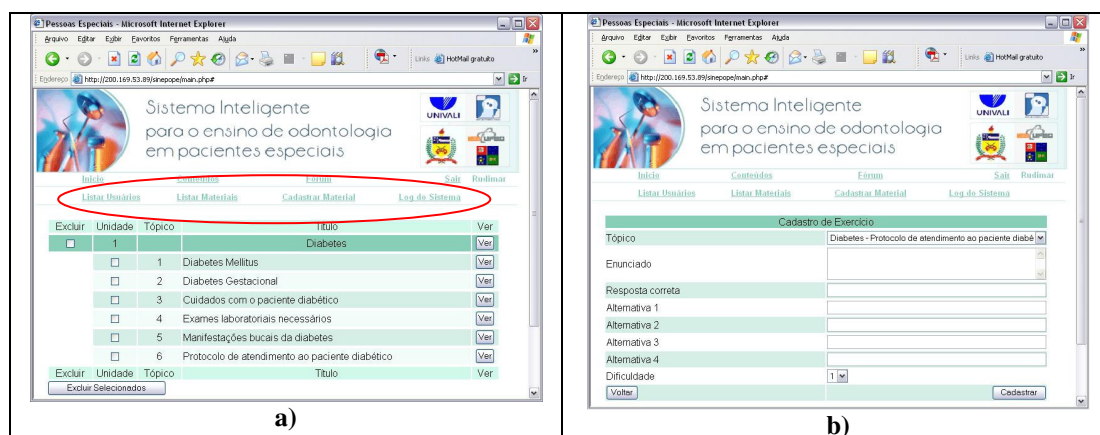


Figura 49: Exemplo de apresentação/eliminação de conteúdos (a) e cadastro de questões (b).

A Figura 49a ainda apresenta a tela inicial da opção listar materiais. Esta é uma interface simples, mas que permite ao professor visualizar os materiais e/ou eliminá-los se desejar. Na Figura 49b, apresenta-se a tela de cadastro de exercícios/testes (questões de avaliação) que é um subitem da opção cadastrar materiais do menu.

Outro cadastro importante é o de conteúdos, onde serão cadastrados os conteúdos das 4 mídias: texto, esquema, imagem e animação. A Figura 50 apresenta uma cópia da tela de cadastro, que possui um editor para os textos (com opções de formatação Figura 50a), e uma opção de busca para copiar e vincular figuras, animações e esquemas (Figura 50b).

Em virtude da tela de cadastro ser muito grande, ela foi copiada em duas partes, para que fosse possível visualizar todas as suas funcionalidades.

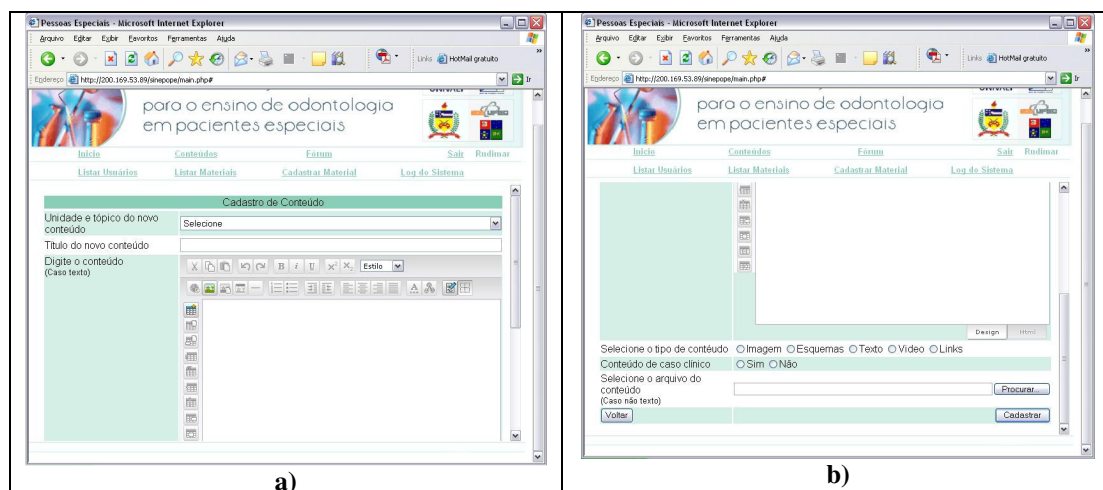


Figura 50: Exemplo de cadastro de conteúdos.

Como pôde ser observado neste capítulo, o SINEPOPE possui todas as funcionalidades necessárias para a validação da metodologia proposta nesta tese. Com os conteúdos cadastrados e validados pela especialista da área de odontologia, o SINEPOPE pode ser apresentado aos alunos do curso para que o mesmo pudesse ser testado. Detalhes sobre os testes e a análise dos resultados são apresentados no capítulo 5.



## 5 TESTES E RESULTADOS

Vários STI foram testados e provaram facilitar a aprendizagem (SOH, 2006). Baseado nestes estudos, foi observado que os tutores produzem ganho de aprendizagem (entre 0.4 e 2.3 unidades de desvio padrão) em relação a professores de sala de aula, embora a grande maioria dos tutores possuam conhecimento modesto (de domínio), nenhum treinamento em técnicas pedagógicas, e, raramente, usam estratégias de tutoriamento sofisticadas. Software com sistemas de IA produzem ganho de aprendizagem (aproximadamente 0.3 a 1.0 unidades de desvio padrão) se comparadas com alunos que aprendem o mesmo conteúdo em uma sala de aula (SOH, 2006).

Outros estudos, como os apresentados por (FENG; HEFFERNAN; KOEDINGER, 2006), indicam que o uso de STI melhora o desempenho de estudantes e que avaliações *on-line* podem ajudar no processo de identificação de perfil de aprendizado dos alunos.

Pretende-se confirmar a tendência de melhoria no aprendizado de alunos que utilizam STI, apresentados por Soh (2006). Espera-se que, com a metodologia proposta com a dupla adaptação ao perfil do aluno, o desempenho e, conseqüentemente, o ganho de aprendizagem siga esta tendência.

A seguir, serão apresentados alguns aspectos avaliados no processo de criação dos componentes da metodologia e do protótipo de sistema desenvolvido para testar a metodologia proposta. Inicialmente, foi feita uma avaliação do sistema desenvolvido (SINEPOPE) com base no guia de avaliação da qualidade de produtos de software. Na seqüência, apresentam-se alguns testes funcionais do sistema, que visam mostrar de forma pontual o correto funcionamento RNA e SE utilizados para adaptação da interface e de EP respectivamente. Por fim, foram feitos testes com alunos do curso de odontologia, que utilizaram o SINEPOPE em uma aula, para que fosse possível analisar os aspectos pedagógicos do sistema e, conseqüentemente, da metodologia proposta. Também foram analisadas neste ponto o resultado da avaliação do sistema feita pelos alunos por meio de um questionário que foi aplicado automaticamente ao final dos conteúdos.

### 5.1 Avaliação do sistema (SINEPOPE)

O SINEPOPE foi avaliado nos aspectos interface e software, com base no “Guia de Avaliação da Qualidade de Produto de Software” (CENPRA, 2005).

Com base no documento de avaliação obtido, foi realizado (conforme recomendação do próprio documento) uma redução dos itens de avaliação para que só fossem avaliados aspectos pertinentes ao trabalho em questão. Sendo assim, foram utilizados apenas os aspectos relativos à avaliação de interface e do software (itens 5.3 e 5.4 do documento) com seus desdobramentos. Foram descartados aspectos como avaliação da embalagem, instalação e desinstalação, por exemplo, pois são aspectos que não são pertinentes a este software, por ser este um protótipo não comercial, que, conseqüentemente, não será vendido em embalagens próprias e também não necessita de instalação e desinstalação, pois é um software de internet.

A avaliação foi feita por um profissional da área de Ciência da Computação e que atua em engenharia de software, pois conforme recomendação do próprio documento de avaliação este deve ser feito por pessoas em condições de avaliar os itens solicitados, mas que não tenham participado de qualquer etapa do processo de desenvolvimento do software. A avaliação consiste em um “*checklist*” que resulta em um relatório sintetizado da avaliação, o qual será apresentado a seguir.

### **5.1.1 Avaliação da Interface**

As funções do software são representadas na interface por meio de menus, barra de botões, caixas de diálogo, teclas de atalho e de função, etc. Sendo assim, a avaliação de interface será feita sob os aspectos de usabilidade e funcionalidade. No que se refere à usabilidade, foi analisado a inteligibilidade e a operacionalidade com os seguintes resultados:

#### **5.1.1.1 Usabilidade - Inteligibilidade**

Aplicabilidade: A interface está organizada em grupos segundo uma forma lógica facilmente compreendida pelo usuário. Faz uso de identificadores que representam claramente seu significado. Orienta o usuário nos passos a serem executados para a realização de uma determinada tarefa. Possibilita a realização da tarefa desejada com um número reduzido de passos. Porém, não informa ao usuário sobre o que um botão, menu, ícone ou caixa de diálogo faz ao posicionar o cursor do mouse sobre ele em botões explicativos ou barra de status que aparecem na posição do cursor. Não utiliza o mesmo identificador para uma dada função no produto como um todo. Não permite a criação de atalhos para acesso às funções diretamente.

Aspectos Visuais: As telas possuem áreas de seleção dos itens de menu dimensionadas de forma a facilitar sua visualização. Apresentam somente informações necessárias e utilizáveis sensíveis ao contexto. Seguem um padrão na distribuição dos objetos facilitando o entendimento dos mesmos. Facilitam a leitura e identificação das funções. Apresentam os campos de entrada de dados compatíveis com a necessidade. Exibem as mensagens com bom aspecto visual, utilizando com moderação negrito, itálico e sublinhado. Utilizam tipos e tamanhos de letras de fácil visualização. Apresentam contrastes de cores, facilitando a leitura. Como pontos negativos deste aspecto: poderiam apresentar uma distribuição mais uniforme de seu conteúdo, levando em consideração o espaço disponível e facilitar a leitura e identificação dos campos de entrada de dados e seus formatos. Ex.: datas, horas, medidas, intervalos.

Localização: A interface dispõe os objetos de interação (opções de menu, etc) numa ordem lógica (Ex.: Frequência de uso, grau de importância, alfabética, etc). Porém não está estruturada de forma a agrupar as tarefas do software em áreas funcionais e não apresenta informações adicionais em uma barra de status.

Mensagens apresentadas: A interface exibe mensagens de orientação ao usuário, que informam de forma efetiva e eficiente na execução da tarefa desejada. As mensagens são auto-explicativas, isto é, quando uma determinada mensagem é apresentada, ela é, imediatamente, compreendida pelo usuário sem a necessidade de consultas adicionais a outras fontes. As mensagens utilizam uma linguagem instrutiva, polida, neutra e não agressiva, sendo apropriado para o aprendizado, isto é, orienta e guia o usuário no sentido de aprender a usar o software. No entanto, as mensagens se limitam apenas ao contexto da tarefa que está sendo realizada e não orientam o usuário no sentido de aprender a usar o software.

#### 5.1.1.2 Usabilidade - Operacionalidade:

Tipos diferenciados de operações: A interface oferece facilidade para que usuários de níveis de familiaridade diferentes possam facilmente se adaptar ao sistema (ex. tutoriais estruturados em níveis: básico e avançado). Mas não utiliza teclas de atalho ou aceleração agilizando a ação de usuários experientes.

### 5.1.1.3 Funcionalidade - Adequação

Definição: A interface possui as funções de interface bem definidas, de forma a não deixar dúvidas sobre o que fazem (ex. Identificação dos Rótulos, Legendas, Cabeçalhos, Opções de Menu, etc), é bem estruturada, de modo a facilitar a seleção das opções relevantes à execução do software (ex. menus em níveis hierárquicos, posicionamento de botões), orienta bem o usuário na compreensão e execução da tarefa (ex. por meio de caixas de diálogo, mensagem de alerta, mensagens de orientação apresentadas na barra de status, linhas de comando, balões explicativos, som), mostra as principais funções para executar as tarefas propostas pelo software.

Coerência: As funções do software expressadas na interface por meio de menus, barra de botões, teclas de atalho e de função, caixas de diálogo, etc, possuem uma estrutura que: facilita a localização e seleção da opção relevante à execução da tarefa; orienta o usuário na seqüência de passos necessários para uma execução eficiente e eficaz da tarefa; permite interação ao longo de todo o software, facilitando o uso para que o usuário não precise aprender o software a cada nova tarefa. Por outro lado a interface, deixa a desejar em relação a possuir uma estrutura que permita uma interação rápida e fácil com o usuário.

Harmonia: A interface organiza-se em grupos separados entre si por traços simples, e compostos por até 7 opções relacionadas logicamente. Também possui características próprias ao tipo de aplicação a que se destina, apresentando somente as informações pertinentes à execução da tarefa e funções que, quando analisadas em conjunto, se complementam, permitindo uma continuidade das tarefas.

## 5.1.2 Avaliação do Software

A avaliação do software é realizada sob dois aspectos, o de funcionalidades e de confiabilidade, que serão descritos em sub-aspectos conforme discriminado no guia de avaliação da qualidade de produtos de software.

### 5.1.2.1 Funcionalidade - Adequação

Completitude: As funções do software especificadas na documentação, foram todas implementadas e atendem de forma completa os objetivos declarados na documentação, satisfazendo a necessidade da tarefa a que o produto se propõe realizar.

### 5.1.2.2 Funcionalidade - Acurácia

Acurácia: As funções verificadas no software estão todas implementadas corretamente e geram resultados corretos ou conforme o esperado.

### 5.1.2.3 Funcionalidade - Segurança

Acesso Seletivo: O software tem implementado o recurso para acesso seletivo (ex. permite acesso de usuários a determinadas tarefas através de senhas), é compatível com o tipo de informação que manipula e impede a utilização das funções não autorizadas. O software não permite gerenciamento das senhas de acesso, depois de cadastrado o usuário, não existe opção para alteração de senha.

Recursos de Hardware: Os recursos de hardware, utilizados na avaliação, são apropriados quanto ao espaço em disco necessário, à quantidade de memória necessária, a resolução gráfica exigida, aos recursos de multimídia (placa de som, CD ROM, caixas de som, placa de vídeo), ao processador e às placas de comunicação.

### 5.1.2.4 Confiabilidade

Ocorrência de Falhas: O software não apresentou falhas durante sua execução sendo considerado funcionalmente correto.

Violação de Uso: O software não apresentou propagação de erros tais como, perda de dados, resultados incorretos, comportamento imprevisto, etc.

## **5.2 Testes funcionais executados**

Os testes funcionais efetuados visaram verificar se as RNA, o SE e o protótipo do sistema respondiam conforme o esperado. Para a realização destes testes, foram feitas simulações com dados preparados e resultados esperados (ou conhecidos), verificando, desta forma, o comportamento esperado e as respostas obtidas, que deveriam ser equivalentes. Na seqüência, serão apresentados os resultados de alguns dos testes efetuados.

### **5.2.1 Testes realizados com as RNA**

Foram feitos testes para validar tanto a RNA IAC, uma vez que, propôs-se uma topologia nova para melhorar os resultados de performance da rede para o problema em questão. Também foram feitos testes com as RNA MLP que foram utilizadas para gerar as notas das IM dos alunos, pois se utilizou dos resultados propostos por Barbosa (2004) para treinar

uma só rede MLP para fazer a mesma tarefa efetuada pelas 4 MLP com podas de nós propostas originalmente por este autor.

### 5.2.1.1 Testes da RNA IAC

Foram executados testes com as redes IAC utilizando o grupo espelho, conforme modelo original, e sem utilizar o grupo espelho, conforme proposta de topologia apresentada nesse trabalho. Esses testes foram efetuados com dois exemplos distintos, um deles utilizando o problema que deu origem à utilização desta topologia, o caso das inteligências múltiplas para adaptação de interfaces de sistemas de ensino e o outro utilizando o clássico exemplo dos *Jets* e *Sharks*.

O primeiro teste apresentado é o relativo à execução da rede IAC utilizando e não utilizando o grupo espelho no problema dos Jets e Sharks (vide Tabela 6), por esse ser um dos exemplos mais conhecidos para esse tipo de rede e por ser um clássico das redes IAC. Neste caso, as saídas da rede são relativas à gangue que o indivíduo pertence e o grupo utilizado para conexão dos demais grupos é o grupo de indivíduos.

Tabela 6: Resultados obtidos com a rede IAC usando grupo Espelho e não utilizando grupo Espelho.

Casos	Dados Originais		Saída sem Espelho		Saída com Espelho	
	<i>Jets</i>	<i>Sharks</i>	<i>Jets</i>	<i>Sharks</i>	<i>Jets</i>	<i>Sharks</i>
1	1	0	1	0	1	0
2	1	0	1	0	1	0
3	1	0	1	0	1	0
4	1	0	1	0	1	0
5	1	0	1	0	1	0
6	1	0	1	0	1	0
7	1	0	1	0	1	0
8	1	0	1	0	1	0
9	1	0	1	1	1	1
10	1	0	1	0	1	0
11	1	0	1	0	1	0
12	1	0	1	0	1	0
13	1	0	1	0	1	0
14	1	0	1	0	1	0
15	1	0	1	0	1	0
16	0	1	0	1	0	1
17	0	1	1	0	1	0
18	0	1	0	1	0	1
19	0	1	0	1	0	1
20	0	1	0	1	0	1
21	0	1	0	1	0	1
22	0	1	1	0	1	0
23	0	1	0	1	0	1
24	0	1	0	1	0	1
25	0	1	0	1	0	1
26	0	1	1	1	1	1
27	0	1	0	1	0	1

Pode-se observar na Tabela 6, que as saídas da rede IAC, com ou sem o grupo espelho para este exemplo, não têm diferença no conjunto de testes efetuados. Foram utilizados nestes testes os 27 casos do problema original e executada a rede nas duas versões para verificação dos resultados obtidos. Esta tabela tem três grandes colunas representando, respectivamente, os dados originais (extraídos do problema), os dados obtidos com a execução da rede sem o grupo espelho e os resultados da execução da rede com o grupo espelho. Foram ressaltadas as linhas com resultados divergentes do original e, pode-se observar que as divergências são exatamente as mesmas para as duas redes, o que demonstra que para problemas em que o grupo utilizado para as conexões dos demais grupos não tem excitação externa a utilização ou não do grupo espelho resulta em respostas equivalentes.

Outro teste efetuado foi com o problema das IM pode ser visualizado na Tabela 7 e apresenta resultados equivalentes, assim como os testes anteriores. Esta tabela apresenta apenas um resumo geral dos acertos e erros de ambas as redes, pois o teste completo possui 124 casos e ficaria muito extenso para ser apresentado na íntegra. Esta tabela possui 2 colunas que representam os resultados de dois testes efetuados, o primeiro em que foram excitados os neurônios relativos às IM (notas) e recolhidos como resultado a quantidade de mídias a serem utilizadas para cada uma das IM. O outro teste (última coluna) inverteu a excitação externa, fazendo agora a ativação dos neurônios relativos às mídias e coletando como resultado o valor das notas das IM.

Tabela 7: Comparativo de resultados da rede com e sem o grupo espelho.

		Mídias	IM
<b>Sem Espelho</b>	<b>Acertos</b>	122	115
	<b>Erros</b>	2	9
	<b>% Acerto</b>	<b>98,4</b>	<b>91,1</b>
	<b>% Erro</b>	1,61	8,87
<b>Com Espelho</b>	<b>Acertos</b>	122	118
	<b>Erros</b>	2	6
	<b>% Acerto</b>	<b>98,4</b>	<b>95,2</b>
	<b>% Erro</b>	1,61	4,84

O teste do qual derivou os resultados apresentados na Tabela 7, mas com uma amostra (os primeiros 21 casos) dos casos e seus respectivos resultados, podem ser observados na Tabela 8. Mais uma vez, os resultados são muito semelhantes nas duas topologias de rede testada, o que permite dizer que para os problemas com as características dos problemas testados pode ser utilizada qualquer uma das topologias sem problemas.

Como foi apresentado nos testes, as topologias de rede IAC com e sem grupo espelho para problemas no qual o grupo utilizado como integrador dos demais grupos (ou gerador do grupo espelho, que sempre é o grupo com o maior número de neurônios) não sofre interferência externa (seja ativação inicial ou para obtenção dos resultados da rede), qualquer uma das topologias pode ser utilizada que resultará nos mesmos índices de acerto. Porém a opção sem o grupo espelho, por reduzir o número de neurônios da rede e, por consequência, a quantidade de linhas e colunas da matriz de pesos, vai propiciar um processamento mais rápido, o que pode ser significativo para redes com grande número de neurônios.

Tabela 8: Resultados obtidos com e sem a utilização de grupo espelho para o problema das Inteligências Múltiplas (no APENDICE II encontra-se o resultado com os 124 casos testados).

Casos	Dados Originais				Saída com Espelho				Saída sem Espelho			
	Midia1	Midia2	Midia3	Midia4	Midia1	Midia2	Midia3	Midia4	Midia1	Midia2	Midia3	Midia4
1	5	2	6	7	5	2	6	7	5	2	6	7
2	7	3	6	4	7	3	6	4	7	3	6	4
3	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8
4	6	4	8	2	6	4	8	2	6	4	8	2
5	8	3	8	1	8	3	8	1	8	3	8	1
6	4	8	2	6	4	8	2	6	4	8	2	6
7	8	6	2	4	8	6	2	4	8	6	2	4
8	10	7	2	1	10	7	2	1	10	7	2	1
9	12	5	2	1	12	5	2	1	12	5	2	1
10	1	2	4	13	1	2	4	13	1	2	4	13
11	8	5	4	3	8	5	4	3	8	5	4	3
12	8	1	6	5	8	1	6	5	8	1	6	5
13	5	2	3	10	8	2	3	6	8	2	3	6
14	5	8	4	3	5	8	4	3	5	8	4	3
15	3	7	5	5	3	7	5	5	3	7	5	5
16	3	3	6	8	3	3	6	8	3	3	6	8
17	2	9	6	3	2	9	6	3	2	9	6	3
18	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4
19	2	4	8	6	2	4	8	6	2	4	8	6
20	3	4	5	8	3	4	5	8	3	4	5	8
21	5	7	3	5	5	7	3	5	5	7	3	5

Como o processamento da rede é formado, principalmente, por cálculos matriciais, quanto maior a ordem da matriz (e a ordem é dada pelo total de neurônios), maior o esforço computacional para processar esses cálculos e, conseqüentemente, mais lento o processamento. Em redes como a do exemplo das inteligências múltiplas, no qual o número de neurônios é, consideravelmente, grande (na ordem de 442 com espelho e 316 sem espelho) a performance da rede difere na ordem de minutos em seu processamento em teste feitos com o MatLab 6.2 (utilizando um micro computador AMD athlon XP 2600 com 256 Mb RAM). Essa diferença de tempo de execução pode variar dependendo do tipo de programa ou ferramenta utilizada para executar a rede (o protótipo desenvolvido neste trabalho foi implementado em PHP e o tempo é bem menor que o do MatLab), mas a



quantidade de iterações feitas para processar a rede sem grupo espelho é de aproximadamente 28% menor, independente de linguagem ou ferramenta de programação utilizada.

### 5.2.1.2 Teste com a RNA MLP

Foram utilizadas duas RNA MLP nesse trabalho, as quais foram denominadas MLP1 e MLP2 e servem, respectivamente, para gerar as notas das IM partindo do resultado do questionário de identificação das IM e para gerar as quantidades de médias a partir das notas das IM (resultada da MLP1). Estas redes foram modeladas conforme especificado no tópico 3.2 modelo do aluno.

Foram feitas simulações com os dados originais extraídos do trabalho de Barbosa (2004) buscando verificar se as redes respondem conforme o esperado. Essas simulações foram feitas utilizando as respostas do questionário (original) como sendo as entradas da MLP1 e as saídas da MLP1 sendo as entradas da MLP2, para verificar se os resultados estão de acordo. Os resultados resumidos desta simulação podem ser observados (ilustrativamente) na Tabela 9. Os dados apresentados servem como referencial, pois a tabela completa possui 240 casos e pode ser visto no APENDICE I. Pode-se observar que os resultados obtidos com a execução da MLP1 (últimas 4 colunas) são muito próximos dos valores originais (primeiras 4 colunas), porém não são iguais o que é esperado pela precisão dos valores e das características das RNA MLP.

Tabela 9: Comparativo entre as notas originais e geradas pela MLP1 e quantidade de médias geradas.

Casos	Dados do questionário Original								Dados gerados pelas RNA MLP							
	IM dos Questionários originais				Médias geradas a partir das IM originais				Midas geradas a partir das IM da MLP2				IM geradas pela MLP			
1	2,56	3,31	3,28	2,52	5	8	5	2	5	7	6	2	2,65	3,44	3,60	2,61
2	3,46	2,69	3,04	3,21	9	1	3	7	9	2	3	6	3,70	2,83	3,20	3,33
3	2,71	3,60	2,59	2,47	3	12	3	2	3	11	4	2	2,60	3,56	2,85	2,50
4	2,39	2,66	1,91	2,07	8	7	2	3	9	6	2	3	2,55	2,61	2,10	2,22
5	2,52	3,56	3,12	2,57	3	11	4	2	3	11	4	2	2,55	3,50	3,20	2,61
6	2,53	3,02	3,20	2,30	7	6	5	2	7	4	6	3	2,65	2,83	3,20	2,61
7	2,90	3,39	3,21	3,31	3	6	5	6	6	2	3	9	3,10	3,28	3,20	3,50
8	2,88	2,83	2,34	2,18	10	6	3	1	10	6	3	1	3,10	2,78	2,60	2,33
9	2,10	3,30	3,04	2,57	2	10	5	3	2	8	6	4	2,05	3,33	3,05	2,78
10	2,16	3,17	2,95	2,57	2	10	5	3	2	8	6	4	2,30	3,06	2,90	2,72
11	3,35	2,57	3,07	2,32	9	4	6	1	9	4	6	1	3,60	2,67	3,15	2,56
12	2,65	3,19	3,34	3,23	2	4	8	6	4	2	8	6	2,85	3,11	3,45	3,28
13	2,22	2,99	2,75	2,44	3	9	5	3	8	6	4	2	2,70	2,89	2,80	2,50
14	2,81	2,83	3,04	2,47	9	4	5	2	8	3	7	2	2,95	2,72	3,25	2,56
15	2,32	2,64	2,45	2,40	5	8	4	3	5	6	4	5	2,45	2,83	2,55	2,67
16	3,28	3,31	3,07	2,95	10	5	3	2	11	4	2	3	3,30	3,22	2,95	3,11
17	2,59	3,35	3,45	3,00	2	6	8	4	3	5	8	4	2,65	3,44	3,70	3,00
18	2,36	3,01	2,90	2,31	5	8	5	2	4	7	6	3	2,35	3,00	3,00	2,50
19	3,00	3,44	2,85	2,10	9	7	3	1	9	7	3	1	3,20	3,28	2,90	2,44
20	1,91	3,50	2,78	2,28	3	11	4	2	3	11	4	2	2,15	3,39	2,80	2,39

Em função dos dados da Tabela 9 serem um subconjunto de todos os testes, criou-se um gráfico (Figura 51) para representar o comportamento geral da RNA MLP1 em relação os dados originais. Esse comportamento geral pode ser observado, pontualmente, nos casos apresentados na Tabela 9. É possível verificar que as duas curvas são muito similares e isso representa o que acontece, individualmente, nos casos testados, mostrando que apesar de não gerar resultados iguais aos originais os resultados gerados são perfeitamente aceitáveis para o problema.

A pequena diferença que acontece na maioria dos casos é irrelevante como avaliação de perfil dos alunos, pois isso não implica em mudança significativa nos resultados da estratégia pedagógica de adaptação das interfaces.

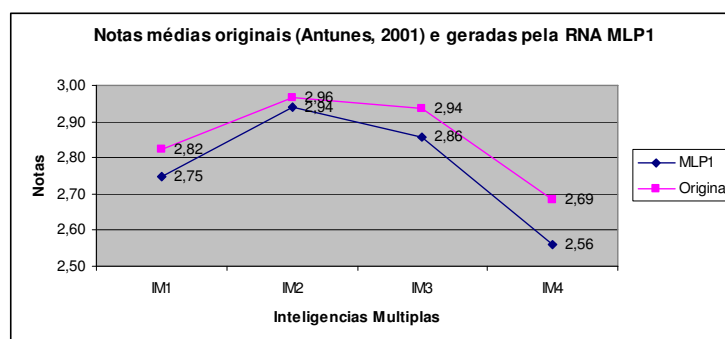


Figura 51: Valores médios dos dados originais e gerados pelas RNA MLP1.

Da mesma forma que os resultados da notas das IM, a quantidade por média gerada pela RNA MLP2 também é muito próximo às quantidades geradas a partir das notas originais, conforme se observa no gráfico da Figura 52. Nesse caso, os resultados são ainda mais próximos, o que pode ser constatado, pontualmente, nos casos da Tabela 9, no qual aparecem vários casos com quantidade por médias exatamente iguais.

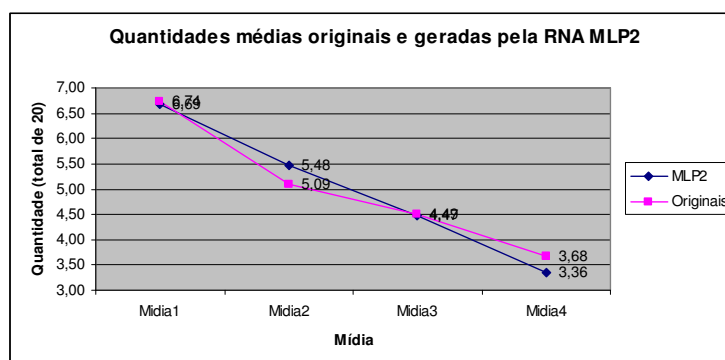


Figura 52: Quantidades médias por mídias, original e geradas pela RNA MLP2.

Apesar da notas geradas pela RNA MLP1 não coincidirem exatamente com as originais quando esses dados foram submetidos a RNA MLP2 para geração das

quantidades por média houve uma relação de coincidência considerável conforme pode ser observado no gráfico da Figura 53.

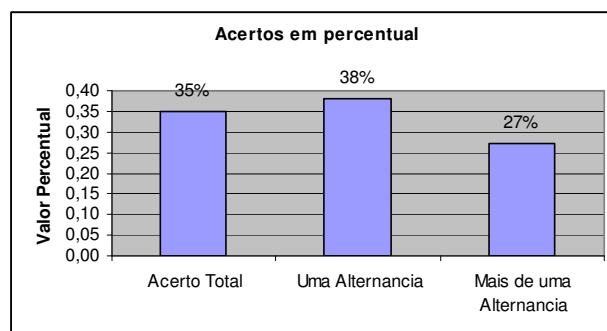


Figura 53: Resultados gerais da RNA MLP2 em percentuais.

Para gerar o gráfico da Figura 53, foram feitos 3 grupos de resultados, sendo o primeiro representando acerto completo, ou seja, as 4 quantidades serem exatamente as mesmas (caso 5 da Tabela 9). O segundo representando pequenas variações como, por exemplo, uma alternância em 2 das quantidades (uma unidade a mais numa e uma a menos na outra como pode ser observado no caso 4 da Tabela 9). Isso não é considerado errado, pois pequenas variações são perfeitamente aceitáveis, visto que o próprio questionário gerador do perfil inicial do aluno não é absolutamente correto, já que o aluno pode responder o questionário com pequenas variações em momentos diferentes, isso não significa que este aluno tem perfil diferente em momentos diferentes. O terceiro grupo foi gerado com resultados com variações em 3 ou nas 4 médias como, por exemplo, o caso 6 da Tabela 9.

Apesar dos resultados, aparentemente parecerem a primeira vista ruins, este são bastante razoáveis, pois 73% dos resultados das quantidades por média são considerados corretos (soma dos 2 primeiros grupos). Além disso, os outros 27% vão ser ajustados a medida que o aluno for utilizando o sistema e escolhendo mudança na média em cada conteúdo apresentado, uma vez que a adaptação ocorre, continuamente, sendo possível fazer um ajuste fino que seja necessário no perfil do aluno.

Pode-se salientar ainda que o grupo 3 possui diferenças muito pequenas na quantidade por média e, principalmente, por essa estratégia pedagógica ser empírica e não se pode afirmar que qualquer dos resultados gerados seja efetivamente um erro ou um acerto absoluto. Por esse motivo, é que a metodologia prevê a adaptatividade e adaptabilidade dos conteúdos a interface.

Os resultados das RNA IAC, conforme apresentado, demonstram uma taxa absoluta de acertos muito maior. Esse fato se deve pela topologia utilizada, que prevê saídas com valores inteiros, não sofrendo interferência de qualquer tipo de arredondamento ou aproximação desta natureza. Como estas redes são as responsáveis pela adaptabilidade do sistema, o ajuste fino vai acontecer naturalmente ao logo do uso do sistema pelo aluno.

### 5.2.2 Testes realizados com os SE dos agentes de EP

Foram feitos testes para verificar se os SE respondiam de acordo com as regras definidas e conforme o que se esperava como resultado para a definição das EP. A Tabela 10 apresenta os resultados de 20 destes testes de forma sintetizada, onde a primeira coluna apresenta a identificação do caso (teste), as próximas 4 colunas as respostas às perguntas do cadastro de aluno que são pertinentes à modelagem do perfil do aluno (conforme apresentado na Figura 25) e a última coluna a EP resultante para as respostas de cada aluno.

Tabela 10: Testes da definição da EP inicial do aluno.

caso	Resposta Pergunta 1	Resposta Pergunta 2	Resposta Pergunta 3	Resposta Pergunta 4	Estratégia Pedagógica
1	3º grau incompleto	Sim	2000	Expositivas	CASO CLÍNICO
2	3º grau completo	Não	1998	Seminários	TRADICIONAL
3	Especialização	Sim	2000	Ambas	CASO CLÍNICO
4	Mestrado	Não	1998	Seminários	TRADICIONAL
5	Doutorado	Sim	1991	Seminários	CASO CLÍNICO
6	3º grau incompleto	Não	1997	Expositivas	TRADICIONAL
7	3º grau completo	Sim	1995	Expositivas	CASO CLÍNICO
8	3º grau incompleto	Sim	1998	Expositivas	TRADICIONAL
9	Mestrado	Não	1999	Ambas	TRADICIONAL
10	3º grau completo	Sim	2004	Expositivas	CASO CLÍNICO
11	3º grau completo	Não	2002	Seminários	CASO CLÍNICO
12	3º grau incompleto	Não	2005	Seminários	TRADICIONAL
13	Doutorado	Não	1990	Seminários	CASO CLÍNICO
14	Especialização	Sim	1994	Expositivas	CASO CLÍNICO
15	3º grau completo	Não	2000	Seminários	CASO CLÍNICO
16	3º grau completo	Não	2002	Ambas	TRADICIONAL
17	3º grau incompleto	Sim	2004	Ambas	CASO CLÍNICO
18	Mestrado	Sim	1997	Expositivas	CASO CLÍNICO
19	3º grau incompleto	Não	2003	Ambas	TRADICIONAL
20	3º grau completo	Sim	1998	Ambas	CASO CLÍNICO

Conforme os dados apresentados na Tabela 10, observa-se que as EP resultantes da análise dos dados informados pelos alunos corresponde ao que se esperava. Alunos com mais experiência ou preferências por buscar seus conhecimentos sem ser por aula expositiva de um professor resultam na EP2 (Caso Clínico) e os demais na EP1 (Tradicional). As questões inseridas no cadastro dos alunos permitiram que se alcançasse o objetivo de mapear o perfil de EP dos alunos de forma adequada (de acordo com as regras definidas com especialistas, apresentados no tópico 3.2 modelo do aluno).

### 5.3 Testes com alunos

Com o objetivo de avaliar a adequação do sistema SINEPOPE ao usuário e analisar os aspectos pedagógicos deste e, conseqüentemente, da metodologia proposta, o SINEPOPE foi apresentado a alunos do curso de Odontologia, o SINEPOPE para a sua utilização e avaliação. A avaliação foi feita por meio de um questionário composto de duas partes: a primeira parte continha perguntas gerais sobre os alunos e sobre a utilização de computador e foi realizado no momento do cadastro do aluno no sistema, e a segunda parte continha 19 perguntas com o intuito de avaliar aspectos ergonômicos, didáticos e funcionais do sistema. Participaram da pesquisa uma amostra de 29 alunos, que freqüentam o Curso de Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

A fim de complementar a avaliação do sistema, foi realizada uma análise para identificar se o SINEPOPE apresenta resultados similares a um professor ministrando o mesmo conteúdo. Para tal, os alunos participantes desta pesquisa foram divididos em dois grupos, um com 14 alunos que tiveram uma aula expositiva com um professor e outro com 15 alunos que utilizaram o SINEPOPE (do total de 29 da amostra). Esta divisão foi feita de forma proporcional por período cursado pelos alunos, considerando aqui que estes alunos possuem desempenho similar entre seus pares no curso (baseado em informações repassadas pela especialista que os selecionou).

Vale ressaltar que a separação dos alunos em dois grupos foi feita apenas para analisar os desempenhos destes, conforme exposto anteriormente, porém o restante dos testes efetuados contou com todo o grupo da amostra. Isso foi possível pois os alunos que participaram da aula expositiva com o professor foram, posteriormente, liberados para utilizar o SINEPOPE e fazer sua análise do sistema.

Inicialmente, pretendeu-se estabelecer um perfil dos alunos que estavam participando da avaliação do sistema, com o intuito de conhecê-los e verificar se os mesmos possuem um conhecimento prévio da utilização do computador.

Participaram desta pesquisa 29 alunos, dos quais a maioria é do sexo feminino (52%) e está cursando a sétima fase do curso de odontologia da UFSC (62%). O grupo de alunos participantes da pesquisa está cursando entre a sexta e oitava fases do curso de odontologia, ou seja, alunos que estão na segunda metade do curso, caracterizando alunos que já possuem conhecimento dos conteúdos básicos da odontologia.

No que se refere ao grau e forma de utilização do computador pelos alunos pesquisados, verificou-se aspectos como: utilização para os estudos, existência de

computador em casa, forma de utilização, uso doméstico tanto do computador como da internet, entre outros fatores. Quanto à utilização do computador no dia a dia, 83% dos alunos afirmaram que fazem uso do computador para auxiliar nos estudos, porém, somente 14% já utilizaram algum tipo de software educacional.

Observa-se, com base nestes dados, que a grande maioria dos alunos utiliza o computador para seus estudos, mas isso se caracteriza, basicamente, por pesquisa de materiais complementares para seus estudos e não com o apoio de softwares educacionais, que os auxiliem, efetivamente, a adquirir os conhecimentos dos assuntos estudados.

Continuando a análise das formas de utilização do computador pelos alunos que formaram a amostra, a maioria dos alunos afirma fazer uso do computador todos os dias (76%) e possuem computador em casa (79%) a sua disposição. Dos 79% que afirmaram possuir computador em casa, 87% relata estar conectado de alguma forma a internet. Aproveitou-se, ainda, para averiguar as formas de acesso à internet doméstica, verificou-se que 55% possuem conexão via rádio, 30% acesso discado e 15% acesso através de ADSL.

Conforme os dados apresentados é possível observar que a maioria dos alunos possui computador em casa com acesso a internet, mas uma boa parcela destes (30%) ainda utilizam acesso discado, o que dificulta a utilização de qualquer tipo de sistema via internet. Considerando apenas os alunos com computador em casa e com acesso a internet banda larga, obtém-se um baixo percentual, pois apenas 48% do total da amostra possuem estas características, o que pode ser considerado um número muito baixo, uma vez que, esses seriam os principais candidatos a utilizar, efetivamente, sistemas pela internet.

Observa-se no gráfico da Figura 54 que a maioria dos alunos que utiliza computador para o estudo o fazem diariamente, do total de 24 alunos (83%), 17 (59%) utilizam diariamente para esta finalidade. Os demais utilizam também com uma frequência diária (3 alunos), porém não apontam a utilização como apoio aos estudos.

A Figura 55 apresenta o gráfico com o cruzamento das informações sobre os alunos que possuem computador em casa e o tipo de utilização destes computadores. Dos 24 alunos (83%) que afirmam utilizar o computador para estudos, somente 18 (62%) possuem a máquina em casa. Os 6 (21%) restantes não possuem computador em casa, e portanto, necessitam utilizar máquinas em outros locais para essa finalidade.

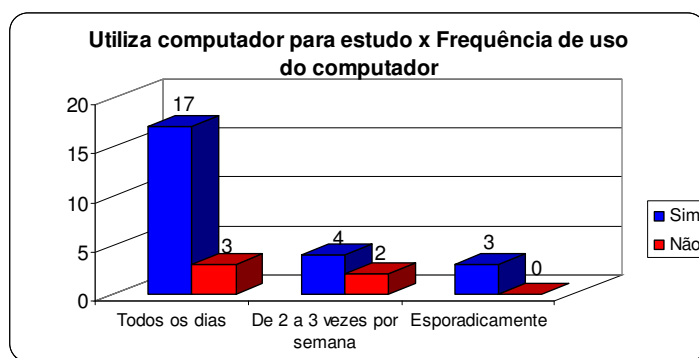


Figura 54: Gráfico com o cruzamento entre frequência de uso com utilização do computador para estudo.

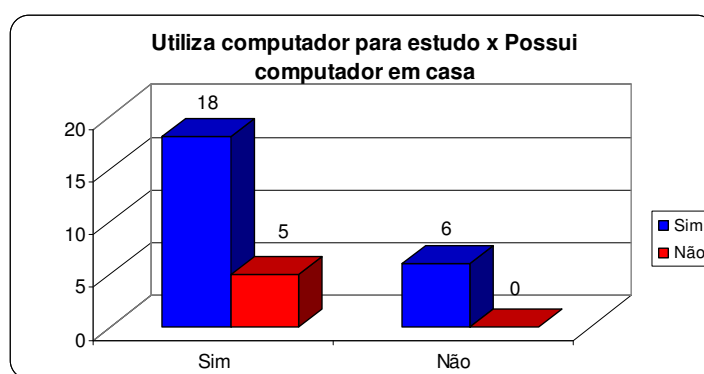


Figura 55: Gráfico do cruzamento entre a utilização do computador para estudos e possuir computador em casa.

Considerando a abordagem de Reeves (1994) (ANEXO I), foi criado um questionário para avaliação do sistema (APENDICE III), sob o aspecto ergonômico, didático e funcional, por meio de 19 perguntas. Os 29 alunos da amostra responderam ao questionário proposto após utilizar o SINEPOPE. Antes de iniciar a avaliação sob os aspectos acima mencionados, perguntou-se sobre o conhecimento prévio dos conteúdos abordados no módulo selecionado do SINEPOPE, que se tratava de atendimento aos diabéticos.

Do total de alunos pesquisados, a maioria (52%) afirmava já ter algum conhecimento prévio sobre o assunto, o que demonstra por um lado que a maioria já estava preocupado com aspectos de atendimento a pacientes especiais, mas por outro lado, um percentual significativo (48%) não tivera qualquer contato com esse tipo de informação. É importante salientar que o conhecimento prévio pode auxiliar os alunos no entendimento dos conteúdos, mas não é condição para tal, tendo em vista que o importante são os conhecimentos básicos de odontologia.

Na análise do aspecto ergonômico, buscou-se averiguar elementos como: facilidade de uso, facilidade de navegação, auto-explicação apresentada por ícones e menus, clareza na linguagem utilizada, e adequação de fontes e cores utilizadas na execução do protótipo. Diante das respostas dos alunos, pode-se constatar, conforme apresentado na Figura 56 e Figura 57, que para a maioria dos alunos (62%) o sistema mostrou-se de fácil utilização sempre ou na maioria das vezes, assim como, se indicou ser de fácil navegação (83%). Este fato é importante, pois demonstra a utilidade do sistema, permitindo o acesso sem dificuldades pelos alunos interessados em aprimorar seus conhecimentos, sem necessidade de conhecimentos específicos em computação.

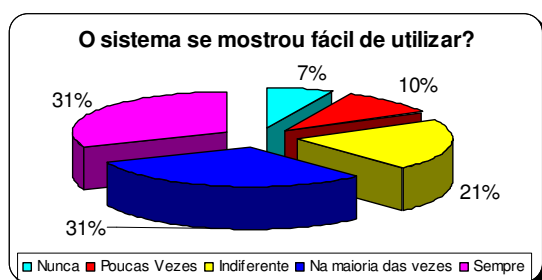


Figura 56: Gráfico da facilidade de utilização do sistema.

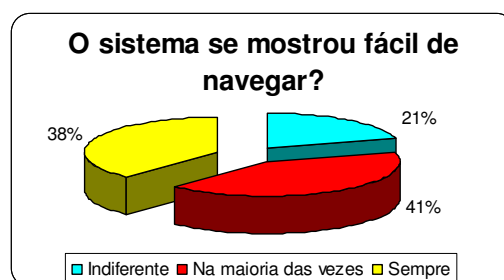


Figura 57: Gráfico da facilidade de navegação do sistema.

Quanto à capacidade de auto-explicação tanto de ícones como das opções do menu, a resposta dos alunos indicou que em ambos os casos, este item atende as necessidades com um percentual representativo para sempre (45%) e na maioria das vezes (38%) no caso dos ícones, o mesmo ocorrendo com as opções de menu, com 45% para sempre e 34% para a maioria das vezes. Conforme pode ser observado nos gráficos das Figura 58 e Figura 59.

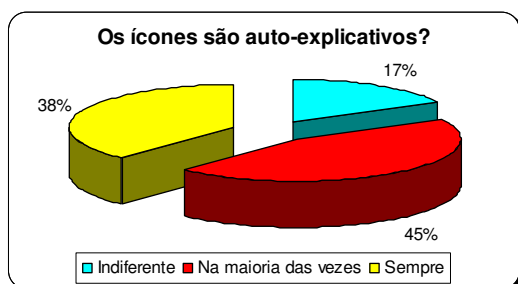


Figura 58: Gráfico com resultado para ícones auto-explicativos.

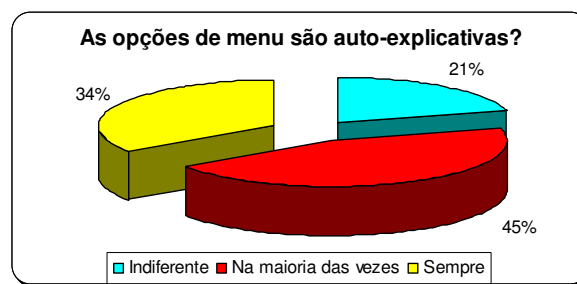


Figura 59: Gráfico com resultado para menu auto-explicativos.



Quanto à clareza da linguagem utilizada, os dados demonstram que os diálogos se mostraram claros e compreensíveis para a maioria dos alunos (76%), conforme o gráfico da Figura 60.



Figura 60: Gráfico relativo a clareza dos diálogos do sistema.

Por fim, no que se refere ao aspecto ergonômico, foi analisada a utilização das cores e das fontes no protótipo. No caso das fontes, observando o tipo e o tamanho das letras, para 21% dos alunos mostraram-se sempre agradáveis e para 48% na maioria das vezes, as fontes atenderam às expectativas e demonstraram um bom resultado. No caso das cores, constata-se que para 59% dos alunos as cores não são adequadas como pode ser visto nos gráficos da Figura 61 e Figura 62. Diante dos dados analisados no que se refere aos aspectos ergonômicos, pôde-se constatar para a maioria dos itens analisados um resultado ótimo, satisfazendo aos requisitos e aprovando as configurações projetadas no protótipo, necessitando uma reavaliação das cores utilizadas.

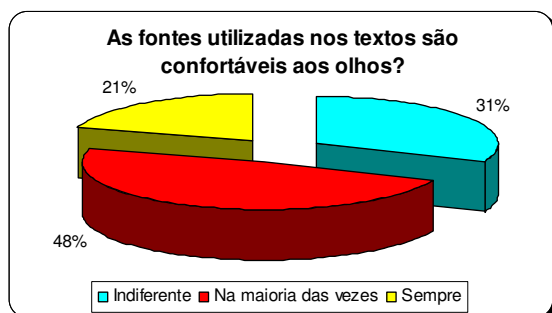


Figura 61: Gráfico para o conforto proporcionado pelas fontes.

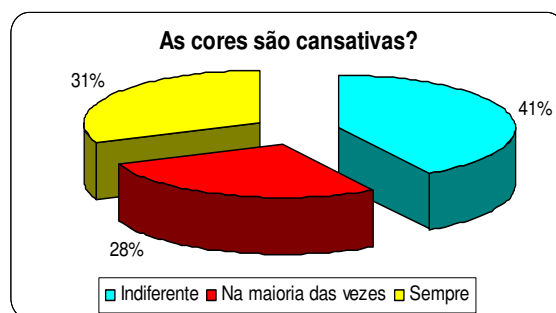


Figura 62: Gráfico para cores cansativas.

Além dos aspectos ergonômicos, foram analisados os aspectos didáticos do sistema, com o intuito de verificar os aspectos pedagógicos utilizados na construção do protótipo. Para tal, foram observados: a compreensão dos conteúdos apresentados, a elaboração e apresentação dos conteúdos nas diferentes mídias utilizadas, a adequação (em quantidade)

destes conteúdos ao aluno, o aprendizado sem o auxílio do professor, a avaliação dos conteúdos apresentados e, por fim, o uso do agente como apoio ao aprendizado.

Os alunos pesquisados demonstraram a utilidade do sistema ao afirmar na sua maioria (79%) a compreensão dos conteúdos apresentados, e, em consequência, as possibilidades de aprendizagem com o uso do sistema. Os dados estão representados na Figura 63.

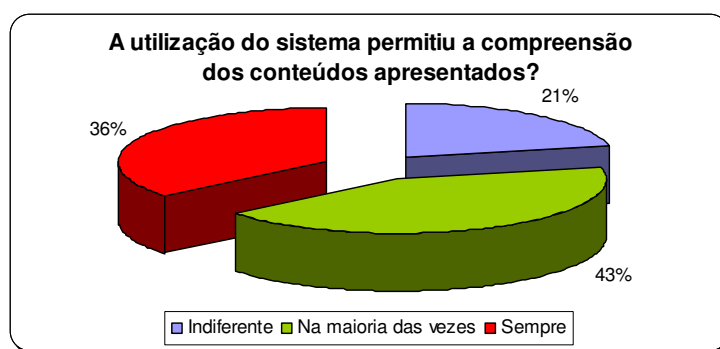


Figura 63: Gráfico relativo a compreensão dos conteúdos.

No que se refere à elaboração e à apresentação dos conteúdos nas diversas mídias utilizadas, os dados apresentados nos gráficos da Figura 64 e Figura 65, demonstram o resultado satisfatório. No caso da elaboração, a mídia que apresentou maior aprovação foi animação (24 alunos), seguida dos esquemas (23 alunos). A mídia que apresentou maior nível de indiferença foi a mídia figura (8 alunos).

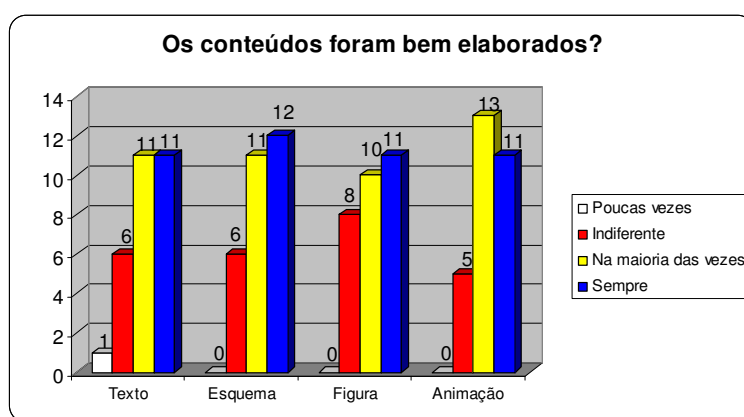


Figura 64: Gráfico para conteúdos bem elaborados.

No que diz respeito à adequação dos conteúdos, a mídia esquema (25 alunos) apresentou a maior aprovação, seguida pela animação (24 alunos). Por outro lado, a maior indiferença quanto aos conteúdos foi observada na mídia texto.

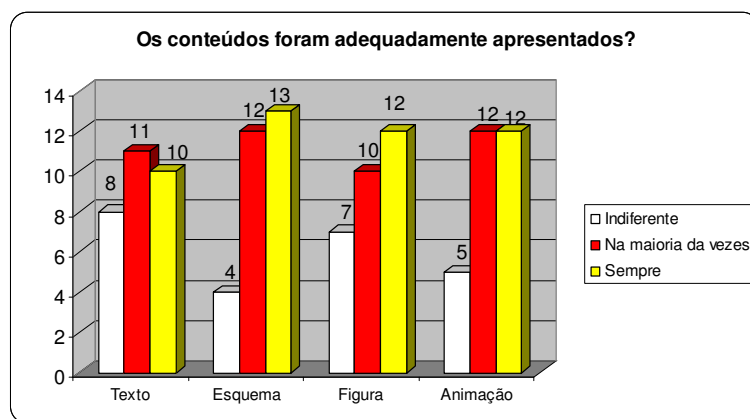


Figura 65: Gráfico para conteúdos adequadamente apresentados.

Ainda em relação aos conteúdos, foi questionada a compatibilidade, em termos de quantidade de conteúdos apresentados, com as necessidades de aprendizados dos alunos. As respostas apontaram que 90% consideraram a quantidade de conteúdos adequada, conforme pode ser observado na Figura 66.

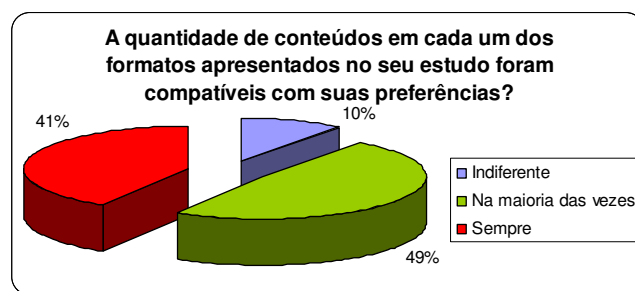


Figura 66: Gráfico de preferência dos conteúdos por formato (mídia).

Outra questão apresentada aos alunos foi sobre a sensação destes em relação ao aprendizado proporcionado pelo sistema. Nesta questão, 86% das respostas foram favoráveis ao sistema, ou seja, apenas com o uso do sistema os alunos conseguem aprender os conteúdos, mesmo sem a presença ou suporte de um professor, conforme mostra o gráfico da Figura 67.

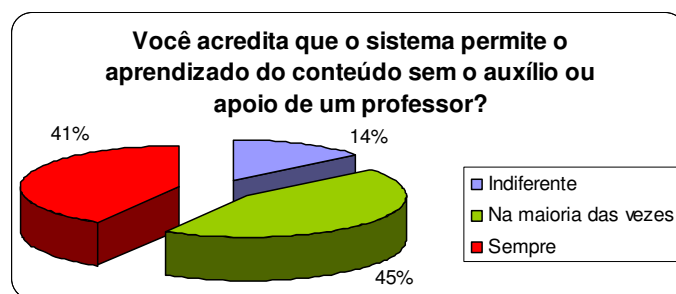


Figura 67: Gráfico de capacidade de aprendizagem com o sistema.

Outra preocupação foi em relação ao vínculo dos exercícios/testes com o conteúdo apresentado. Pode-se observar no gráfico da Figura 68 que 79% dos alunos relataram que os exercícios/testes são condizentes com os conteúdos apresentados pelo sistema.

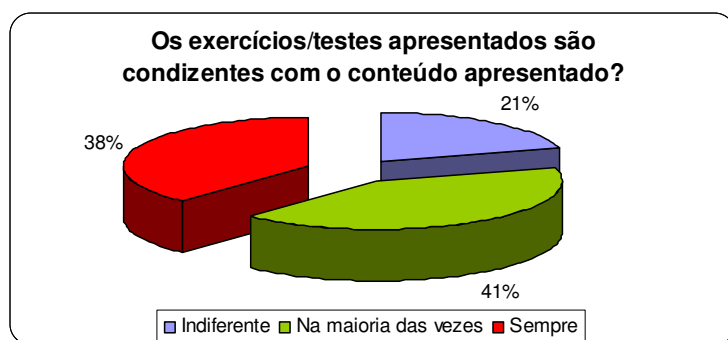


Figura 68: Gráfico da relação dos exercícios/testes com o s conteúdos.

Os diálogos do agente de interface com os alunos pode ser um fator motivador se houver uma empatia dos alunos com esse agente, que irá interagir freqüentemente com eles. Como visto no gráfico da Figura 69, 76% dos alunos relataram estar satisfeitos com os diálogos do agente de interface, o que demonstra que este deve estar contribuindo para a satisfação e, conseqüentemente, motivação dos alunos.

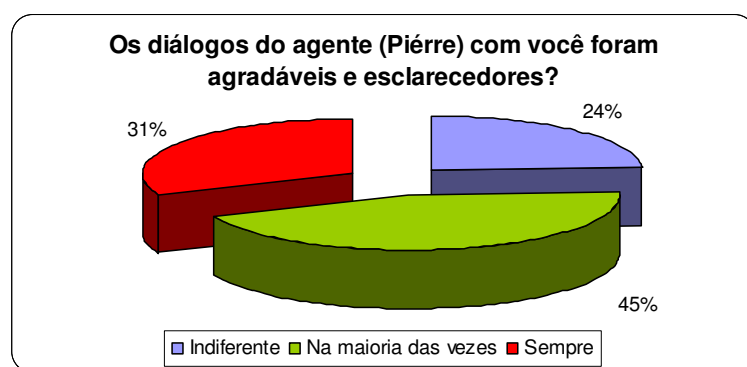


Figura 69: Gráfico de satisfação com os diálogos do agente de interface.

Por fim, foram avaliados os aspectos funcionais do sistema referentes ao funcionamento dos menus, dos ícones de navegação, os erros de execução e o tempo de espera para apresentação dos conteúdos. Quanto ao funcionamento correto tanto dos menus como dos ícones, a maioria dos pesquisados demonstrou a inexistência de problemas nesses quesitos. No caso dos menus, para 62% dos alunos os menus funcionaram corretamente sempre, e nos ícones o índice foi de 31% para sempre e 59% para a maioria das vezes. Os dados podem ser observados na Figura 70 e Figura 71.

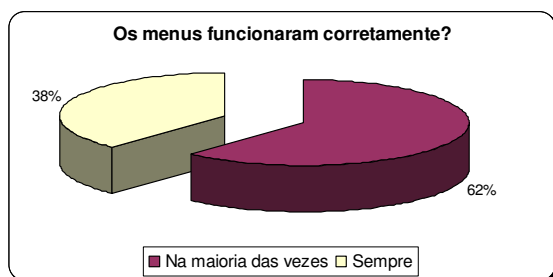


Figura 70: Gráfico de funcionamento dos menus.

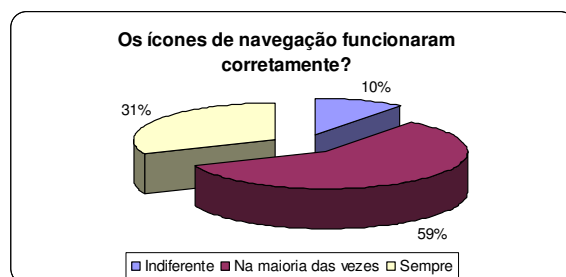


Figura 71: Gráfico de funcionamento dos ícones.

Em 72% dos casos não ocorreram erros na execução do sistema e quanto ao tempo de espera entre a apresentação dos conteúdos ser satisfatório, 100% dos entrevistados afirmou que sim. Portanto, a respeito dos aspectos funcionais analisados, os resultados foram ótimos, demonstrando que o sistema está apto a ser utilizado. Os poucos erros que ocorreram foram em função de problemas de comunicação (internet), uma vez que, no dia e local do teste a rede estava instável, o que não significa que o sistema tenha problemas.

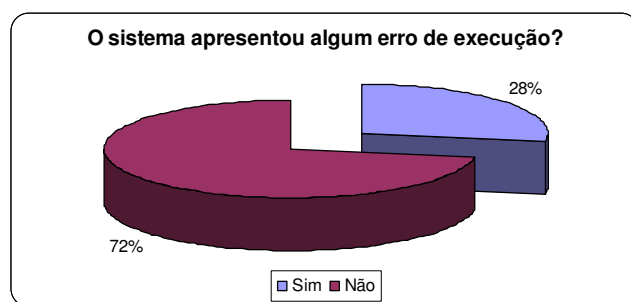


Figura 72: Gráfico de erros do sistema.

Com o intuito de verificar se o conhecimento prévio auxilia na utilização do sistema, foram feitos alguns cruzamentos entre as informações apresentadas. Conforme observado nos dados da Tabela 11, dos alunos que não possuíam conhecimento prévio (15 alunos), 86,67% demonstram que a utilização do sistema permitiu a compreensão dos conteúdos apresentados, na maioria das vezes ou sempre. Por sua vez, dentre os alunos que possuíam conhecimento prévio o percentual foi de 71,43%. Este fato demonstra que o conhecimento prévio não alterou o comportamento diante do sistema. Pelo contrário, os alunos que não possuíam conhecimento prévio demonstraram melhor compreensão, o que leva a crer que o sistema auxilia efetivamente no aprendizado.

Corroborando este fato, ainda observa-se que dos alunos que demonstraram que o sistema sempre auxiliou na compreensão dos conteúdos (10 alunos), 70% não possuíam conhecimento prévio. Dos alunos que se mostraram indiferentes à compreensão dos

conteúdos por meio da utilização do sistema (6 alunos), 66,67% já possuíam conhecimento prévio.

Tabela 11: Cruzamento entre conhecimento prévio dos conteúdos e compreensão dos mesmos por meio do sistema.

		A utilização do sistema permitiu a compreensão dos conteúdos apresentados?			Total das linhas
		Indiferente	Na maioria das vezes	Sempre	
<b>Frequência</b>	Não	4	7	3	14
<b>% da Coluna</b>		66,67%	53,85%	30,00%	
<b>% da Linha</b>		28,57%	50,00%	21,43%	
<b>% Total</b>		13,79%	24,14%	10,34%	48,28%
<b>Frequência</b>	Sim	2	6	7	15
<b>% da Coluna</b>		33,33%	46,15%	70,00%	
<b>% da Linha</b>		13,33%	40,00%	46,67%	
<b>% Total</b>		6,90%	20,69%	24,14%	51,72%
<b>Frequência</b>	Todos os grupos	6	13	10	29
<b>% Total</b>		20,69%	44,83%	34,48%	

Um dos fatores que pode ter contribuído para a boa performance na utilização do sistema foi a clareza da linguagem utilizada, tendo em vista que para 86,66% dos alunos que não possuíam conhecimento prévio, a linguagem mostrou-se clara e compreensível sempre ou na maioria das vezes. Dos alunos que se mostraram indiferentes à linguagem utilizada, 71,43% já possuía conhecimento prévio, conforme os dados da Tabela 12.

Tabela 12: Cruzamento entre conhecimento prévio dos conteúdos e clareza na linguagem utilizada

		Os diálogos do sistema estão em linguagem clara e compreensível?			Total das linhas
		Indiferente	Na maioria das vezes	Sempre	
<b>Frequência</b>	Não	5	4	5	14
<b>% da Coluna</b>		71,43%	33,33%	50,00%	
<b>% da Linha</b>		35,71%	28,57%	35,71%	
<b>% Total</b>		17,24%	13,79%	17,24%	48,28%
<b>Frequência</b>	Sim	2	8	5	15
<b>% da Coluna</b>		28,57%	66,67%	50,00%	
<b>% da Linha</b>		13,33%	53,33%	33,33%	
<b>% Total</b>		6,90%	27,59%	17,24%	51,72%
<b>Frequência</b>	Todos os grupos	7	12	10	29
<b>% Total</b>		24,14%	41,38%	34,48%	

Dos alunos que não possuíam conhecimento prévio sobre os conteúdos 100% demonstraram que o sistema permite o aprendizado sem o auxílio do professor sempre ou na maioria das vezes. Dentre aqueles que responderam que o sistema sempre permite o aprendizado sem o apoio do professor, 70% não possuía conhecimento prévio. Dos alunos que se mostraram indiferentes a este fato, 100% já possuía conhecimento dos conteúdos, como pode ser observado na Tabela 13. Estes dados permitem inferir que o sistema

possibilita o aprendizado sem o auxílio do professor, na maioria dos casos, principalmente para aqueles que não possuem conhecimento.

Os dados constantes na Tabela 14 demonstram que a quantidade de conteúdos em cada formato compatível com as preferências dos alunos foi satisfatória na maioria dos casos, indiferente do conhecimento prévio dos conteúdos, tendo em vista que para 100% dos que possuíam conhecimento prévio e para 80% dos que não possuíam conhecimento prévio, a quantidade apresentada foi compatível. Registra-se que dos alunos que se mostraram indiferentes à quantidade de conteúdos apresentadas, 100% destes tiveram contato com o conteúdo abordado pela primeira vez.

Tabela 13: Cruzamento entre conhecimento prévio dos conteúdos e necessidade de apoio do professor.

		Você acredita que o sistema permite o aprendizado do conteúdo sem o auxílio ou apoio de um professor?			Total das linhas
		Indiferente	Na maioria das vezes	Sempre	
<b>Frequência</b>	Não	4	4	3	14
<b>% da Coluna</b>		100,00%	30,77%	30,00%	
<b>% da Linha</b>		28,57%	28,57%	21,43%	
<b>% Total</b>		13,79%	13,79%	10,34%	48,28%
<b>Frequência</b>	Sim	0	9	7	15
<b>% da Coluna</b>		0,00%	69,23%	70,00%	
<b>% da Linha</b>		0,00%	60,00%	46,67%	
<b>% Total</b>		0,00%	31,03%	24,14%	51,72%
<b>Frequência</b>	Todos os grupos	4	13	10	29
<b>% Total</b>		13,79%	44,83%	34,48%	

Tabela 14: Cruzamento entre conhecimento prévio dos conteúdos e quantidade de conteúdos apresentados em cada formato (mídia).

		A quantidade de conteúdos em cada um dos formatos (texto, esquema, animação e figura) apresentados no seu estudo foram compatíveis com suas preferências?			Total das linhas
		Indiferente	Na maioria das vezes	Sempre	
<b>Frequência</b>	Não	0	6	8	14
<b>% da Coluna</b>		0,00%	42,86%	66,67%	
<b>% da Linha</b>		0,00%	42,86%	57,14%	
<b>% Total</b>		0,00%	20,69%	27,59%	48,28%
<b>Frequência</b>	Sim	3	8	4	15
<b>% da Coluna</b>		100,00%	57,14%	33,33%	
<b>% da Linha</b>		20,00%	53,33%	26,67%	
<b>% Total</b>		10,34%	27,59%	13,79%	51,72%
<b>Frequência</b>	Todos os grupos	3	14	12	29
<b>% Total</b>		10,34%	48,28%	41,38%	

Com relação à facilidade de utilização do sistema, alguns fatos interessantes podem ser observados. A respeito dos alunos que não possuíam conhecimento, percebe-se que 80% afirmou que, na maioria das vezes ou sempre, o sistema se mostrou de fácil utilização.

Dos alunos que consideraram o sistema de fácil utilização sempre, 100% estudava os conteúdos pela primeira vez. Porém, no caso dos alunos que possuíam conhecimento prévio, nota-se uma dispersão nas respostas quanto à facilidade de utilização do sistema, sendo que o maior percentual (42,86%) aparece nas respostas referente à maioria das vezes, e o menor percentual (0%) nas respostas referentes à sempre. Outro fato observado é que dentre os alunos que responderam que o sistema nunca se mostrou fácil, todos já possuíam conhecimento, conforme apresentado na Tabela 15.

Tabela 15: Cruzamento entre conhecimento prévio dos conteúdos e facilidade de uso do sistema.

		O sistema se mostrou fácil de usar?					Total das linhas
		Nunca	Poucas Vezes	Indiferente	Na maioria das vezes	Sempre	
	<b>É a primeira vez que estuda estes conteúdos?</b>						
<b>Frequência</b>	Não	2	1	5	6	0	14
<b>% da Coluna</b>		100,00%	33,33%	83,33%	66,67%	0,00%	
<b>% da Linha</b>		14,29%	7,14%	35,71%	42,86%	0,00%	
<b>% Total</b>		6,90%	3,45%	17,24%	20,69%	0,00%	48,28%
<b>Frequência</b>	Sim	0	2	1	3	9	15
<b>% da Coluna</b>		0,00%	66,67%	16,67%	33,33%	100,00%	
<b>% da Linha</b>		0,00%	13,33%	6,67%	20,00%	60,00%	
<b>% Total</b>		0,00%	6,90%	3,45%	10,34%	31,03%	51,72%
<b>Frequência</b>	<b>Todos os grupos</b>	2	3	6	9	9	29
<b>% Total</b>		6,90%	10,34%	20,69%	31,03%	31,03%	

A partir disso, pode-se constatar que o sistema é de fácil utilização, principalmente, para aqueles que não possuem conhecimento prévio, demonstrando que não é o conhecimento sobre os conteúdos que determina a facilidade na utilização do sistema.

Com o intuito de verificar o interesse pela utilização do sistema como apoio aos estudos, os alunos foram questionados sobre se utilizariam esse sistema. Do total da amostra pesquisada, 56% relataram que utilizariam o sistema em seus estudos, conforme pode ser observado no gráfico da Figura 73, o que demonstra que a maioria dos alunos aprovou a utilização do sistema.

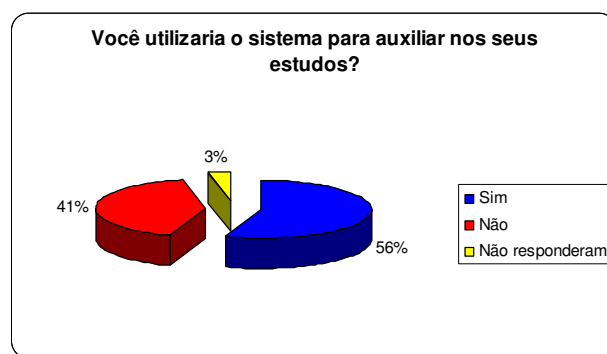


Figura 73: Gráfico da utilização do sistema nos estudos.



Com o objetivo de analisar essa intenção aliada aos meios computacionais que os alunos possuem, foram feitos os cruzamentos apresentados na Tabela 16 e Tabela 17.

Tabela 16: Cruzamento entre intenção de utilizar o sistema e ter computador em casa.

	Tem computador em casa?	Você usaria o sistema para apoio ao seu estudo?		Total das linhas
		Não	Sim	
<b>Frequência</b>	Sim	9	14	23
<b>% da Coluna</b>		75,00%	87,50%	
<b>% da Linha</b>		39,13%	60,87%	
<b>% Total</b>		32,14%	50,00%	82,14%
<b>Frequência</b>	Não	3	2	5
<b>% da Coluna</b>		25,00%	12,50%	
<b>% da Linha</b>		60,00%	40,00%	
<b>% Total</b>		10,71%	7,14%	17,86%
<b>Frequência</b>	<b>Todos os grupos</b>	12	16	28
<b>% Total</b>		42,86%	57,14%	

Dos alunos que demonstraram que utilizariam o sistema para apoio aos seus estudos (16 alunos), 87,50% possuem computador em casa. Dos alunos que tem computador em casa (23 alunos), 60,87% utilizariam o sistema. Por sua vez, dos alunos que não demonstraram interesse no sistema (12 alunos), 75% possui computador em casa, o que indica que este fator não interfere na intenção de utilizar o sistema como apoio aos seus estudos.

Tabela 17: Cruzamento entre intenção de utilizar o sistema e tipo de conexão a internet.

	Tipo de conexão	Você usaria o sistema para apoio ao seu estudo?		Total das linhas
		Não	Sim	
<b>Frequência</b>	ADSL	0	3	3
<b>% da Coluna</b>		0,00%	21,43%	
<b>% da Linha</b>		0,00%	100,00%	
<b>% Total</b>		0,00%	15,00%	15,00%
<b>Frequência</b>	Via rádio	2	9	11
<b>% da Coluna</b>		33,33%	64,29%	
<b>% da Linha</b>		18,18%	81,82%	
<b>% Total</b>		10,00%	45,00%	55,00%
<b>Frequência</b>	Discada	4	2	6
<b>% da Coluna</b>		66,67%	14,29%	
<b>% da Linha</b>		66,67%	33,33%	
<b>% Total</b>		20,00%	10,00%	30,00%
<b>Frequência</b>	<b>Todos os grupos</b>	6	14	20
<b>% Total</b>		30,00%	70,00%	

Apesar do fato de possuir computador não demonstrar interferência na intenção de uso do sistema, o tipo de conexão a internet utilizado implica no intuito de utilizar ou não o

sistema. A maioria absoluta (85,72%) dos alunos interessados em utilizar o sistema em seus estudos, possui conexão banda larga com a internet. Esse fato é perfeitamente justificável, tendo em vista a facilidade de acesso e a disponibilidade integral de acesso à internet.

Para avaliar o conhecimento dos alunos ao longo dos estudos foram criadas perguntas para avaliar a aprendizagem dos conteúdos apresentados no sistema. Um exemplo destas perguntas pode ser observado no APENDICE IV e os resultados obtidos pelos alunos após as avaliações do sistema são apresentados nos gráficos das Figura 74 referente ao grupo de 14 alunos que tiveram aula ministrada com o professor e Figura 75 referente ao grupo de 15 alunos que somente utilizaram o SINEPOPE.

Os alunos foram divididos de forma homogênea seguindo análise de desempenho (histórico) no curso. Essa análise e separação dos alunos foi feita pelo especialista da área de odontologia. As perguntas e o conteúdo apresentado aos dois grupos foi o mesmo.

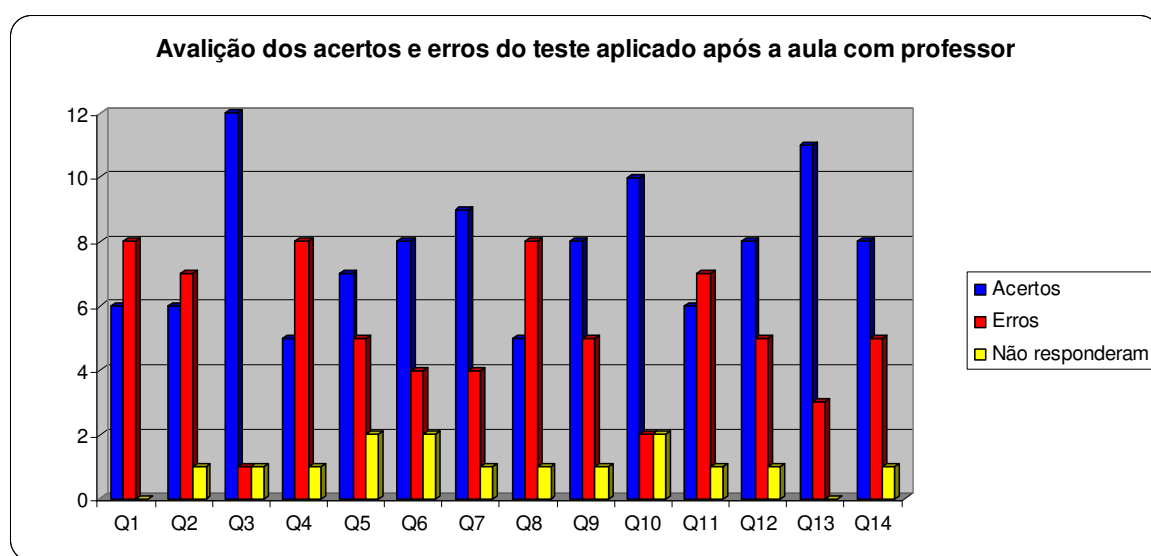


Figura 74: Gráfico do resultado da avaliação dos conteúdos na aula com professor, por questão.

Como se observa no gráfico da Figura 74, houveram alunos que deixaram de responder algumas das questões da avaliação. Como o teste aplicado aos alunos da aula ministrada por um professor foi feito em papel, apesar de serem as mesmas questões utilizadas no sistema, alguns alunos acabaram deixando de responder alguma questão. Esse fato não havia sido previsto, e como os alunos não foram identificados neste teste, os dados foram utilizados desta forma, sendo que as questões não respondidas foram consideradas incorretas.

O gráfico da Figura 75 apresenta os resultados do teste aplicado aos alunos pelo SINEPOPE, e nesse caso não existem questões não respondidas, pois o sistema não aceita essa opção.

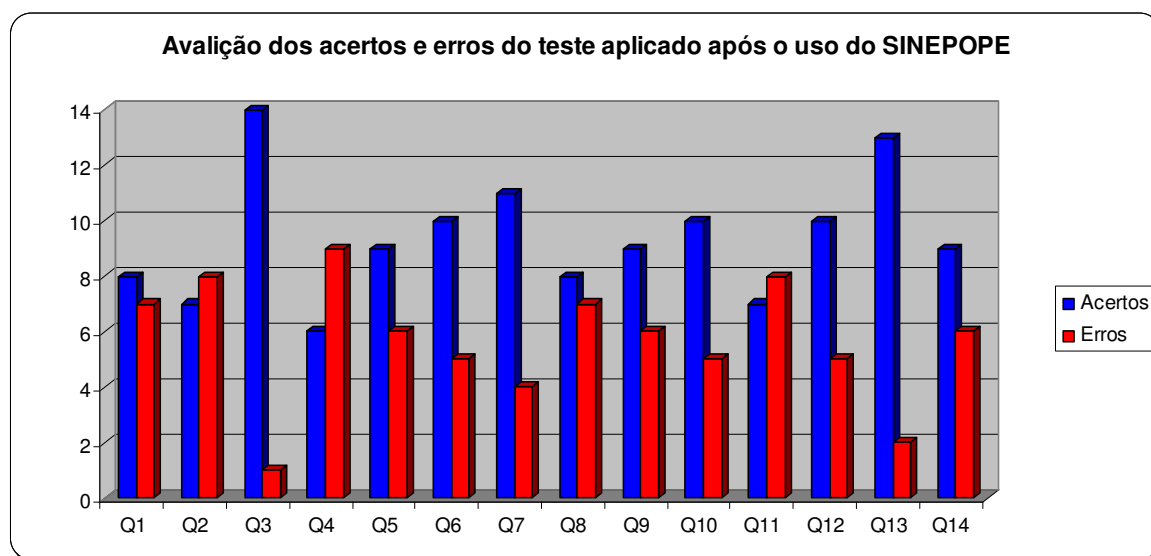


Figura 75: Gráfico do resultado da avaliação dos conteúdos na aula com o SINEPOPE, por questão.

É importante destacar que o módulo de avaliação do SINEPOPE efetua a avaliação dos alunos mediante as respostas às questões propostas e proporciona àqueles que obtiverem resultado insatisfatório a revisão dos conteúdos. Essa revisão pode ser realizada de duas maneiras: no caso de um desempenho insatisfatório (acertos entre 31% e 69%), o aluno deverá revisar as questões respondidas incorretamente ou no caso de o resultado ter sido muito ruim (acertos até 30%) ou o aluno estar reincidindo nos erros, o aluno será submetido à revisão geral da unidade em outra EP. Para efeito de comparação das avaliações entre as turmas (com professor e com o SINEPOPE), utilizou-se apenas o resultado da primeira avaliação feita pelo sistema.

Os resultados obtidos pela análise das avaliações dos alunos demonstraram uma situação que pode ser considerada equivalente, pois os resultados são muito similares. Esse fato pode ser caracterizado pelo grau de dificuldade das questões, uma vez que a quantidade de erros e acertos para cada questão nos dois casos apresenta um comportamento similar. As questões com maior número de acertos no gráfico da Figura 74 são Q3, Q7, Q10 e Q13 e no gráfico da Figura 75 observa-se praticamente o mesmo fato, com exceção da Q10 que neste gráfico teve uma quantidade de acertos um pouco menor.

Para avaliar o resultado geral dos alunos em ambas as turmas, foram analisadas as médias da avaliação por aluno, o que permitiu verificar o desempenho dos alunos. Esses gráficos podem ser vistos nas Figura 76 e Figura 77.

O gráfico da Figura 76 apresenta a média de cada um dos 14 alunos que participaram da aula expositiva ministrada por um professor, que resultou numa média geral da turma de 5,56 pontos (considerou-se a faixa de notas de 0 a 10). Deve-se considerar aqui que esta avaliação foi efetuada imediatamente após a conclusão da aula, o que não permitiu que os alunos fizessem qualquer tipo de reflexão ou revisão dos conteúdos. Esse fato deve ter contribuído para o resultado final da média da turma (abaixo de 7,0), mas foi realizado desta maneira visando manter o teste o mais uniforme possível com os dois grupos avaliados.

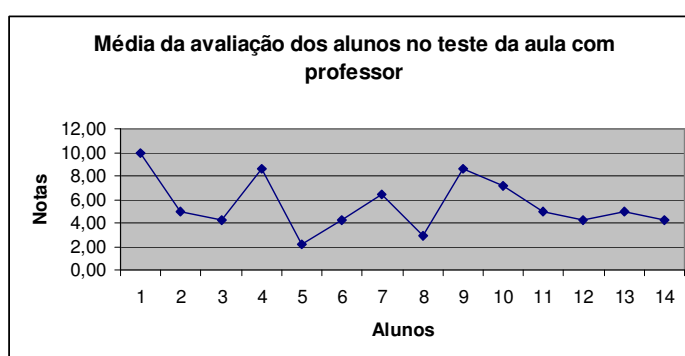


Figura 76: Gráfico da média da avaliação dos alunos com o professor.

No caso do grupo que utilizou o SINEPOPE, a média geral da turma foi de 6,24 pontos, ressaltando que foi utilizando o resultado da primeira avaliação, para se equivaler ao teste feito com o primeiro grupo. Os resultados das médias por aluno podem ser observados no gráfico da Figura 77.

Apesar do resultado ter sido ligeiramente melhor do que o primeiro grupo não é possível afirmar que o sistema teve um desempenho melhor que o professor. No entanto, pode-se considerar que o sistema assim como o professor, conseguiu fazer com que os alunos se apropriassem dos conteúdos.

O SINEPOPE, como foi apresentado na metodologia, analisa os resultados das avaliações por faixas e também toma algumas decisões em função delas. Após a conclusão de uma avaliação o sistema, por meio de seus SE, analisa se o aluno está apto a continuar seus estudos passando para a próxima unidade ou se deve rever esses conteúdos e fazer nova avaliação. Para tentar demonstrar essa análise nos grupos testados, foram feitos dois

gráficos, um para cada turma, apresentando a quantidade de alunos em cada uma das 3 faixas analisadas pelo sistema, conforme se pode ver nas Figura 78 e Figura 79.

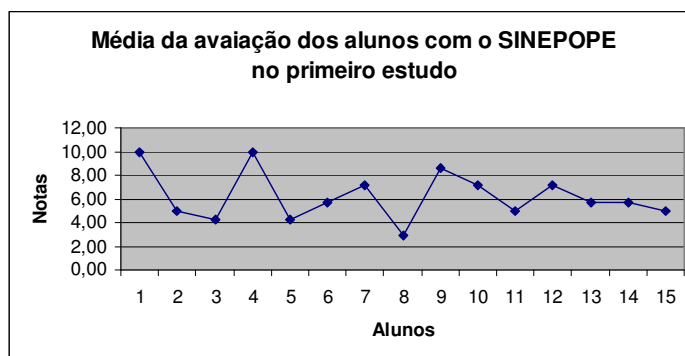


Figura 77: Gráfico da média da avaliação dos alunos com o SINEPOPE.

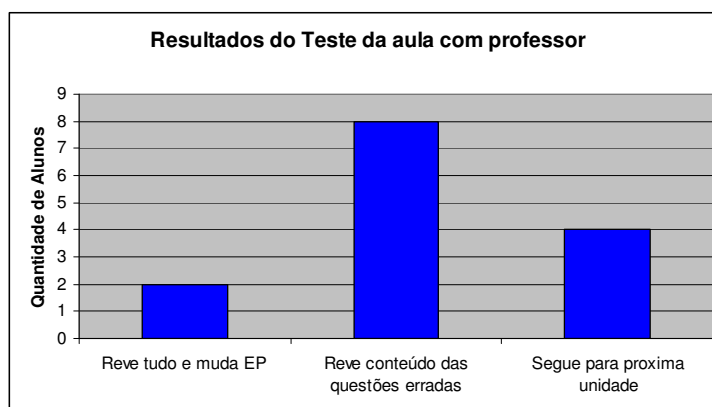


Figura 78: Gráfico da quantidade de alunos por faixa (com professor).

Observa-se que os resultados das duas turmas (considerando apenas o primeiro teste para o segundo grupo) são muito semelhantes, sendo que na segunda faixa (entre 31% e 69% acertos), dos alunos que pelo sistema deveriam rever os conteúdos relativos as questões erradas no teste, é o mesmo.

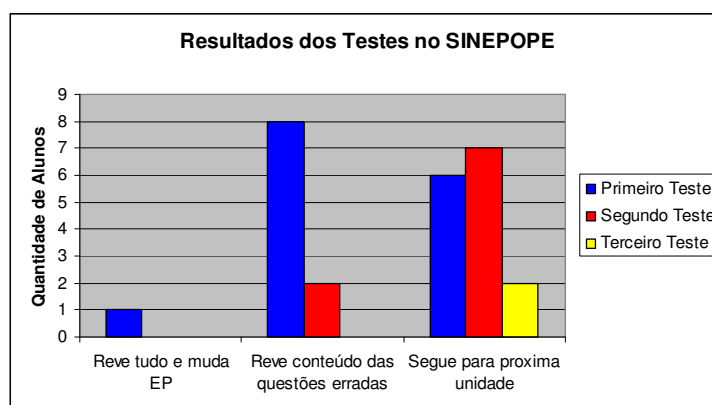


Figura 79: Gráfico da quantidade de alunos por faixa (com SINEPOPE).

Os alunos do segundo grupo (utilizaram o sistema) foram avaliados até que conseguissem concluir com sucesso os estudos da unidade avaliada. Desta forma, pode-se observar na Figura 79 que cada faixa possui três barras, representando as revisões de conteúdo necessárias para que todos os alunos deste grupo pudessem ser avaliados com sucesso pelo sistema.

Este gráfico ainda demonstra que dos 15 alunos, 6 foram aprovados no primeiro teste, 7 no segundo e 2 no terceiro teste. Não foram feitas análises sobre as possíveis causas destes resultados, apesar de se ter informações, como por exemplo, sobre o grau de dificuldade das questões ou o assunto avaliado em cada questão, que poderiam refletir pontos de dificuldade geral da turma. O objetivo destas análises foi verificar os resultados entre as turmas avaliadas e constatar se o SINEPOPE tem desempenho similar a um professor. Neste aspecto, conclui-se que o SINEPOPE possui um desempenho similar ao de um professor, permitindo a apropriação dos conhecimentos.

## 6 CONCLUSÕES

O objetivo dessa tese foi desenvolver uma metodologia para a construção de STI, com adaptação de interface e de estratégia pedagógica. A proposta de tratar de forma independente as interfaces das estratégias pedagógicas do sistema visa aprimorar o nível de adaptabilidade geral do sistema ao aluno. Outro ponto relevante dessa metodologia é que permite que se tenham tantas Estratégias Pedagógicas (EP) quantas se deseja, podendo ser incluídas novas EP no sistema sem a necessidade de refazer o que já foi feito. É necessário apenas modificar as regras do SE do gerenciador do modelo pedagógico e acrescentar novos conteúdos característicos dessa EP.

Desta forma, buscou-se atender com a máxima eficiência as necessidades de ensino dos alunos e gerar uma solução com flexibilidade para expansões. Para alcançar isso, com sucesso, é fundamental que o conteúdo a ser abordado seja gerado atendendo às necessidades das Inteligências Múltiplas (IM) e das EP, para que o mecanismo cognitivo do sistema possa atualizar o perfil dos alunos e guiá-lo de forma adequada.

O objetivo de “criar o modelo geral da metodologia para construção de STI” foi inteiramente atingido conforme apresentado no capítulo que descreveu em detalhes a metodologia proposta. Esta metodologia apresenta a arquitetura do modelo de STI e toda a descrição e detalhamento de cada um dos módulos que a compõe. O modelo proposto é totalmente independente de área de aplicação, permitindo dessa forma que ele possa ser aplicado a qualquer área do conhecimento. O principal resultado desse objetivo foi a elaboração da arquitetura proposta, que permite o projeto de qualquer STI que se adapta fortemente às necessidades de aprendizado dos alunos. A quantidade de alternativas de apresentação de conteúdos nesta proposta é teoricamente ilimitada, pois a arquitetura permite a utilização de qualquer número de EP. Ela se torna limitada na prática em função da quantidade de EP que são projetadas e utilizadas no sistema gerado.

Também foi completamente atingido o objetivo de “descrever o modelo de adaptação das interfaces”. Foi realizada a descrição detalhada do processo de utilização das RNA MLP e IAC no processo de identificação das IM para gerar o perfil inicial dos alunos e, posteriormente, para a adaptabilidade da interface durante o processo de estudo do aluno com suas escolhas por mídias diferentes das apresentadas a ele. Foram apresentados, além das descrições das RNA utilizadas e da forma como estas se interligam entre si e ao

sistema, testes que mostraram que o funcionamento destas RNA no processo de adaptação das interfaces ao perfil do aluno corresponde ao esperado.

As melhorias e modificações propostas nesse estudo, no que se refere à topologia e à forma de utilização e treinamento das redes neurais artificiais MLP e IAC, apresentaram resultados equivalentes ao trabalho de Barbosa (2004), o que mostra a validade destas modificações e, em função das simplificações realizadas, o acréscimo na sua aplicabilidade, pois a interferência do custo computacional para executar mais redes MLP ou matrizes de conhecimento maiores (no caso das IAC) foi reduzida a bons termos.

Em comparação a proposta de Barbosa (2004), obteve-se uma redução na quantidade de redes MLP utilizadas no processo inicial de análise do questionário de identificação das IM do aluno, para geração das notas correspondentes a cada uma destas IM. Essa redução foi de 4 redes MLP com podas de nós para uma MLP padrão com neurônios totalmente conectados.

Em relação à rede IAC, houve uma pequena mudança na topologia da rede, que passou de 10 grupos para 9, o que resultou em uma redução de 125 neurônios. Esse fato, na prática, significa uma redução de 125 linhas e 125 colunas na matriz de conhecimento da rede, resultando em economia de processamento na ordem de 28% menor.

Analisando o exposto, acredita-se ter conseguido progresso nas pesquisas desta área e, com isso, este trabalho contribui com novas alternativas para construção de sistemas com interface adaptável ao usuário, seja em aplicações de ensino, como é o caso do projeto em que este trabalho está inserido, ou em qualquer outro tipo de aplicação que possua esse tipo de necessidade.

O objetivo de “descrever o modelo de adaptação das estratégias pedagógicas” foi alcançado plenamente, uma vez que foram descritos todos os processos que envolvem as definições e planejamentos para esta adaptação. A utilização de agentes inteligentes nesse modelo resultou em flexibilidade, pois permitiu que as EP fossem tratadas como agentes que podem ser modelados e inseridos ao sistema, sem que isso interfira nos demais módulos e processos do sistema.

Um dos resultados positivos obtidos nesse projeto foi justamente conseguir implementar a metodologia proposta neste trabalho, mostrando que funciona e é viável a criação de STI com múltiplas EP. Além disso, a integração desta adaptação com a adaptação da interface, funcionou de forma harmoniosa, demonstrando que o tratamento independente da adaptação das EP e da interface se complementou no processo de ensino.



As regras utilizadas para a tomada de decisão dos agentes de EP, mesmo sendo empíricas uma vez que não se tem definições pedagógicas que norteiem esse tipo de decisão, se mostraram eficientes, atingindo o objetivo de adaptação contínua das necessidades dos alunos. Essas regras tanto podem ser utilizadas no desenvolvimento de outros STI, da forma como foram propostas e descritas neste trabalho, como podem ser ajustadas da forma como o projetista (ou pedagogo) julgar mais adequado para atender às suas necessidades.

A “definição dos agentes e das técnicas de IA mais apropriadas para atender as necessidades da metodologia proposta” também foi alcançada com sucesso. Definiram-se os agentes necessários e as características deles, de forma a atender as propostas da metodologia. Também foram apresentadas as técnicas de IA selecionadas e como estas se integram à metodologia. Para as interfaces, foram utilizadas RNA, conforme apresentado, e para as EP, foram utilizados sistemas especialistas (SE). Além destes, que formam a espinha dorsal da metodologia, também foi utilizado um agente de interface para interagir com o aluno.

O objetivo “implementar um protótipo de sistema baseado na metodologia proposta” foi totalmente contemplado, permitindo demonstrar que a metodologia é passível de implementação. Esta implementação gerou não só o sistema denominado SINEPOPE, como toda a documentação de projeto descrita em capítulo específico neste trabalho. Foram apresentadas as etapas utilizadas no desenvolvimento do projeto deste sistema, os principais diagramas utilizados para projetar e implementar o sistema e uma descrição detalhada do sistema gerado.

O último objetivo deste trabalho foi “testar e validar a metodologia proposta”. Este objetivo também mereceu um capítulo exclusivo, onde foram apresentados todos os testes realizados e suas análises. Foram feitos testes com o sistema, onde se avaliou a interface e o software, seguindo normas técnicas que também foram descritas e analisadas. Testes funcionais foram feitos para validar as implementações das RNA IAC e MLP, e os SE foram testados individualmente, visando verificar se estes respondem conforme o planejado e esperado. O protótipo também foi testado funcionalmente para verificar se após a junção de todos os componentes o sistema responde adequadamente.

Por fim, foram feitos testes com alunos visando verificar aspectos ergonômicos, funcionais e pedagógicos. A avaliação do desempenho dos alunos ao utilizar o sistema

também foi analisada e comparada com o desempenho obtido com a avaliação do mesmo conteúdo ministrado em uma aula por um professor.

Os resultados dos testes e avaliações realizados indicam que o sistema desenvolvido utilizando a metodologia proposta proporcionou aos alunos a apropriação dos conteúdos de forma similar ao ocorrido na aula com um professor. Em virtude de não ser possível e viável no momento realizar um estudo ao longo de um semestre e com mais conteúdos no sistema, torna-se difícil afirmar com plena convicção que os alunos que utilizam o sistema se saiam sempre melhor que alunos que assistam a aulas tradicionais. Porém, com os resultados verificados, pode-se afirmar que há indícios fortes de que a utilização do sistema pode suprir as necessidades de ensino dos alunos.

Esses indícios podem ser confirmados com os resultados de aprendizagem apresentados, onde o resultado das avaliações feitas com os alunos que utilizaram o sistema foi ligeiramente melhor do que as mesmas avaliações realizadas com os alunos que tiveram aula com um professor.

Pode-se concluir ainda que os alunos que não possuíam conhecimento prévio dos conteúdos sentiram-se mais motivados e satisfeitos com o sistema, demonstrando que estes alunos perceberam a capacidade do sistema de auxiliá-los na compreensão dos conteúdos, além de demonstrarem que gostaram da forma como o sistema funciona e apresenta os conteúdos.

Acredita-se com base em todos os relatos apresentados nessa tese, que o futuro desta metodologia seja promissor, proporcionando mais uma alternativa eficiente de gerar soluções de ensino por computador para atender às necessidades de mercado. Vale ressaltar que a utilização destas soluções pode propiciar a disseminação de conteúdos de forma ágil, fácil, barata e eficiente.

Como trabalhos futuros, serão apresentadas algumas sugestões que podem aprimorar ainda mais a metodologia proposta.

A realização de estudos de longo prazo, com a utilização do sistema em paralelo a uma disciplina pelo período de pelo menos um semestre, para avaliar os resultados apresentados neste trabalho. Para viabilizar isso, é necessário em primeiro lugar gerar e cadastrar conteúdos compatíveis com uma disciplina inteira e com as características do sistema. Ter a disponibilidade de alunos para utilizar o sistema em paralelo a outros alunos que participem de aulas com professor, realizando avaliações periódicas que permitam verificar o ganho de conhecimento destes alunos e comparando os resultados. O STI não

precisa ser melhor que o professor para atingir seus objetivos, mas precisa ser pelo menos equivalente.

Outra proposta é gerar um mecanismo híbrido para a tomada de decisão do agente gerenciador das EP, que utilize os SE já implementados no SINEPOPE em conjunto com Raciocínio Baseado em Casos (RBC). Essa proposta tem o intuito de tornar a resposta deste agente capaz de melhorar seu desempenho com o passar do tempo (uso do sistema). O uso de RBC visa detectar as características dos usuários (alunos) e aproveitar o conhecimento acumulado com os casos de sucesso e aplicá-los nos novos alunos, sempre que for detectado um caso com similaridade superior a um limiar definido, em relação ao caso atual (aluno que está usando o sistema). Caso a similaridade do caso atual com os já agendados não atinja o limite mínimo o agente utilizará as regras do SE, uma vez que o RBC só será utilizado para casos realmente similares.

As regras empíricas seriam utilizadas no primeiro momento, até que o RBC possua uma base de casos suficiente para recuperar casos com um grau mínimo de proximidade, o que só deve ocorrer após a utilização do sistema por um grande número de alunos. A partir desse momento, o RBC começa a inferir nos casos passados buscando melhorar as regras iniciais de tomada de decisão. Esse mecanismo visa buscar melhores resultados em relação à adaptação da estratégia utilizada para cada perfil de aluno, sendo que essa adaptação deve melhorar com o passar do tempo e com o acúmulo de casos registrados na base da RBC. Todo esse mecanismo, mesclando RBC e regras de produção, busca alternativas para a falta de definições formais amplamente aceitas na pedagogia, sobre qual estratégia pedagógica atende melhor a cada perfil de aluno.

## 7 REFERÊNCIAS

- AEDO, I.; CATENAZZI, N.; DÍAZ, P. The evaluation of a hypermedia learning environment: The CESAR experience. **Journal of Educational Multimedia and Hypermedia**, v. 5, n. 1, p. 49-72, 1996.
- AHMED, Mohamí; HARROUD, Hamid; IMPEY, Roger; KARMOUCH, Ahmed. Agent-based multimedia presentation and adaptation service. **Multimedia Tools and Applications**. V. 34, 2007.
- AINSWORTH, S.E.; GRIMSHAW, S.K. Evaluating the REDEEM authoring tool: Can teachers create effective learning environments? **International Journal of Artificial Intelligence in Education**. 2004. v. 14(3/4), p. 279-312.
- AINSWORTH, Shaaron. REDEEM: ITS Authoring Tools and Human Teaching. Workshop: Modelling Human Teaching Tactics and Strategies. **Proceedings of ITS 2000**. Montreal, Canadá, 2000.
- AMANTE, C. J. Pacientes com necessidades especiais: uma abordagem inovadora para a prática assistencial em odontologia. **Jornal da Associação Brasileira de Odontologia – Seção Santa Catarina, Florianópolis, Brasil**, v. 8, n. 37, pp. 4. 2002.
- ANTUNES, Celso. Como Identificar em Você e em Seus Alunos as Inteligências Múltiplas. Fascículo 4. Editora Vozes, Petrópolis, Brasil. 2001.
- ARMSTRONG, Thomas. Multiple Intelligences in the Classroom. **Association for Supervision & Curriculum Deve**, 2nd. ed., USA, pp. 95 - 120. 2000.
- BARANAUSKAS, M. Cecília C. **Projeto de Interfaces de Usuário**. Instituto de Computação – Unicamp MO645 – (2. Sem). 1999.
- BARBOSA, A. T. R. **Mecanismo de Adaptação Baseado em Redes Neurais Artificiais para Sistemas Hipermídia Adaptativos**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Pós-graduação em Engenharia Elétrica. Florianópolis. 2004.
- BAYLOR, A.L. Intelligent agents as cognitive tools for education. **Educational Technology**, v.39, n.2, p.36-40, 1999.
- BAYLOR, A.L. KIM, Y. **Three pedagogical agent roles: designing, developing, and validating agent as expert, motivator, and mentors**. ED-MEDIA, Honolulu, Hawaii. Jun. 2003.

- BEGOÑA, G.; SPECTOR, J.M. Evaluating automated instructional design systems: A complex problem. **Educational Technology**, New Jersey, v. 34, n. 5, p. 37-46, 1994.
- BEZERRA, Eduardo. **Princípios de Análise e Projeto de Sistema com UML**. Rio de Janeiro: Elsevier. ISBN: 85-352-1032-6. 2002
- BICA, Francine. **Eletrotutor III: uma abordagem Multiagente para o ensino à distância**. Dissertação de Mestrado, Porto Alegre, 2000.
- BICA, Francine; et al. Educação a Distância: do Paradigma de Tutores Inteligentes a uma Arquitetura Multiagentes. *In: V Congresso Internacional de Educação a Distância*. São Paulo, 1998. **Anais...** São Paulo, 1998
- BISWAS, Gautam; et al. Extending Intelligent Learning Environments with Teachable Agents to Enhance Learning. **Artificial Intelligent in Education**. IOS Press, 2001.
- BOND, Alan H.; GASSER, Les. An Analysis of Problems and Research in DAI. *In: Distributed Artificial Intelligence*. San Mateo: Morgan Kaufmann. 1988 **Anais...** San Mateo Pg. 3-35. 1988.
- BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James; JACOBSON, Ivar. **UML guia do usuário: o mais avançado tutorial sobre unified modeling language (UML)**, elaborado pelos próprios criadores da linguagem. Rio de Janeiro: Campus: Elsevier, 2000.
- BORGES, F. F.; LOPES, C. R. Estratégia de Personalização Reativa na Apresentação dos Conteúdos de Cursos Baseados na Web Através de um Agente Assistente. *In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2004, Manaus*. **Anais do XV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. Manaus : EDUA, 2004. v. 1. p. 687-697.
- BRAGA, A. P.; LUDERMIR, T. B.; CARVALHO, A. C. P. L. F. **Redes Neurais Artificiais: Teoria e Aplicações**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2000.
- BRITO, P. F. de; FAGUNDES, F.; ALVES, J. B. da M. 2002, Uma Estrutura para Definição de Seqüência de Estudos Baseada na Técnica *Ant System*. **Anais do SBIE-2002**, "Simpósio Brasileiro de Informática na Educação". São Leopoldo-RS, novembro 2002. p.247-253.
- BRUSILOVSKY, P. **Methods and techniques of adaptive hypermedia**. User Modeling and User-Adapted Interaction. Special issue on adaptive hypertext and hypermedia, 6 (2-3), 87-129. 1996.
- BRUSILOVSKY, Peter. KnowledgeTree: A Distributed Architecture for Adaptive E-Learning. International www conference. **Proceedings of the 13th international World**

- Wide Web conference on Alternate track papers & posters. ACM Press. p.104-113. 2004.
- CAMPBELL, Linda; CAMPBELL, Bruce; DICKINSON, Dee. Teaching and Learning Through Multiple Intelligences, Allyn & Bacon. 2nd. ed., pp. 320 - 340. 1998.
- CAMPBELL, Linda; DICKINSON, Bruce. **Ensino e Aprendizagem por Meio das Inteligências Múltiplas**, 2ª Edição, Tradução: Magda França Lopes, Porto Alegre: Editora Artmed, 2000.
- CENPRA - Centro de Pesquisa Renato Archer. **Guia de Avaliação da Qualidade de Software**. 2005. Disponível em: <[http://www.cenpra.gov.br/publicacoes/pdf/GUIA\\_PRN.pdf](http://www.cenpra.gov.br/publicacoes/pdf/GUIA_PRN.pdf)> Acesso em: 03 de maio de 2006.
- CHEUNG, B.; HUI, L.; ZHANG, J. & YIU, S.M. "SmartTutor: An Intelligent Tutoring System in Web-based Adult Education". **Journal of Systems and Software**. v. 68, p.11-25. 2003.
- CONATI, C. et al. On-line student modeling for coached problem solving using Bayesian networks. In: USER MODELING: SIXTH INTERNATIONAL CONFERENCE - UM97, 1997. **Proceedings ...**Vienna: Springer, 1997.
- CONSELHO FERAL DE ODONTOLOGIA. Resolução CFO – 22/2001 – estabelece normas sobre anúncio e exercício das especialidades odontológicas e sobre cursos de especialização. 2001. Disponível em: < [www.cfo.org.br](http://www.cfo.org.br) > Acesso: em 17 de julho de 2003.
- CUMMING, G.; McDOUGALL, A. Mainstreaming AIED into education? **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, 11, 197-207. 2000.
- CURILEM ,G.M.J.; et al. Combinação de Estratégias Pedagógicas e Técnicas Multimídia dentro de um Sistema Tutor. **Anais do CBEB'2000**, "Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica". Florianópolis, 13-15 de Setembro 2000.
- CURILEM, G. M. J. **Metodologia para a Construção de Interfaces Adaptáveis em Sistemas Tutores Inteligentes**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2002.

- CURILEM, G. M. J.; De AZEVEDO, F. M. 2001. Implementação Dinâmica de Atividades num Sistema Tutor Inteligente. **Anais** do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE 2001. Vitória, Brasil.
- CURILEM, G. M. J.; De AZEVEDO, F. M. Ergonomia Didática na Interface de Sistemas Tutores Inteligentes. **Anais** do Congresso Ibero-americano de Informática Educativa - IE2002, Vigo-Espanha. 2002.
- DAVIS, C; OLIVEIRA, Z.M.R. **Psicologia na Educação**, São Paulo: Cortez, 1994.
- DAZZI, R. L. S.; De AZEVEDO, F. M. Uma Proposta de Modelagem de Sistemas Tutores Inteligentes por Sociedades de Agentes. **Anais** do Congresso Brasileiro de Computação - CBComp 2004. Itajaí, Brasil, pp. 243-248. 2004.
- DAZZI, Rudimar Luís Scaranto. **Sistemas Especialistas Conexionistas: implementação por redes diretas e bidirecionais**. 1999, 124p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) Programa de pós-graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.
- DE AZEVEDO, Fernando Mendes. Uma proposta de Modelos de Redes Formais de Neurônios e Rede Neurais Artificiais. **Anais** do III Congresso de Redes Neurais, IV Escola de Redes Neurais, Florianópolis. 1997.
- DE AZEVEDO, Fernando Mendes; BRASIL, Lourdes Mattos; OLIVEIRA, Roberto Célio Limão, **Redes Neurais com Aplicações em Controle e em Sistemas Especialistas**, Florianópolis: Visual Books, 2000.
- De AZEVEDO, Fernando. **Contribution to the Study of Neural Networks in Dynamical Expert Systems**. Institute d'Informatique – FUNDP. Namour, Belgium. 1993.
- DE OLIVEIRA, E. da S. G.; SANTOS, L.; COSTA, M. de A.; VILLARDI, R. M. A Avaliação na Educação a Distância: Reflexões e Estratégias para o Ensino Universitário. **Anais** do XII Congresso Internacional de Educação a Distância. Florianópolis-SC. 2005.
- DEMAZEAU, Y. From interactions to collective behaviour agent-based systems. **In: Proc.** of the 1st. European Conference on Cognitive Science, St. Malo, France. 1995.
- DEMAZEAU, Y.; MÜLLER, J.-P. (Ed.). **Decentralized Artificial Intelligence**. Amsterdam: Elsevier, 1990.

- DENNIS, S. The IAC Network: **How Neural Networks Process Information**. Disponível em: <<http://www2.psy.uq.edu.au/~brainwav/Manual/IAC.html>>. Acesso em: 01 abril 2003.
- DRYDEN, Gordon; JEANNETTE, Vos. **Revolucionando o Aprendizado**. São Paulo. Makron Books do Brasil, 1997.
- DURFEE, E.H.; ROSENSCHEIN, J. S. Distributed problem solving and multi-agent systems: comparisons and examples. *In: Proc.* 13th. International Workshop on DAÍ, Seattle. 1994.
- FELDER R. M., SOLOMAN B. A. **Learning styles and strategies**. Disponível em: <<http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/ILSdir/styles.htm>> Acesso em: 06/05/2002.
- FENG, Mingyu; HEFFERNAN, Neil T.; KOEDINGER, Kenneth R. E-learning & scientific applications: Addressing the testing challenge with a web-based e-assessment system that tutors as it assesses. **Proceedings** of the 15th international conference on World Wide Web WWW '06. ACM Press, 2006.
- FERBER, Jacques; JACOPIN, Eric. **The Framework of Eco-Problem Solving**. *In: Demazeau, Yves; Muller, Jean-Pierre (Eds.). Decentralized AI 2, Amsterdam: North-Holland. 1991.*
- FERNANDES, Anita M. da Rocha. **Inteligência Artificial: noções gerais**. Florianópolis: Bookstore, 2003.
- FLORES, C. D.; SEIXAS, L.; GLUZ, J. C.; VICARI, R. M.; PATRICIO, D. I.; GIACOMEL, F.; GONÇALVES, L. AMPLIA Learning Environment Architecture. **Anais** do ACIDCA-ICMI'2005, "2nd International Conference on Machine Intelligence", Tozeur. 2005. v. 1.
- FRAGAL, L.M. et al. Guilly - Um Agente Pedagógico Animado para o AVEI. **Anais** do SBIE-2001, "Simpósio Brasileiro de Informática na Educação". Vitória-ES, 21-23 de novembro 2001.
- FRANCESCHI, A. S. M.; et al. Desenvolvendo Agentes moveis para Gerência de Redes Utilizando Técnicas de Inteligência Artificial. **Anais** do Congresso Brasileiro de Computação - CBComp 2002. Itajaí, Brasil, pp. 26-30. 2002.
- GAGNE R.M.; BRIGGS L.J.; WAGNER W.W. **Principles of instructional design**. Third edition. New York: Holt Rinehart and Winston. 1988.



- GAMA, Maria Clara S. Salgado. **A Teoria das Inteligências Múltiplas e Suas Implicações para Educação**. 1998. Página integrante do site Psy\_coterapeutas on line [www.homdemello.com.br/psicologia/intemult.html](http://www.homdemello.com.br/psicologia/intemult.html)
- GARCIA, A. C. B.; SICHMAN, J. S. **Agentes de Sistemas Multiagentes**. In: *BARONE, Dante (org.). Sociedades Artificiais*. Bookman, Porto Alegre, Brasil. 2003. p.270-306
- GARDNER, Howard. **Estrutura da Mente**. Editora Artmed, Porto Alegre, Brasil. 2001.
- GARDNER, Howard. **Multiple Intelligence: the Theory in Practice**. Basic Books, New York, USA, 1993. pp 108-120.
- GIRAFFA, L. M. M. **Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais**. Porto Alegre, 1999. Tese (doutorado em Ciência da computação) Programa de pós-graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1999.
- GRAESSER, A.C.; CHIPMAN, P.; HAYNES, B.C.; OLNEY, A. AutoTutor: An intelligent tutoring system with mixed-initiative dialogue. **IEEE Transactions in Education**, 2005. 48, 612-618
- GRAESSER, A.C.; JACKSON, G.T.; MATHEWS, E.C.; MITCHELL, H.H.; OLNEY, A.; VENTURA, M.; CHIPMAN, P.; FRANCESCHETTI, D.; HU, X.; LOUWERSE, M.M.; PERSON, N.K.; TRG. Why/AutoTutor: A test of learning gains from a physics tutor with natural language dialog. Proceedings of the 25rd Annual Conference of the Cognitive Science Society (pp. xx). Mahwah, NJ: Erlbaum. 2003.
- GROSSBERG, S. Competitive Learning: From interactive activation to adaptive resonance. **Cognitive Science**, v. 11, p. 23-63. 1987.
- HAHNE, Maria Nazaré Munari Angeloni. **Estudo de Modelos e Algoritmos de Aprendizado para Redes IAC**. Exame de Qualificação defendido no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Eletrica da Universidade Federal de Santa Catarina. 2002.
- HALFF, H.M. Curriculum and instruction in automated tutors. In: OLSON, M.C.; RICHARDSON, J.J. **Intelligent Tutoring Systems**. London: Lawrence Erlbaum, 1988.
- HARDY, Michael E. Use and evaluation of the ALEKS interactive tutoring system. **Journal of Computing Sciences in Colleges**. Consortium for Computing Sciences in Colleges. v. 19 p. 342-347. 2004.
- HAYKIN S. 2001. **Redes Neurais, Principios e Prática**. 2ª edição. Porto Alegre: Bookman.

- HEEMANN, Vivian. **Avaliação Ergonômica de Interfaces de Bases de Dados por Meio de Checklist Especializado**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1997.
- HEFFERNAN, N. T.; CROTEAU, E. Web-Based Evaluations Showing Differential Learning for Tutorial Strategies Employed by the Ms. Lindquist Tutor. **Proceedings of 7th Annual Intelligent Tutoring Systems Conference**, Maceio, Brazil. 2004 pp. 491-500.
- HEFFERNAN, Neil T. **Web-Based Evaluation Showing both Motivational and Cognitive Benefits of the Ms. Lindquist Tutor**. Computer Science Department School of Computer Science, Carnegie Mellon University, Ph.D. Thesis, 2001.
- HENZEL, Nicola. Interactive-Event: Personalized e-Learning Services for the Semantic Web. 12<sup>th</sup> AIED2005 - International Conference on Artificial Intelligence in Education, **In Proceedings...** Amsterdam, Netherland. p. 1-4. 2005.
- HOLT, P.; DUBS, S.; JONES, M.; GREER, J. The state of student modelling. In J. E. Greer & G. McCalla (Eds.), **Student modelling: The key to individualized knowledge-based instruction**, Berlin: Springer-Verlag. 1994. p. 3-35.
- HOPFIELD, J.J. Neural Networks and Physical Systems with Emergent Collective Computational Abilities. **Proceedings of the National Academy of Sciences, USA**, 79, p. 2554-2558. 1982.
- HOPFIELD, J.J. Neurons with Graded Response Have Collective Computational Properties like those of Two-state Neurons, **Proceedings of the National Academy of Sciences, USA**, 81, p. 3088-3092. 1984
- HÜBNER, J. F. **Um Modelo de Reorganização de Sistemas Multiagentes**. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, Escola Politécnica. 2003.
- HÜBNER, J. F.; SICHMAN, J. S. SACI: Uma ferramenta para implementação e monitoração da comunicação entre agentes. In Monard, M. C., and Sichman, J. S., eds., **Proceedings (Open Discussion Track)**, 2000. 47-56. São Carlos: International Joint Conference, 7th Ibero-American Conference on AI, 15th Brazilian Symposium on AI (IBERAMIA/SBIA 2000).
- HUHNS, M. N.; SINGH, M. P. Agents on the web. **IEEE Internet Computing** 1, 5 (Sept. 1997), 78-79 1997.

- HUHNS, Michael N.; SINGH, Munindar P. A Multiagent Treatment of Agenthood, applied Artificial Intelligence: An **International Journal**, v. 13, n. 1-2, p. 3-10, 1999.
- HUHNS, Michael N.; SINGH, Munindar. **Readings in Agents**. Morgan Kaufmann Publishers, Inc., San Francisco, CA, 1997.
- IAIONE, Fábio. **Proposta e Implementação de Metodologia para Detecção de Hipoglicemia Baseada na Análise e Classificação do Eletroencefalograma**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.
- JACKSON, G.T., PERSON, N.K.; GRAESSER, A.C. Adaptive Tutorial Dialogue in AutoTutor. **Proceedings** of workshop on Dialog-based Intelligent Tutoring Systems at the 7th International conference on Intelligent Tutoring Systems. Universidade Federal de Alagoas, Brazil, 2004. 9-13.
- JENNINGS, N.R. Coordination techniques for distributed artificial intelligence. In: O'HARE, G.M.P.; JENNINGS, N.R. (Eds.). **Foundations of distributed artificial intelligence**. New York: John Wiley & Sons, 1996. p.187-210.
- JENNINGS, N.R. **On Agent-Oriented Software Engineering**. 2000. 117 (2) p.227-296.
- JOHNSON, W. L., SHAW, E. Using agents to overcome difficulties in web-based courseware. In: WORLD CONFERENCE OF THE AIED SOCIETY, 8., 1997, Kolbe, Japan. **Proceedings ...** Kolbe, Japan, 1997.
- JOHNSON, W.L.; RICKEL, J. Steve: an animated pedagogical agent for procedural training in virtual environments. **SIGART Bulletin**, v. 8, p.16-21, 1998.
- JONASSEN, D.H.; WANG, S. "The Physics Tutor: Integrating Hypertext and Expert Systems", **Journal of Educational Technology Systems**, Vol. 22(1), pp. 19-28, 1993.
- JOSHUA, Rose; SCUSE, David H. Modeling Beliefs and Solution Strategies in a Distributed Learning System. **The Journal of Supercomputing**. 2005. Kluwer Academic Publishers. V.34 p.27-39.
- JUCHEM, Murilo; BASTOS, Ricardo M. **Arquitetura de Agentes**. Technical Report Series. Porto Alegre, n.013, abril 2001. Disponível em: <<http://www.inf.pucrs.br/tr/tr013.pdf>> acessado em 22/janeiro/2004.
- KAPPEN, H. J.; NEIJT J. P. **Promedas, a probabilistic decision support system for medical diagnosis**. SNN-UMCU, 2002. Disponível em: <<http://www.mbfys.kun.nl/snn/Research/promedas/>> . Acesso em: 14 ago. 2005.

- KLIR, G.; YUAN, B. **Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications**. USA: Prentice Hall, 1995.
- KODAGANALLUR, Viswanathan; WEITZ, Rob R.; ROSENTHAL, David. VersaTutor: architecture for a constraint-based intelligent tutor generator. **Proceedings of the 13th international World Wide Web conference on Alternate track papers & posters**. 2004. ACM Press. p. 474-475.
- LABROU, Y.; FININ, T. **A proposal for a new KQML specification**. UMBC, Baltimore, 1997.
- LABROU, Y.; FININ, T.; PENG, Y. Agent communication languages: the current landscape. **IEEE Intelligent Systems**, v. 14, n. 2, p. 45–52, March/April 1999.
- LEONHARDT, M.D. et al. ELEKTRA: Um *chatbot* para uso em ambiente educacional. In: CICLO DE PALESTRAS NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO.2., 2003, Porto Alegre. **Ciclo ...** Porto Alegre, CINTED:UFRGS, 2003.
- LIMA, Gersina Ângela Borém. Mapa Conceitual como ferramenta para organização do conhecimento em sistema de hipertextos e seus aspectos cognitivos. **Perspectivas em Ciência da Informação** v. 9 no. 2 (July/December 2004) p. 134-145
- LITMAN, Diana; FORBES-RILEY, Kate. Correlations between dialogue acts and learning in spoken tutoring dialogues. **Natural Language Engineering** volume 12. Cambridge University Press, 2006.
- LOM – IEEE P1484.12 - Learning Object Metadata (2002). Disponível na URL: <[http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM\\_1484\\_12\\_1\\_v1\\_Final\\_Draft.pdf](http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf)>. Acessado em 14 de abril de 2005.
- LUCENA, F. N.; LIESENBERG, Hans K. E. **Interfaces Homem-Computador: Uma Primeira Introdução**. Universidade de Campinas. 2002. Disponível em: <http://www.dcc.unicamp.br/proj-xchart/start/porque.html>, acessado em 25/05/2002.
- LUZZI, F.; FERREIRA, L.Z.; SENNA, R.C.; GIRAFFA, L.M.M.; BASTOS, R.M. Assistente Inteligente para Suporte ao Ensino de Química Orgânica. **Anais do IV Congresso RIBIE**, Brasília, 1998.
- MACCULLOCH, W. S.; PITTS, W. H. **A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity**. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, v. 5 n. 1, p. 115-133, 1943.

- MAJOR, N.; AINSWORTH, S.E.; WOOD, D.J. REDEEM: Exploiting Symbiosis Between Psychology and Authoring Environments, **International Journal of Artificial Intelligence in Education**. 1997. v. 8(3/4), p. 317-340
- MARTIN, B.; MITROVIC, A. Authoring Web-Based Tutoring Systems with WETAS. **Proceedings**. IEEE - International Conference on Computers in Education. 2002. p. 183-187 v.1
- MARTIN, B.; MITROVIC, A.; SURAWEERA, P. Rapid ITS Prototyping with Ontologies in WETAS. 12<sup>th</sup> AIED2005 - International Conference on Artificial Intelligence in Education, **In Proceedings...** Amsterdam, Netherland. p. 15-18. 2005.
- MARTINS, J. C. **Gerenciando projetos de desenvolvimento de software com PMI, RUP e UML**. Rio de Janeiro: Brasport, 2006. 308 p. ISBN 8574522627
- MAYO, M; MITROVIC, A. Optimising ITS behaviour with Bayesian networks and decision theory. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v. 12, p. 293-309, 2001.
- MCARTHUR, D.; LEWIS, M. W.; BISHAY, M. **The roles of artificial intelligence in education: current progress and future prospects**. 1993. URL: <http://www.rand.org/hot/mcarthur/Papers/role.html>.
- MIZOGUCHI, R.; BORDEAU, J. Using ontological engineering to overcome AI-ED problems. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, 11, 107-121. 2000.
- MOISSA, Harry Erwin. Agente Identificador de Fatores Motivacionais e Afetivos em um Ambiente de Ensino e Aprendizagem. Dissertação de Mestrado, UFRGS, 2001.
- MORA, Michael da Costa. **Tecnologia de Agentes**. Apostila do Minicurso apresentado no II Congresso Brasileiro de Computação. Itajaí-SC. 2002
- MULLIER, D. Examining how users interact with hypermedia using a neural network. **Proceedings** of the international conference on artificial intelligence (ICAI'00), Las Vegas, USA, June 2000.
- MULLIER, D.; MOORE, D. J. A web based intelligent tutoring system. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NETWORKING ENTITIES (NETIES'98), 4.,1998, Leeds. **Proceedings ...** 1998. p. 5-9.
- MURRAY, Charles; VanLEHN, Kurt. DT tutor: a decision-theoretic, dynamic approach for optimal selection of tutorial actions. In: GAUTHIER, G.; FRASSON, C.;

- VanLEHN, K. (Ed.), **Intelligent Tutoring Systems**, 5th International Conference, ITS 2000. New York: Springer, 2000. p.153-162.
- MUZIO, J.; HEINS, T.; MUNDELL, R. Experiences with Reusable eLearning Objects: From Theory to Practice. Victoria, Canadá. 2001.
- NASCIMENTO Jr, C.L.; ZARROP, M.B. Using the IAC Neural Network to Solve Optimization Problems. **Proceedings** of the 2<sup>nd</sup> Brazilian Congress on Neural Networks, Curitiba, PR. 1995.
- NUNES, M. A. S. N.; FRAGA, L.; DIHL, L. L.; OLIVEIRA, L. C.; WOSZEZENKI, C. R.; FRANCISCO, D. J.; MACHADO, G. J. C.; NOGUEIRA, C. R. D.; NOTARGIACOMO, M. G. C. Animated Pedagogical Agent in a Learning Environment. **Proceedings: SECIII-Open IFIP-GI-Conference on Social, Ethical and Cognitive Issues of Informatics and ICT, 2002**, Dortmund. SECIII-Conference on Social, Ethical and Cognitive Issues of Informatics and ICT, 2002
- OLIVEIRA, J. M. P. et al. Representação da Interação do Aprendiz em Sistemas Hipermídia Adaptativos Educacionais que Utilizam a Aprendizagem Baseada em Problemas como Modelo Pedagógico. **Anais** do Congresso da Sociedade Brasileira de Computação – SBC 2005. São Leopoldo, Brasil, pp. 2702-2710.
- OLIVEIRA, J. M. P.; FERNANDES, C. T. A Framework for Adaptive Educational Hypermedia Systems. Workshop on Applications, Products and Services of Web-based Support Systems in conjunction with the IEEE/WIC, **Anais...** International Conference on Web Intelligence, Halifax, Canada, pp. 55-62. 2003.
- OLIVEIRA, J. M. P.; FERNANDES, C. T., 2004, Instructional Model as a Driving Force for Adaptation in Adaptive Educational Hypermedia Systems, **Proceedings** of ED-Media 2004, World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications, AACE.Lugano, Switzerland.
- PANDYA, A. S.; MACY, R. B. **Pattern recognition with Neural Networks in C++**. CRC Press, Boca Raton, Florida, 1996.
- PERSONAL READER. 2006. Disponível em: <<http://www.personal-reader.de>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2006.
- PFA – **Pierre Fauchard Academy**. 2006. Disponível em: <<http://www.fauchard.org>>. Acesso em: 10 abril de 2006.

- POZO, Juan Ignacio. **Aprendizes e Mestres: a nova cultura da aprendizagem**. Editora Artmed, Porto Alegre, Brasil. 2002.
- RAABE, André Luís Alice; SILVA, Júlia Marques Carvalho da; GIRAFFA, Lúcia Maria Martins. **Um ambiente EAD para Promover Experiências de Aprendizagem Mediadas em uma Disciplina Presencial**. *Informática na educação*, Porto Alegre - RS, v. 8, n. 1, p. 89-101, 2005.
- REEVES, T. **Systematic Evaluation Procedures for Interactive Multimedia for Education and Training**. *Multimedia computing: preparing for the 21st century*. Harrisburg, PA. Idea Group, 1994.
- RILEY, G. **CLIPS: a tool for building expert systems**. 2005. Disponível em: <<http://www.ghg.net/clips/CLIPS.html>>. Acesso em: 7 março 2006.
- ROSATELLI, M. C. Novas tendências da pesquisa em inteligência artificial na educação. In R. C. Nunes (Ed.), **VIII Escola de Informática da SBC Sul**. 2000. p. 179-210. Porto Alegre: Editora da UFRGS. 2000.
- RUBENS, W.; DEAN, P.; LEINONEN, T.; KLIGYTE, G.; LAKKALA, M.; RAHIKAINEN, M.; VOSNIADOU, S.; KOLLIAS, V.; APPELT, W.; SKARMETA, A.F.G.; RYYMIN, E.; CESARENI, D.; LIPPONEN, L.; HAKKARAINEN, K. **ITECOLE - Innovative Technologies for Collaborative Learning**. Finland, 2003.
- RUBENS, W.; EMANS, B.; LEINONEN, T.; SKARMETA, A.G.; SIMON, R.J. Design of web-based collaborative learning environments. Translating the pedagogical learning principles to human computer interface. **Computer & Education**, 2005. Elsevier, v. 45, p. 276-294.
- RUMELHART, D. E.; McClelland J. L. **Explorations in Parallel Distributed Processing**. volume 1. Foundations, The MIT Press. 1986.
- RUSSEL, S.; NORVIG, P. **Inteligência Artificial: uma abordagem moderna**. Editor Campus, São Paulo, Brasil. 2004.
- RUSSEL, Stuart; WEFALD, Eric. **Do the Right Thing: Studies in Limited Rationality**. MIT Press, Cambridge, Mass, 1991.
- SÁ, D. V. A. L.; SOUZA, F.F. **Explorando Interfaces Inteligentes na Construção de Tutores**. Departamento de Informática, CCEN, Universidade Federal de Pernambuco, Recife PE. Disponível em <http://www.propesq.ufpe.br/anais/ccen/ccen61.htm>, acessado em 25/05/2002.

- SANDBERG, J. Trends and issues in AI and education: Towards a common research framework. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, 10, 1010-1019. 1999.
- SANTOS, C.; Frozza, R.; Dahmer, A.; Gaspary L. DÓRIS – Um Agente de Acompanhamento Pedagógico em STI. **Anais do SBIE-2001**, "Simpósio Brasileiro de Informática na Educação". Vitória-ES, 21-23 de novembro 2001.
- SANTOS, C.; FROZZA, R.; PASCHOAL, L.; DAHMER, A.: Dóris - Pedagogical Agents for Intelligent Tutoring System. **Anais do ITS2002 - "6th International Conference on Intelligent Tutoring System"**, Lecture Notes in Computer Science, Biarritz, France, june, 2002
- SCHREIBER, J. **Modelagem do usuário**. Relatório Técnico. Programa de pós-graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina. 2001.
- SCHUCK, P.W.; GIRAFFA, L.M.M. Construindo um Sistema Tutor Inteligente para suporte ao ensino de Matemática Financeira: da modelagem a validação. **Anais do SBIE-2001**, "Simpósio Brasileiro de Informática na Educação". Vitória-ES, 21-23 de novembro 2001.
- SEIXAS, L. J. de; FLORES, C. D.; SILVESTRE, A. M.; VICARI, R. Aplicação de estratégias de construção de conhecimento em um ambiente probabilístico de aprendizagem. **Anais do SBIE-2002**, "Simpósio Brasileiro de Informática na Educação". São Leopoldo-RS, novembro 2002.
- SEIXAS, L.; FLORES, C. D.; GLUZ, J.; VICCARI, R. M. Acompanhamento do processo de construção do conhecimento por meio de um agente probabilístico. **Anais do SBIE-2004**, "Simpósio Brasileiro de Informática na Educação". Manaus. 2004.
- SELF, J. A. Bypassing the intractable problem of student modelling. In C. Frasson & G. Gauthier (Eds.), **ITS: At the Crossroad of Artificial Intelligence and Education**. NJ: Ablex Publishing Corporation. 1990. p. 107-23.
- SELF, J. A. **Computational mathetics**: Towards a science of learning systems design. 1995. URL: <http://www.cbl.leeds.ac.uk/~jas/cm.html>.
- SELF, J. A. Formal Approaches to Student Modelling. in J.E. Greer and G.I. McCalla (eds.), **Student Modelling: the Key to Individualized Knowledge-Based Instruction**. Berlin: Springer-Verlag. 1994. pp.295-351.



- SELF, J. A. Student models: What use are they? In P. Ercoli & R. Lewis (Eds.), **Artificial Intelligence Tools in Education**, pp. 73-86. 1988.
- SELF, J. A. The defining characteristics of intelligent tutoring systems research: ITSs care, precisely. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v10, p. 350-364. 1999.
- SHAW, E.; JOHNSON, W. L.; GANESHAN, R. Pedagogical agents on the web. In: **AGENTS '99: Proceedings of the third annual conference on Autonomous Agents**, New York, NY, USA. ACM Press, 1999. p.283-290.
- SICHMAN, Jaime Simão; ALVARES, Luis Otávio. Introdução aos Sistemas Multiagentes. **Anais** da Jornada de Atualização em Informática - JAI 97. São Paulo, editora da Sociedade Brasileira de Computação, SBC. 1997.
- SICHMAN, Jaime Simão. **Du raisonnement social chez les agents: une approche fondée sur la théorie de la dépendance**. Thèse de Doctorat de l'INPG, Grenoble, France, 1995.
- SIGAKI, N. A. **Estudo da Influência da Base de Casos em Redes IAC na Implementação de Sistemas Especialistas**. Florianópolis, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina. 1997.
- SIGAKI, N.A; De AZEVEDO, F. M.; BARRETO, J. M. Enhancing Connectionist Expert Systems Using IAC Models Through Real Cases – **Proceeding** of The ICANNGA 97-3TH International Conference on Artificial Neural Networks and Genetic Algorithms, Norwick, UK. 1997.
- SKINNER B.F. **Questões recentes na análise comportamental**. Campinas, SP: Ed. Papyrus. 1991.
- SOH, Leen-Kiat. Incorporating an intelligent tutoring system into CS1. ACM SIGCSE Bulletin, Proceedings of the **37th SIGCSE technical symposium on Computer science education SIGCSE '06**. ACM Press, 2006. v.38.
- SOUZA, E. M., et al., Um novo enfoque para o processo ensino-aprendizagem de lógica e algoritmos em cursos de graduação. **Anais** do I Simpósio Catarinense de Computação, Itajaí; 2000.
- STEFANSSON, Gunnar. The tutor-web: An educational system for classroom presentation, evaluation and self-study. **Computer & Education**. 2004. Elsevier, v. 43 p. 315-343.

- STEVENAGE, S. V.; LEWIS, H. G. IACAPA: modelling recognition and learning of people with an interactive activation and competition model. *In: Artificial Neural Networks. Anais ICANN 99 – Ninth International Conference on Edinburgh, UK.* (Vol 2, pp 779-784). 1999.
- STEVENS, Perdita; POOLEY, Rob. **Using UML: software engineering with objects and components.** 2. ad. [SL]: Addison-Wesley, 2000. ISBN 0-201-64860-1
- SUCESSO, Edina Paula Bom. **Inteligências Múltiplas.** Disponível em: <<http://www.ergon.com.br/intelig-multi.htm>> 2000.
- SUE, P.C.; WENG, J.F.; SU, J.M.; TSENG, S.S. A new approach for constructing the concept map. **Proceedings.** IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. 2004, p. 76-80
- SUEBNUKARN, Siriwan; HADDAWY, Peter. A collaborative intelligent tutoring system for medical problem-based learning. **Proceedings** of the 9th international conference on Intelligent user interface. Publisher: ACM Press, 2004.
- SURaweera, P.; MITROVIC, A.; MARTIN, B. The use of ontologies in ITS domain knowledge Authoring. **Proceedings.** International Workshop on Applications of Semantic Web for E-learning (SW-EL'04) at ITS2004, Maceio, 2004. pp. 41-49
- TSIRIGA, V.; VIRVOU, M. A Framework for the Inicialization of Student Models in Web-based Intelligent Tutoring Systems. **User Modeling and User-Adapted Interaction.** 2004. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. v. 14 p. 289-316.
- VICARI, R. M.; GIRAFFA, L. M. M. Fundamentos dos Sistemas Tutores Inteligentes. *In:* BARONE, D. (org). **Sociedades artificiais: a nova fronteira da inteligência das máquinas.** Bookman, Porto Alegre, Brasil. 2003.
- WAERN, Annika. **What is na intelligent interface?** Disponível em <http://www.sics.se/~annika/papers/intint.html>, acessado em 25/05/2002.
- WENGER, E. **Artificial Intelligence and Tutoring Systems.** Los Altos, CA: Morgan Kaufmann. 1987.
- WOOLDRIDGE, M. J.; JENNINGS, N. R. Agent theories, architectures and languages: A survey. In M. J. Wooldridge, & N. R. Jennings (Eds.), **Intelligent agents**, 1-22. Berlin: Springer-Verlag. 1995.

YANG, Fan; WANG, Minjuan; SHEN, Ruimin; HAN, Peng. Community-organizing agent: An artificial intelligent system for building learning communities among large numbers of learners. **Computer and Education**. V. 49 p. 131-147, 2007.

## APENDICE I

Tabela Comparativa entre os dados originais calculados de cada IM, com os dados gerados pela RNA MLP1. Para cada caso são apresentados o resultado gerado pela RNA MLP1, o resultado original e o erro (diferença entre os valores).

	IM1			IM2			IM3			IM4		
	MLP	Original	Erro	MLP	Original	Erro	MLP	Original	Erro	MLP	Original	Erro
1	2,56	2,65	0,09	3,31	3,44	0,13	3,28	3,60	0,32	2,52	2,61	0,09
2	3,46	3,70	0,24	2,69	2,83	0,15	3,04	3,20	0,16	3,21	3,33	0,13
3	2,71	2,60	0,11	3,60	3,56	0,04	2,59	2,85	0,26	2,47	2,50	0,03
4	2,39	2,55	0,16	2,66	2,61	0,05	1,91	2,10	0,19	2,07	2,22	0,15
5	2,52	2,55	0,03	3,56	3,50	0,06	3,12	3,20	0,08	2,57	2,61	0,04
6	2,53	2,65	0,12	3,02	2,83	0,18	3,20	3,20	0,00	2,30	2,61	0,31
7	2,90	3,10	0,20	3,39	3,28	0,11	3,21	3,20	0,01	3,31	3,50	0,19
8	2,88	3,10	0,22	2,83	2,78	0,05	2,34	2,60	0,26	2,18	2,33	0,15
9	2,10	2,05	0,05	3,30	3,33	0,03	3,04	3,05	0,01	2,57	2,78	0,21
10	2,16	2,30	0,14	3,17	3,06	0,11	2,95	2,90	0,05	2,57	2,72	0,15
11	3,35	3,60	0,25	2,57	2,67	0,10	3,07	3,15	0,08	2,32	2,56	0,24
12	2,65	2,85	0,20	3,19	3,11	0,08	3,34	3,45	0,11	3,23	3,28	0,05
13	2,22	2,70	0,48	2,99	2,89	0,10	2,75	2,80	0,05	2,44	2,50	0,06
14	2,81	2,95	0,14	2,83	2,72	0,11	3,04	3,25	0,21	2,47	2,56	0,09
15	2,32	2,45	0,13	2,64	2,83	0,19	2,45	2,55	0,10	2,40	2,67	0,27
16	3,28	3,30	0,02	3,31	3,22	0,09	3,07	2,95	0,12	2,95	3,11	0,17
17	2,59	2,65	0,06	3,35	3,44	0,10	3,45	3,70	0,25	3,00	3,00	0,00
18	2,36	2,35	0,01	3,01	3,00	0,01	2,90	3,00	0,10	2,31	2,50	0,19
19	3,00	3,20	0,20	3,44	3,28	0,16	2,85	2,90	0,05	2,10	2,44	0,34
20	1,91	2,15	0,24	3,50	3,39	0,11	2,78	2,80	0,02	2,28	2,39	0,11
21	2,77	2,75	0,02	3,36	3,39	0,03	2,08	2,35	0,27	1,92	2,11	0,19
22	2,92	2,85	0,07	3,62	3,67	0,04	3,13	3,15	0,02	2,60	2,61	0,01
23	2,24	2,25	0,01	3,00	2,94	0,06	2,72	2,85	0,13	2,20	2,39	0,19
24	3,33	3,50	0,17	2,50	2,39	0,11	2,77	2,60	0,17	2,99	2,94	0,04
25	2,55	2,90	0,35	3,10	2,94	0,16	3,19	3,30	0,11	1,51	1,72	0,21
26	3,29	3,50	0,21	3,65	3,78	0,13	3,04	3,10	0,06	2,48	2,67	0,19
27	2,67	2,95	0,28	3,35	3,61	0,26	2,40	2,50	0,10	1,89	1,72	0,16
28	2,95	2,75	0,20	3,16	3,17	0,01	3,24	3,05	0,19	2,72	2,67	0,05
29	3,22	3,10	0,12	3,34	3,33	0,00	3,52	3,75	0,23	3,11	3,17	0,06
30	2,93	3,15	0,22	3,56	3,61	0,05	2,77	2,65	0,12	2,57	2,67	0,10
31	3,20	2,90	0,30	3,33	3,33	0,01	3,47	3,65	0,18	3,26	3,44	0,19
32	2,45	2,55	0,10	3,25	3,22	0,02	2,42	2,50	0,08	2,32	2,50	0,18
33	2,23	2,50	0,27	2,78	3,11	0,33	2,63	2,70	0,07	2,22	2,22	0,00
34	2,64	2,80	0,16	3,57	3,89	0,32	3,42	3,75	0,33	2,09	2,22	0,13
35	1,66	1,75	0,09	3,53	3,83	0,30	2,52	2,75	0,23	2,43	2,50	0,07
36	1,66	1,75	0,09	3,53	3,83	0,30	2,52	2,75	0,23	2,43	2,50	0,07
37	2,88	2,95	0,07	3,11	3,11	0,00	3,24	3,20	0,04	2,05	2,11	0,06
38	3,25	3,10	0,15	2,59	2,50	0,09	2,54	2,55	0,01	2,68	2,94	0,26
39	2,37	2,35	0,02	2,43	2,61	0,18	2,44	2,60	0,16	2,07	2,11	0,04
40	2,39	2,40	0,01	3,46	3,50	0,04	2,78	2,55	0,23	1,55	1,50	0,05
41	3,38	3,35	0,03	3,57	3,78	0,21	3,32	3,50	0,18	2,70	2,83	0,13
42	2,38	2,55	0,17	3,48	3,50	0,02	2,78	2,70	0,08	1,62	1,72	0,10
43	3,05	3,00	0,05	3,52	3,50	0,02	3,40	3,45	0,05	2,57	2,67	0,09
44	2,45	2,65	0,20	3,36	3,22	0,14	2,84	2,85	0,01	2,46	2,56	0,09
45	3,35	3,50	0,15	2,67	2,67	0,01	2,80	2,75	0,05	2,28	2,39	0,11
46	3,14	3,10	0,04	3,44	3,61	0,17	3,52	3,70	0,18	3,27	3,56	0,29
47	2,37	2,50	0,13	2,88	2,89	0,01	2,81	2,75	0,06	2,34	2,33	0,00
48	3,12	3,45	0,33	3,47	3,67	0,20	3,22	3,50	0,28	2,31	2,28	0,03
49	2,50	2,60	0,10	3,11	3,06	0,06	2,97	3,05	0,08	2,70	2,78	0,08
50	2,43	2,80	0,37	3,48	3,50	0,02	3,21	3,15	0,06	2,57	2,72	0,15

51	2,68	2,65	0,03	3,56	3,61	0,05	3,24	3,40	0,16	2,22	2,17	0,05
52	2,73	2,60	0,13	3,38	3,11	0,27	2,42	2,40	0,02	1,71	1,50	0,21
53	2,00	2,10	0,10	3,34	3,22	0,12	3,31	3,35	0,04	2,79	2,67	0,12
54	1,82	2,00	0,18	3,39	3,33	0,05	2,63	2,70	0,07	2,96	2,94	0,02
55	2,50	2,80	0,30	2,34	2,50	0,16	2,14	2,55	0,41	2,41	2,56	0,14
56	2,37	2,45	0,08	2,91	2,89	0,02	2,76	2,80	0,04	2,50	2,56	0,05
57	2,83	2,85	0,02	3,56	3,72	0,16	2,86	2,75	0,11	2,06	1,83	0,23
58	2,86	3,00	0,14	3,48	3,44	0,04	2,80	2,60	0,20	3,29	3,22	0,07
59	2,65	2,55	0,10	3,19	3,17	0,02	1,98	2,05	0,07	2,03	2,06	0,03
60	3,18	3,10	0,08	2,24	2,33	0,09	2,62	2,70	0,08	1,88	2,11	0,23
61	3,05	3,20	0,15	3,66	3,67	0,00	3,20	3,30	0,10	2,14	2,28	0,14
62	2,63	2,65	0,02	3,51	3,39	0,12	3,05	3,15	0,10	2,11	2,11	0,00
63	3,17	3,45	0,28	3,53	3,83	0,30	3,42	3,55	0,13	3,02	3,28	0,26
64	2,33	2,35	0,02	1,57	1,50	0,07	1,95	2,00	0,05	2,75	2,83	0,08
65	3,00	3,35	0,35	3,38	3,33	0,05	3,02	2,95	0,07	2,71	3,00	0,29
66	3,02	3,20	0,18	3,35	3,44	0,09	3,40	3,40	0,00	2,44	2,61	0,17
67	2,07	2,15	0,08	2,96	3,06	0,09	2,79	2,85	0,06	2,86	2,94	0,09
68	2,75	2,80	0,05	3,22	3,28	0,05	3,04	3,25	0,21	2,41	2,33	0,07
69	3,54	3,65	0,11	3,15	3,17	0,02	2,96	3,00	0,04	2,62	2,83	0,22
70	2,50	2,60	0,10	2,35	2,44	0,10	2,64	2,75	0,11	2,59	2,67	0,08
71	2,96	3,05	0,09	3,65	3,94	0,30	3,12	3,30	0,18	2,11	2,22	0,11
72	2,32	2,55	0,23	2,92	3,00	0,08	1,97	2,10	0,13	1,90	2,22	0,32
73	3,00	2,95	0,05	3,65	3,72	0,07	3,18	3,30	0,12	2,72	2,89	0,17
74	2,93	3,10	0,17	3,72	3,89	0,17	3,41	3,50	0,09	3,40	3,72	0,32
75	2,01	2,30	0,29	3,24	3,22	0,02	2,91	3,00	0,09	2,74	2,89	0,15
76	3,22	3,30	0,08	3,10	3,17	0,07	2,77	2,85	0,08	2,27	2,44	0,17
77	1,92	1,65	0,27	2,93	3,00	0,07	2,67	2,95	0,28	2,61	2,83	0,23
78	3,47	3,30	0,17	3,49	3,39	0,10	3,26	3,45	0,19	1,73	2,11	0,38
79	2,84	2,60	0,24	2,72	2,67	0,06	2,73	3,05	0,32	2,28	2,61	0,33
80	2,33	2,50	0,17	3,47	3,72	0,25	3,15	3,25	0,10	1,99	2,28	0,29
81	2,75	2,85	0,10	2,80	2,72	0,08	2,32	2,30	0,02	1,92	2,17	0,24
82	2,29	2,60	0,31	2,79	2,83	0,04	2,76	2,75	0,01	2,51	2,56	0,05
83	2,95	2,90	0,05	2,83	2,61	0,22	2,47	2,65	0,18	2,65	2,78	0,13
84	2,56	2,95	0,39	3,03	3,17	0,14	3,23	3,40	0,17	2,76	2,94	0,19
85	2,64	2,60	0,04	3,19	3,00	0,19	3,26	3,10	0,16	2,68	3,00	0,32
86	2,30	2,60	0,30	3,37	3,44	0,08	2,88	2,80	0,08	2,75	3,11	0,36
87	2,87	3,05	0,18	3,48	3,28	0,20	2,47	2,55	0,08	1,98	2,33	0,35
88	3,27	3,35	0,08	3,39	3,39	0,00	2,57	2,60	0,03	2,47	2,67	0,19
89	2,82	2,85	0,03	3,38	3,39	0,00	3,16	3,15	0,01	1,67	1,78	0,10
90	2,92	3,10	0,18	3,05	3,17	0,12	3,33	3,50	0,17	2,35	2,61	0,26
91	2,80	2,75	0,05	3,16	2,94	0,22	3,41	3,50	0,09	3,29	3,22	0,07
92	2,43	2,60	0,17	3,35	3,39	0,04	2,29	2,40	0,11	2,52	2,78	0,25
93	2,92	2,80	0,12	3,66	3,67	0,00	3,28	3,40	0,12	2,96	3,11	0,15
94	2,34	2,40	0,06	3,22	3,33	0,11	2,85	2,85	0,00	2,23	2,28	0,04
95	3,17	3,35	0,18	3,39	3,39	0,00	3,21	3,25	0,04	3,02	3,00	0,02
96	2,56	2,75	0,19	3,67	3,94	0,28	3,26	3,45	0,19	2,40	2,61	0,21
97	2,94	3,10	0,16	3,26	3,28	0,02	2,20	2,25	0,05	2,63	2,78	0,14
98	2,82	2,85	0,03	2,37	2,28	0,09	3,08	3,15	0,07	3,31	3,22	0,09
99	2,89	2,90	0,01	2,32	2,44	0,12	2,62	2,65	0,03	2,22	2,22	0,01
100	2,73	2,80	0,07	2,65	2,89	0,24	2,88	3,00	0,12	2,28	2,44	0,16
101	2,20	2,35	0,15	2,11	2,17	0,05	2,05	2,05	0,00	2,43	2,56	0,12
102	2,63	2,55	0,08	3,48	3,39	0,09	3,26	3,35	0,09	2,84	3,00	0,16
103	2,50	2,55	0,05	3,06	2,94	0,12	3,02	2,90	0,12	1,74	1,83	0,09
104	1,92	2,00	0,08	2,25	2,61	0,37	2,38	2,80	0,42	2,13	2,06	0,07
105	3,00	3,00	0,00	2,05	2,00	0,05	3,01	3,30	0,29	2,64	2,72	0,08
106	2,90	3,00	0,10	2,79	2,83	0,05	3,02	3,15	0,13	3,04	3,06	0,02
107	2,36	2,35	0,01	2,59	2,61	0,02	1,75	2,10	0,35	1,97	2,00	0,03
108	2,28	2,50	0,22	3,14	3,22	0,08	2,68	2,75	0,07	2,11	2,33	0,22
109	2,50	2,50	0,00	3,69	3,83	0,14	2,90	3,20	0,30	2,56	2,72	0,17
110	2,73	2,60	0,13	2,61	2,72	0,12	2,76	2,80	0,04	2,59	2,67	0,08
111	3,00	3,05	0,05	3,18	3,22	0,05	3,36	3,20	0,16	3,06	3,33	0,27
112	2,36	2,40	0,04	2,88	2,78	0,10	2,67	2,65	0,02	2,86	3,00	0,14
113	3,07	3,00	0,07	3,61	3,72	0,11	3,38	3,50	0,12	1,98	2,28	0,30
114	2,66	2,80	0,14	3,49	3,39	0,10	2,58	2,55	0,03	2,37	2,61	0,24
115	2,89	2,95	0,06	3,08	3,17	0,09	2,92	3,20	0,28	2,55	2,72	0,17
116	2,82	2,75	0,07	2,22	2,11	0,11	2,94	3,25	0,31	2,56	2,50	0,06
117	2,57	2,85	0,28	2,45	2,39	0,06	2,00	2,30	0,30	2,70	2,94	0,25
118	2,65	2,65	0,00	1,36	1,39	0,03	1,97	2,20	0,23	2,55	2,89	0,34
119	2,83	2,95	0,12	2,33	2,39	0,06	2,57	2,80	0,23	2,99	3,22	0,23

120	2,95	2,75	0,20	2,73	2,67	0,06	3,26	3,25	0,01	3,06	2,94	0,11
121	2,37	2,45	0,08	2,52	2,61	0,09	2,17	2,05	0,12	2,89	3,00	0,11
122	2,79	2,85	0,06	2,69	2,67	0,02	2,79	3,10	0,31	2,96	3,11	0,15
123	2,88	2,80	0,08	2,97	2,72	0,25	2,95	2,95	0,00	2,62	2,89	0,27
124	3,49	3,65	0,16	3,45	3,56	0,10	3,50	3,85	0,35	3,35	3,44	0,10
125	3,34	3,40	0,06	3,62	3,78	0,15	3,44	3,75	0,31	3,19	3,33	0,15
126	3,10	3,10	0,00	3,31	3,50	0,19	2,55	2,85	0,30	2,06	2,39	0,33
127	2,92	2,95	0,03	2,49	2,50	0,01	2,45	2,60	0,15	3,05	3,06	0,00
128	3,24	3,20	0,04	3,00	3,00	0,00	2,76	2,70	0,06	1,79	2,00	0,21
129	2,98	2,85	0,13	3,00	2,89	0,11	3,32	3,35	0,03	3,09	3,17	0,07
130	2,67	2,70	0,03	2,55	2,56	0,00	2,98	3,00	0,02	2,84	2,94	0,11
131	3,02	3,40	0,38	3,09	3,06	0,04	3,23	3,20	0,03	2,48	2,72	0,24
132	3,17	3,20	0,03	2,36	2,28	0,08	3,25	3,20	0,05	2,78	2,89	0,11
133	3,36	3,30	0,06	2,92	3,06	0,13	3,28	3,15	0,13	2,25	2,22	0,03
134	2,67	2,70	0,03	1,77	1,83	0,06	2,18	2,35	0,17	1,78	1,94	0,17
135	2,50	2,75	0,25	3,09	3,06	0,04	3,08	3,05	0,03	3,29	3,44	0,15
136	3,07	3,20	0,13	3,46	3,50	0,04	2,77	2,85	0,08	2,61	2,78	0,17
137	2,47	2,50	0,03	3,40	3,56	0,16	2,80	3,05	0,25	2,64	2,67	0,03
138	2,84	2,85	0,01	3,18	3,22	0,04	3,33	3,30	0,03	2,12	2,17	0,05
139	2,73	2,75	0,02	3,39	3,22	0,17	3,15	3,25	0,10	2,14	2,22	0,08
140	2,28	2,35	0,07	3,60	3,56	0,04	3,08	3,15	0,07	2,52	2,56	0,03
141	2,35	2,20	0,15	3,02	3,11	0,09	2,32	2,35	0,03	3,04	3,11	0,08
142	3,35	3,30	0,05	2,98	3,17	0,19	3,41	3,50	0,09	3,21	3,11	0,10
143	2,82	2,70	0,12	2,99	2,83	0,16	3,01	2,95	0,06	1,78	1,89	0,11
144	1,90	1,95	0,05	3,09	3,22	0,14	2,63	2,75	0,12	2,46	2,56	0,10
145	3,01	3,20	0,19	3,27	3,11	0,15	3,50	3,65	0,15	3,08	3,11	0,04
146	3,48	3,75	0,27	2,09	1,94	0,15	2,25	2,20	0,05	2,39	2,56	0,16
147	2,16	2,40	0,24	2,48	2,39	0,09	2,73	2,65	0,08	2,32	2,56	0,24
148	2,84	3,05	0,21	3,04	3,11	0,07	2,19	2,60	0,41	2,00	2,22	0,22
149	2,45	2,35	0,10	3,13	3,17	0,04	2,65	2,70	0,05	2,28	2,39	0,11
150	2,62	2,95	0,33	2,32	2,50	0,18	2,41	2,50	0,09	2,48	2,67	0,19
151	2,25	2,25	0,00	3,31	3,22	0,09	3,22	3,15	0,07	2,26	2,39	0,13
152	2,65	2,65	0,00	3,01	2,94	0,06	2,61	2,60	0,01	3,06	3,56	0,49
153	3,16	3,20	0,04	2,95	2,94	0,00	3,41	3,45	0,04	3,07	3,17	0,10
154	2,63	2,80	0,17	2,82	2,78	0,04	2,78	2,75	0,03	2,14	2,33	0,20
155	2,75	2,95	0,20	2,75	2,61	0,13	3,40	3,40	0,00	3,25	3,50	0,25
156	3,22	3,40	0,18	2,99	2,78	0,21	3,37	3,35	0,02	2,66	2,78	0,11
157	2,86	2,60	0,26	2,64	2,61	0,03	2,90	3,05	0,15	2,31	2,61	0,30
158	2,25	2,45	0,20	3,58	3,67	0,09	3,27	3,25	0,02	2,74	2,78	0,03
159	3,27	3,05	0,22	3,64	3,50	0,14	3,42	3,50	0,08	2,38	2,61	0,23
160	3,26	3,35	0,09	3,46	3,39	0,08	2,76	2,70	0,06	2,91	2,83	0,07
161	3,44	3,75	0,31	3,45	3,56	0,10	3,40	3,50	0,10	3,27	3,50	0,23
162	3,18	3,00	0,18	3,07	2,94	0,13	3,30	3,30	0,00	3,60	3,50	0,10
163	3,19	3,20	0,01	2,66	2,61	0,05	2,98	3,20	0,22	3,08	3,06	0,02
164	2,65	2,35	0,30	1,68	1,61	0,07	2,00	2,20	0,20	2,60	2,61	0,01
165	2,89	3,05	0,16	1,81	1,89	0,08	1,86	1,80	0,06	2,14	2,39	0,25
166	2,67	2,85	0,18	2,36	2,44	0,09	3,00	3,10	0,10	2,94	3,11	0,18
167	2,86	3,05	0,19	2,86	2,94	0,09	3,01	3,00	0,01	2,39	2,67	0,28
168	2,60	2,80	0,20	2,92	3,00	0,08	2,93	2,80	0,13	2,53	2,61	0,09
169	2,63	2,60	0,03	2,44	2,39	0,05	3,02	3,15	0,13	2,88	3,00	0,12
170	2,75	3,05	0,30	1,84	2,11	0,27	2,31	2,50	0,19	2,72	2,94	0,23
171	2,58	2,65	0,07	1,78	1,89	0,11	2,34	2,45	0,11	2,06	2,33	0,28
172	3,14	3,35	0,21	2,95	3,00	0,05	2,58	2,75	0,17	2,09	2,39	0,30
173	3,34	3,45	0,11	3,39	3,28	0,11	3,37	3,55	0,18	2,99	3,22	0,23
174	2,51	2,90	0,39	2,36	2,72	0,37	2,35	2,45	0,10	2,86	2,72	0,13
175	2,39	2,40	0,01	2,12	2,44	0,33	2,64	3,05	0,41	3,01	3,22	0,21
176	3,11	3,35	0,24	2,56	2,72	0,17	3,35	3,40	0,05	2,62	2,56	0,06
177	3,35	3,40	0,05	3,36	3,39	0,03	3,09	3,15	0,06	2,50	2,72	0,23
178	2,67	2,65	0,02	2,97	3,11	0,14	3,15	3,30	0,15	2,76	2,89	0,13
179	2,63	2,65	0,02	2,14	2,22	0,08	2,32	2,60	0,28	2,20	2,44	0,24
180	2,68	2,85	0,17	1,81	2,00	0,19	2,27	2,15	0,12	3,02	2,83	0,18
181	2,39	2,10	0,29	2,12	1,89	0,23	2,45	2,45	0,00	3,27	3,39	0,12
182	2,18	2,40	0,22	2,15	2,11	0,04	2,47	2,60	0,13	3,14	3,44	0,30
183	2,64	2,55	0,09	2,27	2,22	0,05	2,54	2,60	0,06	1,93	2,06	0,13
184	3,47	3,65	0,18	2,40	2,67	0,26	3,06	3,15	0,09	2,87	3,00	0,13
185	2,29	2,40	0,11	2,13	2,28	0,14	2,21	2,35	0,14	2,07	2,17	0,10
186	2,98	2,65	0,33	1,86	2,00	0,14	2,38	2,55	0,17	2,05	2,44	0,39
187	3,08	3,00	0,08	3,28	3,33	0,05	3,44	3,50	0,06	3,36	3,56	0,20
188	3,13	3,05	0,08	3,05	3,06	0,01	3,39	3,35	0,04	3,53	3,56	0,03

189	2,92	3,25	0,33	2,32	2,39	0,07	3,02	3,20	0,18	2,68	2,78	0,09
190	2,72	3,10	0,38	2,08	2,28	0,20	2,53	2,60	0,07	2,06	2,22	0,16
191	2,88	3,00	0,12	2,45	2,50	0,05	2,99	2,80	0,19	2,77	2,83	0,06
192	3,06	2,95	0,11	1,79	1,83	0,04	2,58	2,30	0,28	2,51	2,61	0,10
193	2,65	2,65	0,00	2,20	2,22	0,02	2,19	2,60	0,41	2,66	2,89	0,23
194	2,90	2,95	0,05	2,22	2,17	0,06	2,35	2,45	0,10	2,24	2,56	0,32
195	3,08	2,90	0,18	2,80	2,72	0,08	2,85	2,95	0,10	2,68	2,94	0,27
196	2,87	2,95	0,08	2,32	2,33	0,01	2,30	2,25	0,05	2,52	2,72	0,20
197	2,64	2,95	0,31	2,21	2,22	0,01	2,70	2,70	0,00	2,68	2,89	0,20
198	2,15	2,20	0,05	2,08	2,00	0,08	2,29	2,45	0,16	2,19	2,56	0,36
199	2,05	2,20	0,15	2,14	2,17	0,03	1,60	1,60	0,00	2,14	2,17	0,02
200	3,28	3,25	0,03	3,02	3,00	0,02	3,43	3,50	0,07	3,03	3,39	0,36
201	1,95	2,00	0,05	2,03	1,94	0,08	2,20	2,35	0,15	2,45	2,44	0,01
202	3,01	2,90	0,11	2,23	2,17	0,07	2,21	2,10	0,11	2,36	2,44	0,09
203	3,24	3,40	0,16	3,32	3,39	0,07	3,23	3,35	0,12	3,01	3,28	0,27
204	2,93	3,30	0,37	2,29	2,22	0,07	2,74	2,75	0,01	3,24	3,39	0,15
205	3,22	3,65	0,43	2,50	2,61	0,11	3,07	3,25	0,18	2,55	2,61	0,06
206	2,64	2,40	0,24	2,02	2,06	0,04	1,98	2,15	0,17	2,60	2,78	0,18
207	3,21	3,20	0,01	2,52	2,56	0,04	3,15	3,30	0,15	2,68	2,89	0,21
208	3,03	3,15	0,12	3,49	3,61	0,12	3,02	2,95	0,07	1,85	2,06	0,20
209	2,79	2,95	0,16	3,28	3,39	0,11	2,75	2,65	0,10	2,30	2,33	0,03
210	3,09	3,10	0,01	2,72	2,78	0,06	3,36	3,30	0,06	2,80	2,89	0,09
211	2,99	3,10	0,11	3,23	3,22	0,01	2,96	3,05	0,09	2,82	2,67	0,16
212	2,56	2,85	0,29	3,42	3,28	0,14	2,65	2,80	0,15	2,63	2,72	0,09
213	2,14	2,35	0,21	2,91	2,83	0,07	2,85	2,70	0,15	1,83	2,06	0,22
214	2,40	2,75	0,35	2,40	2,67	0,27	2,19	2,25	0,06	2,81	2,89	0,08
215	2,56	2,55	0,01	2,72	2,56	0,16	2,82	2,80	0,02	2,94	3,00	0,06
216	3,02	3,00	0,02	2,46	2,50	0,04	2,16	2,55	0,39	1,84	2,00	0,16
217	2,83	2,95	0,12	3,51	3,61	0,11	3,17	3,15	0,02	2,14	2,22	0,09
218	2,19	2,10	0,09	2,10	2,28	0,18	2,37	2,70	0,33	2,37	2,61	0,24
219	3,12	3,05	0,07	3,38	3,39	0,01	3,42	3,55	0,13	2,81	3,00	0,19
220	3,05	2,95	0,10	3,30	3,39	0,08	3,02	2,95	0,07	2,65	2,67	0,02
221	3,18	3,45	0,27	3,48	3,50	0,02	3,12	3,30	0,18	2,42	2,61	0,20
222	3,12	3,35	0,23	3,25	3,17	0,08	2,78	2,95	0,17	2,66	2,72	0,06
223	2,59	2,35	0,24	2,74	2,89	0,15	2,96	3,00	0,04	2,16	2,17	0,00
224	2,58	2,65	0,07	3,12	3,33	0,21	3,38	3,55	0,17	3,37	3,33	0,03
225	2,96	3,00	0,04	2,86	3,00	0,14	2,98	3,25	0,27	2,49	2,61	0,12
226	2,87	3,05	0,18	2,97	2,78	0,19	3,20	3,10	0,10	2,54	2,61	0,07
227	2,83	2,70	0,13	3,14	3,06	0,08	3,38	3,60	0,22	2,31	2,44	0,14
228	2,27	2,05	0,22	2,64	2,61	0,03	1,99	2,05	0,06	1,60	1,78	0,18
229	2,45	2,50	0,05	2,34	2,39	0,05	2,49	2,20	0,29	2,40	2,50	0,10
230	2,52	2,55	0,03	3,28	3,28	0,00	3,36	3,35	0,01	3,34	3,22	0,12
231	2,49	2,55	0,06	2,72	2,67	0,05	3,13	3,00	0,13	2,87	3,00	0,13
232	2,42	2,35	0,07	2,55	2,72	0,17	3,12	3,20	0,08	3,24	3,11	0,12
233	2,62	2,65	0,03	3,57	3,67	0,10	3,46	3,65	0,19	2,81	2,78	0,03
234	3,24	3,40	0,16	3,27	3,39	0,12	3,37	3,55	0,18	2,95	2,94	0,01
235	2,02	2,10	0,08	2,98	3,11	0,13	3,22	3,30	0,08	3,10	3,11	0,01
236	2,91	2,65	0,26	3,12	2,94	0,18	2,94	2,65	0,29	3,14	3,06	0,09
237	3,04	3,00	0,04	2,98	2,83	0,14	3,26	3,10	0,16	2,98	3,17	0,18
238	3,07	3,10	0,03	3,45	3,56	0,11	3,44	3,65	0,21	3,49	3,78	0,28
239	3,26	3,45	0,19	3,34	3,44	0,11	3,52	3,55	0,03	3,01	3,28	0,27
240	2,63	2,60	0,03	2,86	2,78	0,08	2,58	2,50	0,08	2,45	2,33	0,11

## APENDICE II

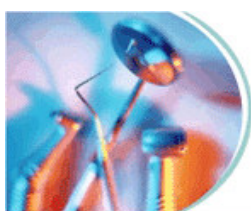
Tabela Comparativa entre os dados originais calculados de cada IM, com os dados gerados pela RNA IAC com grupo espelho e sem grupo espelho. São apresentados apenas os valores relativos a quantidade de mídias.

	Valores Originais / Esperados				Resultado IAC com Espelho				Resultados IAC sem Espelho			
	Mídia 1	Mídia 2	Mídia 3	Mídia 4	Mídia 1	Mídia 2	Mídia 3	Mídia 4	Mídia 1	Mídia 2	Mídia 3	Mídia 4
1	5	2	6	7	5	2	6	7	5	2	6	7
2	7	3	6	4	7	3	6	4	7	3	6	4
3	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8
4	6	4	8	2	6	4	8	2	6	4	8	2
5	8	3	8	1	8	3	8	1	8	3	8	1
6	4	8	2	6	4	8	2	6	4	8	2	6
7	8	6	2	4	8	6	2	4	8	6	2	4
8	10	7	2	1	10	7	2	1	10	7	2	1
9	12	5	2	1	12	5	2	1	12	5	2	1
10	1	2	4	13	1	2	4	13	1	2	4	13
11	8	5	4	3	8	5	4	3	8	5	4	3
12	8	1	6	5	8	1	6	5	8	1	6	5
13	5	2	3	10	8	2	3	6	8	2	3	6
14	5	8	4	3	5	8	4	3	5	8	4	3
15	3	7	5	5	3	7	5	5	3	7	5	5
16	3	3	6	8	3	3	6	8	3	3	6	8
17	2	9	6	3	2	9	6	3	2	9	6	3
18	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4
19	2	4	8	6	2	3	4	7	2	3	4	7
20	3	4	5	8	3	4	5	8	3	4	5	8
21	5	7	3	5	5	7	3	5	5	7	3	5
22	2	6	9	3	2	6	9	3	2	6	9	3
23	3	4	5	8	3	4	5	8	3	4	5	8
24	12	1	2	5	12	1	2	5	12	1	2	5
25	6	10	1	3	6	10	1	3	6	10	1	3
26	2	4	5	9	2	4	5	9	2	4	5	9
27	5	2	9	4	5	2	9	4	5	2	9	4
28	3	8	5	4	3	8	5	4	3	6	8	5
29	2	6	8	4	2	6	8	4	2	6	8	4
30	3	7	4	6	3	7	4	6	3	7	4	6
31	1	2	14	3	1	2	14	3	1	2	14	3
32	8	1	5	6	8	1	5	6	8	1	5	6
33	11	4	3	2	11	4	3	2	11	4	3	2
34	8	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4	6
35	7	4	7	2	7	4	7	2	7	4	7	2
36	6	4	8	2	6	4	8	2	6	4	8	2
37	8	1	5	6	8	1	5	6	8	1	5	6
38	2	9	4	5	2	9	4	5	2	9	4	5
39	4	5	2	9	4	5	2	9	4	5	2	9
40	9	3	1	7	9	3	1	7	9	3	1	7
41	2	14	1	3	2	14	1	3	2	14	1	3
42	3	6	5	6	3	6	5	6	3	6	5	6
43	5	6	2	7	5	6	2	7	5	6	2	7
44	2	5	6	7	2	5	6	7	2	5	6	7
45	6	1	9	4	6	1	9	4	6	1	9	4
46	8	4	3	5	8	4	3	5	8	4	3	5
47	2	8	4	6	2	8	4	6	2	8	4	6
48	8	3	5	4	8	3	5	4	8	3	5	4
49	6	7	3	4	6	7	3	4	6	7	3	4
50	3	5	4	8	3	5	4	8	3	5	4	8
51	6	3	4	7	6	3	4	7	6	3	4	7
52	6	4	8	2	6	4	8	2	6	4	8	2
53	5	2	10	3	5	2	10	3	5	2	10	3
54	4	5	1	10	4	5	1	10	4	5	1	10
55	4	10	4	2	4	10	4	2	4	10	4	2
56	2	3	2	13	1	2	3	13	1	2	3	13



57	2	5	10	3	2	5	10	3	2	5	10	3
58	4	6	7	3	4	6	7	3	4	6	7	3
59	5	12	2	1	5	12	2	1	5	12	2	1
60	4	5	8	3	4	5	8	3	4	5	8	3
61	1	5	10	4	1	5	10	4	1	5	10	4
62	1	8	4	7	1	8	4	7	1	8	4	7
63	2	9	5	4	2	9	5	4	2	9	5	4
64	4	9	5	2	4	9	5	2	4	9	5	2
65	9	6	2	3	9	6	2	3	9	6	2	3
66	4	3	8	5	4	3	8	5	4	3	8	5
67	4	1	3	12	4	1	3	12	4	1	3	12
68	9	6	3	2	9	6	3	2	9	6	3	2
69	2	6	4	8	2	6	4	8	2	6	4	8
70	8	4	7	1	8	4	7	1	8	4	7	1
71	9	4	5	2	9	4	5	2	9	4	5	2
72	14	3	1	2	14	3	1	2	14	3	1	2
73	3	2	10	5	3	2	10	5	3	2	10	5
74	8	4	3	5	8	4	3	5	8	4	3	5
75	8	1	6	5	8	1	6	5	8	1	6	5
76	3	6	3	8	3	6	3	8	3	6	3	8
77	7	4	3	6	7	4	3	6	7	4	3	6
78	5	9	2	4	5	9	2	4	5	9	2	4
79	1	5	9	5	1	5	9	5	1	5	9	5
80	9	7	1	3	9	7	1	3	9	7	1	3
81	4	1	10	5	4	1	10	5	4	1	10	5
82	6	8	4	2	6	8	4	2	6	8	4	2
83	8	3	4	5	8	3	4	5	8	3	4	5
84	7	1	8	4	7	1	8	4	7	1	8	4
85	4	8	7	1	4	8	7	1	4	8	7	1
86	1	10	2	7	1	10	2	7	1	10	2	7
87	3	1	10	6	3	1	10	6	3	1	10	6
88	3	4	7	6	2	3	4	7	2	3	4	7
89	8	4	2	6	8	4	2	6	8	4	2	6
90	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8
91	5	10	1	4	5	10	1	4	5	10	1	4
92	5	5	2	8	5	5	2	8	5	5	2	8
93	4	4	2	10	4	4	2	10	4	4	2	10
94	7	3	2	8	7	3	2	8	7	3	2	8
95	5	8	5	2	5	8	5	2	5	8	5	2
96	2	1	11	6	2	1	11	6	2	1	11	6
97	4	4	7	5	4	4	7	5	4	4	7	5
98	4	5	8	3	4	5	8	3	4	5	8	3
99	7	2	6	5	7	2	6	5	7	2	6	5
100	7	8	2	3	6	7	8	2	6	7	8	2
101	8	2	6	4	8	2	6	4	8	2	6	4
102	6	8	5	1	6	8	5	1	6	8	5	1
103	2	5	5	8	2	5	5	8	2	5	5	8
104	10	1	3	6	10	1	3	6	10	1	3	6
105	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4
106	3	5	8	4	3	5	8	4	3	5	8	4
107	6	5	2	7	6	5	2	7	6	5	2	7
108	3	14	2	1	3	14	2	1	3	14	2	1
109	5	2	12	1	5	2	12	1	5	2	12	1
110	11	6	2	1	11	6	2	1	11	6	2	1
111	2	7	8	3	2	5	7	8	2	5	7	8
112	8	5	1	6	8	5	1	6	8	5	1	6
113	9	2	5	4	9	2	5	4	9	2	5	4
114	9	3	6	2	9	3	6	2	9	3	6	2
115	6	8	1	5	6	8	1	5	6	8	1	5
116	3	1	7	9	3	1	7	9	3	1	7	9
117	5	3	8	4	5	3	8	4	5	3	8	4
118	1	10	5	4	1	10	5	4	1	10	5	4
119	6	5	8	1	6	5	8	1	6	5	8	1
120	2	7	3	8	2	7	3	8	2	7	3	8
121	1	4	8	7	1	4	8	7	1	4	8	7
122	1	13	1	5	1	2	3	13	1	2	3	13
123	6	3	3	8	6	3	3	8	6	3	3	8
124	1	5	2	12	1	5	2	12	1	5	2	12

## APENDICE III



Sistema Inteligente  
para o ensino de odontologia  
em pacientes especiais



Legenda: 😞 Nunca 😞 Poucas vezes 😐 Indiferente 😊 Na maioria das vezes 😄 Sempre

É a primeira vez que estuda estes conteúdos? (NÃO/SIM)

😞  😄

O sistema se mostrou fácil de usar?

😞  😞  😐  😊  😄

O sistema se mostrou fácil de navegar?

😞  😞  😐  😊  😄

Os ícones são auto explicativos?

😞  😞  😐  😊  😄

As opções de menu são auto explicativas?

😞  😞  😐  😊  😄

Os diálogos do sistema estão em linguagem clara e compreensível?

😞  😞  😐  😊  😄

As fontes (tipo e tamanho das letras) utilizadas nos textos são confortáveis aos olhos?

😞  😞  😐  😊  😄

As cores utilizadas são cansativas?

😞  😞  😐  😊  😄

A utilização do sistema permitiu a compreensão dos conteúdos apresentados?

😞  😞  😐  😊  😄

Você acredita que o sistema permite o aprendizado do conteúdo sem o auxílio ou apoio de um professor?

😞  😞  😐  😊  😄

Os conteúdos foram bem elaborados:

Texto

😞  😞  😐  😊  😄

Esquema

😞  😞  😐  😊  😄

Figura



Animação



Os conteúdos foram adequadamente apresentados:

Texto



Esquema



Figura



Animação



A quantidade de conteúdos em cada um dos formatos (texto, esquema, animação e figura) apresentados no seu estudo foram compatíveis com suas preferências?



Os exercícios/testes apresentados são condizentes com o conteúdo apresentado?



Os diálogos do agente (Piérre) com você foram agradáveis e esclarecedores?



O tempo de espera entre a apresentação dos conteúdos é satisfatório?



O sistema apresentou algum erro de execução?



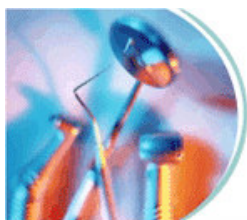
Os menus funcionaram corretamente?



Os ícones de navegação funcionaram corretamente?



## APENDICE IV



### Sistema Inteligente para o ensino de odontologia em pacientes especiais



Marque a alternativa incorreta:

- Todas estão incorretas.
- Pessoas com diabetes têm um risco 2,5 vezes maior do que pacientes não diabéticos de apresentar doença periodontal.
- É uma doença silenciosa: 50% dos diabéticos desconhecem ser portadores.
- O paciente diabético apresenta falta de insulina ou incapacidade desta de exercer suas funções.
- Como qualquer tipo de infecção, os problemas periodontais não podem dificultar o controle do diabetes.

Quanto aos SINTOMAS DO DIABETES GESTACIONAL, marque o falso:

- Não sente sede exagerada.
- Urinar muito.
- Comer muito.
- Perda ou aumento exagerado de peso .
- Cansaço, fraqueza e desânimo.

Marque V ou F:

- Diabetes Gestacional é uma patologia que acomete subitamente mulheres diabéticas que engravidam.
- No Diabetes Gestacional, a mulher desenvolve o Diabetes somente durante a gestação porque produz uma quantidade insuficiente de insulina para ela e seu bebê.
- Ao término da gestação, a mulher volta ao seu estado normal de produção de insulina. Isto ocorre porque, neste período, a placenta não produz substâncias que bloqueiam a ação da insulina, o que pode provocar a elevação de glicose.
- Mas não é preciso a gestante se alarmar. Essa é uma situação passageira em sua vida e seu bebê vai se desenvolver normalmente se forem seguidas todas as recomendações do seu médico.
- Ao término da gestação a mulher volta ao seu estado normal e vai experimentar emocionante tarefa de ser mãe.

a) F - V - F - V - V

b) V - F - F - V - V

c) F - V - V - V - F

d) V - V - F - F - V

e) F - F - V - F - V

Marque V ou F para os FATORES DE RISCO DO DIABETES GESTACIONAL:

- Obesidade ou excessivo de peso na gestação.
- Idade acima de 15 anos.
- Parentes próximos com Diabetes.
- Gestação anterior com bebê pesando mais que 4 Kg ao nascer.
- Diabetes presente em gestações anteriores.
- Ausência de glicose na urina.

a) V - V - F - V - F - F

b) F - F - V - F - V - F

c) V - F - V - V - V - F

d) F - V - V - F - V - F

e) V - F - V - F - F - F

O paciente portador de diabetes deve seguir os seguintes cuidados (marque a errada):

- a) Todas as alternativas estão corretas.
- b) Consultas odontológicas curtas e pela manhã, com o paciente alimentado e medicado.
- c) Redução do consumo de álcool, fumo e alimentos ácidos.
- d) Consultas e reavaliações periódicas (de 12 em 12 meses) com seu periodontista.
- e) Todas as alternativas estão erradas.

# ANEXO I

## **Avaliação de Software Educacional**

Begoña e Spector (1994) indicam três diferentes níveis de avaliação: (i) avaliação orientada para o produto; (ii) avaliação orientada para o usuário; e (iii) avaliação orientada para o contexto.

**Avaliação orientada para o produto:** consiste em uma descrição e a apreciação crítica do software educacional por um ou mais especialistas que, frequentemente, utilizam lista de verificação ou folha de inspeção, e seguem um conjunto de procedimentos para guiar a inspeção. Neste tipo de avaliação não é exigido o uso do software numa situação real. O especialista avalia o produto de acordo com diferentes critérios que são separados em diversas seções como análise de conteúdo, interações com o usuário, utilidade geral do programa, entre outras.

**Avaliação orientada para o usuário:** deseja-se avaliar os efeitos do programa no usuário, sendo em geral, necessário analisar: (a) as interações entre o programa e o aprendiz; (b) os níveis de adaptação se existentes; (c) os meios usados para assegurar a motivação; (d) a efetividade da aprendizagem; e (e) a receptividade do usuário ao software. O objetivo principal desta avaliação é analisar a eficiência dos processos de aprendizagem envolvidos no uso do software educacional pelos alunos. Geralmente esta avaliação é feita através de uma abordagem experimental, em que há comparação entre os resultados da aprendizagem com uso de software e com um método tradicional. Com este tipo de abordagem é possível apenas obter resultados finais referentes aos estudantes, porém seria interessante avaliar outros aspectos importantes no processo de aprendizagem como as interações do aprendiz com o software, o material, os outros aprendizes, e o professor bem como os níveis de motivação, a ansiedade, e a receptividade, entre outros.

**Avaliação orientada para o usuário:** é bastante rara pois, além de ser inerentemente mais complexa que a avaliação experimental, muitos pesquisadores não estão convencidos de seu valor. Begoña e Spector (1994), entretanto, afirmam que os resultados deste nível de avaliação podem ser muito úteis na melhoria da qualidade do software educacional.

Begoña e Spector (1994) acreditam que estes três níveis não são completamente independentes, e que uma avaliação completa de software educacional deveria considerar o produto, os usuários, o contexto, e as óbvias interdependências. O software não deve ser visto como um objeto isolado, mas como uma entidade integrada – um produto usado por pessoas em um contexto para atingir vários objetivos. Esse tipo de abordagem pode complicar o processo de avaliação, porém, apresenta probabilidade maior de fornecer resultados mais significativos, que podem auxiliar as pessoas a fazerem melhor uso da tecnologia, com a melhoria da aprendizagem e da instrução.

Aedo, Catenazzi e Díaz (1996) acreditam que a avaliação de software tem dois objetivos principais: (a) determinar a eficácia de uma aplicação em uso; e (b) fornecer meios para sugerir melhorias. Com base nos resultados da avaliação, o desenvolvimento do software deve sofrer modificações e o processo deve ser repetido com a finalidade de aprimoramento. Assim, o processo de avaliação tem uma relação próxima com o ciclo de vida do [software](#) e deve ocorrer em diferentes estágios de seu desenvolvimento. O método de avaliação mais apropriado irá depender do estágio de desenvolvimento e da disponibilidade de recursos. Estes métodos, classificados em cinco categorias globais utilizando a taxionomia de Benyon, Davies, Keller, e Rogers (citados por Aedo et alii, 1996), são: (a) avaliação analítica; (b) avaliação por peritos; (c) avaliação observacional; (d) avaliação por inspeção; e (e) avaliação experimental.

A **avaliação analítica** usa uma descrição formal ou semi-formal da interface para prever o desempenho do usuário no que se refere às operações físicas e cognitivas que devem ser realizadas, podendo ser empregada em estágios iniciais do desenvolvimento, pois demanda poucos recursos. Trata-se de uma avaliação preliminar, que não exige testagem com o usuário, possui um foco muito estreito, e não gera resultados diagnósticos para um replanejamento.

Na **avaliação por peritos**, estes são solicitados a julgar o software e identificar os problemas potenciais de usabilidade, assumindo o papel de usuários menos experientes. É um método barato e bastante eficiente - não envolve testagem com usuários nem exige um grande número de especialistas, e pode ser usado nos primeiros protótipos ou especificações do sistema. Deve-se ter cuidado, ao escolher os especialistas, para não introduzir vieses.

A **avaliação observacional** consiste na coleta de dados a respeito do comportamento do usuário ao utilizar o software. As técnicas mais comuns são observação direta, gravação de vídeo, logging do software (gravação automática das interações do usuário com o sistema), e protocolos verbais (o usuário é convidado a expressar em voz alta observações e pensamentos). É um método a ser usado com protótipos que atingiram um estágio mais avançado de desenvolvimento.

A **avaliação por inspeção** utiliza entrevistas e questionários com o propósito de evocar as opiniões subjetivas, e a compreensão dos usuários a respeito da interface. Os questionários podem ser usados com um número maior de usuários do que as entrevistas, pois estas podem consumir muito tempo.

Na **avaliação experimental**, o avaliador manipula diversos fatores associados com o projeto da interface, a fim de estudar os seus efeitos no desempenho do usuário. Normalmente, este método é aplicado em protótipos completamente desenvolvidos, requer um bom conhecimento de métodos experimentais, e demanda grande quantidade de recursos e de tempo.

Observa-se que a classificação de Begoña e Spector (1994), mencionada anteriormente, apresenta semelhanças com a de Benyon et alii (citados por Aedo et alii, 1996): a avaliação orientada para o produto pode incluir as avaliações analítica e por peritos, e a avaliação orientada para o usuário pode incluir as avaliações observacional, por inspeção e experimental.

Uma metodologia para avaliação de software educacional de Thomas Reeves (1994). Esta metodologia apresenta duas abordagens complementares na avaliação de software educacional. Uma delas baseia-se em quatorze critérios e a outra em dez critérios relacionados a interface com o usuário.

Os critérios são avaliados através de uma marca sobre uma escala não dimensionada representada por uma seta dupla. Em cada extremidade da seta são colocados os conceitos antagônicos que caracterizam o critério. De modo que na extremidade esquerda fica situado o conceito mais negativo. A conclusão a respeito da avaliação é obtida graficamente analisando a disposição dos pontos marcados nas setas que devem ser ligados colocando-se as setas umas sobre as outras.

A seguir são descritos os critérios que compõem cada uma das abordagens.



## **Crêterios Pedagógicos**

1) **Epistemologia**: diz respeito a natureza do conhecimento

---

### **Epistemologia**

Objetivista

Construtivista

Epistemologia Objetivista: estabelece as seguintes facetas:

- Conhecimento existe separado do saber;
- Realidade existe independente da existência da experiência;
- O conhecimento   adquirido de forma objetiva através dos sentidos;
- A aprendizagem consiste em adquirir verdades;
- O aprendizado pode ser medido precisamente com testes.

Epistemologia Construtivista: estabelece as seguintes facetas:

- Conhecimento não tem sentido sem a participa o do homem;
- Embora a realidade exista independentemente, o que se conhece dela,   individualmente constituído;
- O conhecimento   construído subjetivamente baseado em experiências anteriores e em um processo metacognitivo ou reflexão;
- O aprendizado consiste na aquisi o de estratégias que atendam a um objetivo;
- O aprendizado pode ser estimado através de observa es e diálogos.

2) **Filosofia Pedagógica**

---

### **Filosofia Pedagógica**

Instrutivista

Construtivista

Instrutivista:

- Enfatiza a importância de metas e objetivos independentes do aluno;
- Baseada na teoria comportamentalista;

- O aluno é visto como um agente passivo, como um recipiente vazio que será preenchido de conhecimento.

Construtivista:

- Enfatiza a primazia da intenção, experiências e estratégias metacognitivas do aluno;
- O conhecimento é construído individualmente pelo aluno;
- Garante um ambiente de aprendizado o mais rico possível;
- Diferente da instrutivista, o aluno é visto como um indivíduo repleto de conhecimento pré-existente, atitudes e motivações.

### 3) Psicologia Subjacente

#### Psicologia Subjacente

Comportamental

Cognitiva

Comportamental:

- Os fatores do aprendizado não são estados internos que podem ou não existir, mas comportamentos que podem ser diretamente observados;
- A instrução consiste na modelagem do comportamento desejável obtido através de estímulo-resposta.

Cognitiva:

- Dá ênfase aos estados mentais internos ao invés do comportamento psicológico;
- Reconhece que uma ampla variedade de estratégias de aprendizagem deve ser empregada considerando o tipo de conhecimento a ser construído.

### 4) Objetividade

#### Objetividade

Precisamente focalizado

Não focalizado

Precisamente focalizado: forma empregada em tutores e treinamentos



Professor provedor de materiais: o programa instrutor é considerado “o dono do conhecimento”;

Agente facilitador: o programa instrutor é visto como uma fonte de orientação e consulta.

## 8) Valorização do Erro

---

### Valorização do Erro

Aprendizado sem erro

Aprendizado com a experiência

Aprendizado sem erro: as instruções são organizadas de maneira que o aluno é induzido a responder corretamente.

Aprendendo com a experiência: apoia-se na máxima “a experiência é o melhor professor”. Provê oportunidades para que o aluno aprenda com seus próprios erros.

## 9) Motivação

---

### Motivação

Extrínseca

Intrínseca

Extrínseca: a motivação vem de fora do ambiente de aprendizado.

Intrínseca: integrada ao ambiente de aprendizado.

## 10) Estruturação

---

### Estruturação

Alta

Baixa

Alta: os caminhos são previamente determinados.

Baixa: uma série de opções é oferecida de modo que o aluno possa escolher a ordem que desejar.

## **Controle do Aluno**

---

**Não existente**

**Irrestrito**

Não existente: todo o controle pertence ao programa.

Irrestrito: o aluno decide que seções estudar, que caminhos seguir, que material utilizar.

OBS: ainda é uma questão em aberto até que ponto o controle irrestrito é benefício. Embora essa classificação esteja na posição direta.

## **Atividade do usuário**

---

**Matemagênico**

**Generativo**

Matemagênico: ambientes de aprendizagem nos quais pretende-se capacitar o aluno a “acessar várias representações do conteúdo”.

Generativo: ambientes de aprendizagem que engajam o aluno no processo de criação, elaboração ou representação do conteúdo.

## **Aprendizado cooperativo**

---

**Não suportado**

**Integral**

Não suportado: não permite o trabalho cooperativo entre alunos (em pares ou grupo).

Integral: permite o trabalho cooperativo de modo que os objetivos sejam compartilhados beneficiando o aluno tanto instrucionalmente quanto socialmente.

À seguir serão apontados dez critérios que avaliam a interface com o usuário, que de acordo com Reeves (1994) não são suficientes para fazer uma análise completa de um

software educacional, mas auxiliam os aspectos artísticos e técnicos que não são citados nos critérios de abordagem pedagógica.

### **1) Facilidade de Utilização**

---

Difícil

Fácil

### **2) Navegação**

---

Difícil

Fácil

### **3) Carga cognitiva**

---

Difícil

Fácil

**4) Mapeamento (se refere a habilidade do programa em rastrear os caminhos percorridos pelo aluno)**

---

Nenhum

Poderoso

### **5) Design de Tela**

---

Princípios violados

Princípios respeitados

### **6) Compatibilidade Espacial do Conhecimento**

---

Incompatível

Compatível

## **7) Apresentação da Informação**

---

Confusa

Clara

## **8) Integração das Mídias**

---

Não coordenada

Coordenada

## **9) Estética**

---

Desagradável

Agradável

## **10) Funcionalidade Geral**

---

Não funcional

Altamente funcional