

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

**UMA PROPOSTA METODOLÓGICA DE ACOMPANHAMENTO
PERSONALIZADO PARA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA APOIADA
POR UM ASSISTENTE VIRTUAL DE ENSINO INTELIGENTE.**

Vandor Roberto Vilardi Rissoli

Orientador: Prof. Dr. Dante Augusto Couto Barone
Co-orientação: Profa. Dra. Lúcia Maria Martins Giraffa

Porto Alegre

2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

**UMA PROPOSTA METODOLÓGICA DE ACOMPANHAMENTO
PERSONALIZADO PARA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA APOIADA
POR UM ASSISTENTE VIRTUAL DE ENSINO INTELIGENTE.**

Vandor Roberto Vilardi Rissoli

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Informática na Educação.

Orientador: Prof. Dr. Dante Augusto Couto Barone
Co-orientação: Profa. Dra. Lúcia Maria Martins Giraffa

Porto Alegre

2007

CIP CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Rissoli, Vandor Roberto Vilardi

Uma proposta metodológica de acompanhamento personalizado para Aprendizagem Significativa apoiada por um Assistente Virtual de Ensino Inteligente. – Porto Alegre: PGIE, 2007.

224 f. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Porto Alegre BR-RS, 2007. Orientador: Dante Augusto Couto Barone. Co-orientadora: Lúcia Maria Martins Giraffa.

1. Aprendizagem Significativa. 2. Sistemas Tutores Inteligentes. 3. Lógica Fuzzy. 4. Programação Computacional. 5. Ensino de Informática. I. Título. II. Barone, Dante Augusto Couto. III. Giraffa, Lúcia Maria Martins.

*Amanhã, quando acordar
Deus estará comigo, senão
estarei com Ele.*

Cesar Roberto Rissoli

AGRADECIMENTOS

A superação de desafios ao longo de nossa vida é alcançada com a cooperação de todos aqueles que nos cercam durante a mesma, onde a todos estes tenho que agradecer por mais esta conquista. No entanto, agradeço, primeiramente, a Deus pela oportunidade de envolvimento com um trabalho de tamanha magnitude na vida acadêmica e o êxito em sua conclusão.

Em especial, agradeço a minha família, professores, alunos e amigos que colaboraram, direta ou indiretamente, com este trabalho, confiando em mim e me incentivando a continuar com o mesmo diante das diversas dificuldades.

À equipe de profissionais dedicados ao Programa de Pós-graduação em Informática na Educação (PGIE) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e aos meus orientadores, participantes fundamentais nesta jornada de aprendizagem, eu também agradeço de maneira especial e espero ter correspondido a contento as expectativas existentes na situação que envolvia este trabalho de doutorado.

E finalmente, agradeço aos colegas da Universidade Católica de Brasília (UCB), que foram compreensivos e companheiros diante da concretização deste trabalho e acreditaram no sucesso do mesmo, possibilitando, inclusive, a efetivação de um experimento envolvendo alguns de seus profissionais, docentes e discentes na consolidação do mesmo como importante trabalho de pesquisa na área de Informática na Educação.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Contexto da Pesquisa.....	9
1.2. Trabalhos Correlatos.....	11
1.3. Problema.....	15
1.4. Questão Norteadora	18
1.5. Hipóteses	18
1.6. Objetivo Geral	19
1.7. Objetivos Específicos	19
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	22
2.1. As NTICs aplicadas no apoio ao Ensino-Aprendizagem	22
2.2. Teoria da Aprendizagem Significativa	36
2.3. Softwares Educativos e os Sistemas Tutores Inteligentes	51
2.3.1. Módulo do Domínio (ou do Especialista).....	58
2.3.2. Módulo do Aprendiz (ou Modelo do Aluno)	59
2.3.3. Módulo Pedagógico (ou Tutor)	60
2.3.4. Módulo de Interface.....	62
2.4. Lógica Fuzzy	65
2.4.1. Teoria dos Conjuntos Fuzzy	67
3. A METODOLOGIA PROPOSTA E O AMBIENTE CONSTRUÍDO	88
3.1. Descrição da Arquitetura Proposta.....	92
3.2. Protótipo Associado à Arquitetura	97
3.2.1. Módulo do Domínio	101
3.2.2. Módulo do Aprendiz.....	104
3.2.2.1. Identificação das Dificuldades de Aprendizagem	107
3.2.2.2. Processo de Acompanhamento e Diagnóstico Individualizado.....	111
3.2.3. Módulo Pedagógico.....	131
3.2.4. Módulo da Monitoria.....	135
3.2.5. Módulo de Controle.....	137
3.2.5.1. Base de Conhecimento	138
3.2.5.2. Diagnóstico.....	140
3.2.5.3. Assistência.....	147
3.2.6. Módulo de Interfaces	150
3.2.6.1. Interface do Aluno	152
3.2.6.2. Interface do Monitor.....	154
3.2.6.3. Interface do Professor.....	155
3.3. Primeiro Experimento	158
3.3.1. Sujeitos da Pesquisa.....	159
3.3.2. Preparação do Experimento.....	161
3.3.3. Realização do Experimento	161
3.3.4. Coleta de Dados.....	169
3.3.5. Análise dos Dados	170
3.3.6. Conclusões com Encerramento do Primeiro Experimento.....	182

4. CONCLUSÕES	188
4.1. Trabalhos Futuros	193
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	198
ANEXO 1	211
ANEXO 2	212
ANEXO 3	219
ANEXO 4	222

LISTA DE ABREVIATURAS

AI-ED	<i>Artificial Intelligence in Education</i>
ALPUS	Subsistema do ambiente de programação inteligente Intellitutor
AMBAP	Ambiente de Apoio ao Aprendizado de Programação
BC	Base de Conhecimento
BCC	Bacharelado em Ciência da Computação
E-TCL	<i>Expert System for Teaching Computer Language</i>
EDA	Estrutura de Dados e Arquivos
IA	Inteligência Artificial
IAED	Inteligência Artificial na Educação
IBOPE	Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística
ITA	<i>Intelligent Teaching Assistant</i>
JSP	Java Server Pages
MEC	Ministério da Educação e Cultura
NTICs	Novas Tecnologias de Informática e Comunicação
ProgrWeb	Projeto da Programação Computacional disponível na Web
SAAP	Sistema de Apoio à Aprendizagem de Programação
SAE	Sistema de Apoio Educacional
sig-psico	Significado Psicológico
SQL	<i>Structured Query Language</i>
STI	Sistema(s) Tutor(es) Inteligente(s)
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
TD	Tecnologias Digitais
UCB	Universidade Católica de Brasília
UCP	Unidade Central de Processamento
www	<i>Wide World Web</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação simplificada da organização de um curso não-linear.....	8
Figura 2 – Áreas envolvidas no desenvolvimento deste trabalho.	21
Figura 3 – a) Representação partindo das partes para compreensão do todo, enquanto b) parte do todo para compreensão das partes.	37
Figura 4 – Representação simbólica do princípio da assimilação.	46
Figura 5 – Representação da independência momentânea entre o novo conhecimento e o subsunçor.	47
Figura 6 – Arquitetura clássica ou tradicional dos Sistemas Tutores Inteligentes.	57
Figura 7 – Exemplo de uma variável lingüística.	73
Figura 8 – a) Representação da relação R_1 e em b) representação da relação R_2	83
Figura 9 – Apresentação do resultado da composição de R_1 e R_2 formando R_3	83
Figura 10 – Representação matricial da composição R_3	83
Figura 11 – Integração para metodologia proposta por esta tese.	85
Figura 12 – Mapa Conceitual da disciplina inicial em Programação (Algoritmo).	88
Figura 13 – Representação da extensão do STI para um ITA como assistente artificial.	91
Figura 14 – Representação da arquitetura computacional proposta para atender a TAS.	93
Figura 15 – Assistência ao quarteto por meio do compartilhamento de informações... ..	96
Figura 16 – Representação dos importantes esquemas (ou módulos) de implementação.	101
Figura 17 – Janela de acesso do professor aos conteúdos e seus respectivos metadados.	103
Figura 18 – Janela de consulta das disciplinas e seu respectivo nível médio (metadado).	106
Figura 19 – Janela de interação do Chat disponível neste ITA (SAE).	110
Figura 20 – Janela de acompanhamento da situação atual de um aluno no ITA.	112
Figura 21 – Representação simplificada para cálculo do primeiro parâmetro da nova nota.	122
Figura 22 – Especificação genérica do cálculo do parâmetro de nível de dificuldade.	124
Figura 23 – Especificação genérica do parâmetro relacionado à categoria das questões.	126
Figura 24 – Janela de acesso docente às orientações fornecidas a um aluno pelo ITA.	130
Figura 25 – Exemplo da proposição condicional não qualificada que forma a BC do ITA.	133
Figura 26 – Janela de acesso ao ITA com identificação do perfil de conexão.	138
Figura 27 – Representação do cálculo do valor representativo da assimilação por tópico.	142
Figura 28 – Representação gráfica da função de pertinência aplicada na apuração da aprendizagem significativa sobre o VALOR REPRESENTATIVO.	144
Figura 29 – Expressão genérica para cálculo do grau do disparo de um conjunto fuzzy.	145
Figura 30 – Janela de acompanhamento dos alunos de uma mesma turma.	148
Figura 31 – Demonstração das cinco principais áreas de interação do sistema.	151
Figura 32 – Janela do ITA que propõe uma questão de múltipla-escolha para resolução.	165

Figura 33 – Janela de acesso aos dados resultantes do atendimento da monitoria.....	166
Figura 34 – Janela de interação direta entre monitor e docente no SAE.....	177

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Demonstração da identificação do termo lingüístico para variável <i>esforço</i>	114
Tabela 2 – Representação das funções de pertinência para o exemplo sugerido.	115
Tabela 3 – Parâmetros usados na avaliação da variável <i>resultado</i> nos exercícios interativos.	118
Tabela 4 – Tipos de questões resolvidas por um aluno na apuração da variável <i>resultado</i>	120
Tabela 5 – Pesos correspondentes aos tipos de questões fornecidos pelo sistema.	121
Tabela 6 – Nível de dificuldade das questões resolvidas por um aluno.	123
Tabela 7 – Pesos correspondentes ao nível de dificuldade de cada questão no sistema.	124
Tabela 8 – Categoria das questões resolvidas na apuração da variável <i>resultado</i>	125
Tabela 9 – Pesos correspondentes às categorias de cada questão no sistema.	126
Tabela 10 – Definições na formação da nova nota para avaliação da aprendizagem. .	127
Tabela 11 – Cálculo da nova nota baseada nos três parâmetros usados pelo ITA.	129
Tabela 12 – Representação das funções de pertinência para cálculo da variável <i>resultado</i>	129
Tabela 13 – Unidades-caso do experimento realizado.	160
Tabela 14 – Distribuição dos indivíduos participantes deste experimento por perfil. .	162
Tabela 15 – Indicação dos 4 docentes responsáveis pelas 7 turmas do experimento...	163
Tabela 16 – Dados comparativos entre uma avaliação anterior ao SAE e outra posterior.	166
Tabela 17 – Síntese por disciplina dos participantes envolvidos no primeiro experimento.	171
Tabela 18 – Acessos dos alunos sobre os principais recursos de apoio disponíveis no SAE.	171
Tabela 19 – Quantidade de exercícios interativos realizados no SAE por disciplina/turma.	174
Tabela 20 – Participação dos alunos na monitoria estudantil.	175
Tabela 21 – Desempenho dos alunos de Algoritmo na solução dos exercícios interativos.	177
Tabela 22 – Desempenho dos alunos em Laboratório 1 sobre os exercícios interativos.	178
Tabela 23 – Desempenho dos alunos do experimento na solução dos exercícios interativos.	179
Tabela 24 – Demonstração do índice de aprovação de aluno no semestre do experimento.	180
Tabela 25 – Síntese dos dados comparativos entre os semestres 2006/2 e 2007/1.	181

RESUMO

Este volume descreve o trabalho multi e interdisciplinar de pesquisa realizado na área de Inteligência Artificial aplicada à Educação, tendo como objetivo principal a proposta de uma metodologia de trabalho suportada por um ambiente na Web como recurso de apoio à aprendizagem almejada pela subárea de Programação Computacional, nos cursos de graduação em Informática.

O trabalho investigativo e experimental foi desenvolvido com base na teoria proposta por Ausubel e o ambiente desenvolvido possui arquitetura baseada nos Sistemas Tutores Inteligentes, onde se buscou criar um Assistente Virtual de Ensino Inteligente, cujo comportamento é modelado a partir de um conjunto de regras oriundas da Lógica Fuzzy. Esta base de regras busca estabelecer uma nova forma de análise e assistência no acompanhamento da evolução de aprendizagem do aluno, tendo por base os pressupostos da teoria ausubeliana.

A organização dos conteúdos na base de domínio utiliza uma estrutura organizada na forma de Mapas Conceituais, os quais possuem relação com as funções de pertinência associadas aos objetivos destes conteúdos.

O trabalho experimental foi realizado na universidade onde o autor trabalha como docente, permitindo que fossem realizadas as análises e entrevistas de forma facilitada. O protótipo, criado para validar alguns aspectos da tese, obteve sucesso e constatou um aproveitamento médio melhor na aprendizagem em Programação Computacional.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa, Sistemas Tutores Inteligentes, Lógica Fuzzy, Programação Computacional, Ensino de Informática.

ABSTRACT

This volume describe the multi and interdisciplinary work of made research in the Artificial Intelligence area applied to Education, with the main objective to the purpose of one methodology of work that has the support by Web environment as a way of support for the expected learning by the Computational Programming sub area in the graduation courses of Informatics.

The investigative and experimental work was developed based in the theory proposed by Ausubel and the developed environment has the architecture based in the Intelligent Tutoring Systems, looking for a creation of one Intelligent Teaching Assistant, which the behavior is model from the rule group with origin in Fuzzy Logic. This base of rules search to establish one new form of analysis and assistance to go along with evolution of student knowledge, basing in the presuppositions of Subsumption Theory.

The organization of contents in the base of dominion use one organized structure in Conceptual Maps form, that have the relation with functions of associated relevant to the objectives of these contents.

The experimental work was realized in university where the author works as a teacher, giving the permission to realize the analysis and interviews in the easy way. The prototype, created for some aspect validation of the thesis it was obtained success and it was consisted a medium development better than the learning in the Computacional Programming.

Key-words: Subsumption Theory, Intelligent Tutoring Systems, Fuzzy Logic, Computational Programming, Learning of Informatics.

1. INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea tem experimentado mudanças na forma de se comunicar e produzir conhecimento. Além da velocidade com a qual as coisas ocorrem e se propagam, questiona-se a maneira como se ensina e se aprende em tempos de cibercultura. As Novas Tecnologias de Informação e Comunicação (NTICs) ou também conhecidas como Tecnologias Digitais (TD) permitiram a criação de novas qualificações para os indivíduos que as utilizam. Cabe observar que várias destas qualificações possuem seus conteúdos relacionados a processos produtivos que não sofreram nenhuma alteração durante um longo período de tempo. Esta constatação resultará em todo um processo social de avaliação e hierarquização de profissões que vão influenciar desde a organização dos processos de trabalho até os currículos escolares (Shaiken, 1984).

A preocupação com a mudança dos hábitos e das qualificações não está somente associada às estratégias empregatícias, mas também sobre suas implicações diretas requisitadas ao sistema educacional. A expectativa quanto ao processo de formação acadêmica consiste na contribuição da qualificação profissional do indivíduo, além de sua capacitação no emprego de recursos utilizados na execução de suas atividades profissionais cotidianas. Atualmente, os recursos tecnológicos também devem fazer parte desta contribuição da formação educacional, pois estes estão inseridos nas atividades profissionais e cotidianas de praticamente todas as pessoas. Assim, identifica-se o processo de ensino e educação como o mais importante componente do alicerce nas modificações necessárias que visam realizar o processo de “alfabetização digital” necessária em todo o país.

Estas mudanças são um enorme desafio para o ritmo do sistema educacional brasileiro, onde a transmissão de conteúdos, por meio de instrumentos que realizem um ensino de qualidade para quantidades consideráveis de indivíduos, é um dos principais obstáculos a ser superado. A maneira como este processo de ensino-aprendizagem será realizado deve garantir também a qualidade na formação dos futuros profissionais, fornecendo as instituições de ensino uma enorme responsabilidade. Com um sólido domínio dos códigos instrumentais da linguagem e dos conteúdos científicos

envolvidos, estas instituições deverão ensinar de forma a criar habilidades cognitivas nos estudantes, como a compreensão, o pensamento abstrato e analítico e a flexibilidade do raciocínio na compreensão de novas situações para solução de problemas.

O enriquecimento do processo ensino-aprendizagem pode ser alcançado quando algum recurso instrumental ou ferramental puder ser empregado na efetivação da educação com qualidade, buscando este sempre facilitar o entendimento do estudante, onde o professor previamente planeja usar o recurso certo para demonstrar, representar ou mesmo exemplificar o que ele deseja que o estudante compreenda.

O ensino na área de tecnologia também almeja formar profissionais hábeis no emprego e utilização destes novos recursos tecnológicos, sendo estes recursos aplicados na solução de problemas que fazem parte do cotidiano pessoal e/ou profissional de qualquer indivíduo. Contudo, saber manusear estes novos recursos, normalmente, não é suficiente para consolidar a aprendizagem almejada. Em qualquer área de conhecimento estes novos recursos serão empregados como ferramentas de apoio na realização mais eficiente da atividade a ser efetuada, sendo cada indivíduo responsável por sua efetivação, independentemente do apoio oferecido por uma ferramenta ou não, ou seja, o indivíduo, ser pensante e manipulador dos recursos disponíveis para realização de uma atividade, é que faz diferença na efetivação de tal atividade, apoiada ou não por algum destes novos recursos tecnológicos.

Para utilização correta destes novos recursos, como ferramentas a serem aplicadas na vida cotidiana do indivíduo, faz-se necessária à integração destes recursos ao processo de formação de cada estudante, pois além do manejo correto dos mesmos, o estudante ainda será capaz de analisar e verificar sobre a aplicação mais correta e coerente de tais recursos, objetivando a melhor forma de alcançar os resultados desejados. Para que isso seja realizado de maneira a agregar conteúdo significativo à aprendizagem em qualquer área de conhecimento, deve ser sempre efetuado um trabalho de planejamento e consciência das metas e objetivos a ser atingido com a integração de novas ferramentas no processo ensino-aprendizagem.

Um fator importante nesta integração é a postura e a condução das atividades dirigidas pelo professor, que corresponderá, conseqüentemente, ao sucesso destas ferramentas. É necessário a este saber utilizar previamente bem a ferramenta, além do método didático no qual ela estará inserida como recurso de apoio à aprendizagem do estudante, para assim não permitir o insucesso deste processo, apesar de uma possível aprendizagem bem sucedida sobre o manuseio da ferramenta empregada.

A ausência de uma formação didática e pedagógica, mesmo sobre aspectos complementares aos docentes de qualquer área de conhecimento, pode ser responsável por alguns problemas identificados na formação de estudantes, futuros profissionais envolvidos, geralmente, com a área escolhida e dedicada aos estudos. Os bons profissionais da área de Tecnologia, que resolvem adentrar a seara da docência, precisam, em sua maioria, de uma evolução didática e pedagógica para trabalhar diretamente com estudantes, principalmente nos tempos atuais que disponibilizam novos recursos tecnológicos e de comunicação para apoio ao ensino-aprendizagem focado na formação de um profissional-cidadão consciente da sua realidade individual e social no mundo.

O ensino-aprendizagem na área de tecnologia também tem seus desafios e enfrentam dificuldades e problemas educacionais comuns as outras áreas de conhecimento. Este trabalho manteve seu foco de estudo e pesquisa sobre uma das principais subáreas de conhecimento dos cursos de graduação em Ciência da Computação, Engenharia de Software, Sistemas de Informação e outros bacharelados e licenciaturas condizentes com o emprego do computador como ferramenta de apoio na solução de problemas, por meio do desenvolvimento e implementação de programas computacionais, sendo esta subárea conhecida como Programação Computacional.

Apesar da relevância desta subárea em tais formações, sua aprendizagem se constitui em uma das mais difíceis e complexas de serem conseguidas por seus estudantes. No entanto, a formação de um bom profissional em Computação é consolidada por meio da aprendizagem efetiva de algumas subáreas fundamentais de conhecimento, sendo esta uma delas, pois envolve um conjunto de habilidades e

conhecimentos, além da própria prática do computador inserido na resolução de problemas.

Educadores e pesquisadores envolvidos com ensino-aprendizagem, nesta difícil subárea de conhecimento, vêm buscando, continuamente, maneiras de auxiliar sua aprendizagem, pesquisando e analisando métodos efetivos de ensino e aprendizagem na programação de computadores (Almeida, 2002); (McKeown, 1999).

Além destas pesquisas educacionais, há uma realidade nacional preocupante, destacada no Livro Verde (Takahashi, 2000), sobre a quantidade de profissionais qualificados na área de tecnologia no país não ser suficiente para atender a demanda nacional. Por isso, vêm sendo promovidas e incentivadas novas formas e métodos educacionais que contribuam na superação deste obstáculo. Contudo, esta superação deve ser cuidadosa, pois pode promover a transformação deste obstáculo em um novo problema futuro, colaborando com a existência de mais profissionais formados na área, porém sem qualificação adequada para atender as necessidades nacionais.

O avanço dos recursos tecnológicos tem oferecido suporte na evolução de métodos e técnicas de ensino, que por conseqüência vem promovendo, ainda sutilmente, a criação da consciência da necessidade de atualização contínua dos profissionais que trabalham na educação, sendo sua responsabilidade junto ao indivíduo e a sociedade incomparável. Com esta consciência e atento às necessidades do estudante frente ao aprendizado desejado, o educador identifica qual o melhor modelo instrucional a ser trabalhado com o aprendiz, indicando quais ferramentas poderiam propiciar melhor aproveitamento na apreensão de novas informações necessárias na construção do conhecimento e das habilidades essenciais para este aprendiz.

Atualmente emprega-se cada vez mais um conjunto de tecnologias que auxiliem a promover a cooperação e colaboração entre todos os indivíduos envolvidos no processo ensino-aprendizagem, podendo cada um destes estar distante geograficamente e sem o contínuo contato simultâneo com todo grupo, não sendo necessário este tipo de contato durante todo o período de aprendizagem. Entre as tecnologias envolvidas neste

tipo de aprendizagem, as cooperativas e colaborativas apóiam as atividades em equipe, permitindo a interação entre estudantes e professores por meio do uso intensivo dos recursos de comunicação existentes na infra-estrutura disponível. Estes recursos beneficiam as atividades em equipe e promovem uma evolução nas habilidades sociais de cada um de seus usuários, oferecendo lhes auxílios como:

- rompimento de distâncias eletronicamente, mantendo a interação entre os membros de cada equipe;
- aproximação das pessoas criando novas formas de interação;
- melhor coordenação dos esforços realizados por cada membro da equipe;
- incremento da produtividade e da responsabilidade da equipe, facilitando e agilizando o intercambio de informações com todos os membros da equipe simultânea e instantaneamente;
- construção do memorial de trabalho da equipe, contribuindo com a criação da memória organizacional;
- criação do contexto compartilhado para efetiva comunicação e coordenação da equipe de trabalho por meio de um repositório central.

Na aprendizagem distribuída é disponibilizado o acesso ao conhecimento, formalmente apresentado e transferido de forma altamente eficiente e coerente, possibilitando a integração de pessoas a treinamentos e cursos, sem interferências incomodas e complexas sobre as atividades e obrigações cotidianas dos estudantes envolvidos. Cada estudante é responsável pela sua “velocidade” na evolução dos conteúdos abordados pelo curso, tendo o docente à responsabilidade de acompanhá-lo, mediando ou facilitando o processo instrucional sobre determinado conteúdo. Nesta jornada de aprendizado, um estudante ou um grupo de estudantes, sempre serão orientados pelo docente nos diversos caminhos do conhecimento que efetivarão o processo de aprendizagem individual ou em equipe (Costa, 1997).

Consciente das dificuldades docentes na realização da aprendizagem significativa do estudante em Programação Computacional, este trabalho propôs a elaboração de mecanismos que auxiliem as atividades docentes nesta subárea, criando recursos que possibilitem um acompanhamento individualizado de cada estudante, em qualquer momento da aprendizagem, fornecendo a este aprendiz a possibilidade de acesso ao conteúdo instrucional a qualquer momento e em qualquer lugar que exista um computador conectado a Internet, além da possibilidade de interação com outro(s) estudante(s), professor ou mesmo sobre o próprio conteúdo estudado.

Este acompanhamento individualizado será possível por meio da elaboração de sistemas computacionais capacitados a desempenharem o papel de assistentes virtuais (ou artificiais) envolvidos com o ensino-aprendizagem de cada estudante, sendo estes assistentes “acompanhadores” responsáveis pelo acompanhamento e armazenamento do esforço empregado pelos estudantes que usufruírem os recursos tecnológicos oferecidos como mecanismos de apoio na busca dos resultados almejados por tal aprendizagem. O armazenamento de todos estes dados se constituirá no histórico de acompanhamento individual de cada estudante, como seu perfil individualizado durante a aprendizagem almejada, construindo assim, um modelo de aluno dinâmico e personalizado a situação cognitiva de cada estudante.

Os aspectos relevantes ao desenvolvimento destes assistentes virtuais são introduzidos por Yacef (2002), que os apresenta como um conjunto de características essenciais a serem agregados aos Sistemas Tutores Inteligentes (STI). Este tipo de sistema computacional corresponde a uma modalidade de software educativo que procura se adaptar as características de seus usuários, tradicionalmente estudantes interessados na aprendizagem do conteúdo que faz parte do domínio trabalhado por este sistema. A coerente adaptação deste sistema torna-se possível mediante dinâmica combinação das informações resultantes da modelagem do aluno, dos aspectos relacionados ao conteúdo objetivado pela aprendizagem (domínio) e do processo pedagógico empregado nesta aprendizagem.

A utilização deste sistema permite uma contribuição mais aderente às necessidades de cada aprendiz, o que possibilita uma mediação mais coerente e precisa no apoio ao ensino-aprendizagem. Yacef denomina este conjunto de características como *Intelligent Teaching Assistant* (ITA), sendo estas incorporadas aos STI que permitirão o acompanhamento e a interação do sistema com os aprendizes e seus respectivos agentes reais (professor e/ou monitor) de instrução. No entanto, esta interação faz uso de estratégias não-invasivas, não interferindo diretamente na dinâmica relacionada à lógica e ao raciocínio do estudante sobre o conteúdo abordado.

O desenvolvimento deste assistente artificial (ITA) ocorrerá por meio da junção de conhecimentos da área de Tecnologia e Educação, resultando em um assistente “inteligente” sobre aspectos técnicos e educativos. Seu “raciocínio” será construído por meio da Lógica Fuzzy, que proporcionará maior precisão no acompanhamento e avaliação da aprendizagem efetuada pelo estudante, sendo esta Lógica baseada na Teoria dos Conjuntos Fuzzy (Zimmermann, 1991). Sua aplicação fornecerá embasamento matemático para a análise avaliativa de informações incertas e imprecisas relacionadas a esta aprendizagem, auxiliando assim na identificação da real assimilação alcançada por cada estudante.

Com mais propriedade sobre a situação real da aprendizagem individual de cada estudante, este assistente inteligente direciona o caminho de aprendizagem de cada estudante, sendo este caminho diferente para cada aprendiz, pois se baseará nas deficiências e conhecimentos apresentados e identificados durante o processo de aprendizagem de cada estudante.

Assim, o estudante participará de um curso personalizado ao seu conhecimento e as suas dificuldades de assimilação e compreensão do conteúdo, respeitando suas características individuais e as trabalhando com um ensino-aprendizagem mais adequado. Observe na Figura 1 uma representação simplificada desta forma de ensino-aprendizagem personalizada e não linear.

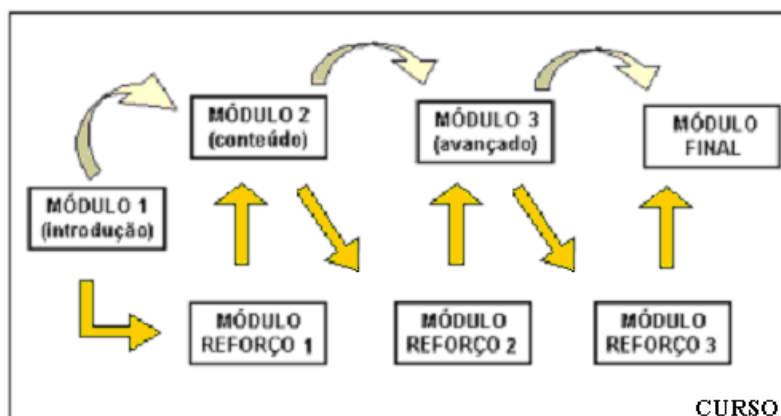


Figura 1 – Representação simplificada da organização de um curso não-linear.

A Figura 1 representa os possíveis caminhos de estudo e pesquisa que cada estudante pode percorrer na aprendizagem do conteúdo de um curso. De acordo com o desempenho individual de cada um, este caminho poderá ser bem diferente, ou seja, não-linear, respeitando as características de cada aprendiz.

Ao docente, auxiliado pelo assistente inteligente, também será permitido os acompanhamentos individuais de cada estudante, suprimindo todas as possíveis necessidades e deficiências de cada um destes. O assistente virtual inteligente (STI/ITA) tem um papel fundamental na avaliação destes estudantes, pois estará acompanhando todo o ensino-aprendizagem realizado por cada estudante individualmente, assistindo, inclusive, as ações de cada um em suas turmas.

A junção das atividades de acompanhamento realizadas pelos agentes reais (professores, monitor) e assistentes virtuais procura oferecer suporte efetivo na assimilação e compreensão dos novos conteúdos por seus estudantes. Mediante ao contínuo estudo, trabalho e uso destes novos conhecimentos, acompanhados por estes agentes reais e seus respectivos assistentes virtuais, estará se buscando a consolidação dos mesmos, sendo estes fundamentais na construção de esquemas mentais superiores que possibilitarão a formação do novo saber desejado pelos estudantes (Piaget, 1978).

Diante disso, foi desenvolvido o ambiente distribuído de aprendizagem significativa denominado SAE (Sistema de Apoio Educacional), que almeja efetivar um

ensino de qualidade aos estudantes vinculados à subárea de Programação Computacional. Por meio deste ambiente se ambicionou estabelecer um caminho de mudança neste cenário não muito promissor de aprendizagem nesta subárea essencial a formação em Informática. Além de elaborar este ambiente de aprendizagem, ainda foi desenvolvido um conjunto de recursos de apoio e acompanhamento personalizado de cada estudante por seus respectivos agentes reais e o assistente virtual de aprendizagem, colaborando com os aspectos de formação do “aprender a aprender”, a analisar e a discutir assuntos profissionais e cotidianos, chegando a tomar iniciativas e decisões no decorrer de sua própria vida e conseqüentemente na “vida” da sociedade.

1.1. Contexto da Pesquisa

A aprendizagem de conteúdos específicos na subárea de Programação Computacional é essencial à formação de estudantes nos cursos de graduação em Informática, principalmente aqueles que visam formar futuros profissionais que trabalharão como projetistas e desenvolvedores de sistemas computacionais por meio da construção de programas de computador.

Diante disso, o núcleo temático que compreende esta subárea, geralmente corresponde a um dos maiores núcleos destes cursos de Informática, envolvendo várias disciplinas, originalmente do próprio núcleo, além de diversos professores com a meta de desenvolver e consolidar o estudante que indaga, pesquisa, crítica e analisa o problema existente a fim de encontrar uma solução adequada para o mesmo.

O ensino da disciplina que inicia este trabalho de desenvolvimento cognitivo do estudante, normalmente denominada Algoritmo ou Lógica de Programação, tem importância fundamental na formação de estudantes que optam por estes cursos de Informática. Entretanto, as dificuldades do ensino-aprendizagem nesta disciplina são reconhecidas, nacional e internacionalmente, sendo assunto importante de pesquisa e discussão das comunidades acadêmicas nesta área de conhecimento ((Pimentel, 2003); (Menezes, 2002); (McKeown, 1999); (Esmín, 1998); (Gray, 1989)).

Diversas são estas dificuldades, que serão exploradas no decorrer deste trabalho, destacando-se, principalmente, a alta necessidade de assistência educativa mediada pelo professor, o atendimento personalizado de cada estudante para identificação e superação de seus problemas individuais na aprendizagem, além da grande quantidade de alunos que participam destas disciplinas.

A apresentação destes três principais problemas procura demonstrar a impossibilidade de superação destas dificuldades por meios mais tradicionais de educação, sendo necessária à evolução metodológica, subsidiada por recursos que possibilitem suplantar estes problemas, atendendo, eficientemente, as suas necessidades quantitativas e qualitativas de aprendizagem. Várias são as pesquisas e os trabalhos recentes que empregam recursos computacionais no apoio deste ensino-aprendizagem ((Raabe, 2005); (Almeida, 2002); (Castro, 2002); (Menezes, 2002); (Mendes, 2000); (Esmín, 1998); entre outros), onde são encontradas diversas contribuições para esta superação.

No entanto, eram poucos os trabalhos que almejavam modelar o aluno computacionalmente, sendo menor ainda a quantidade de ambientes que aplicavam mecanismos inteligentes para uma adequação dinâmica das necessidades específicas de cada aprendiz nesta disciplina introdutória. Contudo, as pesquisas e os trabalhos nesta área vêm aumentando, porém apresentando resultados mais pontuais e específicos a uma ou outra situação de aprendizagem, onde, até o momento, ainda não há o reconhecimento geral e mais amplo, com grande divulgação, da consolidação de uma metodologia completa que satisfaça todo este caminho de aprendizagem e seja reconhecida pela comunidade acadêmica desta área.

Além disso, todas as pesquisas efetuadas para elaboração deste trabalho não conseguiram identificar um mecanismo, com aporte metodológico, que sugira uma aprendizagem completa para formação de um estudante na subárea de Programação. Apesar da reconhecida relevância do ensino-aprendizagem na primeira disciplina desta subárea, seu planejamento e organização não garantem a formação de um estudante qualificado nesta subárea. O êxito nesta formação está sobre responsabilidade de um

conjunto de disciplinas e seus respectivos professores, envolvidos diretamente com a evolução de cada um destes aprendizes.

Em consequência da revisão teórica e análise de trabalhos correlatos, se identificou a possibilidade de criação de um ambiente baseado na arquitetura de STI como um recurso de apoio ao processo de aprendizagem na área de aplicação escolhida.

O emprego de uma metodologia de aprendizagem coerente com o conteúdo a ser explorado, também consiste em aspecto fundamental para o sucesso deste processo. No entanto, a postura docente deve ser coerente com a conduta do STI, estando ambos trabalhando harmonicamente sobre uma mesma metodologia que proporcione aprendizagem facilitada, porém mais eficiente sobre o conteúdo trabalhado por ambos, agentes reais e assistente virtual, junto a cada estudante (Raabe, 2005).

Com estas mudanças no ensino-aprendizagem e nas características tradicionais do software educativo (STI/ITA), a ser empregado no apoio das atividades extraclasse para exploração e aprendizagem dos conteúdos lecionados em sala de aula, surge ainda à necessidade de evolução do processo de avaliação do estudante envolvido nesta aprendizagem. O apoio ao processo de ensino-aprendizagem exige a transformação consciente de todo procedimento de acompanhamento do aprendiz e de sua forma de avaliação. Assim, o ensino-aprendizagem pode realmente ser evoluído, por meio da modificação de seu modelo de aprendizagem e de sua coerência no processo de avaliação (Castro, 2005).

1.2. Trabalhos Correlatos

Os primeiros trabalhos que incentivaram a elaboração desta tese foram McArthur (1993), intitulado *The roles of artificial intelligence in education*, e Sleeman e Brown (1982), com *Introduction: Intelligent Tutoring Systems*. McArthur analisa o envolvimento crescente das tecnologias na Educação, oferecendo apoio relevante à realização do processo de ensino-aprendizagem e suas conseqüentes alterações. Sleeman e Brown estabelecem uma nova identificação aos sistemas computacionais que

possuem algumas características específicas no atendimento de propósitos educacionais, destacando-se, entre estas, a utilização dos recursos provenientes da Inteligência Artificial no desenvolvimento dos Sistemas Tutores Inteligentes.

As expectativas que surgem com as abordagens destes dois trabalhos sugerem um futuro desafiador para este tipo de sistema, onde sua evolução resultaria na substituição dos docentes humanos. No entanto, Kinshuk (2001) relata em *Human Teacher in Intelligent Tutoring System* que o trabalho conjunto entre os Sistemas Tutores Inteligentes e os docentes humanos tem alcançado resultados mais convincentes na Educação do que a substituição de um pelo outro.

Em Saldías (2002) são esclarecidos dois pontos relevantes a inserção deste tipo de sistema no ensino-aprendizagem, sendo o primeiro referente à facilitação da interação entre o aprendiz e o objeto de estudo, enquanto o segundo deve garantir a promoção das estratégias pedagógicas necessárias a cada aluno, mantendo sua liberdade de ação, mas propiciando apoios pedagógicos coerentes por meio de uma interface altamente adaptável as necessidades de seus alunos.

Com base nesta mesma idéia este trabalho de tese procura resgatar a personalização do ensino-aprendizagem, restabelecendo alguns aspectos importantes que foram sendo perdidos neste processo desde sua massificação, além da significação dos novos conceitos a estrutura cognitiva dos alunos e não somente o trabalho sobre conhecimentos rígidos e muitas vezes sem sentido para a situação cognitiva atual dos mesmos.

O acesso ao trabalho de Yacef (2002), intitulado *Intelligent Teaching Assistant Systems*, permitiu uma concepção mais próxima ao que este trabalho de tese almejava. Por meio de seu conhecimento foi possível definir uma arquitetura condizente com o apoio pretendido ao ensino-aprendizagem na subárea de Programação Computacional, embora algumas alterações fossem necessárias ao seu emprego como recurso tecnológico a ser utilizado como instrumento de viabilização de um novo método de ensino e aprendizagem nesta subárea.

Estas alterações consistiriam em novos módulos a serem incorporados por sua arquitetura inicial, buscando todos estes contribuir com a modelagem dos alunos e a formação de interfaces coerentes com as necessidades destas novas possibilidades de contribuições.

A proposta de Yacef atribuía características de assistência aos Sistemas Tutores Inteligentes na aprendizagem de seus alunos e aos docentes envolvidos neste processo. Em contrapartida, estes últimos colaborariam com a estruturação da “inteligência” nesta modalidade de sistema tutor, além do compartilhamento de informações importantes na modelagem de cada aluno, procurando superar uma de suas principais dificuldades nesta modelagem.

Com base nesta arquitetura de assistência aos alunos e professores, Raabe (2005) estende a arquitetura inicial de Yacef para incorporação da Teoria das Experiências de Aprendizagem Mediadas de Feuerstein (1991) e obtém sucesso em sua proposta. No entanto, sua forma de acompanhamento ainda exige uma percepção acentuada do professor ao diagnóstico da situação cognitiva de cada aluno, com preenchimento de formulários analíticos fixos pré-concebidos e disponibilizados no sistema para cada aluno.

Apesar desta implementação de Raabe também estar envolvida com a aprendizagem na subárea de Programação, ela se concentra no conteúdo inicial deste eixo temático dos cursos superiores em Informática, não conseguindo auxiliar todo caminho de aprendizagem a ser percorrido durante a formação de seus aprendizes, que normalmente envolve várias disciplinas essenciais e diferentes professores.

Um outro exemplo mais focado em um conteúdo específico, sem compromisso com a formação nesta importante subárea, é o trabalho de Omar (2004), intitulado Um sistema especialista de apoio à aprendizagem da Linguagem Java. Este trabalho contribui com o uso dos Sistemas Tutores Inteligentes no apoio a aprendizagem de uma

linguagem específica, sem a preocupação com as necessidades antecedentes a assimilação deste novo conteúdo na estrutura cognitiva dos alunos.

A elaboração deste trabalho de doutorado não está focado em um ou outro conteúdo pertencente a esta subárea, mas no acompanhamento evolutivo de cada aluno que transcende entre conteúdos e disciplinas que compõem o cerne deste importante eixo temático. Os resultados obtidos em um conteúdo ou disciplina anterior consistem em conhecimentos que o sistema coleciona sobre o esforço e desempenho alcançado por cada aprendiz na busca de seu êxito nesta formação e propiciam uma assistência mais completa aos seus docentes, bem como uma orientação mais adequada às características de aprendizagem de cada aluno.

Contudo, somente a utilização de uma nova ferramenta neste processo não seria suficiente ao seu sucesso, pois uma ferramenta consiste em um instrumento a ser empregado na realização de uma atividade que deveria ser planejada e organizada na obtenção de seu êxito.

Raabe (2005) emprega esta organização em seu sistema através da teoria proposta por Feuerstein, enquanto Bica (2006) trabalha com a teoria de Bandura (1997) para auxiliar na modelagem dos alunos incluindo aspectos de sua Auto-Eficácia em um Sistema Tutor Inteligente voltado a aprendizagem da Anatomia Vegetal.

Este trabalho de tese emprega a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel como método organizador a ser incorporado em um Sistema Tutor Inteligente, na modalidade de assistente inteligente, com o intuito de utilizar esta ferramenta tecnológica no resgate da significação dos novos conceitos a serem trabalhados com os alunos por meio da associação destes com os conteúdos já disponíveis na estrutura mental de cada um deles.

No entanto, este trabalho propõe a integração desta teoria com uma forma de acompanhamento mais adequado ao tratamento de dados e informações incertas e imprecisas na apuração da real situação de aprendizagem momentânea de cada aprendiz.

Bica (2006) também emprega esta forma de análise sobre os dados e informações incertas na averiguação dos aspectos de Auto-Eficácia por meio de um agente mediador que utiliza a Lógica Fuzzy.

El-Nasr (2000) utiliza esta mesma lógica no tutor FLAME (*Fuzzy Logic Adaptive Model of Emotions*) para representar os aspectos emotivos do aluno por intensidade, visando mapear suas expectativas de acordo com seus estados emocionais e comportamentos.

Neste trabalho a Lógica Fuzzy é empregada para o acompanhamento coerente com os pressupostos mais relevantes da teoria de Ausubel, onde a disposição proativa do aprendiz é mapeada pelo seu esforço e dedicação sobre os recursos disponíveis no sistema e seu desempenho, por tópico do conteúdo, respeita a organização hierárquica definida no Mapa Conceitual elaborado pelos especialistas e docentes envolvidos, a fim de trabalhar a evolução significativa de cada tópico associado aos conteúdos explorados anteriormente.

Dessa forma, essas pesquisas serviram como métrica para destacar a necessidade do estudo multidisciplinar entre as concepções teóricas envolvidas e os possíveis recursos tecnológicos que as viabilizariam. O acesso e a análise destes trabalhos serviram como inspiração e possibilitaram um direcionamento mais seguro ao alcance dos objetivos almejados, contribuindo na integração metodológica com a arquitetura a ser implementada em seu apoio por meio de um ambiente computacional de aprendizagem inteligente.

1.3. Problema

A realidade do ensino fundamental e médio no país não vem contribuindo com a qualidade dos estudantes que chegam à faculdade, pois estes completam seus estudos tendo uma fraca formação básica e algumas deficiências sobre conteúdos fundamentais como na Matemática e no Português, entre outros conhecimentos que podem estar mais

diretamente relacionados com a área de conhecimento escolhida pelo estudante para sua formação em nível superior.

Normalmente, estas faculdades têm que oferecer mecanismos para que estes estudantes superem as deficiências ignoradas em sua formação básica, solicitando, de todos os envolvidos neste processo de ensino, maior esforço e dedicação para recuperação mínima necessária para continuidade da aprendizagem deste estudante sobre a área de conhecimento escolhida.

Estas dificuldades também existem nos diferentes cursos de graduação em Computação, onde algumas subáreas de conhecimento, que compõe a área da Informática como um todo, enfrentam maiores dificuldades em superar as falhas decorrentes do fraco ensino básico e médio, como é o caso da Matemática em seus diversos conteúdos abordados nesta área de conhecimento. Com estas falhas, nesta subárea de conhecimento fundamental na formação de todos os indivíduos, algumas outras subáreas também são prejudicadas, como é o caso da Programação Computacional.

Esta subárea, essencial a formação em Computação, objetiva capacitar estudantes a resolverem problemas do mundo real, integrando a estas soluções o desenvolvimento de programas e sistemas computadorizados elaborados, primeiramente, por meio de algoritmos e lógicas de programação que serão traduzidas para linguagens de programação computacional. Estas traduções resultarão nos programas computacionais que orientam o computador sobre o que deve ser feito nas mais diversas situações possíveis dentro do problema abordado.

A prática de ensino em programação tem evidenciado a dificuldade da maioria dos estudantes em trabalhar com forte carga de conceitos abstratos que permeiam todo conhecimento envolvido na atividade de programar. Estas características, inerentes ao ambiente de programação, tendem a dificultar a aprendizagem uma vez que se baseiam no raciocínio lógico.

Nas diretrizes curriculares do Ministério da Educação e Cultura (MEC) para os planos pedagógicos dos cursos de Computação é possível relacionar disciplinas que não exigem, ou que possuem um ou dois níveis de pré-requisitos. Porém algumas instituições de ensino não respeitam a seqüência coerente da aprendizagem a ser efetivada nesta complexa subárea de conhecimento, permitindo a sobreposição de conteúdos em disciplinas diferentes que ensinam novas linguagens de programação. Faz-se assim necessária à análise destes conteúdos a fim de que seja elaborada uma base sem redundâncias e capaz de organizar e cobrir coerentemente todos os conceitos necessários para formar um programador completo. Outro problema, comumente encontrado no ensino desta subárea, está no processo de avaliação aplicado por estas disciplinas, que geralmente não condizem com os objetivos da aprendizagem desejada (Leite, 1999); (Marietto, 2000).

Estes problemas contribuem para altos índices de reprovação nestas disciplinas e também com as dificuldades apresentadas pelos estudantes nas disciplinas mais adiantas que exigem a programação como pré-requisito. Com isso, vários estudantes completam seus cursos sem as habilidades necessárias, enquanto muitos outros permanecem retidos nestas disciplinas. No entanto, existe a necessidade de maior empenho e esforço de todos os envolvidos para modificar este quadro, porém a maior parte do tempo que o estudante deve se dedicar à aprendizagem acontece no momento em que este aprendiz está solitário, realizando atividades complementares de estudo e reforço. A introdução e o esclarecimento dos novos conteúdos ocorrem em sala de aula, com a presença do professor, mas o uso e aplicação destes novos conteúdos acontecem, em sua maioria, com o estudo e a dedicação do aprendiz sobre o conteúdo desejado em atividades e períodos extraclasse.

A utilização das novas tecnologias pode auxiliar nesta aprendizagem, porém só o emprego de recursos tecnológicos não é suficiente para resolver o problema - "... a tecnologia da informação, por si só, não é suficiente ...", assim como "Uma caneta de tinta de qualidade é insuficiente para escrever um excelente romance." (Gilbert, 1997, p.11). Além disso, o acesso a estas novas tecnologias não faz parte da realidade da maioria dos brasileiros, onde 55% desta população nunca utilizou um computador e 68% nunca teve acesso a Internet (Comitê Gestor de Internet no Brasil, 2005). Segundo

o IBOPE, 80% dos usuários brasileiros da Internet pertencem às classes A e B, 16% à classe C e apenas 4% às classes D e E. (Milagres, 2002).

Todas essas diferentes características sociais, econômicas, científicas, políticas e tecnológicas juntas, consistem na problemática desta pesquisa, em relação à realidade nacional e o uso de tecnologias para reverter este quadro educativo nos cursos de graduação em Informática no Brasil, mostrando a necessidade de novas pesquisas, metodologias e técnicas condizentes com a realidade e necessidades da época. No entanto, os estudantes destes cursos, normalmente, possuem acesso contínuo sobre estes recursos tecnológicos, sendo possível à integração destes recursos às atividades cotidianas destes aprendizes.

1.4. Questão Norteadora

De acordo com esta problemática identificasse a seguinte questão de pesquisa norteadora para esta tese:

Como a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), de David Paul Ausubel, pode ser mapeada em componentes da arquitetura de um Sistema Tutor Inteligente (STI), caracterizado como Assistente Virtual de Ensino Inteligente (ITA), proporcionando um acompanhamento eficiente e uma avaliação coerente com os objetivos almejados pela aprendizagem na subárea de Programação Computacional em cursos de graduação em Informática?

1.5. Hipóteses

De acordo com a realidade atual, mostrada superficialmente no início deste trabalho, e o problema de pesquisa identificado, são decorrentes as seguintes hipóteses:

Hipótese 1 - O aporte teórico oferecido pela TAS fornece subsídios suficientes à tomada de decisão em Ambientes de Aprendizagem Inteligentes,

podendo ser mapeado como uma extensão da estrutura tradicional dos STI/ITA;

Hipótese 2 - A cooperação entre o docente e o sistema caracterizado como ITA cria novas possibilidades pedagógicas que podem favorecer o emprego da TAS;

Hipótese 3 - A concepção de uma nova arquitetura evolutiva do STI para promoção da TAS, na modalidade de um ITA, fornece subsídios oriundos do registro das interações do estudante com o sistema computacional, contribuindo com a coerente atuação do docente em relação aos possíveis problemas de aprendizagem;

Hipótese 4 - O acompanhamento da aprendizagem resultante da TAS, apoiada pelo ITA, pode ser efetuado com emprego da Lógica Fuzzy como suporte matemático do processo avaliativo de aprendizagem, de forma a contribuir com sua eficiência.

Hipótese 5 - A nova arquitetura do STI/ITA, que incorpora a TAS e realiza um acompanhamento avaliativo com emprego da Lógica Fuzzy, pode ser aplicada com sucesso na superação das dificuldades do ensino-aprendizagem realizado na subárea de Programação Computacional em cursos de graduação em Informática.

1.6. Objetivo Geral

Elaborar uma metodologia de suporte ao aprendizado de conceitos básicos de programação utilizando os pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel, usando como espaço mediático um ambiente baseado na arquitetura tradicional dos Sistemas Tutores Inteligentes, onde o modelo do aluno utiliza a Lógica Fuzzy.

1.7. Objetivos Específicos

De acordo com este objetivo geral, descrito na seção 1.6, são relacionados abaixo os objetivos específicos deste trabalho:

- a) Identificar indicadores que contribuam para o planejamento e a organização da proposta metodológica da TAS por meio da análise de trabalhos correlatos, a partir da experiência docente do autor e seus orientadores;
- b) Propor uma organização metodológica com a abordagem dos diversos conteúdos essenciais à subárea de Programação Computacional, envolvendo cada uma das respectivas disciplinas e suas responsabilidades individuais, que colaboram com a formação do arcabouço de competências esperadas de um aluno;
- c) Definir os componentes a serem agregados as arquiteturas tradicionais do STI, na modalidade de ITA, a fim de fornecer o suporte necessário ao processo decisório de promoção da TAS;
- d) Incorporar o método baseado na Lógica Fuzzy sobre a TAS para acompanhamento e avaliação individual da aprendizagem efetivada por cada estudante;
- e) Elaborar um protótipo que empregue a metodologia adotada sobre a arquitetura proposta usando como domínio os conteúdos da subárea de Programação Computacional em cursos de graduação em Informática;
- f) Realizar experimentos para validar a arquitetura proposta e a metodologia adotada no ensino-aprendizagem desta subárea;
- g) Refinar a proposta metodológica após análise de resultados práticos, promovendo os ajustes corretos sobre os métodos e a arquitetura do sistema que possibilitará alcançar com êxito os objetivos almejados;

- h) Registrar a contribuição destes resultados práticos para aproveitamento dos mesmos neste trabalho de doutorado;
- i) Colaborar com a pesquisa brasileira em Informática na Educação, por meio da discussão da importância dos temas relacionados as NTICs aliadas a métodos e técnicas educacionais para prática educativa eficiente.

A Figura 2 busca representar as áreas que convergem para este trabalho interdisciplinar, efetivando uma ação transdisciplinar que envolve contribuições da Educação e da Psicologia, relacionadas à TAS, procurando integrá-las as pesquisas relacionadas com a utilização da Inteligência Artificial aplicada na Educação (IAED) para construção de STI. Esta representação explicita o envolvimento das áreas de Inteligência Artificial, Sistema Tutor Inteligente, Assistente Inteligente (ITA), Lógica Fuzzy, Ensino de Programação Computacional e Teoria da Aprendizagem Significativa.

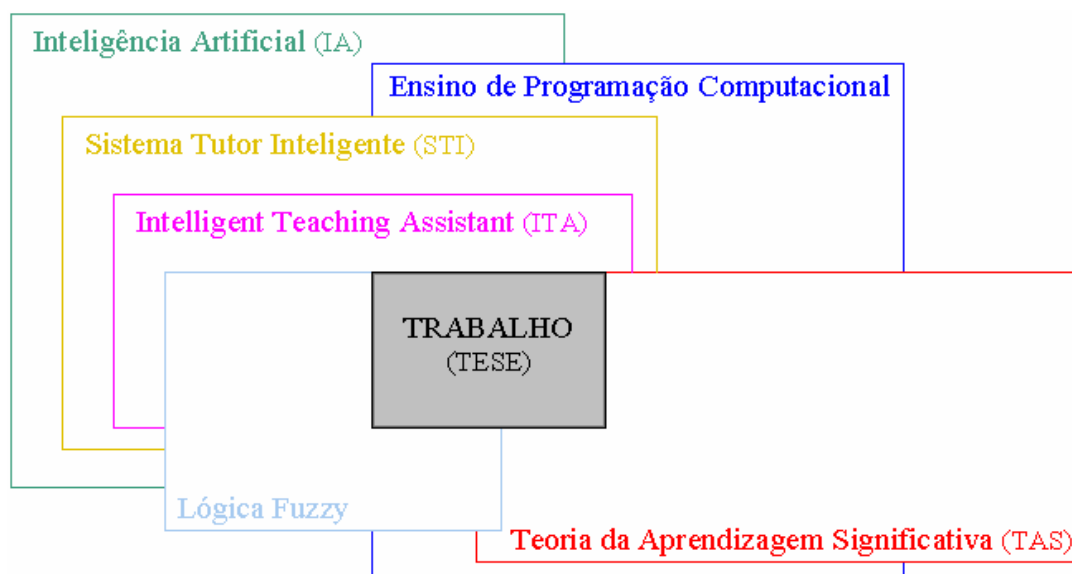


Figura 2 – Áreas envolvidas no desenvolvimento deste trabalho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. As NTICs aplicadas no apoio ao Ensino-Aprendizagem

A valorização da informação constitui um aspecto fundamental para a sociedade atual, onde os recursos, técnicas e métodos que possibilitem a manipulação eficiente da mesma contribuem, significativamente, com a realidade de cada indivíduo nesta sociedade, ou mesmo com cada grupo de indivíduos que a constitui. Por isso as NTICs ocupam um papel de destaque nesta sociedade, pois permitem a manipulação coerente de grande quantidade de informação, propiciando, quando empregadas corretamente, o manejo seguro de um vasto volume de informação em um tempo consideravelmente reduzido.

Portanto, todo recurso que permita o manuseio ágil e eficaz da informação representa importante elemento para a sociedade atual, na qual a “informação emerge como matéria-prima e a tecnologia como um meio de agir sobre ela” (Teixeira, 2002, p.855). Isso a constitui como um importante diferencial dentro de cada sociedade, sendo, cada vez mais, um dos fatores fundamentais a sua consolidação e evolução.

Essas novas tecnologias vêm exercendo um papel transformador nesta sociedade, permitindo o rompimento de barreiras geográficas e contribuindo com a livre circulação de informações nos mais variados níveis de conhecimento, desempenhando assim também um papel social, pois fornecem informação aqueles indivíduos que tiveram esse direito negado ou negligenciado. Isso pode facilitar e prover maior grau de mobilidade social e econômica (Nanthikesan, 2000).

Entre os diversos recursos e equipamentos referenciados por essas NTICs destaca-se a Internet, como sua principal representante. Esta, também conhecida como rede mundial de computadores, trouxe inovações jamais registradas na história da humanidade, onde nem o surgimento da imprensa escrita, do rádio ou mesmo da televisão atingiu tamanha magnitude. Nunca se teve acesso a um volume de

informações tão grande, com tamanha facilidade e rapidez, além da interatividade proporcionada por esta “vedete” das novas tecnologias.

Estas duas novas tecnologias, o computador e a Internet, trabalhando em conjunto, promovem o acesso a diversos ambientes propícios para a conquista e o desenvolvimento de novos conhecimentos, além da interação, criação e cooperação entre seus usuários, que se tornam “agentes ativos” na construção deste novo conhecimento. Com isso, não se emprega somente esta combinação tecnológica como “aparato técnico materialmente objetivado...”, mas sim como “tecnologia cultural”, onde esta combinação constitui o “...corpo lógico de elementos simbólico-culturais”, como é analisado em Silva (2000).

Por meio desta combinação tecnológica é possível resgatar a questão da coletividade, sendo ela responsável por “...estender de uma ponta à outra do mundo as possibilidades de contato amigável, de transições contratuais, de transmissão do saber, de trocas de conhecimentos, de descoberta pacífica das diferenças, representando não apenas mais uma tecnologia da informação, mas um verdadeiro veículo de socialização” (Lévy, 1999).

Com isso, a Internet, através do “www” (*Wide World Web*), tem contribuído muito no surgimento de novos ambientes profissionais, governamentais, de entretenimento e nos mais variados domínios de atividades e conhecimento, estando entre estes domínios também o educativo. Neste domínio são oferecidas diversas oportunidades para criação de novos recursos de aprendizagem bem como mecanismos para seu compartilhamento (Westhead, 1999).

Com o surgimento e a disseminação da hipermídia na Internet, ainda foi possibilitado um avanço considerável na produção de material instrucional para Web (ou www), tornando-se muito comum à utilização complementar e alternativa de diferentes mídias (fotos, vídeos, sons, figuras animadas e outras) na elaboração de conteúdos instrucionais. Com a evolução e a facilidade de acesso e manipulação de recursos para produção desta tecnologia, torna-se possível empregar diferentes

estratégias de ensino em uma aplicação para Web, assim como a criação de novas estratégias e métodos mais eficazes na aprendizagem objetivada por determinado conteúdo.

No entanto, alguns conceitos são importantes na aplicação destas diferentes estratégias que incluem metodologias para modelagem de aplicação hipermídia educacional (Pansanato, 1999), modelos de sistemas hipermídia adaptativos (Brusilovsky, 1996), modelos de tutoria (Giraffa, 1999), arquiteturas de sistemas tutoriais para Web (Vassileva, 1997), ferramentas de autoria e disponibilização de material instrucional para Web (Westhead, 1999), modelos de aprendiz (D'Amico, 1999), além de modelos para representação de conhecimento (Novak, 1998).

A utilização da Internet no meio educacional potencializa amplas possibilidades a ser empregada diretamente no processo ensino-aprendizagem, porém em todas estas, a simples conexão física das instituições educacionais a rede mundial de computadores, não garante diferencial significativo na construção do futuro profissional e de seu conhecimento. Muitas são as informações disponíveis por meio destas novas tecnologias, mas nem sempre estas informações são completamente verídicas e de qualidade confiável. É necessário que estas informações sejam sistematizadas, analisadas, discutidas, apropriadas, empregadas ou descartadas, a fim de possibilitarem a construção efetiva de conhecimento. Após esta transformação são geradas “novas” informações baseadas neste “novo” conhecimento que também poderá ser disponibilizado pela rede, fazendo com que outros indivíduos se beneficiem deste “mais novo” conteúdo. Forma-se assim um ciclo que se repete indefinidamente “no qual informação gera conhecimento, que por sua vez, gera informação, que gera conhecimento, e assim sucessivamente. Isso tudo acaba desenvolvendo no indivíduo uma crescente capacidade de interação com os outros e os novos conhecimentos cada vez mais complexos” (Teixeira, 2002, p.854).

Nesta sociedade a Internet se consolida como principal recurso das novas tecnologias, pois possibilita a todos seus usuários selecionar, analisar, receber, tratar e enviar qualquer tipo de informação por meio de ambientes propícios e extremamente favoráveis a sua circulação. No processo de ensino-aprendizagem a Internet pode

desempenhar um papel fundamental sobre a motivação do aprendiz, além da melhoria do ensino, criando novas fontes de conhecimento, viabilizando projetos de educação à distância ou simplesmente fornecendo suporte as instituições educacionais mais tradicionais. Porém, à medida que o acesso da Internet se limita às classes sociais mais privilegiadas, seu uso tende aprofundar diferenças e restringir ainda mais as oportunidades para as camadas de menor renda. Com isso, o risco de mais uma forma de segregação social torna-se evidente para as camadas sociais economicamente inferiores, sendo esta nova separação conhecida como exclusão digital – "um gigantesco e dramático fosso entre uma minoria 'plugada' no mundo moderno e uma grande massa de sem-internet, à margem da principal mudança tecnológica das últimas décadas" (Milagres, 2002, p.837).

O momento atual, na sociedade da informação, preocupa-se com questões muito mais complexas do que simplesmente aprender a lidar com os desafios operacionais enfrentados no cotidiano de cada um. Esta sociedade está diante de uma nova forma de pensar o mundo, de formar pessoas e constituir cidadãos em uma sociedade com novas características - "...é preciso formar os indivíduos para uma nova cidadania, que possam ser capazes de participar efetivamente da vida social e política, assumindo tarefas e responsabilidades. Mas um cidadão ou cidadã que saiba se comunicar nos mais diferentes níveis, dialogar num mundo interativo e interdependente, impregnado dos instrumentos de sua cultura, utilizando-os para sua emancipação, transformação, libertação e transcendência. Acreditamos que caberá à educação desenvolver competências fundamentais no sentido de capacitá-lo para assumir o comando da própria vida, para uma participação mais direta, efetiva e responsável na vida em sociedade. Educá-lo para que seja membro de uma cultura moderna, capaz de integrar o sistema produtivo fazendo uso dos insumos e produzindo em harmonia com o seu meio natural e social. Educá-lo para que seja um consumidor consciente, capaz de tomar posse das informações produzidas no mundo e que afetam sua vida como cidadão." (Moraes, 1999, p.136).

A inserção das novas tecnologias no processo de educação não deve objetivar somente questões pragmáticas, sofrendo o risco do ensino tecnicista, sem metodologia e técnica educativa adequada para formação do cidadão que ainda possuirá habilidades

básicas complementares para uso de recursos tecnológicos essenciais na sociedade atual. Neste processo educativo o computador deve ser um instrumento pedagógico a serviço do processo de construção de um conhecimento autônomo e criativo.

Segundo a mais atual pesquisa do Comitê Gestor de Internet no Brasil (2007), cerca de 55% da população brasileira nunca usou um computador e 66% jamais acessou a Internet. A proporção de indivíduos que já acessaram a Internet no Brasil corresponde a 33,32% da população envolvida nesta pesquisa, onde 14,49% de domicílios envolvidos possuem acesso a Internet e cerca de 46% desta população entrevistada acessa-a diariamente. Destaca-se ainda nesta pesquisa que 49,42% dos indivíduos que acessam a Internet tem propósitos educacionais, o que demonstra também uma quantidade significativa de internautas interessados em recursos de aperfeiçoamento e aprendizagem em ambientes virtuais.

No entanto, deve existir muito cuidado no emprego destas novas tecnologias que servem de instrumentos (ou ferramentas) para evolução de cada indivíduo na realidade de seu tempo e não simplesmente para a troca de um recurso tecnológico por outro na realização do processo ensino-aprendizagem.

Não se busca somente a aplicação de tecnologias mais avançadas para um mesmo processo educacional, mas sim o apoio coerente à nova maneira com que se vive e convive neste mundo, sendo o professor o agente real responsável pela suavização da entrada de cada aprendiz nesta nova realidade da sociedade, indistintamente para qual seja a área de conhecimento envolvida.

Para os próprios profissionais da área de tecnologia os desafios são enormes, pois a simples operação correta sobre as novas tecnologias não é suficiente para a inserção satisfatória de um novo profissional na sociedade atual. É insuficiente somente saber usar o recurso tecnológico corretamente, porque é preciso saber empregá-lo coerentemente no alcance dos objetivos almejados, onde estas tecnologias fornecem o apoio essencial à formação de cada indivíduo nesta sociedade.

A crença de que professores da área de tecnologia são privilegiados, pois sabem operar tranquilamente estes novos recursos, não é verdadeira. Estes professores podem até facilmente operar a tecnologia desejada, mas ainda lhes faltam o mais importante, ou seja, o conhecimento sobre os métodos pedagógicos que contribuirão na formação do profissional requisitado por esta sociedade.

Todavia, é essencial que estas tecnologias sejam aplicadas como ferramental de suporte aos métodos e técnicas pedagógicas educacionais na formação de um indivíduo. Na área de tecnologia é comum que excelentes profissionais desempenhem também o papel de professor, no entanto, isso não garante que estes profissionais serão bons educadores.

Um exemplo disso é a dificuldade de instituições de ensino de graduação em Ciência da Computação, Engenharia de Software, Sistemas de Informação, além de outros domínios de conhecimento relacionados à graduação em Informática, em conseguir formar bons profissionais na subárea de Programação Computacional, subárea de conhecimento essencial a todos profissionais da área de Informática. No entanto, esta subárea consiste no maior desafio a ser superado por seus professores, que também devem se conscientizar de que ser “um bom profissional” nesta área não é suficiente para se chegar ao êxito do ensino-aprendizagem nesta subárea. Vários pesquisadores identificam esta subárea como uma das mais difíceis e relevantes para esta formação (Almeida, 2002); (Tobar, 2001); (Mendes, 2000); (McKeown, 1999); (Rocha, 1991).

O insucesso generalizado na aprendizagem desta subárea demonstra o real fracasso em seu processo de ensino, principalmente por esta aprendizagem ocorrer praticamente durante todo curso. Os baixos índices de assimilação dos estudantes nas disciplinas cujos requisitos exigem o conhecimento de programação tem sido um grande problema enfrentado em muitas instituições (Mendes, 2000).

A aprendizagem de conceitos e métodos essenciais para a construção de programas de computador não é algo trivial, pois requer uso de habilidades de alto

nível, além de boas doses de raciocínio abstrato. A programação computacional, mais que qualquer outra atividade, envolve habilidade de raciocínio para a solução de problemas, onde a Informática possa ser empregada no apoio de uma solução eficiente (Dijkstra, 1975).

No entanto, programar também é uma tarefa de engenharia, uma vez que trata da elaboração de “produtos” que devem satisfazer requisitos de qualidade, sendo estes passíveis de teste e verificação. Aprender a programar é um processo difícil e exigente para a maioria dos estudantes que necessitam do ensino de linguagens de programação para estarem capacitados no desenvolvimento de programas e sistemas computadorizados destinados à solução de problemas existentes no mundo real. A prática docente no ensino de disciplinas introdutórias a programação computacional tem mostrado a grande dificuldade que uma parcela significativa de estudantes possui em compreender e aplicar certos conceitos abstratos essenciais à programação.

A atividade de programação é explicitamente entendida como a construção do “produto” que tem capacidade de resolver um problema real ou auxiliar alguém a solucioná-lo da melhor maneira possível. Neste contexto, busca-se a elaboração de um conjunto de ferramentas computacionais que apóiem as fases de: (i) compreensão do problema; (ii) planejamento da solução; (iii) representação desta solução mediante a elaboração de seu algoritmo. Até este momento, com o uso destas ferramentas, o estudante estará preocupado somente com o problema a ser resolvido, procurando para este a melhor solução a ser implementada.

A necessidade contínua de estudos para ajudar a determinar métodos efetivos de ensino e aprendizagem em programação tem sido ressaltada por trabalhos e artigos como (McKeown, 1999), que constata a queda acentuada no número de profissionais adequadamente qualificados em programação, num panorama sem previsão de mudanças para um futuro próximo. Neste estudo argumenta-se que os métodos e recursos educacionais usados no ensino de introdução à programação, geralmente desencorajam os novos estudantes, que consideram lenta e difícil a assimilação de seus conteúdos fundamentais, assim como a aquisição de habilidades essenciais ao seu desenvolvimento. Por isso torna-se necessária a participação destes estudantes em

experiências não frustrantes com programação computacional, onde estes possam desenvolver autoconfiança e construir, com estas experiências, as habilidades necessárias apoiadas por tais ferramentas de ensino.

As realizações destas experiências poderiam ser mediadas por ferramentas de ensino computacionais que apóiem a aprendizagem destes estudantes, porém estas contemplariam metodologias didáticas e pedagógicas que forneceriam subsídios à aprendizagem almejada pelos mesmos. Dentre as diversas ferramentas já elaboradas e conhecidas, que incorporam estas metodologias, tendo como principal objetivo facilitar a aprendizagem de lógica em linguagens de programação, pode-se citar como exemplo: Online Judge (Kurnia, 2001), E-TCL (El-Khouly, 2000), ALPUS (Ueno, 1995), AMBAP (Almeida, 2002) e SAAP (Castro, 2002).

Uma classificação para estas ferramentas é proposta por Deek (1999), consistindo tal classificação em: ambientes de programação, como é o caso do Online Judge (Kurnia, 2001) e do AMBAP (Almeida, 2002); depuradores; sistemas tutores inteligentes, como é o caso do E-TCL (El-Khouly, 2000); e ambientes inteligentes de programação, como é o caso do ALPUS (Ueno, 1995) e do SAAP (Castro, 2002).

Apesar de várias metodologias propostas terem alcançado melhores índices de aprendizagem sobre o domínio da programação de computadores, não foram encontradas, na literatura pesquisada, metodologias que possibilitassem tratar cada aprendiz de maneira diferenciada, pois estudantes não são iguais, possuindo cada um suas próprias características inatas, além de origens, experiências e habilidades diferentes. Isto explica, em parte, o fato de alunos de uma mesma classe, submetidos às mesmas condições de ensino, apresentarem resultados distintos (Cardoso, 1998). Estas constatações reforçam a necessidade de serem aplicadas técnicas e métodos variados sobre um mesmo conteúdo de aprendizagem, o que permitiria ampliar os resultados positivos na realização deste processo educacional. Entretanto, não existem indicações de uma vasta utilização destas ferramentas, que acabam por se tornar apenas resultados de produtos de investigação, sem grande divulgação junto à maioria dos professores e estudantes.

As particularidades e dificuldades na aprendizagem de programação podem ser diagnosticadas não somente pela quantidade de reprovações nas disciplinas introdutórias a esta subárea, mas também pelas dificuldades demonstradas pelos estudantes nas disciplinas avançadas que necessitam de uma fundamentação em programação (Tobar, 2001). Este essencial aprendizado para Computação propõe a compreensão de conceitos básicos entre outros mais complexos, como é o caso da recursividade e da passagem de parâmetros (Rocha, 1991). Estas dificuldades podem contribuir ainda mais com a falta de motivação do estudante, promovendo o acúmulo de conteúdo a ser estudado, timidez em expressar suas dúvidas em sala de aula, principalmente pela dificuldade em formular suas questões, além da não participação efetiva nos trabalhos elaborados em grupo, incentivando assim a evasão escolar.

Como se demonstra evidente, o aprendizado em programação computacional corresponde a um requisito fundamental na formação em Computação, porém sua qualificada efetivação vem se tornando desafiadora em muitos cursos de graduação. Muito se tem feito para estimular os estudantes a focalizarem e manterem o interesse nesta importante subárea de conhecimento, sendo várias tentativas realizadas com diferentes paradigmas e pedagogias educacionais, o que tem resultado na elaboração de ferramentas de suporte a diversos tipos de cursos em programação.

Normalmente, estudantes de graduação na área de Informática já possuem algum tipo experiência com o computador e a Internet, sendo seu uso facilitado por conta da disponibilização da infra-estrutura de laboratórios e locais de estudo e pesquisa oferecidos por suas instituições de ensino. A intensificação do período de utilização dos mesmos ainda aumenta no decorrer do curso, privilegiando, de alguma forma, estes estudantes quanto ao acesso e uso de alguns recursos das NTICs em relação à realidade nacional.

Uma alternativa relevante para melhoria na qualidade do ensino e o incentivo dos estudantes na subárea de Programação têm sido a disponibilização de ambientes de apoio ao ensino para seus aprendizes iniciantes. Estes ambientes seriam compostos por materiais instrucionais que auxiliariam o aprendiz a assimilar os conteúdos lógicos e práticos necessários na compreensão e uso de uma linguagem de programação, assim

como na aprendizagem relacionada ao seu ambiente de edição e criação de programas, sendo o material adotado interativo e esclarecedor sobre a situação avaliativa individualizada de cada estudante.

O ambiente de edição e criação de programas deve ser simples e de fácil utilização, o que manterá a atenção do estudante voltada para o domínio do problema a ser resolvido. Um depurador eficiente na avaliação e indicação do problema existente no programa elaborado contribui muito com os aprendizes que precisam visualizar, claramente, os erros cometidos na elaboração do programa. A elaboração de algoritmos é essencial neste árduo caminho de aprendizagem, podendo este ser desenvolvido diretamente sobre o computador, por meio de ferramentas de depuração e execução dos próprios algoritmos. Assim, reduzir-se-ia a forte carga de abstração solicitada a estes estudantes, que conseguiriam visualizar, como resultado concreto, o que vislumbraram como solução do problema em suas abstrações. Isso ainda promoveria o aumento na motivação da aprendizagem sobre esta difícil subárea.

Na perspectiva de conhecer o funcionamento do computador, também estão sendo desenvolvidas ferramentas de software que permitem, através de simuladores, explorar todas as fases envolvidas no processamento do programa elaborado. Normalmente, são destacadas as traduções realizadas e sua execução em código de máquina, sendo tudo isso efetuado pela Unidade Central de Processamento (UCP). Estas ferramentas buscam aproximar o abstrato do concreto, dando mais visibilidade a conceitos geralmente abordados de forma bem abstrata (Almeida, 2002).

A elaboração de ambientes de aprendizagem para programação necessita da implementação de características diferenciais que promovam o sucesso em sua aplicação. Mendes (2001) relaciona estas características, sendo as principais: interatividade, configurabilidade, simplicidade, intuitividade, possibilidade de representações alternativas, portabilidade, recursos que possibilitem animação, além de possuir um baixo custo de aquisição para atingir elevado número de estudantes.

Um outro fator relevante no estudo do processo de ensino-aprendizagem neste conteúdo é a uniformidade com que todos os estudantes são tratados, ou seja, a mesma aula é lecionada para todos os alunos, independentemente de ser para quem sabe muito, pouco ou nada sobre o conteúdo. Em mais uma característica fundamental na utilização destes ambientes de aprendizagem, encontrasse a possibilidade da realização do acompanhamento individualizado sobre as diferentes situações do estado mental de cada estudante, sendo imprescindível considerar sua situação inicial (estado mental inicial), além do mundo no qual este aluno se situa. Este é o ponto de partida para a aprendizagem significativa, sendo necessário criar um mecanismo para identificar o estado mental de cada aprendiz, relativo ao domínio de conhecimento em questão (Moreira, 1999). Este levantamento pode ser feito por meio de enquête ou questionário digital, entrevista ou mesmo uma avaliação diagnóstica que visa aferir o nível mínimo de conhecimento do estudante.

O ensino e a aprendizagem são dois aspectos de um fenômeno conhecido por ensino-aprendizagem, onde a natureza do ensinar tem como compromisso assegurar que todos aprendam (Moreira, 1982). O sucesso deste fenômeno é alcançado, mais seguramente, com a efetivação de algumas atividades cuidadosamente acompanhadas durante sua realização ou logo após a conclusão. No entanto, o fator mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe, conforme afirmativa de David Paul Ausubel (Ausubel, 2000). É necessário então determinar continuamente o que o estudante conhece e ensiná-lo de acordo com sua evolução, suprimindo suas deficiências e avançando em assuntos que necessitem de consolidação para o sucesso da aprendizagem almejada.

Para que isso aconteça faz-se necessária à definição de um plano de trabalho, ou plano de ensino, a ser seguido e acompanhado como modelo guia ou referencial das metas e submetas a serem atingidas, além da descrição de quais ferramentas poderiam ser empregadas no auxílio dos professores e dos estudantes envolvidos neste processo de ensino-aprendizagem, como também para a instituição de ensino responsável pelo sucesso de todo este processo.

O acompanhamento individualizado para cada estudante permite diagnóstico mais preciso do estado mental do aprendiz, conforme este caminha em sua aprendizagem. Por meio desta precisão e da rapidez com que se identifica o avanço ou não do estado mental do aprendiz é possível encaminhá-lo para atividades que forneçam continuidade a sua aprendizagem evolutiva ou mesmo para realização de novas atividades de reforço na busca da consolidação necessária de determinado conteúdo exigido no avanço de seu caminho de aprendizagem. Tudo isso devido à constatação de deficiências ou falhas até onde este estudante já tenha chegado em seus estudos.

Apesar da coerência lógica e funcional desta proposta de acompanhamento do modelo mental sobre esta complexa aprendizagem, constata-se que a maioria das instituições de ensino, com cursos de graduação em Informática, mantém critérios de avaliação incoerentes com este aprendizado, variando muito pouco de uma instituição para outra. De forma geral, a maioria destas instituições avaliam o aprendizado por meio de uma prova e um projeto a cada bimestre, além da entrega de listas de exercícios, seguindo a ideologia do ensino “matéria dada é matéria ensinada, sendo portanto matéria cobrada”. Destacasse, como principal instrumento desta avaliação de aprendizagem, a tradicional prova que procura identificar a retenção de conteúdo alcançada pelo aprendiz. Se na contabilidade geral, um estudante conseguir atingir a média necessária para aprovação, este prosseguirá no curso, caso contrário terá que refazer a disciplina, provavelmente junto com outras disciplinas de programação, pois poucas instituições trabalham com o pré-requisito formal, que impede o estudante de cursar uma disciplina mais avançada sem ter sido aprovado numa disciplina básica (Pimentel, 2003).

A falta ou a pouca comunicação existente entre professores de disciplinas do mesmo semestre e principalmente dos semestres seguintes, não colabora com o acompanhamento real da situação do estudante, além de contribuir com o isolamento da disciplina que compõe o conjunto de disciplinas responsáveis pela aprendizagem de toda uma subárea, prejudicando seus inter e intra-relacionamentos relevantes para consolidação gradual do modelo mental de cada aprendiz. Além disso, os critérios de avaliação usados pelas instituições de ensino, como também pelos professores isolados com suas crenças individuais, não são satisfatórios a aprendizagem do conteúdo de toda

uma subárea de conhecimento, se não estiverem corretamente divididos e coerentemente distribuídos por suas disciplinas. Em uma situação onde o estudante tenha alcançado exatamente a média mínima para aprovação, não se pode garantir que este aprendiz tenha realmente aprendido a quantidade mínima de tudo àquilo que foi abordado por sua disciplina, podendo este estudante ter aprendido muito bem um tópico e quase nada de outros tópicos correlacionados. Com esta aprendizagem deficiente, este estudante poderá enfrentar problemas durante a realização de disciplinas avançadas e posteriormente em sua vida profissional.

A identificação destes problemas não é fácil, pois algumas sutilezas podem passar despercebidas pelo professor, que normalmente conduz, nestas disciplinas, turmas com grande quantidade de estudantes e a interação com cada um, assim como seu acompanhamento de aprendizagem individual é inviável e normalmente impossível de ser realizado com grande precisão (Tobar, 2001).

As dificuldades, enfrentadas pelos professores, contribuem, em parte, com que vários estudantes consigam completar seus cursos sem as habilidades de programação necessárias a área de Informática. Não se defende aqui o uso de retenção como solução do problema no ensino-aprendizagem, pois não se pode condenar o estudante a levar o problema de aprendizagem indefinidamente, mas se procuram encontrar métodos e ferramentas que promovam maior interesse, envolvimento e dedicação do aprendiz em trilhar seu difícil, mas fundamental, caminho de aprendizagem na formação de um eficiente profissional na área de Informática.

Um projeto com ambição de ensinar e contribuir com a aprendizagem nesta subárea desafiadora, mas essencial aos profissionais de Informática, deveria contemplar uma metodologia coerente com o planejamento educativo neste conteúdo, empregando técnicas e posturas de ensino e aprendizagem condizentes com os objetivos desejados, além de um conjunto de ferramentas que apoiem e forneçam condições e motivação para que seus aprendizes “encarem” realmente os obstáculos existentes no caminho da aprendizagem escolhida.

Para um projeto como este é extremamente necessário definir um modelo pedagógico que possibilite acompanhar individualmente o estado mental do estudante, promovendo e acompanhando sua evolução sobre tal conteúdo. No entanto, para acompanhar esta evolução é preciso descobrir o conhecimento que o aprendiz já possui, agregando a este novos dados e informações que contribuirão com a formação/evolução de novos conceitos e proposições necessárias na construção de seu novo saber.

A investigação do conhecimento já existente no aprendiz contribui com a construção de um modelo específico a sua situação mental diante da aprendizagem desejada, sendo possível, por meio deste modelo, efetuar um trabalho bem direcionado a construção e consolidação desta aprendizagem, solicitando mais esforço do aprendiz onde este seja realmente necessário.

A orientação dirigida ao conteúdo que o aprendiz deve dedicar-se mais, procura promover um ensino coerente com o conhecimento pré-existente no aprendiz, onde a assimilação de novos saberes, assim como a evolução do conhecimento já existente, pode acontecer de maneira significativa, ou seja, novos saberes vão sendo construídos por meio da formação/evolução gradual de novos conceitos e proposições, fazendo estes, algum sentido para o aprendiz. Facilita-se assim a retenção de novos dados e informações necessárias na formação consistente destes novos conceitos, que se conectarão a um conhecimento pré-existente na estrutura mental do aprendiz.

2.2. Teoria da Aprendizagem Significativa

A atribuição de significado a um novo conteúdo a ser incorporado ao corpo de conhecimentos de um indivíduo acontece por meio do relacionamento dos conhecimentos existentes na estrutura mental do indivíduo, os quais potencialmente poderão ser relacionados ou interconectados com os novos dados e informações que subsidiarão a formação de seu novo saber. Significado é definido por Ausubel (1980, p.526) como “conteúdo da consciência diferenciado e agudamente articulado que se desenvolve como um produto da aprendizagem simbólica significativa ou que pode ser evocado por um símbolo ou grupo de símbolos depois que estes foram relacionados não arbitrariamente e substantivamente à estrutura cognitiva.”.

Segundo Ausubel, a aprendizagem de um novo conteúdo deve ser conectada a um conhecimento anteriormente existente na estrutura mental do aprendiz, fazendo com que este novo conhecimento seja significativo. Um conhecimento significativo é aquele que possui significado para o aprendiz, ou seja, aquele que foi armazenado de forma mais substantiva à sua estrutura mental e não arbitrariamente. Por exemplo: um indivíduo já possuía um conhecimento sobre “porta”, sendo este conhecimento relacionado à sua vida cotidiana em que “porta” corresponde a um objeto que permite ou não o acesso a determinados locais como residências, escolas, banheiros, dormitórios, salas, entre outros ambientes.

No entanto, este indivíduo inicia um curso de Arquitetura de Computadores, onde “porta” também faz parte do novo conhecimento a ser tratado pelo curso. Porém, este novo conhecimento não corresponde exatamente aquele que este indivíduo, agora aprendiz de arquitetura, possui, mas sim um conhecimento novo no contexto em que “porta” também está inserida (porta de comunicação). A “aproximação” destes dois conhecimentos pode ser dirigida por um mediador durante seu caminho de aprendizagem, onde a mesma será facilitada pelo conhecimento que o aprendiz já possui, além da capacidade do recurso mediador em conseguir auxiliar este aprendiz a tornar significativo o novo conhecimento a ser adquirido – porta de comunicação

permite o transito de dados quando está habilitada (ou aberta) e não o permite quando está desabilitada (ou fechada).

Esta forma de perceber a construção do conhecimento pode ser aplicada em qualquer área, sendo bastante promissora para as situações que envolvem investigação e solução de problemas. A aplicação desta teoria no âmbito educacional parte de duas hipóteses fundamentais ao seu sucesso:

- a) O ser humano possui maior facilidade em captar aspectos diferenciados de um todo geral mais substantivo (ou mais inclusivo) previamente aprendido, do que chegar ao todo a partir de suas partes diferentes (ou menos inclusivas);

Na Figura 3 está representado o processo de compreensão relacionado ao que consistiria uma casa, sendo na abordagem **a)** sugerida a intervenção que parte do conhecimento sobre suas partes, almejando por fim alcançar a compreensão do todo (a casa). No entanto, na abordagem **b)** é representada a intervenção que parte do todo para a compreensão dos componentes que a constituem (seu detalhamento).

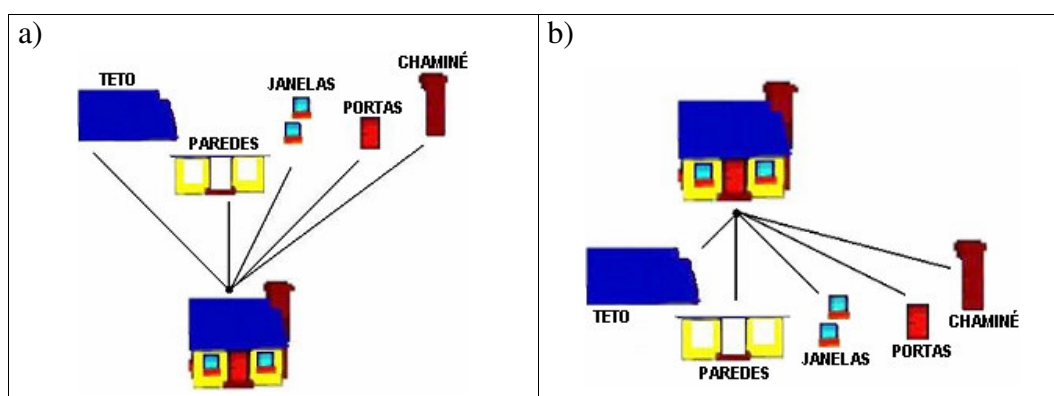


Figura 3 – a) Representação partindo das partes para compreensão do todo, enquanto b) parte do todo para compreensão das partes.

A segunda hipótese fundamental para aplicação desta teoria no âmbito educacional seria:

- b) A organização do conhecimento na mente do ser humano consiste em uma estrutura hierárquica na qual as idéias mais inclusivas estão no topo da estrutura e, progressivamente, incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados.

Estas hipóteses são referenciadas pelos princípios propostos por Ausubel (1968), respectivamente conhecidos como diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Estes princípios consistem em:

- Diferenciação progressiva: corresponde ao princípio pelo qual o conteúdo deve ser desenvolvido a partir de suas idéias mais gerais e inclusivas, para posterior exploração progressiva, diferenciando suas especificidades relevantes;
- Reconciliação integrativa: princípio que prega a exploração explícita das relações entre proposições e conceitos, aponta suas similaridades e discrepâncias importantes e reconcilia inconsistências reais ou aparentes.

O primeiro princípio corresponde à seqüência natural da consciência, quando um ser humano é espontaneamente exposto a uma área inteiramente nova de conhecimento, enquanto o segundo é o anverso do primeiro, ou seja, ele preconiza o percurso inverso sobre o conteúdo, partindo do detalhe e da especificidade para as idéias mais gerais e inclusivas, devendo este princípio ser utilizado na programação do material instrucional a ser elaborado.

Portanto, para que ocorra a aprendizagem significativa é necessário que a nova informação relacione-se com um aspecto relevante já existente na estrutura de conhecimento do aprendiz, sendo esta estrutura específica, definida por Ausubel (1963) como conceito subsunçor. Este autor entende que o armazenamento de informações no cérebro humano acontece de maneira altamente organizada, formando uma hierarquia conceitual no qual elementos mais específicos de conhecimento são agregados a conceitos mais gerais e inclusivos (subsunçores). Este tipo de aprendizagem ocorre

quando novos dados e informações ancoram-se aos subsunçores, ou seja, conceitos relevantes para compreensão e facilitação da incorporação destes novos dados e informações junto à estrutura mental do aprendiz.

No processo de subsunção distinguem-se a subsunção derivativa e a correlativa, sendo a primeira compreendida como um exemplo específico de conceitos genéricos estabelecidos na estrutura cognitiva, enquanto que a correlativa corresponde a uma extensão, elaboração, modificação ou qualificação de conceitos previamente aprendidos e incorporados por interação aos subsunçores mais inclusivos, que ainda não possuíam seu sentido implícito, não podendo representá-los adequadamente.

Contudo, o indivíduo pode desejar explorar uma área de aprendizagem onde ainda não possua nenhum conhecimento abrangente que forneça aspectos inclusivos para a subsunção necessária. Entre algumas possibilidades coerentes com o tratamento deste tipo de situação de aprendizagem, Ausubel propõe o uso de organizadores prévios que servirão de ancoradouro as novas aprendizagens almejadas, constituindo-se em subsunçores na estrutura mental do aprendiz.

Com esta estratégia, Ausubel propõe uma forma de organizar, deliberadamente a estrutura cognitiva do aprendiz, a fim de facilitar sua aprendizagem significativa sobre um domínio completamente desconhecido, sendo o organizador prévio apresentado antes do próprio conteúdo a ser aprendido. Apesar do organizador prévio consistir em apenas uma estratégia de facilitação para a aprendizagem significativa, ele tem sido o aspecto mais pesquisado nesta teoria. Sua principal função é elaborar uma ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, auxiliando na aprendizagem à medida que exerce um papel de “ponte cognitiva”.

No caso de conteúdos totalmente desconhecidos, um organizador “expositório” será usado para prover subsunçores relevantes e aproximados, sendo estes sustentados por uma relação superordenada com o novo conteúdo, fornecendo assim uma ancoragem ideacional em termos do que já é familiar ao aprendiz. Para aprendizagem de conteúdos relativamente familiares, um organizador “comparativo” será empregado

na integração de novas idéias com conceitos basicamente similares aos já existentes na estrutura cognitiva, assim como no aumento da discriminabilidade entre idéias novas e as existentes, as quais possam parecer similares, chegando a ponto de se confundirem (Ausubel, 1968).

A aprendizagem destacada até o momento neste trabalho consiste do processo de subsunção denominado subordinado, pois corresponde a assimilação de um novo conceito ou proposição potencialmente significativa e menos inclusiva do que seu subsunçor já existente na estrutura mental do aprendiz. Os aspectos relevantes mais estáveis de uma estrutura cognitiva correspondem ao principal fator de influência na aprendizagem significativa e na retenção de conhecimento.

No entanto, também é possível a estrutura mental de um indivíduo efetuar aprendizagem significativa superordenada, onde a interação entre conceitos e proposições existentes permite a assimilação de conhecimento mais inclusivo que estes próprios conceitos já estabelecidos na estrutura, passando este novo conhecimento mais inclusivo a assimilá-los. Este tipo de aprendizagem (superordenada) acontece normalmente em áreas desconhecidas do indivíduo. Por exemplo: à medida que uma criança se desenvolve e assimila os conceitos de carro, caminhão e ônibus, pode ela mais tarde aprender que todos estes são subordinados ao conceito de meio de transporte, por meio de uma aprendizagem superordenada. Posteriormente a esta nova aprendizagem, sobre meio de transporte, esta mesma criança poderá aprender o conceito de camioneta e motocicleta, facilitada pelo conhecimento mais inclusivo e recentemente incorporado a sua estrutura mental. Isso propiciaria a assimilação significativa destes novos conceitos, ocorrendo esta por meio da subsunção subordinada.

No intuito de examinar a eficácia do emprego de organizadores prévios no processo de aprendizagem foi efetuada uma revisão de estudos, utilizando à estatística “medida de efeito”, sobre 135 estudos relacionados com aprendizagem e retenção. Estes dois aspectos foram examinados como um todo, sendo subseqüentemente divididos em quatro tópicos: nível de ensino, habilidade do estudante, área ou conteúdo e formato do organizador prévio.

Os resultados obtidos neste estudo mostraram um efeito positivo no uso de organizadores prévios sobre os aspectos de aprendizagem e retenção, podendo ser analisados detalhadamente em Luiten (1980), pois neste trabalho serão apresentados somente alguns pontos interessantes do mesmo. Nos aspectos relacionados à aprendizagem a “medida de efeito” foi de 0,21, enquanto a retenção, curiosamente, apresentou-se com uma tendência à intensificação da aprendizagem no passar do tempo, mostrando um resultado que indica aprendizagem mais duradoura promovida pelo uso destes organizadores. Embora este estudo tenha se mostrado positivamente interessante para a aplicação de organizadores prévios, a pesquisa sobre sua utilização é bastante controversa, sendo muitas comparações efetuadas entre grupos experimentais que os usaram e outros que não, onde seus resultados também se apresentam divergentes.

Este tipo de análise comparativa deve ocorrer de maneira mais profunda e investigativa, pois certos aspectos relevantes da teoria de Ausubel podem ter sido ignorados, comprometendo diretamente seus resultados. Por exemplo: segundo esta teoria não se pode esperar que organizadores prévios facilitem a aprendizagem de conteúdos que não tenham significado para o aprendiz. Para que estes organizadores sejam realmente úteis, eles precisam ser formulados em termos familiares ao aprendiz, contando sempre com uma organização coerente e significativa do material de aprendizagem para alcançarem realmente um valor de ordem pedagógica.

Apesar das polêmicas divergentes na pesquisa sobre os organizadores prévios, Ausubel enumera três vantagens decorrentes do emprego dos mesmos, sendo estas:

- a) Empregar conteúdo familiar ao aprendiz;
- b) Permitir ancoragem de novo conteúdo aos subsunçores existentes;
- c) Tornar desnecessária grande parte da aprendizagem de rotina a que os estudantes normalmente recorrem.

O autor ainda recomenda que estes organizadores apresentem mais de um contexto, subsidiando características fundamentais de clareza, inclusividade,

estabilidade e discriminabilidade, procurando assim serem mais efetivos do que simples comparações introdutórias entre o novo conteúdo e aquele já conhecido. Outro aspecto importante no emprego dos organizadores prévios é o momento de sua apresentação, sendo estes mais eficientes quando apresentados no início das atividades de aprendizagem, o que salienta suas propriedades integrativas, ao invés de “obscurecê-las” quando apresentados simultaneamente com o conteúdo a ser aprendido (Moreira, 1982).

O sucesso na aprendizagem exige comprometimento responsável de todos os envolvidos, cabendo a cada um a realização de sua parte junto ao processo como um todo. A aprendizagem significativa pressupõe dois requisitos necessários ao êxito em sua ocorrência, sendo estes requisitos:

- a) Material de aprendizagem ser potencialmente significativo ao aprendiz;
- b) Disposição do aprendiz em relacionar o novo conteúdo à sua estrutura cognitiva, de maneira substantiva e não arbitrária.

A primeira condição para aprendizagem significativa pressupõe que o material seja relacionável à estrutura de conhecimento já existente do aprendiz, sendo esta relação estabelecida de forma não arbitrária e nem literal. Esta condição depende principalmente da natureza de dois fatores:

- Material a ser aprendido: a natureza do material deve permitir sua organização lógica e significativa, de modo que possa ser relacionada, de maneira substantiva e não-arbitrária, a idéias correspondentemente relevantes que se situem dentro do domínio da capacidade humana de aprender;
- Estrutura cognitiva do aprendiz: a natureza desta estrutura deve “prover” os conceitos subsunçores relacionáveis com o novo conteúdo que se deseja aprender.

A segunda condição enfatiza a necessidade de que o aprendiz manifeste sua disposição em relacionar o novo conteúdo com sua estrutura de conhecimento disponível. Neste esforço proativo, o aprendiz conectará, de forma não-arbitrária e não-litera, o novo conhecimento a sua correspondente estrutura mental. Nesta conexão não-litera a aprendizagem da informação não dependerá das palavras específicas que foram usadas no momento da recepção da informação. Desse modo, pode-se alcançar a aprendizagem significativa quando existirem condições do aprendiz transformar significados lógicos, referentes ao conteúdo potencialmente significativo, em significados psicológicos, relacionados ao conhecimento construído e estruturado idiossincraticamente.

O significado lógico é aquele inerente ao material que contém a informação, dependendo somente de sua própria natureza. Porém, quando o aprendiz transforma o significado lógico, intrínseco ao coerente material pedagógico, em um conhecimento agregado a sua estrutura mental, torna-o significado psicológico. Para cada indivíduo esta inserção ocorre de maneira peculiar e diferente, sendo filtrados os materiais que possuem significado para cada um deles. Neste processo idiossincrático de aprendizagem, Ausubel esclarece que o significado também pode ser potencial ou real, implicando ao real a incorporação do potencial na estrutura mental do indivíduo.

Independente da potencialidade significativa existente no material a ser aprendido, se a intenção do aprendiz for simplesmente memorizá-lo arbitrária e literalmente, tanto o processo de aprendizagem como seu produto serão mecânicos ou sem significados. Reciprocamente, nem o processo e nem o produto da aprendizagem serão significativos se o material não for potencialmente significativo, independente da disposição para aprender do estudante (Moreira, 1982).

A essa forma de aprendizagem do tipo “memorística”, Ausubel classifica como mecânica. Uma vez que sua absorção ocorre de maneira literal e não substantiva, sendo o esforço empregado sobre a mesma menor do que na aprendizagem significativa, porém seu grau de retenção é muito baixo, principalmente na aprendizagem de médio e longo prazo.

Na aprendizagem mecânica os novos dados e informações possuem pouca ou nenhuma associação com conceitos relevantes já disponíveis na estrutura mental, não sendo possível há interação entre eles. O conhecimento, assim adquirido, será arbitrariamente distribuído pela estrutura cognitiva, sem “ligar-se” a conceitos subsunçores específicos nesta estrutura.

Ausubel também sugere a utilização desta aprendizagem quando não existirem subsunçores (idéias-âncora) estabelecidos na estrutura cognitiva do aprendiz, sendo seu conhecimento inicial memorizado. Após este ser absorvido seria utilizado como idéia-âncora, gradativamente esclarecida e generalizada “inclusivamente” na estrutura mental, de forma a propiciar uma estrutura relevante de conhecimento sobre o conteúdo considerado. Assim, este tipo de aprendizagem auxiliaria na conexão entre a estrutura mental do aprendiz e os novos dados e informações almejados, desenvolvendo também um papel similar às “pontes cognitivas” (organizadores prévios) abordadas anteriormente.

A concepção ausubeliana sobre aprendizagem mecânica não se apresenta de maneira dicotômica em relação à aprendizagem significativa, mas sim como um *continuum* deste processo. Esse mesmo cuidado deve existir sobre o entendimento e a distinção entre aprendizagem por descoberta e por recepção, sendo esclarecido por Ausubel que esta última aprendizagem apresenta o conteúdo a ser aprendido em sua forma final, enquanto que na outra o conteúdo principal da aprendizagem é descoberto pelo aprendiz. No entanto, em qualquer uma destas situações a aprendizagem só será significativa quando seu conteúdo novo for incorporado, não arbitrariamente, à estrutura cognitiva do aprendiz, ou seja, se o conteúdo recebido ou descoberto ligar-se a subsunçores relevantes e já disponíveis em sua estrutura mental (Moreira, 1982).

Isso evidencia ainda mais que a estrutura cognitiva preexistente do aprendiz deve contemplar as características de clareza, inclusividade, estabilidade, generalidade, coesão e discriminabilidade, configurando-se como fator relevante mais decisivo a aprendizagem significativa. Seu criador defende o uso de material introdutório à instrução, devendo este material ser capaz de reduzir a inibição proativa do aprendiz e promover a facilitação da instrução. Para isso, deve utilizar organizadores prévios, que

corresponderão a subsunções com nível cognitivo mais abstrato, genérico e inclusivo do que o novo conhecimento a ser introduzido. Para que estes cumpram seu papel devem discriminar e destacar os componentes de instrução preexistentes e os novos, por meio de exemplos, repetição e indicação explícita de similaridades e diferenças, ou seja, pela diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa (Ausubel, 1963).

Ao processo de aprendizagem e retenção significativa podem ser identificadas três fases principais: *i*) aquela em que a informação potencialmente significativa precisa ser percebida antes que possa ser aprendida e retida; *ii*) a que se relaciona ao processo de aprendizagem e retenção propriamente dito; *iii*) além da que envolve a reprodução da informação retida. Constitui-se assim a aprendizagem como um processo no qual se atribui significado a uma informação, além de torná-la disponível.

Dessa forma, a subsunção derivativa e correlativa deve evitar a ocorrência da subsunção obliterativa, que correspondente à formação de subsunções instáveis, obscuros ou indiscrimináveis, pois a tendência reducionista, inerente à organização cognitiva humana, provocará a redução na disponibilidade da informação através do esquecimento – “O problema da aquisição de um corpo de conhecimento, portanto, relaciona-se em grande medida com a contraposição à tendência à subsunção obliterativa na retenção de materiais correlatos.” (Ausubel, 1963, p.53).

Tudo que impressiona ao ser humano é sentido, percebido e compreendido, passando, constante e dinamicamente, por um processo psicológico de elaboração e organização de sua estrutura mental (subsunção), sendo este processo denominado aquisição de conceitos. Por meio desse conjunto próprio de conceitos, constantemente adquirido e re-elaborado, é que o indivíduo se situa e interage com o mundo, através do seu filtro conceitual que constitui o seu mundo de significados ou conceitos. Na realidade, conforme observado por Moreira (1982), o ser humano vive mais em um mundo de conceitos do que de objetos, eventos e situações, sendo a aquisição destes conceitos fruto da psicodinâmica dos aspectos conotativos e denotativos, devendo esta psicodinâmica estar sempre presente neste processo, mesmo quando isso não se constituir no objeto de estudo no momento.

Ausubel, por meio da hipótese da assimilação, descreve o processo de subsunção, denominado por ele de “princípio da assimilação”. Este princípio ajuda a explicar como o conhecimento é organizado na estrutura cognitiva, mesmo depois do estabelecimento do significado, onde a relação entre os subsunçores e as idéias assimiladas permanece na estrutura mental.

Um processo de assimilação acontece quando um conceito ou proposição a , potencialmente significativo, é incorporado a um outro conceito A mais inclusivo e preexistente na estrutura cognitiva, sendo este novo conceito ou proposição assimilado como um exemplo, extensão, elaboração ou qualificação do conhecimento já existente na estrutura mental.

$$a + A \Rightarrow a' + A' \Rightarrow a'A' \Rightarrow A'_{(\text{nov})}$$

Figura 4 – Representação simbólica do princípio da assimilação.

A Figura 4 representa simbolicamente o princípio da assimilação, sendo importante ressaltar que esta figura consiste em uma representação simplificada, com características instrutivas e esclarecedoras sobre o princípio da assimilação proposto por Ausubel, pois, obviamente, descrever este processo, por meio de uma única interação entre uma nova informação e um único subsunçor, não corresponde à sua realidade. Mesmo em um exemplo real de menor escala, uma nova informação interagiria também com outros subsunçores, sendo o grau de assimilação desta nova informação dependente da importância da relação dela com cada subsunçor envolvido.

A interação, representada na Figura 4, entre a nova informação a e o subsunçor A , resultam na modificação de ambos, gerando a' e A' . Além disso, a' e A' permanecem relacionados como co-participantes de uma nova unidade $a'A'$, que corresponde exatamente ao subsunçor modificado. Este conceito subsunçor A mais inclusivo, se tornará um conceito mais elaborado A' o qual incluirá também a' .

Neste princípio ausubeliano, a assimilação ou ancoragem proporciona um efeito facilitador na retenção, porém admite-se a existência de um tempo variável, onde ambos os conhecimentos envolvidos (novo e subsunçor) permanecem como entidades independentes na estrutura cognitiva, sendo reproduzíveis individualmente, como pode ser observado na representação da Figura 5.

$$a'A' \iff a' + A'$$

Figura 5 – Representação da independência momentânea entre o novo conhecimento e o subsunçor.

Os subsunçores, bem estabelecidos e diferenciados, ancoram as novas informações e possibilitam sua retenção. Com o passar do tempo, o significado destas novas informações tende a ser assimilado ou reduzido pelos significados mais estáveis das idéias estabelecidas. Após a aprendizagem, inicia-se a assimilação obliteradora, aonde estas novas informações tornar-se-ão espontâneas e progressivamente menos dissociáveis da estrutura cognitiva mais inclusiva, chegando ao ponto de não ser mais possível reproduzi-las isoladamente, podendo-se dizer que houve esquecimento.

A importância do princípio da assimilação não está somente na aquisição e retenção de conceitos, mas também na implicação de um mecanismo de esquecimento subjacente a essas idéias. Um simples conceito abstrato é mais bem empregado aos aspectos cognitivos do que os próprios exemplos diferentes que os originaram.

O processo de redução que caracteriza a formação de conceito é muito similar a este processo de redução da memória, procurando esta encontrar o menor denominador comum capaz de representar a experiência ideacional envolvida. Um outro conceito referido por Ausubel em conexão com o princípio da subsunção é o “Limiar de Disponibilidade”, sendo este limiar determinado pela capacidade de dissociar aquilo que pertence daquilo que não pertence ao subsunçor. Considerando-se os processos de reconhecimento e lembrança, ter-se-ia o reconhecimento com limiar mais baixo, enquanto na lembrança este limiar seria mais elevado, pois para esta o indivíduo tem que criar a situação estímulo por si mesmo (Ausubel, 1963).

No entanto, a ocorrência da assimilação obliteradora consiste na continuação natural da assimilação, não implicando em que o subsunçor envolvido retorne à sua forma inicial, sendo seu resíduo responsável pela modificação do subsunçor. Retomando a representação da Figura 4, este resíduo é representado por A' , membro mais estável do produto $a'A'$, ou seja, o subsunçor melhor discriminado após a incorporação da modificação propiciada pelo resíduo A' , que posteriormente se tornará simplesmente A novamente, porém mais elaborado pela incorporação concluída.

A incorporação de conhecimento na estrutura mental de um indivíduo acontece por meio da aquisição de conceito, melhor esclarecido através da observação de suas características processuais junto a um indivíduo, sendo assim classificadas, fundamentalmente, em duas categorias:

- Formação de conceito: característica da aquisição indutiva e espontânea de idéias genéricas, a partir de experiências empírico-concretas, consistindo em um tipo de aprendizagem por descoberta que envolve, de forma primitiva, certos aspectos psicológicos;
- Assimilação de conceito: caracterizada na aquisição de conceitos pela recepção de seus atributos criteriais e pelo relacionamento desses atributos com subsunçores já estabelecidos na estrutura cognitiva do indivíduo.

Fundamentalmente, a formação de conceito consiste de um processo de abstração dos aspectos comuns essenciais a uma classe de objetos ou eventos, variando contextualmente, enquanto a assimilação de conceito envolve, de maneira mais significativa, a relação, de modo substantivo e não-arbitrário, das idéias relevantes estabelecidas na estrutura cognitiva do aprendiz, com o conteúdo potencialmente significativo, implícito na definição dos termos ou atributos criteriais contextualizados, sendo o surgimento fenomenológico do novo significado genérico na aprendizagem o produto dessa interação.

Durante sua fase infantil, o ser humano adquire conceitos, principalmente, por meio de seu processo de formação. Porém, ao atingir idade escolar, a maioria dos humanos já possui um conjunto de conceitos adequados para ocorrência da aprendizagem significativa por recepção, apesar de ainda, ocasionalmente, acontecer à formação de conceito. A partir da formação deste conjunto adequado, a maioria dos novos conceitos será adquirida por meio da assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa (Novak, 1977).

Diferentemente das propostas com centralidade na aprendizagem por descoberta, Ausubel consente maior prioridade à aprendizagem de informações derivadas do lastro cultural do estudante, atribuindo a aprendizagem por descoberta função auxiliar no processo. Para este autor, a forma de instrução por excelência é a aula expositiva: "A maior parte do tempo do estudante deve ser empregada em aprendizagem derivada de aula expositiva apropriada" (Ausubel, 1963, p.156).

Reconhecendo que o fator de influência mais importante de sua proposta concentra-se naquilo que o aprendiz já sabe (Ausubel, 1980), torna-se então necessário determinar, continuamente, o que o aprendiz conhece, o ensinando de acordo com o que ele realmente precisa saber e oferecendo-lhe uma situação de aprendizagem excelente frente ao conteúdo desejado. Para isso emprega-se uma pedagogia adequada ao trabalho coerente de assimilação contínua de conceitos relevantes à consolidação dos subsunçores por meio dos princípios da diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

A consolidação e o estabelecimento das novas informações na estrutura cognitiva do aprendiz deve acontecer de forma substantiva, estável e discriminativa, decorrente do cumprimento completo das etapas de desenvolvimento de cada estudante. Este caminho momentâneo e transitório de aprendizagem pode acontecer de maneira mais eficiente, permitindo que o aprendiz empregue seus esforços exatamente onde estes serão precisos. Procura-se assim incorporar a esta estrutura os novos dados e informações necessárias ao estabelecimento estável e inclusivo do conhecimento desejado através de seu processo de subsunção.

A utilização da Teoria da Aprendizagem Significativa na efetivação do ensino-aprendizagem contribui com a aplicação de técnicas e métodos reconhecidos desde o início do processo de aprendizagem com uso dos organizadores prévios, até seu estabelecimento inclusivo e substantivo, sendo este trabalhado por meio da subsunção de conteúdos relevantes e disponíveis na estrutura cognitiva do aprendiz.

O sucesso neste árduo caminho da aprendizagem atual compreende não só os aspectos relacionados ao conteúdo desejado, mas a formação de um indivíduo responsável diante de seu almejado saber, assim como consciente das necessidades sociais do seu *habit* natural. Dentre estas necessidades destaca-se a existência e o respeito ao próximo, estabelecendo-se cada vez mais necessária às habilidades sociais entre todos os seres.

2.3. Softwares Educativos e os Sistemas Tutores Inteligentes

Todos os sistemas computacionais que fazem uso de métodos e técnicas de Inteligência Artificial (IA) em seu projeto, independente de qual seja sua modalidade, se constituem em elemento de estudo e pesquisa da área conhecida como *Artificial Intelligence in Education* (AI-ED) ou Inteligência Artificial na Educação (IAED).

As pesquisas mais atuais sobre estes sistemas apresentam uma evolução sobre os STI com a utilização de agentes e assistentes inteligentes. Estes agentes correspondem a entidades que atuam de forma autônoma sobre um ambiente de ensino e aprendizagem por meio de comportamentos e ações coerentes com a busca da solução dos problemas propostos ao estudante (Frozza, 1997). Já os assistentes inteligentes podem ser relacionados a considerações de Pinto (1995) sobre Clancey (1987) que dividiu os STI em Tutores Inteligentes e Assistentes Inteligentes. Estes assistentes procuram fornecer aos estudantes realimentação dirigida e estruturada pelo professor, além de oferecer, a este professor, informações sobre o desempenho de cada estudante nas suas interações com o software educativo.

Os Sistemas Tutores Inteligentes são programas construídos com intuito de auxiliar a ensinar e aprender, procurando adequar as estratégias de ensino às necessidades de aprendizagem de cada estudante, sendo esta adequação possível por meio da combinação mais coerente e dinâmica das informações relacionadas ao estudante, ao conteúdo ou domínio desejado, além dos aspectos pedagógicos envolvidos na efetivação do ensino-aprendizagem eficiente sobre este conteúdo.

Segundo Viccari (1990), os STI consistem em: “Programas que, interagindo com o aluno, modificam suas bases de conhecimento (aprendem), percebem as intervenções do aluno, e possuem a capacidade de adaptar as estratégias de ensino de acordo com o desenrolar do diálogo”. Esta definição evidencia a necessidade das interações dinâmicas entre o estudante e o sistema, de forma que estas aconteçam sobre aspectos educativos de formação e/ou consolidação de um novo conhecimento para o estudante.

Em Giraffa (1999), a autora aborda que um STI “incorpora técnicas de Inteligência Artificial a fim de tentar criar um ambiente que leve em consideração os diversos estilos cognitivos dos alunos”, atribuindo ao computador a simulação de certos aspectos comuns à inteligência humana. Emprega-se assim o computador como ferramenta de apoio ao ensino-aprendizagem, promovendo a criação de ambientes virtuais de cooperação entre o(s) estudante(s), o professor e o STI (Dahmer, 1999). Este tipo de abordagem incentiva também à mudança do modelo de ensino tradicional, centrado no professor, para o modelo que condiz mais com as necessidades atuais do indivíduo e da sociedade, sendo este modelo centrado no estudante e em sua aprendizagem individual e responsável, baseada, principalmente, nos aspectos educativos do “aprender a aprender” (Chaves, 1991).

O objetivo principal deste tipo de sistema é a modelagem e a representação do conhecimento especializado humano para oferecer uma instrução interativa e adaptada em forma e/ou conteúdo ao estudante. Almeja-se assim, o comportamento similar ao de um monitor humano no apoio a aprendizagem do estudante, sendo este comportamento realizado pelo STI.

Estes sistemas não procuram apenas o que ensinar a cada um de seus usuários (aprendizes), mas como ensiná-los, aprendendo com cada um deles informações relevantes sobre seu próprio estado mental atual, relacionado ao conteúdo almejado. Isso proporciona um aprendizado personalizado, inclusive com adoção de métodos e técnicas pedagógicas mais coerentes com a realidade cognitiva de cada aprendiz, atentando também ao momento mais correto em que um novo conteúdo deva ser incluído na abordagem.

O uso dos STI equivaleria à existência de um tutor humano, seja ele um professor, monitor ou colega mais experiente, dedicado especificamente ao esclarecimento de cada estudante sobre o conteúdo. Geralmente, os STI mais tradicionais fazem uso de um modelo Sócrático de comunicação entre o estudante e o tutor, prevendo situações de interação a partir de algum fato conhecido por este estudante (Alves, 1998). Isso contribuiria com a subsunção do novo conteúdo ao

conhecimento inicial já existente na estrutura mental do estudante, promovendo assim sua Aprendizagem Significativa (Moreira, 1982).

Entretanto, a partir do momento em que um estudante passa a agir de forma muito distante dos parâmetros gerais especificados para assimilação deste conteúdo, um tutor humano é alertado sobre as dificuldades e os resultados obtidos na interação deste estudante com o sistema. Este alerta provocará o acionamento deste tutor que trabalhará como “agente real” no apoio ao ensino deste estudante, procurando interagir diretamente com ele para superação de suas dificuldades, no tocante a este conteúdo, sendo este agente subsidiado pelos resultados obtidos na interação do estudante com o STI.

Apesar da evolução dos recursos tecnológicos que podem subsidiar, significativamente, a interação entre o STI e seus usuários (estudantes), ainda permanece grande a dificuldade dos sistemas reconhecerem as características individuais relevantes de cada aprendiz, o que resulta na elaboração de modelos incompletos e incoerentes para alguns aprendizes. No entanto, com grande capacidade de observação sensitiva, muito distante da realidade tecnológica atual, o tutor humano consegue captar muitas outras informações relacionadas às características e ao comportamento do estudante, usando de suas “leituras” para inferir, de forma mais segura e completa, sobre a adequação mais coerente em sua estratégia de ensino com cada estudante (Viccari, 2003).

Por mais robusto que seja elaborado este modelo de estudante, sua adaptabilidade, num STI, apresenta limitações, sendo seus canais de comunicação restritos, se comparados aos canais de um agente real (humano) de ensino, além de ser impossível ao sistema prever todas as possibilidades de comportamento do estudante. Porém, o melhor aproveitamento do potencial destes sistemas não se encontra na substituição do tutor humano pelo tutor artificial, mas sim nas ações de ambos poderem acontecer de maneira complementar, onde o STI é adotado como recurso ou ferramenta de apoio às ações e percepções do tutor, assim como de acompanhamento contínuo, motivacional e esclarecedor condizente com as necessidades reais de cada estudante.

Estes sistemas promovem maior interação em cursos à distância, além de provocarem um aumento perceptível na motivação dos cursos presenciais e semipresenciais, à medida que implementam estratégias de acompanhamento individualizado para cada estudante, propondo, dinamicamente, alternativas de estudo condizentes com a abordagem pedagógica adequada as necessidades individuais de cada aprendiz. A atuação deste tipo de sistema não sobrepõe à ação do agente real, mas procura aumentar a quantidade de interações do estudante, além de agregar maior qualidade nestas interações. A utilização destes sistemas, como recurso de apoio ao ensino-aprendizagem, tem demonstrado que este tipo de aplicação complementar tem alcançado melhores resultados que a educação tradicional (Alves, 1998); (Almeida, 2002); (Castro, 2002).

Perrenoud (2000) salienta a necessidade de romper com a pedagogia que impõe a mesma lição, com a mesma abordagem e com os mesmos exercícios e atividades de fixação sobre um grupo, normalmente grande, de diferentes estudantes, sendo assim praticada uma pedagogia injusta com alguns membros deste grupo. No entanto, a realização do ensino-aprendizagem individual e sob medida, a cada membro deste grupo, não é viável a educação mais tradicional, efetivada somente no contato direto e presencial do professor com seus estudantes. Por outro lado, a evolução das tecnologias de informação e comunicação tem proporcionado um suporte qualitativo cada vez mais eficiente ao processo de interação, pesquisa e investigação de informações, sendo aproveitados, sutilmente, no apoio consciente e aparado por metodologia coerente, no ensino presencial.

Os STI possuem grande potencial no âmbito educacional, podendo ser empregados em qualquer modalidade de ensino, seja esta presencial, semipresencial ou à distância, sendo aplicados com coerência aos objetivos almejados e de diferentes maneiras (Stankov, 1996). Estes sistemas possuem capacidade de adaptação às particularidades de cada aprendiz, promovendo uma interação mais adequada ao estudante que utilizar o sistema (Tedesco, 1997). Estas possibilidades de adaptações conferem aos STI as características de um sistema inteligente, que “raciocina” sobre seu “conhecimento”, inclusive, sendo capaz de aprender cada vez mais com as novas interações do aprendiz, atualizando assim seu “conhecimento”.

No entanto, as adequações realizadas pelo sistema, com o intuito de direcionar a interação entre este e o aprendiz, confere a este sistema inteligente também a capacidade de administração do processo ensino-aprendizagem almejado pelo aprendiz, possibilitando, ao sistema, a efetuação de uma tarefa de apoio neste processo, similar a atividade de um tutor humano.

A utilização dos STI, como recurso tecnológico de apoio neste processo, tem se mostrado eficiente, utilizando diferentes recursos na exploração de conceitos e atividades de assimilação sobre os tópicos mais importantes do conteúdo estudado. De acordo com o “conhecimento” que o sistema vai armazenando sobre a situação cognitiva de cada estudante (perfil do estudante), vão sendo sugeridas, individualmente a cada aprendiz, as atividades de estudo, revisão e reforço interativas que utilizam mídias de representação diferentes (imagens, animações, sons, vídeos, etc.) para o estímulo e o esclarecimento personalizado a cada estudante. A utilização destes sistemas tem alcançando melhor desempenho de seus estudantes, além de aumentarem a motivação dos mesmos, diante deste desafiador processo (Thiry, 2001).

Contendo, somente a inovação na elaboração do material didático utilizado pelo STI, não será resolvida toda a problemática associada ao ensino-aprendizagem, sendo necessária à criação de mecanismos que permitam ao professor acompanhar e avaliar a interação efetivada por cada estudante com o sistema, subsidiando também o professor com os resultados obtidos por cada estudante no decorrer do curso. Com isso, este agente real, facilitador da aprendizagem almejada pelo estudante, coleciona mais dados sobre a situação cognitiva de cada aprendiz e consolida um quadro mais real e detalhado, unindo estas informações aos dados resultantes de sua própria percepção sensitiva, em relação ao avanço de cada estudante no curso. Tudo isso favorece a obtenção de um nível elevado na capacidade de direcionamento da aprendizagem de cada estudante, pois a evolução e as deficiências de cada um estão constatadas em seus resultados alcançados.

Como observado anteriormente sobre as considerações de Pinto (1995), os STI são subdivididos em Tutores Inteligentes e Assistentes Inteligentes, referenciando, principalmente, os aspectos relacionados à complexidade inserida em cada um destes, atribuindo-lhes esta categorização em função do seu porte (Luzzi, 1998).

Os Assistentes Inteligentes (ITA - *Intelligent Teaching Assistant*) consistem em pequenos STI que realizam tarefas mais simples, trabalhando sobre modelos não tão complexos em sua arquitetura, porém realizando atividades essenciais para o acompanhamento individual de cada estudante, além do fornecimento de subsídio ao docente, por meio dos dados resultantes da interação personalizada entre o ITA e seus estudantes. Nesta interação a estratégia pedagógica adotada pelo ITA é baseada na idéia de monitoramento do aprendiz, assistindo suas interações e resultados sem muitas intervenções, procurando incentivar a este o uso mais coerente dos recursos disponíveis no ambiente, deixando-o refletir sobre os estudos, pesquisas e atividades a serem exploradas durante seu caminho de aprendizagem. Nas estratégias pedagógicas adotadas pelos Tutores Inteligentes são efetuadas mais intervenções por parte do próprio tutor artificial, sendo as estratégias desta categoria de STI bem mais invasivas na interação entre tutor (artificial) e aprendiz.

A evolução de projetos na área de STI tem demonstrado a preocupação de seus pesquisadores em desenvolver sistemas que auxiliem o processo ensino-aprendizagem e não somente uma ou outra categoria de indivíduos envolvidos neste difícil, mas, normalmente, realizador caminho do saber. A consciência nesta linha de pesquisa vem evoluindo cada vez mais com projetos que incluem o professor como participante na criação do STI, assim como usuário deste próprio sistema (Raabe, 2005); (Yacef, 2002).

O desenvolvimento de STI tem sido realizado sobre diferentes formas estruturais, respeitando suas características mais fundamentais, porém efetuando alterações em sua arquitetura de forma a atender as necessidades dos problemas que os envolvem. Essas características fundamentais compreendem a identificação de que estes sistemas computacionais auxiliam o ensino, utilizando conhecimentos disponíveis em outras áreas, como na IA e na Psicologia (multidisciplinar), procurando detectar, da

maneira mais exata possível, o que, como, quando e onde ensinar seus usuários individualmente.

Com o intuito de realizar uma análise sobre estas características fundamentais e confirmar a viabilidade da aplicação destes sistemas na solução do problema abordado, parte-se da arquitetura clássica, ou mais tradicional, como base para a constatação do modelo mais coerente entre as diversas idéias e teorias disponíveis (Rissoli, 2006).

A arquitetura clássica dos STI é composta por módulos responsáveis pela representação, em maior ou menor grau de detalhe, de suas principais funcionalidades, representando cada um destes os conhecimentos que serão trabalhados no avanço da estrutura mental do aprendiz sobre determinado conteúdo. O desenvolvimento de um STI, coerente com sua arquitetura tradicional, possui quatro módulos essenciais que se interagem no intuito de investigar o que o aprendiz sabe, além de acompanhar seu progresso sobre o conteúdo abordado no curso.

A Figura 6 representa estes quatro módulos e procura esclarecer melhor a interação destes módulos durante uma sessão educacional, promovendo a interação entre eles, de forma a monitorar o desempenho de cada estudante, procurando identificar o conhecimento que cada um já possui em relação ao domínio a ser explorado.

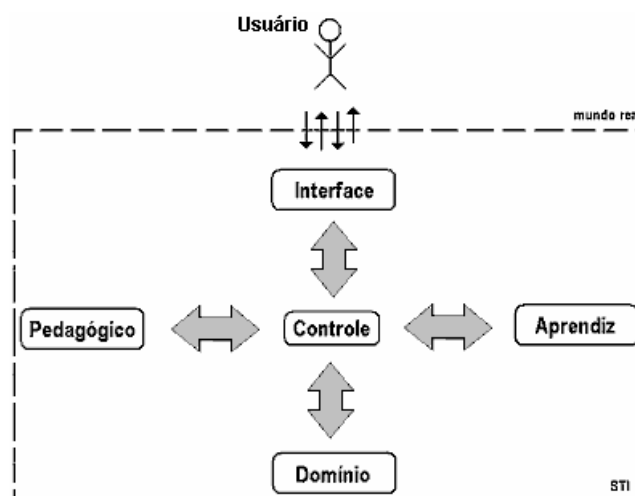


Figura 6 – Arquitetura clássica ou tradicional dos Sistemas Tutores Inteligentes.

Neste processo de identificação é almejado o diagnóstico da estrutura cognitiva pré-estabelecida no estudante, onde sua situação é comparada com o conteúdo disponível no módulo de Domínio, sendo este módulo elaborado por especialista(s) da área do curso. Os resultados obtidos neste diagnóstico são enviados ao módulo Pedagógico que decide como, quando e qual conteúdo deve ser transmitido ao estudante por meio da interface do STI, que os relaciona. Esses sistemas apresentam especificidades que podem contribuir com o ensino-aprendizagem, sendo ressaltadas, a seguir, algumas de suas principais contribuições:

- a. Trabalham o ensino-aprendizagem de forma personalizada, pois consideram idiossincrática a aprendizagem efetivada por cada estudante, sendo relevantes os fatores individuais que envolvem o conhecimento prévio do aprendiz, assim como seu estilo de aprendizagem;
- b. Procuram prover estratégias pedagógicas coerentes com o suporte adequado para as diferentes fases de aprendizagem atravessadas pelo estudante durante seu caminho de busca do novo saber;
- c. Disponibilização de material instrucional organizado e contextualizado com o objetivo do curso, agilizando a compreensão de seus conteúdos mais relevantes por meio da interação intuitiva de uma interface coerente e que não promova maior desgaste cognitivo do aprendiz em sua interação;
- d. Atendimento de toda demanda instrucional possível para cada aprendiz, permitindo a este investir seus esforços a qualquer momento e de qualquer lugar.

2.3.1. Módulo do Domínio (ou do Especialista)

Uma base de conhecimento é formada por conceitos básicos de determinado domínio, além dos procedimentos fundamentais para sua correta manipulação. Entre os desafios de um STI, a representação eficiente de seu domínio, em uma base de

conhecimento, consiste em uma de suas maiores superações, pois o STI deve se adequar à necessidade para o apoio da aprendizagem de cada um de seus usuários (aprendizes), promovendo um suporte sob medida para a compreensão de cada aprendiz. Isso possibilita a flexibilização coerente na prática do seu ensino com as características idiossincráticas da aprendizagem de cada estudante.

A eficiência no uso de diferentes tipos de conhecimento e de raciocínio emprega diferentes métodos disponíveis pela IA (regras de produção, redes semânticas, *frames*, entre outros) em sua representação. A escolha dentre estes métodos é dependente do tipo de conhecimento a ser armazenado e de sua pretensão em utilizá-lo. Rickel (1989) esclarece que a utilização eficiente do conhecimento exige uma forma de representação adequada, pois nenhuma forma geral parece ser adequada na representação de qualquer tipo de conhecimento.

A representação de toda especificidade dos conhecimentos envolvidos num conteúdo trabalhado por um STI, resulta no aumento da complexidade deste módulo, não sendo, na maioria das vezes, necessário aos objetivos da instrução almejada. O Módulo do Domínio bem projetado facilita a comunicação do conhecimento entre aprendiz e professor no processo ensino-aprendizagem, o tornando mais eficaz. O envolvimento entre o projetista do sistema, o engenheiro do conhecimento e o(s) professor(es) (especialista) é essencial para elaboração do conteúdo condizente com as necessidades almejadas por tal processo, além de representar o conhecimento suficiente ao conjunto coerente de problemas a serem abordados com propósitos educacionais, simplificando o desenvolvimento do modelo e direcionando eficientemente este processo.

2.3.2. Módulo do Aprendiz (ou Modelo do Aluno)

O Módulo do Aprendiz, também chamado de Modelo do Aluno ou do Estudante, consiste na fonte de todo tipo de informação sobre o estudante, sendo a dimensão mais significativa do STI, pois possui a capacidade de modelar o conhecimento que o estudante possui (Self, 1999).

Este módulo acompanha as atividades realizadas pelo estudante em interação com o STI, podendo, mais recentemente, registrar comunicações efetuadas, por meio de ambientes inteligentes de ensino, com seu professor ou mesmo algum colega. Isso permite ao STI trabalhar mais precisamente no direcionamento correto e na orientação mais adequada as necessidades da aprendizagem de cada estudante. O Módulo do Aprendiz ainda pode possuir informações incertas em relação a algum tópico que vai ensinar, aliando-se ao estudante como parceiro da interação dele com o conhecimento do STI. Diversas são as possibilidades de implementação deste módulo, que varia muito conforme as características a serem satisfeitas no ensino-aprendizagem almejado.

No entanto, a elaboração deste modelo corresponde a uma tarefa muito complexa para um computador, sendo seus canais de comunicação limitados em relação às “leituras” que um agente real (humano) pode fazer. Mesmo na construção de modelos parciais, que colecionem reduzido conjunto de informações essenciais sobre a situação cognitiva do estudante, esta tarefa ainda implica em um grande desafio para os sistemas computadorizados.

A principal característica deste módulo (do aprendiz) consiste na contemplação de todos os aspectos de comportamento e conhecimento que o estudante possua e que lhe tragam conseqüências positivas ao seu desempenho e aprendizagem.

2.3.3. Módulo Pedagógico (ou Tutor)

A formação tradicional do STI é composta por um módulo responsável pelas decisões de caráter pedagógico, que incorporam, normalmente, uma metodologia de ensino ou aprendizagem a ser coerentemente aplicada sobre o plano de ensino das disciplinas atendidas pelo sistema. Por meio deste módulo, denominado Pedagógico ou Tutor, o STI orienta e organiza, mais eficientemente, as atividades pedagógicas que serão apresentadas a cada aprendiz individualmente, sempre interagindo com seu respectivo módulo do aprendiz (Cury, 1996).

Em uma atividade educacional mais tradicional, um professor sempre tem várias maneiras de abordar um assunto, tornando-o mais interessante e compreensível aos estudantes que o assistem. Entre indivíduos, a comunicação de um conjunto de conhecimento não segue simplesmente um protocolo de transferência de informação, como ocorre entre os computadores. Esta comunicação é dirigida por estratégias e técnicas que são selecionadas e combinadas dinamicamente, reagindo às atitudes e necessidades dos estudantes envolvidos no processo (Kuyven, 2003).

Um STI procura tornar esta comunicação uma interação, guiada pelo módulo pedagógico na construção do novo conhecimento idiossincrático a realidade de cada aprendiz. Por meio deste módulo é efetivada a relação entre os módulos do aprendiz e do domínio, conferindo ao STI o papel de monitor ou assistente de apoio ao ensino-aprendizagem, almejando ainda que este sistema esteja sempre presente para observar o aprendizado e auxiliar o estudante em suas possíveis dificuldades sobre o conteúdo.

Diante da existência de diversas abordagens pedagógicas, onde várias já são empregadas em STI, um aspecto importante a ser observado consiste em que a grande maioria destes sistemas implementa somente uma estratégia pedagógica. Por isso, normalmente, estes sistemas não possuem uma variedade de opções de estratégias de ensino e aprendizagem a serem selecionadas, atribuindo-se, em parte, que esta deficiência existe porque os processos pedagógicos envolvidos não estão realmente focados no ato de ensinar, mas se concentram sobre os problemas de representação de conhecimento e diagnósticos.

Outro aspecto relevante a ser observado está na dependência das estratégias pedagógicas sobre o contexto geral inserido no ambiente de aprendizagem. A escolha deste ambiente deve ser regida pela natureza do conteúdo a ser abordado, pelo conhecimento e experiência do estudante, além das hipóteses que sustentam a metodologia de aprendizagem a ser incorporada pelo STI que estará inserido neste ambiente.

Tudo isso evidencia a grande responsabilidade conferida a este módulo, que deve possuir versatilidade digna das expectativas existentes sobre seus resultados. Sendo assim, um STI deve se preocupar com o tratamento cuidadoso desta grande variedade de fatores relacionados ao sucesso do ensino-aprendizagem, procurando nunca contribuir com a destruição da motivação pessoal do estudante, nem com seu senso de descobrimento.

2.3.4. Módulo de Interface

A elaboração de programas de computador deve se preocupar com o levantamento detalhado de todas as possíveis variantes que possam ocasionar alguma alteração no tratamento de situações que envolvam este sistema computacional. Contudo, a comunicação entre o computador, dirigido por estes programas, e seus usuários, acontece por meio de sua interface, que também precisa ser levantada e trabalhada com coerência sobre a realidade de seus usuários. Por isso os engenheiros e projetistas de sistemas precisam se conscientizar que esta interface representa o sistema como um todo para seus usuários, pois é por meio desta que os usuários interagem e conhecem a eficiência do sistema (Pressman, 2002).

A identificação da interface como um componente distinto, a ser elaborado em um programa, reconhece que suas decisões são de natureza específica, requerendo um tipo de conhecimento diferente a ser levantado e trabalhado durante a construção de um programa. A arquitetura clássica do STI separa esta interface como um módulo específico, sendo este módulo geralmente chamado de módulo de interface ou de comunicação.

Em um STI o módulo pedagógico decide o momento e o conteúdo a ser trabalhado por suas ações didáticas, enquanto o módulo de interface se preocupa com a forma de apresentação final destes conteúdos indicados pelo módulo pedagógico. É por meio do módulo de interface que o STI apresenta o conteúdo instrucional disponível no módulo do domínio e recebe as respostas do estudante, usuário do sistema, que são

armazenadas na base de conhecimento que compõe o módulo do aprendiz, proporcionando assim o monitoramento progressivo de cada estudante.

O tipo de características modeladas dos estudantes depende do tipo de interface utilizada, sendo o principal obstáculo para representação mais precisa da situação cognitiva de cada aprendiz a identificação de quais ações executadas pelo estudante, durante o uso do STI, são mais adequadas à definição de sua situação cognitiva atual.

Uma das razões da complexidade no desenvolvimento de um STI consiste em que este não trata somente da solução de um único problema, pois engloba as diversas dificuldades inerentes ao processo de ensino-aprendizagem. Por se tratar de um problema de natureza multidisciplinar é necessário o envolvimento de várias equipes, formadas por profissionais com conhecimentos e experiências diferenciadas, porém trabalhando em conjunto na construção deste recurso de suporte ao ensino-aprendizagem.

No entanto, o diálogo entre profissionais de áreas tão distintas promove constantes revisões no trabalho, sendo continuamente efetuadas diversas depurações no projeto e no sistema. As possibilidades de uso destas equipes são grandes, se fazendo inevitável na elaboração do STI, podendo sua redução prejudicar a qualidade e o tempo de desenvolvimento deste sistema.

Os STI não podem ser vistos somente sobre o enfoque técnico, mas principalmente em sua adequação didático-pedagógica ao contexto onde estará inserido. Apesar da quantidade crescente de publicações científicas relativas a este importante tema, fundamental ao avanço e consolidação do emprego destes sistemas no apoio a aprendizagem, a valorização deste tema não é uma unanimidade. Questiona-se a forma de avaliação dos sistemas que usam teorias instrucionais e pedagógicas, por exemplo: em Regian (1994) acredita-se que apenas avaliações empíricas sejam capazes de avaliar estes tipos de sistemas.

Um outro fator relevante sobre as metodologias pedagógicas empregadas nestes sistemas, consiste em sua implementação possuir somente uma única estratégia pedagógica, o que se deve ao fato das pesquisas nesta área terem-se concentrado nas dificuldades de representação do conhecimento e diagnóstico e não nos processos pedagógicos envolvidos diretamente na atividade de ensinar (Viccari, 2003).

Outro fator relevante ao desenvolvimento deste tipo de sistema consiste na evolução dos Sistemas Afetivos, aonde diversos trabalhos vêm incorporando pesquisas de aspectos afetivos, como em Viccari (2000). Em Jaques (2005) é analisada a externalização do domínio afetivo, agregado ao cognitivo, de forma inferencial, por meio de uma interface de interação personalizada.

Estes sistemas afetivos são baseados em agentes com capacidade de percepção de aspectos como expressão facial, esforço, batimento cardíaco, confiança, persistência e outros elementos com características observáveis e indicadoras de emoção que possa ser obtida por um sistema computacional (Viccari, 2003).

2.4. Lógica Fuzzy

A Lógica Ocidental, criada por Aristóteles, sempre foi binária (verdadeiro ou falso) e estabelecida sobre um conjunto de regras rígidas para aceitação lógica de suas conclusões. Esta lógica emprega uma linha de raciocínio baseada em premissas e conclusões que são alcançadas mediante a completa veracidade ou falsidade das declarações. Com isso, a mesma não deve ser aplicada sobre qualquer realidade que possua, ao mesmo tempo, declarações parcialmente verdadeiras ou parcialmente falsas. (Bittencourt, 1998).

No entanto, a completa veracidade, ou mesmo a completa falsidade, de declarações que condizem com a realidade não corresponde aos aspectos mais comumente encontrados em nosso dia-a-dia, principalmente nos dias atuais. Logo, o emprego de uma lógica determinística (somente verdadeiro ou falso) não contribui tanto com as diversas situações, normalmente, encontradas em nosso cotidiano. Porém, uma opção para o tratamento destas situações é a utilização de Lógicas Multivaloradas. Estas Lógicas possibilitam o tratamento eficiente de valores indeterminados, ou seja, que não são completamente verdadeiros ou completamente falsos, admitindo assim, valores verdade intermediários que podem chegar a infinitos.

Uma generalização sobre as Lógicas Multivaloradas, que admitem o conceito natural de dualidade, ou seja, estabelece que algo pode e deve coexistir com seu oposto, faz da Lógica Fuzzy uma lógica mais condizente com a realidade humana, fornecendo o suporte matemático coerente e necessário para o tratamento das incertezas existentes nas informações. Esta Lógica, também chamada de Lógica Difusa ou Nebulosa, trabalha com valores verdade representados por Conjuntos Fuzzy, que fornecem o apoio matemático necessário e coerente para o tratamento das imprecisões intrínsecas as informações.

A lógica de Aristóteles trabalha com valores verdade sobre afirmações, classificando-as somente como verdadeiras ou falsas. Uma lógica assim, determinística,

não pode ser aplicada em muitas das experiências humanas, pois a maioria delas não pode ser classificada simplesmente como verdadeira ou falsa. Por exemplo: "Carina é magra?" – uma resposta sim ou não a esta questão é, na maioria das vezes, insuficiente. Existem, entre a certeza de ser magra e a certeza de não ser obesa, infinitos graus de incerteza para uma simples afirmação de "sim" ou "não". Esta imperfeição, intrínseca à informação representada em linguagem natural, foi tratada matematicamente com o uso da Teoria das Probabilidades (Bittencourt, 1996).

Contudo, a Lógica Fuzzy, com base na Teoria dos Conjuntos Fuzzy, tem-se mostrado mais adequada no tratamento de determinados tipos de imperfeições da informação do que a Teoria das Probabilidades. No entanto, estas teorias se complementam, fornecendo tratamento mais adequado para estas imperfeições inerentes à informação, sendo essencial o reconhecimento da diferença conceitual existente entre incerteza e imprecisão.

A incerteza refere-se a algo que vai acontecer, não se sabendo ainda se ele realmente acontecerá ou não. Entretanto, a imprecisão está relacionada a algo que ocorreu, mas a priori não se conhece o nível de completude de sua ocorrência. O estabelecimento gradativo desta ocorrência é mais bem efetuado pelos Conjuntos Fuzzy na representação da imprecisão relacionada a sua ocorrência, não sendo ela concluída de maneira completa. Já a incerteza do acontecimento de algo corresponde, mas exatamente, a probabilidade dele acontecer ou não (Barreto, 2001).

Pode-se, de maneira preliminar e mais objetiva, definir a Lógica Fuzzy como uma metodologia capaz de capturar informações vagas, em geral descritas em linguagem natural, e convertê-las para um formato numérico. Observe a afirmativa: "Se o tempo do investimento é longo e o clima tem sido não muito estável, então a taxa de risco para o plantio desta cultura é muito alta".

Os termos "longo", "não muito estável" e "muito alta" trazem consigo informações vagas, onde seu tratamento, mais coerente, pode ser crucial para uma atividade real de decisão no plantio e produção de uma determinada cultura, como é

sugerido na afirmação do exemplo anterior. Torna-se assim mais segura sua representação matemática para o tratamento destas informações, sendo estas tratadas por meio dos Conjuntos Fuzzy, quando a Lógica Fuzzy for empregada.

Com a propriedade de representação matemática de valores lingüísticos e a capacidade de realizar inferências, esta Lógica tem encontrado aplicações em diversas áreas de Sistemas Especialistas, Raciocínio Aproximado, Linguagem Natural, Robótica, Reconhecimento de Padrões, entre outras.

2.4.1. Teoria dos Conjuntos Fuzzy

A elaboração do enxoval, que normalmente antecede ao casamento, deve conter um conjunto de peças de cama, mesa e banho para uso do casal, que após as núpcias serem contraídas, estarão indo viver em seu novo lar. Este conjunto de peças constitui-se no enxoval do casal, onde a ausência de algumas determinadas peças não o classificará realmente como enxoval. Na matemática não são impostas tais condições para a formação de conjunto, pois esta reconhece a existência do conjunto, mesmo com a ausência de alguns elementos específicos. Para a matemática qualquer coleção de elementos poderá formar um conjunto, sendo assim, este casal possuirá o enxoval, mesmo que este tenha ausência de algumas peças importantes.

Na vida cotidiana, como na matemática, a noção de "conjunto" ou coleção de objetos é fundamental, onde as pessoas tomam consciência de coleções, por exemplo, de brinquedos, família, classe escolar, substantivos coletivos, entre outros, à medida que crescem. Na matemática, a palavra conjunto é usada mais frequentemente como sinônimo de "classe", "família", "agregado" e "coleção" que devem respeitar algumas características específicas para constituir um determinado conjunto, por exemplo: o conjunto de pássaros não pode conter um leão, mas pode possuir como elemento o papagaio.

A Teoria dos Conjuntos Fuzzy procura generalizar a noção clássica de conjuntos e proposições para tratar a imprecisão das informações, fornecendo modelos

matemáticos nos quais o conceito de "vago" pode ser tratado de uma maneira precisa e rigorosa (Fernandes, 1996). Nesta Teoria a noção básica de pertinência de um elemento no conjunto é modificada, permitindo que os elementos de um conjunto base pertençam a um conjunto fuzzy com certo grau, sendo este grau expresso por um número no intervalo $[0,1]$. Apesar de ser mais comum os elementos do conjunto fuzzy estarem expressos com seus respectivos graus de pertinência, isso não se faz necessário (Klir, 1995).

Na Teoria dos Conjuntos Convencionais, a pertinência de um elemento em um conjunto qualquer é caracterizada somente por duas situações mutuamente exclusivas: ou o elemento pertence ao conjunto, ou não pertence. Entretanto, em diversas situações encontram-se conjuntos que não são definidos precisamente, como por exemplo, o conjunto das "mulheres magras". Esse conceito, apesar de impreciso, tem um significado óbvio considerando um determinado ambiente, e é usado em situações reais para se raciocinar e tomar decisões.

Nos conjuntos convencionais sempre existe uma função que mapeia a pertinência ou não do elemento no conjunto, sendo esta função denominada função característica. Nos conjuntos fuzzy, a função que mapeia esta pertinência é chamada de função de pertinência, sendo este conjunto uma generalização de um conjunto convencional e sua função de pertinência, uma generalização da função característica (Klir, 1995).

Formalmente, um conjunto fuzzy A é definido em um conjunto universo X e é caracterizado por sua função de pertinência.

$$A: X \rightarrow [0,1]$$

onde $A(x)$ expressa o grau de pertinência de x em A , que é interpretado como a extensão com que x se enquadra na categoria representada por A . A expressão universo do discurso, assim como conjunto base, são denominações usadas para indicar universo do discurso.

Um elemento de um conjunto fuzzy é representado genericamente por um par de a/x onde x é o elemento do conjunto base X e $a = A(x)$.

Para um domínio de discurso finito, os conjuntos fuzzy são freqüentemente denotados pela notação do símbolo de soma (+), ou somatório (Σ), por exemplo:

$$A = \{a_1/x_1 + a_2/x_2 + \dots + a_n/x_n\} \quad \text{ou}$$

$$A = \sum_{i=1}^n a_i / x_i$$

Essa notação representa o conjunto fuzzy A sobre o conjunto base $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. O símbolo "+" não representa aqui a soma algébrica, mas denota apenas a união dos elementos do conjunto.

Para um conjunto base X contínuo o conjunto fuzzy A é denotado por

$$A(x) = \int_x a / x ,$$

onde o símbolo de integral também é usado apenas formalmente, sem especificar um cálculo matemático determinado.

Como exemplo, pode-se considerar o conceito de temperatura alta, a ser representado sobre o conjunto base $X = \{0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ\}$. A função de pertinência $A(x) = (1/50) x$ representa esse conceito, e define o conjunto fuzzy denotado por:

$$A = \{0/0^\circ + 0,2/10^\circ + 0,4/20^\circ + 0,6/30^\circ + 0,8/40^\circ + 1/50^\circ\}$$

sendo 0,4 o grau de pertinência da temperatura 20° em relação ao conjunto X , relacionado ao conceito de temperatura alta.

A capacidade do conjunto fuzzy em expressar transição gradual entre pertinência e não pertinência tem grande utilidade na representação de conceitos vagos, expressos em linguagem natural. Por exemplo: 10° não é considerada uma temperatura alta na maioria dos contextos, porém pertence ao conjunto fuzzy A que está representado no exemplo anterior e faz referência ao termo lingüístico temperatura "alta". Observe porém, que esta temperatura possui um grau de pertinência baixo (0,2) no conjunto fuzzy, enquanto que a temperatura 40°, que também faz parte do mesmo conjunto fuzzy A , possui um grau de pertinência bem superior (0,8).

As operações de complemento, união e intersecção sobre os conjuntos convencionais também podem ser generalizadas para os conjuntos fuzzy, porém estas operações podem ser generalizadas de várias formas, sendo neste trabalho utilizado somente a generalização conhecida como operações fuzzy padrão.

O complemento padrão \bar{A} do conjunto fuzzy A , com relação ao conjunto base X é definido por

$$\bar{A}(x) = 1 - A(x) \quad \text{para todo } x \in X.$$

Dados dois conjuntos fuzzy A e B sobre o conjunto base X , a intersecção padrão ($A \cap B$) e a união padrão ($A \cup B$) são definidas para todo $x \in X$ por

$$(A \cap B)(x) = \min [A(x), B(x)] ,$$

$$(A \cup B)(x) = \max [A(x), B(x)] ,$$

onde \min e \max denotam o operador mínimo e o operador máximo respectivamente.

Dados dois conjuntos fuzzy A e B sobre o conjunto base X , diz-se que A é subconjunto de B , denotando-se por $A \subseteq B$ se e somente se

$$A(x) \leq B(x) \quad \text{para todo } x \in X.$$

Diz-se que A e B são diferentes ($A \neq B$), se $A(x) \neq B(x)$ para pelo menos um $x \in X$ e que A e B são iguais ($A = B$) se $A(x) = B(x)$ para todo $x \in X$.

As operações fuzzy padrão não são as únicas generalizações possíveis para as operações dos Conjuntos Convencionais correspondentes. Para cada uma das três operações, existe uma classe de funções que podem ser usadas como generalizações fuzzy das operações convencionais. As funções que podem ser usadas como intersecções fuzzy e uniões fuzzy são referidas na literatura como T-normas (τ) e S-normas (S), respectivamente. No caso das S-normas, elas também podem ser encontradas com a denominação de T-conormas em algumas literaturas (Klir, 1995).

Um significado especial é atribuído aos conjuntos fuzzy definidos sobre um conjunto de números reais (\mathfrak{R}), onde suas funções de pertinência obedecem à forma

$$A : \mathfrak{R} \rightarrow [0,1]$$

Estes conjuntos têm um significado quantitativo e podem, em certas condições, serem vistos como um número fuzzy ou um intervalo fuzzy. Deste modo podem capturar concepções intuitivas de aproximações de números ou intervalos, semelhantes a "números que estão perto de um dado número real" ou "números que estão ao redor de um dado intervalo de número real". Concepções semelhantes são essenciais para caracterizarem os estados das variáveis fuzzy e conseqüentemente representar uma importante regra em muitas aplicações. Quando estes números fuzzy representam concepções lingüísticas, o termo resultante é chamado de variável lingüística.

Cada variável representa os estados expressos por termos lingüísticos interpretados como números fuzzy específicos, que são definidos em termos de uma variável base, onde seus valores correspondem a números reais dentro de uma extensão específica. Uma variável base é uma variável no sentido clássico, exemplificada por qualquer variável física (temperatura, velocidade, pressão, etc.) ou numérica (idade, desempenho, salário, etc.). Em uma variável lingüística, termos lingüísticos representam valores aproximados de uma variável base, para uma aplicação particular, que recebe números fuzzy apropriados (Klir, 1995).

A quintupla (v, T, X, g, m) defini uma variável lingüística, sendo

- v : definição do nome da variável;
- T : conjunto de termos lingüísticos que a variável pode representar;
- X : conjunto universo;
- g : regra sintática para descrever os termos lingüísticos (gramática para gerar esses termos);
- m : regra semântica que determina para cada termo lingüístico $t \in T$, seu significado $m(t)$, o qual corresponde a um conjunto fuzzy em X (i.e., $m: T \rightarrow F(X)$).

Assuma que V é uma variável lingüística que pode receber valores no conjunto base X . Por exemplo, para a variável idade "de Fernando", o conjunto X pode ser $X = \{1, 2, \dots, 120\}$. O valor lingüístico de uma variável pode ser definido por um subconjunto fuzzy sobre o conjunto base de V . Neste exemplo, afirmando-se que o valor da variável idade "de Fernando" = "jovem", o valor lingüístico "jovem" pode ser definido como observado na Figura 7:

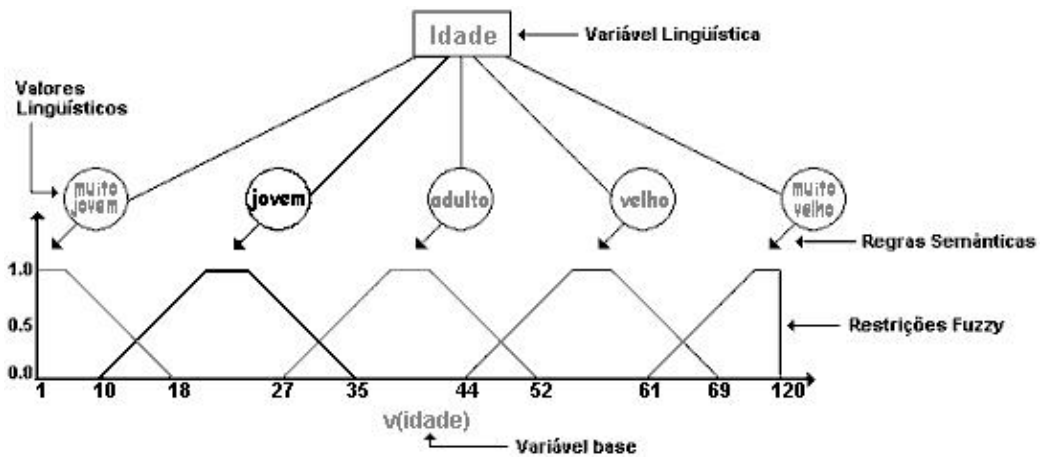


Figura 7 – Exemplo de uma variável lingüística.

sendo $\text{jovem} = \{0/1 + 0/2 + \dots + 0,4/14 + \dots + 1/19 + 1/20 + \dots + 0,4/30 + \dots + 0/35 + \dots + 0/120\}$.

Uma variável lingüística pode assumir valores lingüísticos que são definidos como “um conjunto de termos de significado estabelecido por um conjunto fuzzy” (Klir, 1995). Esta variável pode assumir valores que correspondem a palavras ou termos, ao invés de números, sendo estes termos classificados em simples ou composto. Na Figura 7, a variável lingüística (v) “Idade” esta relacionada com o conjunto de termos: muito jovem, jovem, adulto, velho e muito velho. Como exemplo de um valor lingüístico simples tem-se nesta figura o termo ”jovem”, enquanto que para um termo composto o exemplo seria ”muito jovem”, existente na mesma figura. Os termos simples são formados por termos primários (jovem, adulto, baixo, grande, etc.), enquanto que os compostos pelos termos construídos por meio do uso de modificadores (muito, pouco, mais ou menos, etc.) e conectivos ("e", "ou"). Observe o exemplo proposto para o termo primário velho:

variável $\Rightarrow v(\text{idade})$
 v é **velho**.

termo primário \Rightarrow velho
 v é **muito velho**.

termo construído \Rightarrow muito (modificador)
 velho (termo primário)

modificador + termo primário (termo construído)

Uma relação entre conjuntos representa a presença ou ausência de associação ou interconexão entre os elementos de dois ou mais conjuntos. Este conceito pode ser generalizado para utilização de conjunto fuzzy. Na relação fuzzy, a associação entre os elementos ocorre com um certo grau, portanto a relação convencional entre os conjuntos é um caso particular de uma relação fuzzy (Klir, 1995).

Dado os conjuntos fuzzy A e B sobre X e Y , $A \times B$ (A cartesiano B) é uma relação fuzzy T no conjunto $X \times Y$, onde $T(x,y) = \min [A(x), B(y)]$.

Uma relação fuzzy pode ser representada por uma matriz de pertinência com dimensão n , cujas entradas correspondem a n -tuplas no conjunto universo. Estas entradas levam valores representando os graus de pertinência das n -tuplas.

Como a função característica de um Conjunto Convencional pode ser generalizada para uma função de pertinência que gera graus de pertinência em um Conjunto Fuzzy, a função característica de uma relação convencional pode ser generalizada para permitir que as tuplas tenham graus de pertinência dentro da relação. Assim, uma relação fuzzy é um Conjunto Fuzzy definido no produto cartesiano de um Conjunto Convencional X_1, X_2, \dots, X_n onde as tuplas $\langle x_1, x_2, \dots, x_n \rangle$, podem ter graus de pertinência variados na relação. Este grau de pertinência indicará a força da relação existente entre os elementos da tupla.

A diferença fundamental entre as proposições convencionais e as proposições fuzzy está na variação dos valores verdade. As proposições convencionais assumem valores verdadeiros (**V**) ou falsos (**F**), enquanto que nas proposições fuzzy estes valores são expressos por meio de graus, sendo assumido nestas proposições que a verdade e a falsidade absolutas são representadas pelos valores 1 (um) e 0 (zero), respectivamente. O grau de verdade de cada proposição fuzzy é expresso por um número no intervalo $[0,1]$, podendo cada uma destas proposições ser classificada em uma das quatro categorias básicas denominadas:

1. incondicional qualificada;
2. incondicional não qualificada;
3. condicional não qualificada;
4. condicional qualificada.

A forma canônica da proposição fuzzy incondicional não qualificada (p), é representada por:

$$p : V \text{ é } F$$

onde V é uma variável que assume valores x de um conjunto universo X , e F é um conjunto fuzzy em X que representa um predicado fuzzy tal como alto, grande, quente, entre outros.

A proposição fuzzy incondicional qualificada (p) possui sua forma canônica representada por:

$$p : V \text{ é } F \text{ é } S$$

onde V e F tem o mesmo significado da proposição fuzzy incondicional não qualificada, e S é um qualificador de verdade fuzzy.

Na proposição fuzzy condicional não qualificada (p) a forma canônica é representada por:

$$p : \text{se } V \text{ é } A \text{ então } U \text{ é } B$$

onde V e U são variáveis dos conjuntos X e Y respectivamente, e A e B são conjuntos fuzzy aplicados sobre X e Y respectivamente.

A forma canônica da proposição fuzzy condicional qualificada (p), é representada por:

$$p : \text{se } V \text{ é } A \text{ então } U \text{ é } B \text{ é } S$$

onde V e U são variáveis dos conjuntos X e Y respectivamente, sendo A e B conjuntos fuzzy aplicados sobre X e Y respectivamente, e S é um qualificador de verdade fuzzy.

Os quantificadores e modificadores fuzzy são componentes importantes desta lógica, tendo estes a função de aumentar a flexibilidade e o poder de representação das proposições fuzzy. Em geral, os quantificadores fuzzy são números fuzzy que aparecem nas proposições, podendo ser de dois tipos: (i) definidos sobre o conjunto dos números reais (\mathfrak{R}) que caracterizam termos lingüísticos como: cerca de 10, muito mais que 100, pelo menos 5, e assim por diante; (ii) definidos no intervalo $[0,1]$ e caracterizam os termos lingüísticos como: quase tudo, cerca de metade, a maioria, entre outros.

Os modificadores lingüísticos são termos lingüísticos especiais pelos quais outros termos lingüísticos são modificados, por exemplo: muito, mais ou menos, quase, etc. Podem ser usados para modificar predicados fuzzy, valores verdade fuzzy e probabilidades fuzzy. No predicado “Valmer é alto” pode-se aplicar o modificador “muito” que resultará na diferente proposição “Valmer é muito alto”.

A elaboração de regras a serem aplicadas em um processo de inferência que almeje encontrar resultado satisfatório as necessidades existentes, normalmente está baseada na Lógica Convencional, mas também pode ser generalizada para a Lógica Fuzzy, no intuito de facilitar o raciocínio aproximado. Este, de uma forma geral, pode ser visto simplesmente como uma coleção de técnicas para aplicar inferências que tratam de ambigüidades ou incertezas, nas quais o aparato matemático utilizado é aproximado ao invés de exato ou determinístico. A Lógica Fuzzy, com o uso da Teoria

dos Conjuntos Fuzzy, fornece ao Raciocínio Aproximado uma linguagem matemática mais expressiva para representação de conceitos imprecisos, consolidando-o como um dos ramos mais relevantes desta lógica (Backer, 1995).

Observe as seguintes declarações:

"A temperatura da geladeira está baixa."

"Gabriel é jovem."

Pode-se dizer que declarações como essas tem a seguinte forma geral:

O (atributo) do (objeto) é (valor).

As idéias de atributo e objeto podem ser combinadas no conceito de variável, mais especificamente uma variável lingüística (Yager, 1984). Com isso, pode-se representar as proposições acima como uma proposição canônica, na forma

$$V \text{ é } A$$

onde V é uma variável lingüística e A é um conjunto fuzzy sobre o conjunto universo X .

A Teoria de Raciocínio Aproximado inclui dois importantes componentes na sua utilização, sendo estes as regras de tradução e as regras de inferência. As regras de tradução determinam como uma informação é traduzida na representação apropriada em termos de relações fuzzy, fornecendo assim uma representação quantitativa da informação dada. Por meio das regras de inferência são fornecidos meios de manipular a informação representada, podendo assim, serem obtidas novas informações (Scarpelli, 1996).

Considere a existência de duas proposições V_1 é A e V_2 é B , onde A e B são conjuntos fuzzy de X e Y , respectivamente. Uma das regras de tradução do raciocínio aproximado determina que a conjunção

$$V_1 \text{ é } A \text{ e } V_2 \text{ é } B$$

induz uma relação fuzzy D sobre o conjunto $X \times Y$ denotado por

$$(V_1, V_2) \text{ é } D$$

onde (V_1, V_2) é chamada de variável conjunta. A disjunção

$$V_1 \text{ é } A \text{ ou } V_2 \text{ é } B$$

também induz uma relação H sobre o mesmo conjunto $X \times Y$.

A conjunção de proposições é convencionalmente traduzida na Teoria de Raciocínio Aproximado pelo operador de intersecção, enquanto a disjunção ocorre pelo operador de união, sendo as proposições fuzzy compostas por diversas variáveis. Geralmente, a proposição fuzzy mais utilizada é a condicional não qualificada.

Para a abordagem a seguir, assume-se que X e Y são conjuntos base, V e U são variáveis sobre X e Y respectivamente e que A e B são conjuntos fuzzy sobre X e Y , respectivamente.

Pelas regras de tradução do Raciocínio Aproximado, a proposição condicional

$$\textit{se } V \text{ é } A \textit{ então } U \text{ é } B$$

induz uma relação fuzzy sobre $X \times Y$ que é determinada, para todo $x \in X$ e todo $y \in Y$ por

$$R(x,y) = \mathbf{f}[A(x), B(y)]$$

onde \mathbf{f} denota uma função da forma

$$\mathbf{f}: [0,1]^2 \rightarrow [0,1]$$

Conforme apresentado por Pedrycz (1998), a relação R pode derivar de três classes principais da função \mathbf{f} : conjunção fuzzy, disjunção fuzzy e implicação fuzzy, sendo a conjunção e a implicação as mais utilizadas. Por não se tratar do foco principal deste trabalho, as definições detalhadas das classes destas funções (\mathbf{f}) não serão abordadas aqui, mas podem ser encontradas na seção 10.3 de (Pedrycz, 1998).

As implicações fuzzy resultam de generalizações da implicação clássica da forma

$$p \rightarrow q$$

Na Lógica Convencional a implicação ($p \rightarrow q$) pode ser definida de várias formas que, embora equivalentes, resultam em classes diferentes de implicações fuzzy. Assim, as implicações fuzzy podem ser classificadas em categorias diferentes da expressão da Lógica Convencional que a originou (Klir, 1995).

Uma das formas de definir a implicação na Lógica Convencional é

$$p \rightarrow q \equiv \bar{p} \vee q$$

Estendendo essa fórmula para Lógica Fuzzy, a disjunção e a negação são interpretadas como união fuzzy (S-norma) e complemento fuzzy, respectivamente. Isso resulta na classe de implicações fuzzy, chamadas *S*-implicações, definida por

$$\mathbf{f}_{is}(A(x), B(y)) = \bar{A}(x) S B(y) \quad \forall (x,y) \in X \times Y$$

onde *S* denota uma S-norma.

Outra categoria de implicações fuzzy, chamadas de *R*-implicações, resulta da generalização de

$$p \rightarrow q \equiv \max \{x \in \{0,1\} \mid p \wedge x \leq q\}$$

Interpretando a conjunção desta fórmula como uma intersecção fuzzy a implicação fuzzy fica definida por

$$\mathbf{f}_{ir}(A(x), B(y)) = \sup_{c \in [0,1]} [A(x) T c \leq B(y)] \quad \forall (x,y) \in X \times Y$$

Uma outra classe de implicação fuzzy resulta da generalização da expressão da Lógica Convencional

$$p \rightarrow q \equiv \bar{p} \vee q \equiv \bar{p} \vee (p \wedge q)$$

Assim, obtém-se a definição das chamadas *QL*-implicações:

$$\mathbf{f}_{\Delta}(A(x), B(y)) = \bar{A}(x) S (A(x) T B(y)) \quad \forall (x,y) \in X \times Y$$

Observe o exemplo que será explorado a seguir sobre os conjuntos definidos por $A = \{0.0/1, 0.5/2, 1.0/3\}$ e $B = \{0.2/4, 0.9/5\}$, além da regra *se V é A então U é B*

que induz a relação R que pode ser definida, por exemplo pelo conjunto fuzzy *Mamdani* (exemplo típico de conjunção fuzzy - $f_c(A(x), B(y)) = A(x) \wedge B(y) \quad \forall (x,y) \in X \times Y$) resultando em

$$R_c = \{0.0/1,4 + 0.0/1,5 + 0.2/2,4 + 0.5/2,5 + 0.2/3,4 + 0.9/3,5\}.$$

Usando a implicação de *Zadeh* (exemplo de implicação típica da classe *QI*-implicações $\rightarrow f_m(A(x), B(y)) = \max [1 - A(x), \min(A(x), B(y))]$) obtém-se

$$R_m = \{1/1,4 + 1/1,5 + 0.5/2,4 + 0.5/2,5 + 0.2/3,4 + 0.9/3,5\}.$$

Utilizando a implicação de *Kleene* (exemplo de implicação típica da classe *S*-implicações $\rightarrow f_b(A(x), B(y)) = \max [1 - A(x), B(y)]$) tem-se

$$R_b = \{1/1,4 + 1/1,5 + 0.5/2,4 + 0.9/2,5 + 0.2/3,4 + 0.9/3,5\}.$$

Para a proposição V é A' onde $A' = \{0.1/2, 0.4/3, 0.8/4\}$ os seguintes resultados são obtidos pela aplicação da composição *max-min*:

$$B'_c = \{0.2/4 + 0.8/5\}$$

$$B'_m = \{0.4/4 + 0.8/5\}$$

$$B'_b = \{0.4/4 + 0.8/5\}$$

As operações de composição mais comumente utilizadas são *max-min* e *max-product*, que variam de acordo com a aplicação. Por meio destas operações torna-se possível à combinação entre diferentes relações fuzzy, onde a composição baseada na T-norma e S-norma padrão são freqüentemente referenciadas como composição padrão (Rissoli, 2001).

Dadas duas relações fuzzy $P(X,Y)$ e $Q(Y,Z)$, com um conjunto em comum (Y), onde $(x,y) \in X \times Y$ e $(y,z) \in Y \times Z$, tem-se que a composição *max-min* de P e Q produz uma relação $R(X,Z)$ em $X \times Z$ definido por:

$$R(x, z) = [P \circ Q](x, z) = \max_{y \in Y} (\min [P(x, y), Q(y, z)]) \quad \text{para todo } x \in X \text{ e } z \in Z.$$

Esta composição pode ser calculada por meio de matrizes de pertinência para estas relações, sendo $P = [p_{ik}]$, $Q = [q_{kj}]$ e $R = [r_{ij}]$ matrizes de pertinência de relações binárias tal que $R = P \circ Q$. Empregando a notação de matrizes tem-se que:

$$[r_{ij}] = [p_{ik}] \circ [q_{kj}]$$

onde

$$r_{ij} = \max_k \min (p_{ik}, q_{kj})$$

Assim, como seriam usados na multiplicação regular de matrizes, os elementos de P e Q são utilizados no cálculo de R , no entanto, as operações de produto e soma são substituídas pelo operador *min* e *max* respectivamente.

Observe no exemplo a seguir a relação fuzzy R_1 envolvendo o universo X e o universo Y , além da relação fuzzy R_2 que envolve o universo Y e o universo Z . Estes universos correspondem a representações simplificadas de aspectos importantes para o acompanhamento da aprendizagem:

- Avaliação $\Rightarrow X = \{\text{boa, ruim}\}$
- Frequência $\Rightarrow Y = \{\text{participa, não participa}\}$
- Aprendizagem $\Rightarrow Z = \{\text{satisfatória, insatisfatória}\}$

A Figura 8 representa as relações fuzzy R_1 e R_2 descritas anteriormente.

a)	Y		b)	Z	
X	participa	não participa	Y	satisfatório	insatisfatório
boa	1.0	0.4	participa	1.0	0.2
ruim	0.3	0.9	não participa	0.0	1.0

Figura 8 – a) Representação da relação R_1 e em b) representação da relação R_2 .

A composição entre as relações fuzzy R_1 e R_2 resulta em R_3 ($R_3 = R_1 \circ R_2$), sendo esta combinação representada na Figura 9.

	Z	
X	satisfatório	Insatisfatório
boa	1.0	0.4
ruim	0.3	0.9

Figura 9 – Apresentação do resultado da composição de R_1 e R_2 formando R_3 .

Por meio da composição R_3 foi possível combinar as relações R_1 e R_2 calculadas anteriormente (Figura 8). A realização destas operações também pode ser representada de forma matricial, conforme apresentado na Figura 10.

$$\begin{matrix} R_1 & & R_2 & & R_3 \\ \begin{bmatrix} 1.0 & 0.4 \\ 0.3 & 0.9 \end{bmatrix} & \circ & \begin{bmatrix} 1.0 & 0.2 \\ 0.0 & 1.0 \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} 1.0 & 0.4 \\ 0.3 & 0.9 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Figura 10 – Representação matricial da composição R_3 .

Diante destes subsídios matemáticos, fornecidos pelos conjuntos fuzzy na modelagem do raciocínio impreciso, torna-se, de fundamental importância, a elaboração precisa da função de pertinência que realmente exprima o raciocínio condizente com

determinado assunto ou conteúdo. Por isso, a identificação desta importante função deve ser realizada criteriosamente, conferindo-lhe a capacidade de representar a progressão entre pertencer e não pertencer a determinado conjunto estabelecido (Barreto, 2001).

Suponha a necessidade de identificação de elementos que satisfaça uma aprendizagem mínima que possibilite a continuidade de seus estudos em um novo módulo, ou mesmo em uma nova disciplina que prossiga com a evolução do estudante sobre determinado conteúdo. A utilização da Lógica Fuzzy, para o acompanhamento do processo de ensino-aprendizagem, pode conferir aos resultados obtidos, por cada estudante, maior confiabilidade nos aspectos relacionados à aprendizagem realmente efetivada por cada um destes, ao invés de simplesmente determinar quem pertence ou não a este conjunto de elementos que satisfaça aos critérios da disciplina (ou módulo) em questão.

O emprego de uma lógica que permita uma análise mais detalhada sobre a pertinência do elemento em determinado conjunto, fornece possibilidades de reconhecimento mais confiável, que envolve cada elemento em relação a seus possíveis conjuntos. Diante disso, ainda se torna possível à realização do tratamento adequado para modificação da pertinência do elemento em um conjunto, como é o caso do exemplo sugerido anteriormente sobre o conjunto dos estudantes que alcançaram um grau de aprendizagem satisfatório sobre determinado conteúdo.

No entanto, existem também aqueles estudantes que não conseguiram efetivar uma aprendizagem satisfatória, apesar de serem representados como elementos pertencentes ao conjunto de estudantes que alcançaram esta satisfação. Entretanto, estes estudantes também estão representados como elementos do conjunto de aprendizagem insatisfatória para o prosseguimento de seus estudos, sendo estes dois conjuntos (satisfatório e insatisfatório), conjuntos fuzzy (Fabri, 2002).

Os elementos nos conjuntos fuzzy não são excludentes, podendo, cada elemento, pertencer a ambos os conjuntos descritos por este exemplo educacional. Porém, cada

elemento possui um grau de pertinência em cada um destes conjuntos, o que lhe confere um valor de confiança sobre a veracidade da pertinência do elemento em cada um destes conjuntos. Por meio deste grau de pertinência, ou de confiança, é possível identificar, mais precisamente, qual é a veracidade do estabelecimento de cada elemento dentro de um conjunto fuzzy. De acordo com esta veracidade poderão ser promovidas ações e reações coerentes com sua modificação, caso isso seja desejável.

Este possível desejo poderia ser ilustrado como a situação do estudante que deseja tornar sua aprendizagem satisfatória no intuito de prosseguir com seus estudos. Contudo, não basta somente à aplicação de uma lógica mais coerente com o problema a ser tratado, não estando esta lógica envolvida em um planejamento organizado e metodologicamente apropriado para superação dos obstáculos existentes no domínio envolvido.

Dessa forma, se constata uma interessante completude entre metodologia coerente com a forma de acompanhamento adequada à realização de um ensino-aprendizagem preocupado com os aspectos relacionados ao ensino que busca, incessantemente, a aprendizagem como objetivo único de seu sucesso. Com a consciência das características educacionais existentes na área de Informática e as necessidades da formação de um indivíduo sintonizado com a sociedade atual é que foi proposta a integração inovadora da TAS com a Lógica Fuzzy para o acompanhamento da evolução cognitiva de cada aprendiz, sendo este acompanhamento individualizado possível através da utilização de um STI estendido às características de um ITA.

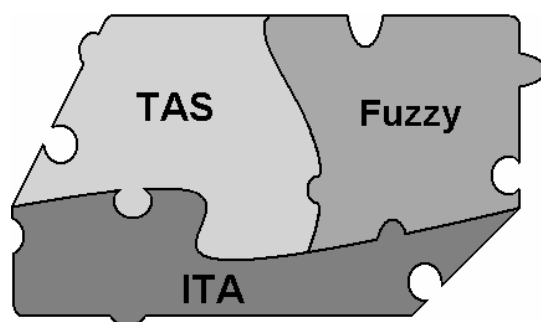


Figura 11 – Integração para metodologia proposta por esta tese.

A Figura 11 sintetiza uma representação da metodologia proposta por este trabalho, que se inicia com a conscientização docente sobre os principais aspectos da TAS no âmbito educacional. Com a participação dos especialistas e docentes envolvidos nesta conscientização, e relacionados aos conteúdos (disciplina) da subárea de Programação, são elaborados os mapas conceituais de cada disciplina que compõe esta subárea, com o intuito de promover a cooperação entre estes na organização hierárquica dos conceitos envolvidos, dos metadados exigidos pelo sistema de apoio e a forma de acompanhamento e orientação mais coerente para as várias situações de aprendizagem possíveis aos alunos.

A atividade direta com os aprendizes é iniciada de maneira motivadora com uso de organizadores prévios para cada conceito relevante a ser explorado na aprendizagem dos conteúdos pertencentes a esta subárea, estando, cada um destes conceitos trabalhados com os alunos, respeitando a organização previamente definida nos mapas conceituais. Dessa forma se busca estabelecer a associação dos conteúdos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz com os novos conceitos explorados no caminho de aprendizagem da Programação Computacional.

Entre as principais atividades docentes destaca-se o papel da mediação e facilitação na aproximação dos novos conceitos, com aqueles já existentes na estrutura do aprendiz, além do estímulo para o uso contínuo dos recursos de apoio oferecidos pelo ITA (SAE) para o acompanhamento individualizado da aprendizagem efetuada e o fornecimento de orientações adequadas na superação de possíveis dificuldades ou na consolidação da aprendizagem almejada por seus alunos.

Estas orientações respeitam os pressupostos da TAS de acordo com a organização existente em cada mapa conceitual. Por meio dela o sistema de apoio estimula e orienta cada aprendiz a consolidar a aprendizagem dos conceitos hierarquicamente superiores no mapa conceitual para depois avançar para o próximo conceito pertencente ao mesmo conteúdo (diferenciação progressiva e reconciliação integrativa), não obtendo nenhuma orientação sobre os próximos conceitos a serem abordados neste conteúdo enquanto o aluno possuir um conceito anterior identificado como insatisfatório para aprendizagem desejada.

Quando todos os conceitos de um conteúdo (disciplina) forem satisfatórios na aprendizagem almejada, o aluno é incentivado a continuar sua aprendizagem sobre o novo conteúdo que sucede aquele concluído pelo mesmo. Contudo, seu acompanhamento detalhado e as orientações recebidas para conclusão do mesmo serão disponibilizados no módulo do aprendiz como “conhecimento” do sistema para apoio ao novo conteúdo a ser explorado. Assim, prossegue o estudo sobre o novo conteúdo atendendo novamente as características de organização, acompanhamento e orientação coerentes com a TAS até que seja concluída, satisfatoriamente, todos os conteúdos previstos para subárea em questão.

3. A METODOLOGIA PROPOSTA E O AMBIENTE CONSTRUÍDO

A integração desta metodologia de aprendizagem (TAS), com o acompanhamento Fuzzy, começa com a organização e planejamento de todos os conteúdos envolvidos no estudo de uma disciplina. Primeiramente, é elaborado o Mapa Conceitual sobre os diversos conteúdos envolvidos que compõem esta disciplina (tópicos do conteúdo). Este mapa é elaborado por especialistas (docentes) no conteúdo, sendo nele representada a expectativa da aprendizagem dos docentes para seus alunos.

A principal preocupação no emprego destes mapas, como estruturantes do ensino-aprendizagem, está na indução provocada pelo docente que cria uma estrutura organizacional de conceitos a partir de sua construção individual e promove na aprendizagem de seus estudantes uma conversão para suas perspectivas pessoais acerca do conteúdo a ser explorado.

Esta “interferência” pode acontecer de acordo com a postura e condução do docente no trabalho exploratório do conteúdo com seus alunos. A utilização do mapa conceitual, como estrutura de base e organização de um conjunto de conceitos, contribui no estabelecimento de regras e orientações que permitem o auxílio e a verificação da correta construção individual de conceitos pelo próprio aluno e seu professor, não sendo obrigatório a cada aprendiz perpassar, exatamente, os mesmos caminhos previstos por seu docente para adquirir um novo conhecimento em sua estrutura cognitiva.

Um exemplo de mapa conceitual é apresentado na Figura 12 para a disciplina inicial no estudo da Programação Computacional, sendo esta disciplina geralmente chamada de Algoritmo.



Figura 12 – Mapa Conceitual da disciplina inicial em Programação (Algoritmo).

A partir desta construção (mapa conceitual), é associada aos conceitos indicados por seus especialistas, uma forma de acompanhamento específica na aprendizagem de cada um deles, que passam também a ser elementos de um conjunto fuzzy. Esta associação inicia a integração da Lógica Fuzzy com a TAS, que possibilitará a utilização de recursos de Inteligência Artificial no acompanhamento mais realista da aprendizagem efetivada de forma significativa por cada aprendiz.

Aos elementos deste conjunto fuzzy, denominado sig-psico (significado psicológico), são vinculados valores mínimos de acompanhamento (cortes), além de variáveis e termos lingüísticos que possibilitarão a análise da situação de aprendizagem momentânea de cada estudante. Estas variáveis, e seus respectivos termos, são relacionados às funções de pertinência que identificam o grau de pertinência do elemento analisado ao termo mais representativo para variável em questão. Por meio destes graus é constatado o valor mais coerente para variável analisada.

Procurando estreitar a integração da TAS com acompanhamento Fuzzy, também se torna relevante à averiguação dos requisitos essenciais para ocorrência da aprendizagem significativa. Dessa forma, o comportamento de acompanhamento da aprendizagem efetivada deve sempre se preocupar em criar meios para constatar a dedicação e perseverança de cada aprendiz, assim como da significância com que o docente trabalha a evolução cognitiva de cada aprendiz nos materiais de estudo e apoio para aprendizagem desejada.

A criação de variáveis lingüísticas coerentes com a averiguação destes requisitos fortalece esta integração e possibilita a utilização de termos lingüísticos comumente empregados nas atividades cotidianas no domínio diretamente envolvido, facilitando a familiarização dos aprendizes com o significado mais exato de determinados termos, assim como a representação do acompanhamento mais adequado de cada aluno para seus professores (especialistas no domínio).

A viabilidade desta integração metodológica exige também a integração de um recurso tecnológico de apoio que atenda aos aspectos positivos do ensino-aprendizagem personalizado e ágil, conforme dedicação e esforço de seu aprendiz. Nesta nova integração é almejada a verificação da aderência desta nova proposta metodológica (TAS e Fuzzy) com um software educativo que propicie ensino adequado para aprendizagem eficiente, onde as principais interfaces da arquitetura a ser implementada atendam as necessidades educacionais objetivadas por esta metodologia integrativa e inovadora (TAS + Fuzzy).

Entre os diversos tipos de softwares educacionais analisados, destacou-se o STI, que aderiu, adequadamente, a esta inovadora proposta, lhe fornecendo recursos de apoio às características pessoais de cada aprendiz. Em sua arquitetura mais tradicional o STI combina informações do domínio a ser ensinado com os resultados provenientes das interações dinâmicas do aluno com o conteúdo do domínio. Estas interações são sugeridas pelo sistema respeitando os aspectos pedagógicos que envolvem a situação cognitiva do aprendiz e são dirigidas por uma ou mais estratégias pedagógicas disponíveis em sua estrutura modular.

O processo de mediação da TAS, acompanhada pela Lógica Fuzzy, requer uma interação dinâmica que possibilite uma adaptação coerente às necessidades individuais de cada aprendiz, sendo esta uma das principais vantagens dos STI. Através destas adaptações o sistema “raciocina” sobre a situação cognitiva do estudante e lhe indica as atividades mais adequadas a serem realizadas durante todo seu período de aprendizagem. Com isso, o sistema “aprende” a cada interação de seus usuários e consegue orientar a cada um com mais “consciência” sobre sua situação individual de aprendizagem e superação.

Esta orientação sobre o conteúdo é possível por meio da elaboração do mapa conceitual e sua integração com os recursos necessários para um acompanhamento fuzzy, conferindo ao STI uma “inteligência” sobre o conteúdo do domínio, o conhecimento de cada aluno neste domínio e as estratégias pedagógicas a serem adotadas na busca constante do ensino-aprendizagem sob medida para qualquer estudante que seja seu usuário.

Com todos estes aspectos de inteligência, é importante salientar que permanece utópica a substituição plena de um ser humano por um recurso tecnológico. Porém, a área de IA continua pesquisando e propondo modelos computacionais para problemas não triviais que indiquem algum avanço na simulação do comportamento humano nas mais diversas situações. Entre estes desafios se encontram o estabelecimento do bom senso e das dificuldades de algumas “leituras” para o computador, sendo estas relevantes à realidade humana, como por exemplo os aspectos emocionais e afetivos.

Ressalta-se assim a proposta do ambiente como recurso de assistência ao ensino-aprendizagem que auxilia seus usuários, desenvolvendo papel similar ao de um monitor virtual ou assistente artificial (Yacef, 2002).

O acompanhamento e análise da evolução cognitiva de cada aprendiz deve acontecer durante todo seu período de aprendizagem e não somente durante um momento neste período. Seu recurso tecnológico de apoio educacional deve ainda prover mecanismos assistenciais ao docente referente a qualquer momento deste período de aprendizagem de seus alunos. Em contrapartida, o docente fornecerá direcionamentos mais corretos ao apoio pedagógico e decisório do ITA, conforme representação da Figura 13.

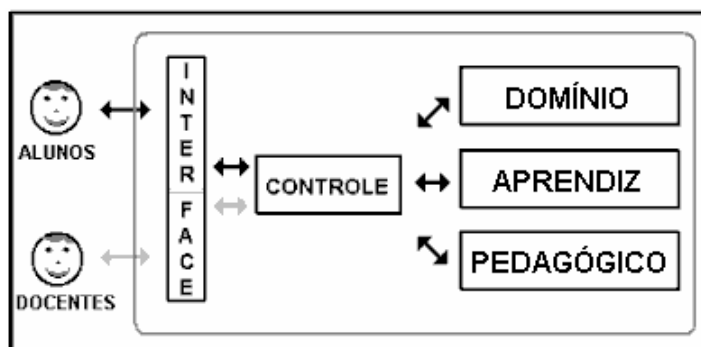


Figura 13 – Representação da extensão do STI para um ITA como assistente artificial.

Diante disso, se estabelece uma proposta metodológica inovadora apoiada por uma extensão dos STI que propõem o engajamento de sua estrutura modular na

assistência de seus estudantes e docentes envolvidos neste importante processo de formação humano sobre uma das áreas de conhecimento que mais vem crescendo na atualidade, e que a cada dia necessita de mais profissionais competentes para continuarem promovendo sua evolução e apoio qualitativo a todas as demais áreas que a Informática possa se envolver.

3.1. Descrição da Arquitetura Proposta

A arquitetura do STI, adotada como apoio para esta metodologia proposta, consiste em uma extensão da arquitetura apresentada por Yacef (2002) na elaboração de um ITA. Esta arquitetura permite ao docente criar atividades e recursos específicos a serem usados pelo ITA com intuito de promover uma interação coerente e bem direcionada ao suporte necessário para aprendizagem significativa e, conseqüentemente, sua possível atualização no modelo do aluno.

As atividades realizadas por um monitor humano (agente real de apoio na aprendizagem) também são coletadas por esta extensão do ITA e contribuem com a elaboração de um modelo de aluno mais realista no sistema. Dessa forma, este importante agente real também colabora com o “conhecimento” do ITA e conseqüentemente com seus diagnósticos e as ações dos professores.

Um novo módulo é incluído na arquitetura do ITA, sendo por meio dele fornecida uma interface de comunicação e interação entre os demais módulos que compõem este tipo de software educativo. Esta interface possibilita ao monitor humano acompanhar somente a situação dos alunos envolvidos com o conteúdo de sua monitoria, além de facilitar a coleta dos dados resultantes de seus atendimentos efetuados com cada aluno, como complementação do módulo do aprendiz no ITA.

Assim, cada monitor que “auxilia é auxiliado” pelo ITA na realização de sua atividade de apoio ao ensino-aprendizagem, sendo relevante à utilização de todos os dados relacionados ao apoio e monitoramento de cada estudante como fonte de informação empregada na construção do modelo do aluno. Esta arquitetura proposta é

apresentada na Figura 14 e almeja promover a aprendizagem significativa em seus alunos.

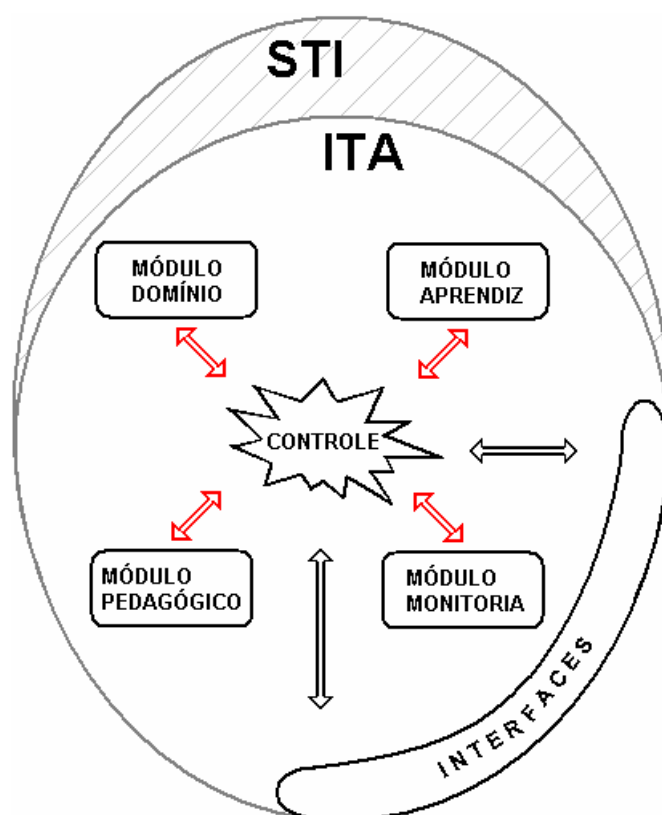


Figura 14 – Representação da arquitetura computacional proposta para atender a TAS.

Esta arquitetura ITA, que consiste em uma variação dos STI sobre os aspectos de fornecer assistências aos seus usuários, permanece modular e é voltada à implementação, onde cada um de seus módulos possui certa independência de funcionamento. Entretanto, a interação entre todos estes módulos proporciona um eficiente acompanhamento e orientação do aprendiz, através de suas comunicações entre recursos e interfaces de assistência e coleta de dados fornecidos por seus agentes reais, além das realizações do próprio aprendiz junto ao sistema. Cada um destes módulos da arquitetura representada na Figura 14 é descrito a seguir:

- Módulo do Domínio: responsável em prover conteúdo potencialmente significativo que possibilite a organização lógica e direcione a associação dos novos conceitos a estrutura cognitiva do aluno, de maneira substantiva, não-arbitrária e não-literal. Este módulo pode ser

formado por textos, imagens, sons, vídeos e exercícios interativos, que geralmente precisam de certas habilidades cognitivas como pré-requisito para serem apresentados.

- Módulo do Aprendiz: possui a incumbência de coleccionar as informações referentes à interação do aluno com o sistema, possibilitando a este último efetuar a modelagem cognitiva de cada aluno dinamicamente. Por meio do compartilhamento realizado com os outros módulos, e controlado pelo módulo de controle (componente centralizado na Figura 14), torna-se possível um diagnóstico mais preciso sobre a situação cognitiva do aluno e sua aprendizagem significativa.
- Módulo Pedagógico: responsável pela identificação e aplicação da estratégia pedagógica condizente com a situação cognitiva do aluno, sendo esta identificação baseada no diagnóstico efetuado pelo sistema através do compartilhamento estabelecido com seus outros módulos. Por meio destas estratégias pedagógicas o sistema consegue auxiliar o aluno sobre qual conteúdo este deve se dedicar mais e quais atividades realizar para uma aprendizagem significativa eficiente, além da própria promoção deste para um novo tópico no mesmo conteúdo ou de seu conteúdo subsequente.
- Módulo da Monitoria: novo módulo acrescido à arquitetura do ITA com a finalidade de permitir a interação do monitor humano com o sistema, possibilitando a este, importante agente real, sua colaboração no desafiador processo de modelar cada aluno em sua aprendizagem significativa.
- Módulo de Controle: com o objetivo de organizar e controlar as interações e compartilhamentos necessários ao funcionamento de cada módulo do ITA e, conseqüentemente, sua eficiência no apoio ao ensino-aprendizagem, com diagnóstico coerente à situação cognitiva de cada aluno, acompanhamento preciso sobre o esforço e os resultados significativos obtidos e orientação pedagógica digna de um ensino

significativo para uma aprendizagem associativa aos saberes do aprendiz, este módulo de controle desempenha suas atribuições nesta arquitetura.

- Módulo de Interfaces: representa os canais de comunicação existentes entre o sistema e seus usuários, sendo adaptáveis de acordo com o perfil e responsabilidades de cada um destes no apoio ao ensino-aprendizagem almejado. As assistências fornecidas pelo ITA, para o acompanhamento da aprendizagem dos alunos, assim como nas percepções de inteligência do mesmo, no diagnóstico e orientação fornecidos pelo sistema, são acessados através deste módulo.

A adoção desta nova arquitetura busca aumentar a aderência deste tipo de software com a TAS aliada ao seu acompanhamento fuzzy. No entanto, a arquitetura didática triangular sugerida por Yacef (2002) sofre alteração e passa a ser quadrangular com a inclusão do monitor humano (aluno, professor, monitor e sistema) no apoio a modelagem do aluno realizada pelo ITA.

A interação entre este quarteto de recursos proporciona uma averiguação mais substancial quanto à situação cognitiva do aluno, principalmente no que tange aos recursos de IA envolvidos, sendo estes beneficiados com vários dados de diferentes origens, que contribuem, imensuravelmente, com o processo de decisão e orientação efetuado pelo sistema.

O compartilhamento desta diversidade de dados potencializa um aumento no trabalho desempenhado pelo professor, pois exige sua participação na supervisão do sistema, direcionamento do monitor humano, além do acompanhamento do aprendiz e suas orientações. Com esta maior participação à docência continua sendo o componente fundamental ao processo de diagnóstico cognitivo do aluno, principalmente em sua modelagem pelo sistema, que deve fornecer uma interface fácil e intuitiva a fim de agilizar o cumprimento de todas estas atividades importantes ao processo educativo assistido por computador.

Ainda é expressiva a limitação tecnológica para captura de vários elementos importantes na interação do sistema com seus alunos, podendo esta limitação ser minimizada com os subsídios provenientes da adequada coleta de dados resultantes da interação direta do professor em sala de aula e do monitor em atividades extraclasse.

Estas coletas de dados, diretamente obtidas na interação com os aprendizes, são relevantes para modelagem do aluno, pois ajudam na efetivação de um diagnóstico mais realista quando são compartilhadas entre todos os componentes deste quarteto, conforme representação da Figura 15.

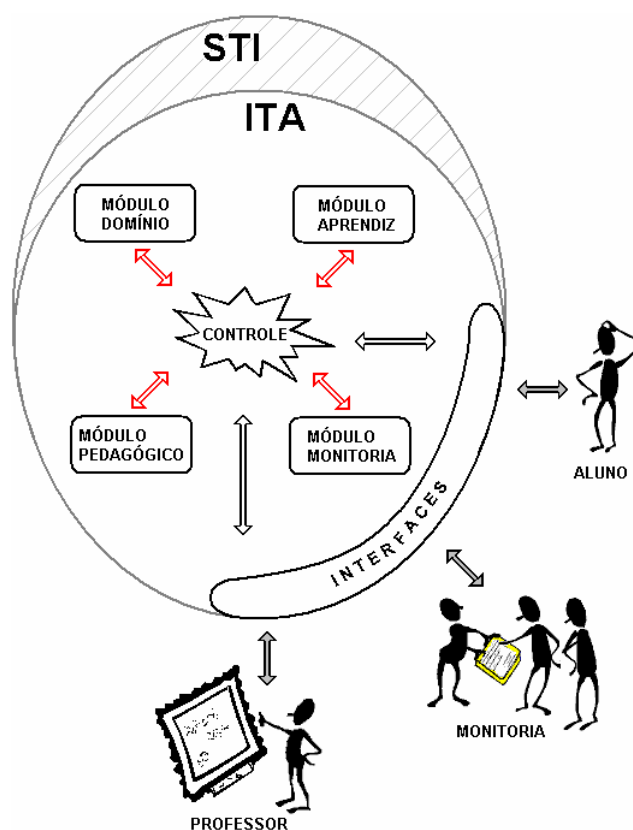


Figura 15 – Assistência ao quarteto por meio do compartilhamento de informações.

A TAS exige maior atenção dos agentes reais envolvidos (professor e monitor), se tornando ainda mais ampla para aqueles que supervisionam todo processo pedagógico, especialmente se a interface do sistema não for ágil e bem projetada.

O instrumento de acompanhamento e avaliação do significado psicológico usado nesta metodologia é a Lógica Fuzzy que fornece subsídios na atualização contínua dos estados cognitivos do aluno, bem como na orientação do mesmo e de seus agentes reais (professore e monitor) e artificiais (ITA) sobre qual postura de mediação adotar nas ações que o aprendiz se propor a realizar depois de sua orientação.

O sistema que apóia esta metodologia realiza o acompanhamento de cada aluno respeitando os requisitos fundamentais desta teoria de aprendizagem (TAS). Isso acontece com o acompanhamento avaliativo da pró-atividade (esforço) e a significação dos resultados obtidos por cada aprendiz sobre cada um dos tópicos relevantes que compõem o conteúdo estudado, respeitando sempre sua organização hierárquica de conceitos e os metadados definidos pelos especialistas envolvidos com este ensino-aprendizagem.

3.2. Protótipo Associado à Arquitetura

A necessidade de apurar os resultados desta nova proposta metodológica e seu aporte tecnológico de suporte para efetiva viabilidade e uso no meio educacional deve sempre acontecer mediante um trabalho prévio de criação da consciência docente sobre a metodologia envolvida e seus objetivos e métricas, além do treinamento prático em seu ambiente de aplicação com os diferentes usuários (perfis) e recursos associados.

No intuito de validar a extensão proposta para arquitetura ITA, que servirá de suporte tecnológico para esta metodologia, e averiguar as hipóteses levantadas por esta tese, é que foi desenvolvido um ambiente computacional que permitisse a efetivação de experimentos práticos em situações reais de ensino-aprendizagem.

Este ambiente foi elaborado de forma incremental, onde várias versões foram desenvolvidas antes de sua primeira aplicação prática acontecer. Vários ajustes técnicos e computacionais foram promovidos no decorrer desta primeira aplicação, mas nenhum comprometeu a metodologia proposta, sendo todos destinados à evolução corretiva do

ambiente de apoio à metodologia, assim como a melhoria em sua interface de comunicação específica para todos os perfis envolvidos.

As mudanças e ajustes de maior magnitude neste projeto aconteceram após o encerramento desta primeira aplicação prática e contribuíram, substancialmente, na aderência mais apropriada dos recursos tecnológicos envolvidos e a metodologia proposta. Uma descrição sintetizada das principais características deste projeto de software pode ser encontrada em Pereira (2007) e Martins (2007).

As características modulares de um STI possibilitam um desenvolvimento com certa independência de cada módulo. Isso contribui com o desenvolvimento paralelo de certas funcionalidades específicas nestes módulos, além de possibilitar a análise e a possível evolução de um sistema que já esteja em uso para novas versões que contemplem ou executem funções “inteligentes” neste tipo de software educativo (Self, 1998).

Contudo, seu projeto e planejamento devem ser elaborados previamente, podendo assim administrar este certo paralelismo no desenvolvimento desta aplicação e o aproveitamento de outros sistemas específicos que estejam colaborando, de alguma forma, com a realização do ensino-aprendizagem desejado.

Sendo assim, iniciou-se o trabalho de desenvolvimento do ambiente denominado SAE (Sistema de Apoio Educacional) para o apoio efetivo da aprendizagem significativa na subárea de Programação Computacional (Rissoli, 2007b). Este desenvolvimento foi baseado no Ciclo de Vida Clássico (levantamento, análise, projeto, codificação, teste e manutenção) para construção de um sistema computacional (Pressman, 2002), respeitando, no entanto, as particularidades pertinentes à elaboração de um ITA.

Iniciando as etapas deste ciclo de vida foram levantadas as necessidades (requisitos) do sistema e como o eixo principal de seu fundamental processo (ensino-aprendizagem) se encontrava naquele momento. O processo de análise da atual situação

e a prospecção ambiciosa de sua alteração, condizente com esta nova metodologia apoiada por um ITA, resultaram em um projeto amplo que aproveitava alguns sistemas computacionais já existentes, sendo necessária à adequação coerente de todos estes outros sistemas para integração com o ITA, além de seus novos módulos que seriam totalmente desenvolvidos.

O desenvolvimento deste projeto priorizou o uso de tecnologias livres, a fim de minimizar seus custos de produção e possibilitar sua posterior disponibilização para comunidade acadêmica. Diante disso, foi utilizada a linguagem de programação Java para Web sobre um servidor JSP Apache Tomcat 5.5, não sendo esta aplicação elaborada com uso de *frameworks* disponíveis no mercado.

No entanto, alguns padrões de projeto foram respeitados, almejando-se, principalmente, garantir uma implementação bem organizada e reaproveitável. Entre estes padrões se destacam o *Front Controller*, que centraliza o acionamento das ações através de um arquivo *properties* de mapeamento para instanciação das ações a serem executadas, e o MVC (*Model-View-Controller*), que proporciona uma divisão em camadas para o tratamento independente dos aspectos relacionados à lógica da aplicação, interface com usuário e seu fluxo (negócio) (Alur, 2003).

O armazenamento persistente dos dados interessantes ao ITA acontece em um banco de dados relacional livre (MySQL 5.0), que também emprega padrões de projeto capazes de fornecerem alta independência ao banco de dados e fácil adição de funcionalidades exigidas pelas camadas superiores deste sistema.

Estes padrões também objetivam prover ao ITA independência de plataforma, além de uma manutenibilidade alta, principalmente depois de seus exaustivos testes realizados antes da liberação do uso para implementação em ambiente educacional real (ambiente de produção).

Após vários testes no sistema e suas respectivas manutenções, somente onde foi necessário, o ambiente ITA foi disponibilizado e permitiu registrar as interações

efetivadas entre os alunos, professores, monitores e os próprios conteúdos acessados pela Internet. Estes registros iniciaram a modelagem do aluno sobre o domínio estudado e puderam fazer uso dos dados fornecidos pelos monitores na orientação extraclasse de cada aluno em suas principais necessidades de superação sobre o conteúdo abordado para efetivação de uma aprendizagem significativa de qualidade.

As definições de algumas das ferramentas previstas no projeto foram revisadas, todas com intuito de realmente efetuarem um papel de assistência aos seus alunos e agentes reais de apoio na aprendizagem desejada. Estas ferramentas utilizam as respectivas interfaces do ITA para proverem recursos e informações coerentes aos perfis de atendimento e apoio à aprendizagem dos alunos.

Para cada um dos diferentes perfis envolvidos foi implementada uma interface coerente com as suas características de colaboração com a construção do modelo do aluno, além das possibilidades adequadas da melhor assistência oferecida pelo sistema na realização da atividade de apoio eficiente para cada perfil.

Assim, várias definições do projeto foram implementadas com a expectativa de atender a maior gama possível de necessidades de cada perfil após o compartilhamento das informações de acompanhamento do aluno com o sistema. Entretanto, foram tomadas algumas decisões relacionadas ao controle de acesso aos dados e funcionalidades do ambiente a fim promover o apoio seguro e objetivo às necessidades de cada perfil, de forma a contribuir com a conduta cooperativa e colaborativa no ensino-aprendizagem dos alunos.

De acordo com as necessidades de segurança e suas respectivas precauções durante o desenvolvimento deste ITA, estão sendo detalhados alguns itens importantes desta implementação na Figura 16, sendo cada um destes mais bem esclarecidos após a figura.

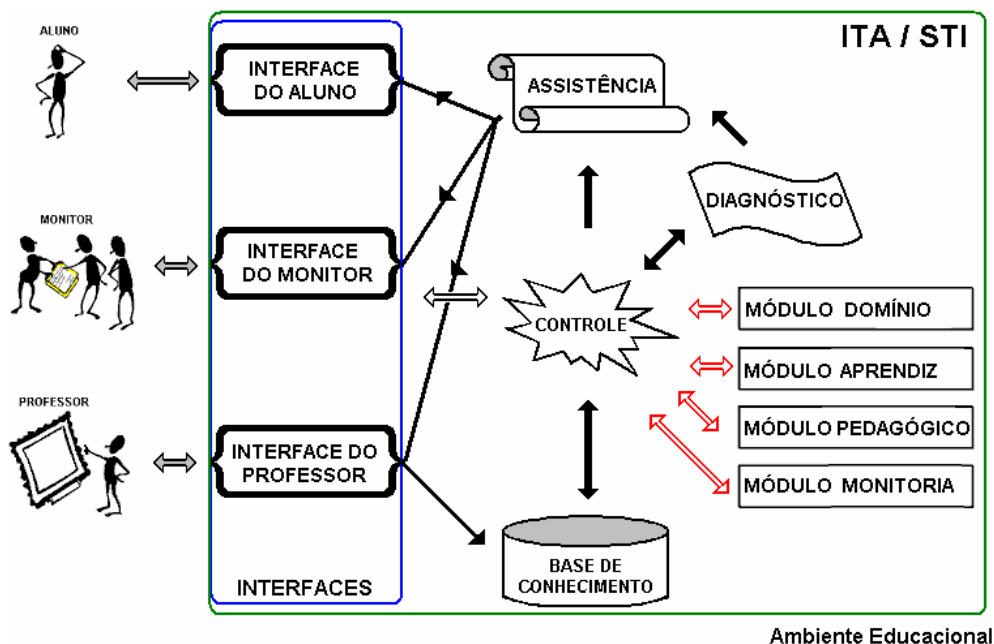


Figura 16 – Representação dos importantes esquemas (ou módulos) de implementação.

3.2.1. Módulo do Domínio

A implementação deste módulo respeita a organização e o planejamento de todo conteúdo a ser explorado por uma disciplina, similar a definição de unidades ou tópicos a serem trabalhados com cada aluno no decorrer de sua aprendizagem nesta disciplina.

Este módulo é composto, basicamente, pela organização hierárquica dos tópicos envolvidos na exploração do conteúdo de uma disciplina e de seus recursos disponíveis para contribuição de sua aprendizagem significativa. Essa organização é planejada pelos especialistas e docentes envolvidos através da elaboração cooperativa de seu Mapa Conceitual, evitando a heterogeneidade de uma mesma disciplina poder possuir metas diferentes em sua condução por professores distintos (turmas diferentes de uma mesma disciplina). Este tipo de ocorrência prejudica a continuidade da aprendizagem do aluno, no mínimo em sua próxima disciplina vinculada ao mesmo eixo temático ou a mesma subárea de conhecimento.

Na realidade da subárea de Programação esta ocorrência é muito comum e compromete a condução de conteúdos avançados devido à formação de novas turmas,

para as próximas disciplinas, serem muito heterogêneas sobre os conteúdos que deveriam ter sido consolidados ou fundamentados por disciplinas anteriores.

Os recursos disponíveis neste módulo são textos explicativos ou referências específicas a livros e artigos facilitadores da assimilação desejada, além de exemplos, imagens, sons e vídeos coerentes com o conteúdo que esteja sendo trabalhado com o aprendiz. A disponibilização de exercícios interativos, adequados às necessidades de exploração de cada conteúdo, assim como aqueles definidos pelo professor para superação de dificuldades comuns e específicas de determinados aprendizes, também compõem este conjunto de recursos que o sistema pode conduzir e orientar seus alunos a exercitarem e serem, posteriormente, analisados sobre sua situação cognitiva momentânea.

As unidades ou tópicos pertencentes a uma mesma disciplina possuem pré-requisitos representados graficamente em seu mapa conceitual e devem ser respeitadas, principalmente por necessitarem da assimilação de conceitos fundamentais ao avanço do aluno para os novos tópicos ou conteúdos.

A necessidade da construção de conceitos subsunçores estáveis na estrutura cognitiva do aprendiz é fator essencial para aprendizagem significativa, pois por meio do estabelecimento destes conceitos se torna possível à aplicação dos princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, consolidando estes conceitos como estruturas ancoras para assimilação contínua de novos tópicos ou conteúdos.

O uso dos recursos disponíveis para cada tópico existente neste conteúdo deve acontecer de maneira condizente com as necessidades existentes para cada aluno. Isso é possível pela definição de metadados que associam os recursos disponíveis aos tópicos existentes em cada conteúdo, além de especificar um esforço mínimo de cada aprendiz para que esta aprendizagem possa ser significativa.

Este esforço mínimo corresponde ao requisito da TAS sobre a disposição proativa do aluno em aprender por meio da associação dos novos conceitos a seus respectivos subsunçores estabelecidos em sua estrutura cognitiva.

Esta implementação do ambiente denominado SAE forneceu aos professores acesso e definição cooperativa aos conteúdos de uma mesma disciplina, além de seus metadados vinculados aos recursos, como pode ser observado na Figura 17. Aos perfis de aluno e monitor foram disponibilizados somente o acesso de visualização sobre os conteúdos das disciplinas que estes estejam vinculados, sem indicação de quais são seus metadados.

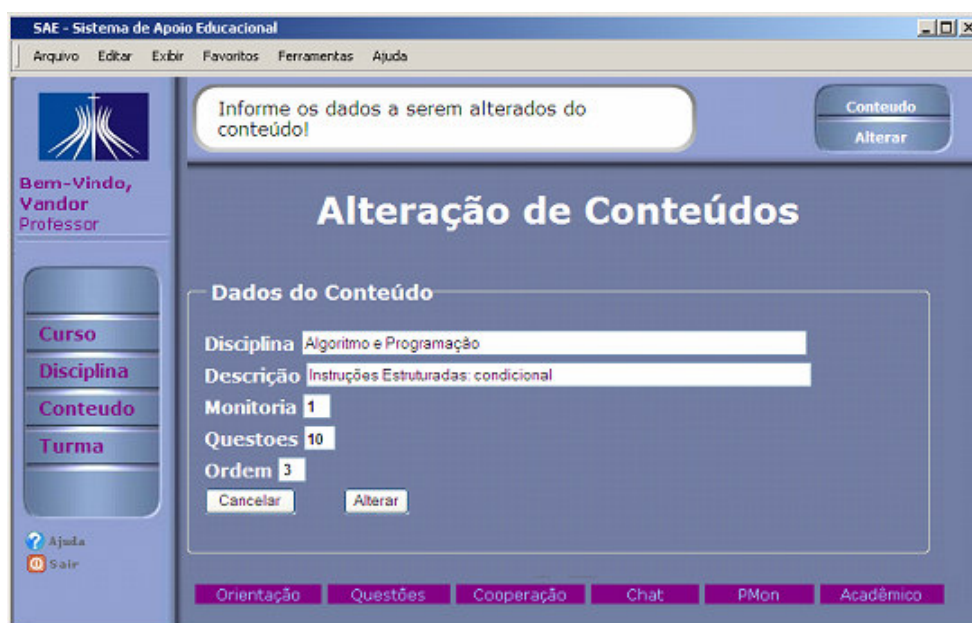


Figura 17 – Janela de acesso do professor aos conteúdos e seus respectivos metadados.

A manipulação dos dados desta janela conferem a cada tópico de um conteúdo (disciplina) informações sobre seu planejamento seqüencial de abordagem (Ordem), além da indicação mínima necessária para uma potencial aprendizagem significativa em relação à quantidade de questões interativas e freqüência no recurso da monitoria estudantil. Estas quantidades correspondem aos metadados que procuram indicar o mínimo coerente sobre o esforço que o aluno deve dedicar para esta aprendizagem.

3.2.2. Módulo do Aprendiz

O módulo do aprendiz é responsável pela modelagem do aluno usuário do sistema, sendo nele armazenadas as informações que possibilitarão o acompanhamento e diagnóstico do estado de desenvolvimento cognitivo dos conceitos envolvidos em sua aprendizagem. Para que esta modelagem individualizada aconteça, de maneira coerente com a metodologia proposta, são consideradas algumas características pessoais e de participação de cada aluno, além da própria formação e assimilação dos conceitos envolvidos.

A combinação destas características, dinamicamente acompanhadas pelo sistema e seus agentes reais, usuários do sistema, contribuem com o diagnóstico mais completo da situação cognitiva do aluno e sua orientação, além da postura e conduta destes agentes reais no apoio direto, ou presencial, fornecido para cada aluno em sua respectiva sala de aula ou espaço da monitoria estudantil.

O acompanhamento e análise destas características ocorrerá por meio de dois atributos relevantes para TAS, estando um relacionado à disposição proativa de cada aluno (*esforço*) e o outro aos resultados obtidos sobre as atividades interativas elaboradas pelo professor e orientadas pelo sistema para serem realizadas por cada aluno (*resultado*). Estes resultados também são provenientes das orientações diretas, ou presenciais, fornecidas em sala de aula, ou no espaço da monitoria, e procuram identificar qual a situação cognitiva de cada aluno diante da metodologia proposta.

Mediante o acompanhamento sobre os dois requisitos fundamentais da TAS é possibilitado ao sistema diagnosticar a situação cognitiva do aluno e orientá-lo durante sua aprendizagem sobre o tópico do conteúdo abordado. Assim, o sistema “raciocina” e sugere recursos e atividades a serem realizadas pelo aluno na efetivação de sua aprendizagem significativa sobre cada tópico pertencente a este conteúdo, atendendo, inicialmente, aos requisitos mínimos especificados, cooperativamente entre os docentes e especialistas, nos metadados deste conteúdo.

Para cada aluno, e sobre cada tópico relevante do conteúdo, o sistema acompanha e orienta, com base nos dados que vão sendo coletados no módulo do aprendiz, em consonância com as necessidades do módulo do domínio, e compartilhados com os demais módulos sobre a gerência do módulo de controle.

Os dois atributos empregados no acompanhamento e orientação fornecidos pelo sistema (*esforço* e *resultado*) são obtidos por meio da constatação e análise dos acessos efetivados por cada aluno sobre os recursos tecnológicos disponíveis, além das atividades realizadas na evolução de sua aprendizagem e seus resultados nelas alcançados.

Por meio destes atributos são inseridas as características inteligentes empregadas neste ITA, que transformará o primeiro atributo (*esforço*) em uma variável lingüística incumbida de inferir, sobre os dados e metadados disponíveis no sistema, qual a dedicação e esforço do aluno em assimilar o novo conteúdo através de sua associação aos conceitos já disponíveis em sua própria estrutura cognitiva (aprendizagem significativa).

Esta apuração acontecerá de forma quantitativa, ou seja, contabilizará os acessos de cada aluno aos recursos disponíveis e indicados pela orientação do sistema ou dos agentes reais. Seu principal foco está na quantidade de acesso e solução de questões e listas de exercícios disponibilizadas pelo sistema e/ou professor, além da quantidade de vezes que cada aluno recebeu esclarecimento e apoio da monitoria estudantil.

No segundo atributo (*resultado*) é averiguada a assimilação significativa dos novos conceitos, além da verificação da estabilidade dos conceitos subsunçores envolvidos. Este atributo cria uma nova variável lingüística, relacionada à qualidade da aprendizagem efetivada através dos resultados alcançados em cada tópico existente em um conteúdo. A análise desta segunda variável acontece sobre as questões e listas de exercícios interativas disponíveis no sistema e propicia uma avaliação sobre a retenção significativa dos novos conteúdos, respeitando também a organização hierárquica dos conteúdos envolvidos em uma disciplina e seus respectivos metadados.

Cooperativamente, entre todos os especialistas e docentes envolvidos, são definidos os metadados que estabelecem o nível médio de assimilação necessário para aprovação em cada tópico pertencente a um conteúdo, assim como para promoção do aluno para o próximo conteúdo ou disciplina a ser estudada. Este nível médio garante o respeito aos pré-requisitos necessários na continuidade dos estudos realizados por cada aluno, reforçando o trabalho sobre os conceitos subsunçores envolvidos na assimilação de um tópico ou promovendo o aprendiz para o próximo conceito ou disciplina a ser aprendida. A Figura 18 apresenta a janela de consulta sobre as disciplinas cadastradas no sistema e a especificação do nível médio para disciplina de Algoritmo e Programação na coluna denominada Nível.

The screenshot shows the SAE web interface. The browser window title is "SAE - Sistema de Apoio Educacional". The address bar shows "http://www.cesmic.ucb.br/sae". The page has a sidebar with a logo and navigation links: "Curso", "Disciplina", "Conteudo", and "Turma". The main content area has a search box with the text "Informe os parâmetros para a pesquisa de disciplinas!" and a "Pesquisar" button. Below this is a "Nova Pesquisa" section with a "Disciplina:" input field and an "OK" button. The main section is titled "Disciplinas" and contains a table titled "Lista de Disciplinas de Ciência da Computação". The table has columns: "Nome", "Objetivo", "Carga", "Nível", and "Ações". The first row is for "Algoritmo e Programação" with a "Nível" of 5. The second row is for "Laboratório de Programação" with a "Nível" of 6.

Nome	Objetivo	Carga	Nível	Ações
Algoritmo e Programação	Habilitar e capacitar o estudante com competências no desenvolvimento, criação e aplicação de alta tecnologia, formando os futuros profissionais que possuam conhecimento, informações e experiências necessárias para se engajarem em atividades de concepção e aplicação de métodos e técnicas computacionais para a resolução de problemas nos mais diferentes domínios.	90	5	Manter Conteúdo
Laboratório de Programação	Habilitar e capacitar o estudante com as competências necessárias para o desenvolvimento crítico de programas	90	6	Manter

Figura 18 – Janela de consulta das disciplinas e seu respectivo nível médio (metadado).

O armazenamento e controle sobre os dados compartilhados pelo módulo do domínio e do aprendiz não buscam somente oferecer apoio a uma única disciplina a ser trabalhada com o aprendiz, mas em colaborar com todo o caminho de aprendizagem percorrido por cada aluno durante seu período de formação, disponibilizando, a seus

professores, uma visão histórica do esforço e resultados obtidos por estes alunos em cada tópico de conteúdos ou disciplinas que este já tenha cursado.

Para subárea de Programação, a disciplina inicial, normalmente chamada de Algoritmo, contribui de maneira substantiva com a aprendizagem nesta importante subárea, porém somente sua aprendizagem não garante a formação de um aluno competente em Programação. Esta disciplina trabalha a construção de um dos subsunçores fundamentais para a formação da área de Informática, devendo possibilitar o acesso de todos os professores empenhados em formar o futuro profissional nesta área, a fim de conhecer as características e dificuldades de cada aluno em sua evolução sobre os conteúdos e disciplinas responsáveis por seu “amadurecimento formativo”.

3.2.2.1. Identificação das Dificuldades de Aprendizagem

O sistema que fornecerá apoio a esta metodologia está voltado à identificação de dificuldades na aprendizagem de cada aluno que o utiliza, assim como no atendimento de suas possíveis necessidades para superação destas dificuldades. Para isso são registradas as informações provenientes do professor, monitor e do próprio aprendiz através de suas características e aspectos demonstrados no ambiente de sala de aula e de monitoria, além dos resultados alcançados na realização dos exercícios interativos propostos pelo ITA, ou mesmo pelo professor em sala de aula, ou em atividades extraclasse.

Estes dados, compartilhados pelos correspondentes módulos do ITA, influenciam o processo decisório do sistema e promovem um diagnóstico mais realista e uma orientação pertinente a este diagnóstico, que objetiva conhecer cada vez mais a situação cognitiva do aluno para ajudá-lo na superação de suas dificuldades e na consolidação de seus conceitos subsunçores, e estes na ancoragem (associação) dos novos conceitos a serem assim assimilados.

A constatação destes dados, que influenciam o processo decisório do ITA, é conseguida através das variáveis lingüísticas *esforço* e *resultado*, sendo para o *esforço*

contabilizada a quantidade de monitorias recebidas pelo aluno em cada tópico do conteúdo, assim como o número de exercícios interativos realizados pelo mesmo em cada um destes tópicos. Para apuração da variável **resultado** é verificado o desempenho do aluno sobre cada um dos exercícios interativos concluídos, sejam estes disponibilizados através de listas de exercícios ou questões avulsas no sistema.

As questões classificadas como avulsas não estão, obrigatoriamente, vinculadas a nenhuma lista de exercícios, mas permanecem disponíveis no ambiente, sendo relacionadas aos tópicos correspondentes a cada conteúdo (disciplina). Estas questões devem ser realizadas pelos alunos à medida que estes vão sendo promovidos aos tópicos e conteúdos mais avançados, respeitando sempre as definições contidas em seus metadados, durante todo seu período de aprendizagem.

As questões avulsas e as listas de exercícios interativas correspondem, principalmente, ao mecanismo de constatação do sistema sobre a variável lingüística **resultado**, sendo por meio dela analisada a assimilação trabalhada pelo ambiente ITA e seus agentes reais. Este recurso de interação do sistema fornece questões de cinco tipos diferentes, cada uma buscando promover uma habilidade de assimilação relevante ao estabelecimento estável de seu subsunçor na estrutura cognitiva do aluno.

Os cinco tipos de questões adotados por este sistema são:

- Verdadeiro ou Falso: averigua a incorporação significativa de todo o conteúdo estudado na aprendizagem de cada aluno, trabalhando também sua memorização de conceitos relevantes na consolidação do novo saber;
- Múltipla-Escolha: permite análise e interpretação sobre o conteúdo abordado, trabalhando o raciocínio dedutivo e indutivo, além da memorização através da escolha de apenas uma opção correta no exercício proposto;

- Escolha-Múltipla: promove a habilidade associativa do aluno em relacionar mais que uma resposta correta sobre o conteúdo desejado, sendo possível a seleção de uma única alternativa correta, chegando até as quatro opções possíveis (todas opções) neste tipo exercício;
- Lacuna: avalia a capacidade do aluno em compreender o conteúdo e efetuar sua complementação através do preenchimento coerente na composição de uma sentença ou expressão correta relacionada ao conteúdo em estudo;
- Aberta (ou dissertativa): propicia análise da habilidade de organização de idéias, capacidade de síntese e dissertação coerente sobre o conteúdo estudado, sendo solicitada aos alunos a elaboração de soluções completas aos possíveis problemas sugeridos como exercício.

A elaboração destas questões, que poderão ser disponibilizadas em listas ou avulsas, ocorre somente pelos usuários que possuem perfil de professor, possibilitando a estes um mecanismo de direcionamento e orientação do ITA adequado à interação virtual de todos os alunos de uma mesma disciplina, de um grupo específico desta disciplina ou mesmo de um único aluno em processo de assimilação. Por meio destes recursos interativos o professor pode explorar as dificuldades identificadas em cada aluno, inserindo no sistema atividades a serem propostas e assistidas pelo mesmo, mediante suas percepções em sala de aula, além da análise complementar sobre as interações que o aluno já tenha efetivado junto ao sistema ou a monitoria estudantil.

A correção dos quatro primeiros tipos de questões relacionados anteriormente acontece de forma automática, ou seja, assim que um aluno submete sua resposta ao ITA, ele retorna um comentário sobre a solução que este propôs, e no caso de erro, este assistente ainda esclarece a solução correta, procurando corrigir o possível processo de subsunção que poderia estar iniciado na assimilação do aluno.

Para correção do último tipo de questão desta relação (questão aberta ou dissertativa), este sistema disponibiliza ao professor uma interface coerente para análise

e avaliação da solução proposta pelo aluno, sendo ao professor possível acompanhar a situação da aprendizagem do mesmo e indicar lhe atividades suplementares que ainda possam ser necessárias, através de um contato direto com o aluno ou pela orientação fornecida pelo próprio sistema.

A elaboração desta tese não adotou nenhum outro trabalho de correção automática de algoritmo solicitado em questões abertas, como em Miranda (2004), por acreditar que o acompanhamento deste tipo de questão permite ao professor, com assistência dos recursos do ITA, um trabalho apurado de aproximação docente com as possíveis dificuldades de aprendizagem de seus alunos, podendo estas dificuldades estarem inseridas nas resoluções propostas pelos aprendizes como respostas corretas deste tipo de exercício.

Contudo, o professor corrige este tipo de exercício pelo sistema e pode ou não fornecer um retorno instrutivo ao aluno que o elaborou, ou mesmo efetivar uma atividade de apoio e correção da aprendizagem equivocada, por meio de um recurso de comunicação síncrono (Chat) disponibilizado por este assistente virtual na manipulação das questões e lista de exercícios. A Figura 19 mostra a interface de comunicação síncrona disponível no SAE.

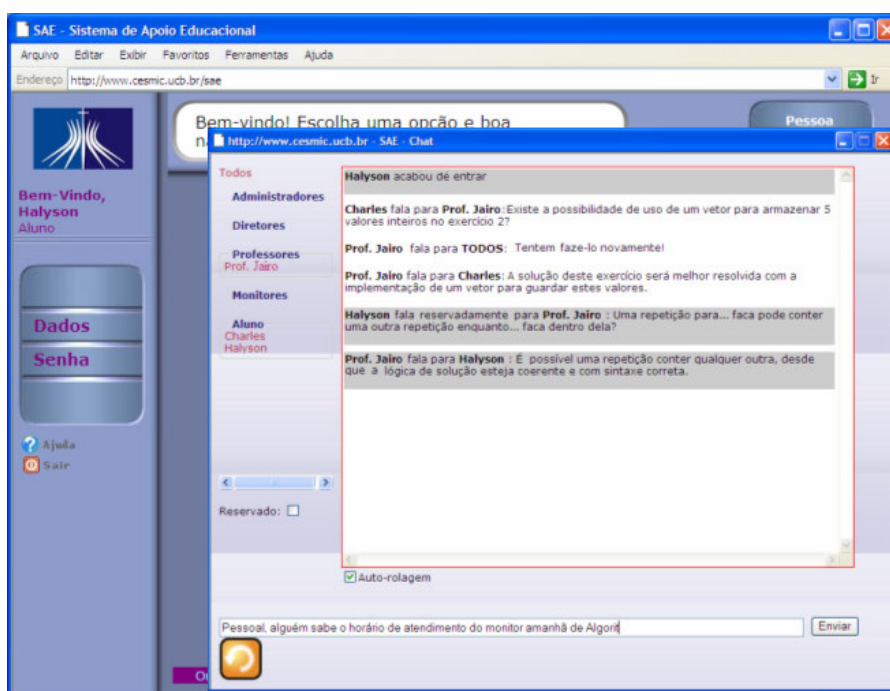


Figura 19 – Janela de interação do Chat disponível neste ITA (SAE).

Esta forma de interação no ITA (Chat) possibilita ao aluno solicitar apoio dos agentes reais a qualquer momento que os mesmos estejam disponíveis no ambiente, assim como em atividades de resolução de exercícios solicitados pelo professor ou pelo sistema em atividades extraclasse. Os atendimentos da monitoria acontecem de forma direta, podendo estas serem presenciais, no espaço físico destinado à realização das mesmas, ou através deste recurso de comunicação à distância, sendo nas duas situações respeitados os dias e horários dos monitores estarem disponíveis no ambiente ITA.

A realização de encontros virtuais de reforço ou esclarecimento de dúvidas de um grupo de alunos, ou mesmo de um único aluno, pode acontecer por esta ferramenta de comunicação síncrona. Sua utilização, bem planejada, pode contribuir com a aprendizagem cooperativa, envolvendo a interação entre alunos, monitores e professores, de uma mesma disciplina ou até de disciplinas diferentes, possibilitando um contato ágil e bem direcionado as dificuldades e futuros desafios entre os diferentes grupos de aprendizagem em um determinado curso.

3.2.2.2. Processo de Acompanhamento e Diagnóstico Individualizado

O desempenho do aluno é acompanhado pelo sistema por tópico existente em seu conteúdo (disciplina), respeitando sua organização hierárquica elaborada no mapa conceitual, com a definição de seus pré-requisitos. A especificação dos metadados define as quantidades mínimas de atividades a serem cumpridas por tópico e a qualidade da aprendizagem constatada pelos resultados provenientes dos exercícios interativos, mediante uma nota, de zero a dez pontos, definida como nível médio de assimilação para cada conteúdo (disciplina).

Respeitando estas definições, que compõem os metadados de qualquer disciplina cadastrada no sistema, o aluno é acompanhado durante suas interações e o sistema pode analisá-lo sobre o enfoque de seu *esforço*, empregado e assistido pelo ITA, e por seu *resultado* obtido. Este acompanhamento pode ser realizado pelo professor da disciplina,

seus monitores ou somente pelo próprio aluno que utiliza este ITA, através da interface de acompanhamento da situação individual apresentada na Figura 20.

The screenshot shows a web browser window titled "SAE - Sistema de Apoio Educacional" with the URL "http://www.cesmic.ucb.br/sae". The interface includes a navigation menu on the left with options like "Situacao", "Disciplina", "Histórico", and "Orientacao". The main content area displays the student's name, email, and matriculation number. Below this, a table titled "Detalhamento" provides a breakdown of performance by difficulty level and content type.

Conteúdo	Certas	Erradas	Total
Tipos de Dados e Operadores	Fácil 11	Fácil 1	Fácil 12
	Revisão 9	Revisão 1	Revisão 10
	Fixação 2	Fixação 0	Fixação 2
	Avaliação 0	Avaliação 0	Avaliação 0
Frequencia na Monitoria: 2	Médio 2	Médio 2	Médio 4
	Revisão 2	Revisão 2	Revisão 4
	Fixação 0	Fixação 0	Fixação 0
	Avaliação 0	Avaliação 0	Avaliação 0
Difícil 0	Difícil 0	Difícil 0	Difícil 0
	Revisão 0	Revisão 0	Revisão 0
	Fixação 0	Fixação 0	Fixação 0
	Avaliação 0	Avaliação 0	Avaliação 0

Figura 20 – Janela de acompanhamento da situação atual de um aluno no ITA.

A decisão destes dois enfoques principais no acompanhamento da aprendizagem significativa procurou atender as duas restrições fundamentais existentes nesta teoria (TAS), por meio da definição destas duas variáveis lingüísticas, *esforço* e *resultado*. No entanto, várias outras características interessantes poderiam ser acompanhadas na constatação desta forma de aprendizagem, mas inviabilizariam as atividades de pesquisa efetuadas até o momento sobre esta proposta investigativa de integração desta teoria de aprendizagem com um acompanhamento baseado em uma lógica mais realista, com o suporte tecnológico fundamentado em uma extensão do STI (ITA).

A utilização de outras variáveis lingüísticas vem sendo constatada diante dos estudos e pesquisas iniciados por meio deste trabalho, porém, suas inclusões, neste momento da pesquisa, não permitiriam a este trabalho consolidar pontos importantes no avanço da mesma e dificultariam seu avanço evolutivo, principalmente pela explosão

exponencial das possibilidades de situações a serem investigadas pelo sistema na construção de seu “raciocínio” de apoio ao aprendiz e de assistência aos agentes reais.

Contudo, a incorporação de novas variáveis lingüísticas poderá acontecer de forma incremental sobre esta arquitetura proposta, sendo a mesma trabalhada de forma a atender as características desta metodologia integrada (TAS, Fuzzy e ITA), no caso da mesma se mostrar possível e eficiente ao processo de ensino-aprendizagem personalizado.

No acompanhamento do *esforço* são constatadas as atividades que cada aluno realizou para sua aprendizagem em um tópico do conteúdo, sendo os dados destas atividades coletados na interação direta do aluno com o sistema ou pelo registro dos agentes reais que possuem uma interface específica para comunicação com o ITA.

A apuração do possível valor desta variável acontece por meio da análise das quantidades de monitoria que o aluno participou e dos exercícios interativos que este realizou sobre cada tópico do conteúdo a ser aprendido. Todos estes valores são relacionados aos metadados do conteúdo envolvido, configurando seus cortes mínimos a serem atendidos na realização de uma aprendizagem significativa.

Os possíveis valores atribuídos a esta variável consistem nos termos lingüísticos **baixo**, **médio** e **alto**, que são identificados de acordo com o resultado relacional estabelecido entre as realizações de um aluno e os metadados correspondentes ao tópico de um conteúdo que o aluno vem trabalhando no momento. Para a quantidade de monitoria foi estabelecida a seguinte designação relacional:

- Quantidade inferior ao valor do metadado de um tópico do conteúdo ⇒ **baixo**
- Quantidade igual ao valor do metadado de um tópico do conteúdo ⇒ **médio**
- Quantidade superior ao valor do metadado de um tópico do conteúdo ⇒ **alto**

A quantidade de exercícios interativos realizada por cada aluno, em um tópico do conteúdo estudado, também possui a mesma definição relacional sobre os seus metadados, entretanto, estas duas constatações diferem quanto à disposição proativa do aprendiz, e são relacionadas aos valores específicos contidos em seus metadados.

A combinação destas duas características, que configuram a dedicação e o esforço de cada aprendiz, acontece através da atribuição de um peso para cada valor lingüísticos identificado na apuração da variável *esforço*. Estes pesos são definidos para participação na monitoria como sendo: **baixo** equivale a **1,0**; **médio** equivale a **3,5** e **alto** equivale a **5,0**. Enquanto que para a quantidade de exercícios interativos realizados pelo aluno os pesos correspondentes são: **baixo** equivale a **1,0**; **médio** equivale a **3,0** e **alto** equivale a **5,0**.

A constatação do valor resultante desta combinação é obtida através da soma entre os dois valores, seguida do cálculo de seu grau de pertinência. Este grau é encontrado por meio da aplicação de sua respectiva função de pertinência, sobre cada um dos possíveis termos lingüísticos. A aplicação da operação de *maximo*, caracterizada na Teoria dos Conjuntos Fuzzy como uma S-norma (Klir, 1995), entre os três graus encontrados, um para cada possível valor lingüístico, detectará qual o valor mais significativo nesta apuração e indicará qual o termo lingüístico mais coerente a ser empregado na averiguação da aprendizagem significativa do aluno.

Como exemplo desta apuração poderia se supor um aluno com quantidade de participação na monitoria igual ao valor especificado (**médio**) como mínimo necessário em seu metadado, sendo esta suposição sobre um tópico específico do conteúdo que este vem estudando. Além disso, a quantidade de exercícios interativos realizados por este aluno, sobre este mesmo tópico, é inferior (**baixo**) ao previsto em seus metadados e lhe resultará na análise representada na Tabela 1 como “raciocínio parcial” do ITA.

Tabela 1 – Demonstração da identificação do termo lingüístico para variável *esforço*.

Apuração do <i>esforço</i>	Termo Lingüístico	Peso Equivalente
Monitoria	médio	3,5

Exercícios Interativos	baixo	1,0
Resultado	médio	4,5

A aplicação da operação aritmética de adição sobre os respectivos pesos, vinculados aos termos lingüísticos encontrados na apuração da participação da monitoria e realização dos exercícios interativos com o sistema, resultou no valor 4,5. Este valor é aplicado às funções de pertinência definidas para cada um dos possíveis termos, resultando nos dados representados na Tabela 2.

Tabela 2 – Representação das funções de pertinência para o exemplo sugerido.

Termo Lingüístico	Função de Pertinência	Grau de Pertinência (4,5)
baixo	$-1/10 x + 1$	0,55
médio	$x/7$ para $0 \leq x \leq 7$ $-1/3 x + 10/3$ para $7 < x \leq 10$	0,64
alto	$x/10$	0,45

As funções de pertinência apresentadas na Tabela 2 foram definidas pelos especialistas e docentes envolvidos com a aprendizagem do conteúdo desejado, assim como os pesos de cada um de seus possíveis termos lingüísticos e as especificações de cortes definidos nos metadados de cada tópico contido no conteúdo.

Analisando os valores dos graus de pertinência, obtidos por cada uma destas funções, e aplicando a operação de *maximo* entre eles, é identificado que o termo lingüístico mais adequado à situação deste aluno é **médio**, com grau de pertinência 0,64. Por isso o resultado apresentado na Tabela 1, ao final da coluna Termo Lingüístico, esta com valor **médio**, indicando qual é o valor do *esforço* apurado para esta situação de um aluno suposto.

As operações realizadas para apuração do valor adequado para variável **resultado** não consistem somente na contabilização das atividades e recursos realizados pelo aluno, pois esta variável almeja identificar qual a situação qualitativa da

assimilação significativa efetivada na estrutura cognitiva de cada aluno. Assim, esta variável efetivará uma avaliação mais detalhada sobre os resultados obtidos pelo aluno na realização dos exercícios interativos.

Estes resultados indicaram a eficiência de todo processo de acompanhamento e orientação fornecidos pelo sistema e seus agentes reais na constatação dos erros e acertos obtidos pelo aluno durante seu caminho de aprendizagem.

Com a consciência dos objetivos almejados pela aprendizagem de um determinado conteúdo (disciplina) e a influência das práticas realizadas em sala de aula, com todos os alunos, o professor planeja sua atuação contínua junto as suas turmas, além oferecer ao sistema cada vez mais recursos de apoio ao ensino-aprendizagem. Isso acontece por meio da inserção de novas atividades interativas que possibilitem ao ITA identificar desvios e dificuldades na aprendizagem almejada, assim como a superação e o avanço do aprendiz sobre um conteúdo, promovendo a estabilidade de seus subsunçores e a assimilação adequada de novos conceitos fundamentais para sua estrutura cognitiva.

Responsável por esta importante incumbência e supervisão da aprendizagem, o professor é o único perfil que pode inserir questões e elaborar listas de exercícios interativos a serem utilizados pelo ITA na condução de uma aprendizagem significativa por cada aluno que o utilize.

Diante disso, a variável **resultado** apura a aprendizagem qualitativa do aprendiz sobre cada tópico previsto e organizado no mapa conceitual, respeitando também todas as suas definições contidas nos metadados destes tópicos e seus cortes mínimos. No entanto, o valor de referência mais importante na avaliação efetivada por esta variável é o nível médio, que faz parte das definições contidas nos metadados.

Este metadado especifica exatamente o nível médio a ser alcançado na apuração de cada tópico de estudo desta disciplina na satisfação da aprendizagem almejada. Seu valor consiste em uma nota, de zero a dez pontos, que deverá ser alcançada em cada

tópico existente em um conteúdo, ou seja, para cada disciplina existente no projeto pedagógico de um curso é definido um nível médio condizente com a relevância do seu conteúdo na formação de seus alunos.

A análise e avaliação das questões resolvidas pelo aluno esta relacionada ao alcance do nível médio, possibilitando ao aluno prosseguir com seus estudos no próximo tópico do conteúdo, com a orientação do ITA.

Esta análise avaliativa ocorre sobre os parâmetros cadastrados pelo professor em cada exercício interativo, sendo obtido um resultado correspondente a uma nota, que varia de zero a dez pontos, para cada tópico existente no conteúdo a ser aprendido. Esta nota é calculada respeitando os pesos atribuídos aos parâmetros referentes ao tipo de questão, nível de dificuldade e categoria.

O parâmetro de tipo de questão está relacionado ao tipo da questão que foi resolvida pelo aluno sobre determinado tópico do conteúdo, podendo este tipo ser um dos cinco explicados anteriormente: verdadeiro ou falso, múltipla-escolha, escolha-múltipla, lacuna e dissertativa. Cada um destes tipos possui um peso específico na avaliação de um conteúdo, sendo estes pesos definidos pelos especialistas e docentes sobre os metadados das questões que são apresentados na Tabela 3.

No nível de dificuldade o professor classifica a questão que esta sendo cadastrada em: fácil, médio e difícil. Esta classificação é pertinente a sua condução com uma turma ou grupo de alunos sobre o tópico explorado em sala de aula e o conteúdo do material de apoio disponibilizado aos alunos. Esta classificação também atribui peso ao exercício realizado pelo aluno a fim de contribuir com a identificação de sua atual situação cognitiva. O peso correspondente a cada uma destas possíveis classificações está definido nos metadados das questões, sendo mostrados na Tabela 3.

Por último, mas não menos importante que os outros dois parâmetros, encontra-se a categoria de um exercício interativo. Esta categoria permite ao professor indicar um exercício de revisão sobre o conteúdo abordado em sala de aula, ou um exercício

que permita ao aluno refletir sobre a situação e aplicação do conteúdo explorado neste mesmo ambiente (fixação). Além destas duas categorias, ainda existe a avaliativa que permite ao professor incluir questões no ITA que só poderão ser disponibilizadas aos alunos através de listas de exercícios construídas pelo próprio docente.

Nesta categoria avaliativa o professor pode incluir questões que só serão disponibilizadas aos alunos no momento em que o docente decidir realizar uma avaliação formal (prova) com seus alunos por meio do ITA. Isso permite ao professor solicitar a todos os seus alunos, ou somente um grupo específico, a resolução de um mesmo conjunto de exercícios durante um período de tempo definido por ele (minutos, horas, dias, meses ou anos).

Este tipo de atividade de avaliação, que envolve os mesmos exercícios em um mesmo período de tempo, contribui com a percepção da situação cognitiva do grupo, assim como a de cada aluno que compõem este grupo, o que possibilita ao sistema, e seus agentes reais, adotarem uma postura específica na condução de cada grupo ou turma de alunos dedicados ao estudo de um conteúdo.

Com base no parâmetro de categoria, cadastrado somente pelo professor, o sistema possui outro valor relevante a ser analisado na busca do termo lingüístico adequado para variável *resultado*, fundamental na modelagem do aluno. Nestas três categorias diferentes (revisão, fixação, avaliativa) também estão relacionados pesos distintos referentes à solução de cada exercício pelo aluno, sendo estes pesos apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros usados na avaliação da variável *resultado* nos exercícios interativos.

Parâmetros	Valores	Pesos
Tipo de Questões	Verdadeiro ou Falso	1,3
	Múltipla-Escolha	1,8
	Escolha-Múltipla	2,3
	Lacuna	1,8

	Dissertativa	2,8
Dificuldade	Fácil	2,0
	Médio	3,0
	Difícil	5,0
Categoria	Revisão	2,5
	Fixação	3,5
	Avaliativa	4,0

Dessa forma, o desempenho do aluno é obtido e armazenado na variável **resultado** por meio da combinação destes três parâmetros obrigatórios ao cadastramento de qualquer exercício interativo no ITA, devendo o mesmo ser cadastrado coerentemente com os objetivos do conteúdo (disciplina) e a postura do professor frente à realidade de cada turma ou aluno específico, que se encontre no percurso da aprendizagem de um conteúdo disponível no sistema.

O recurso de elaboração de listas de exercícios interativos é fornecido somente ao professor, que controla a elaboração de uma lista com exercícios que variam em tipo de questão, nível de dificuldade e categoria, conforme ele acredite ser mais conveniente a aprendizagem de seus alunos. Cada uma das listas deve ser cadastrada de acordo com sua categoria, respeitando a abordagem esclarecida anteriormente sobre a categoria das questões (revisão, fixação e avaliativa). No entanto, estas listas podem conter questões com categorias diferentes a sua própria definição, mas somente as listas avaliativas podem incluir questões definidas com esta mesma categoria (avaliativa).

Este cuidado na implementação do ITA fornece ao professor a possibilidade de elaborar listas de exercícios interativos como um recurso de controle e constatação da situação cognitiva de uma turma de alunos, onde nenhuma questão avaliativa é apresentada anteriormente aos alunos que realizam questões avulsas com certa frequência. A disponibilização de questões avulsas no ITA obedece à restrição de fornecer questões coerentes aos conteúdos desejados pelo aprendiz, porém nunca apresenta uma questão avaliativa em suas escolhas especificadas pelo aluno e orientada pelo ITA.

Com a resolução de exercícios interativos pelos alunos o sistema segue conhecendo mais a realidade cognitiva de cada um sobre o conteúdo desejado. Este conhecimento é dinâmico e possibilita ao ITA continuar aprendendo a cada interação do aluno para solucionar exercícios e receber orientação pedagógica. O fornecimento desta orientação necessita da atribuição do termo lingüístico apropriado para a variável lingüística **resultado**.

Estes termos correspondem às expressões: **fraco**, **razoável** e **bom**. Estas podem ser designadas para variável **resultado**, após análise combinatória entre os três parâmetros cadastrados em cada questão e a aplicação de suas respectivas funções de pertinência. Esta análise tem como referência a nota alcançada por cada aluno na resolução dos exercícios interativos sobre cada tópico existente em um conteúdo.

Essa nota, atribuída ao desempenho do aluno, consiste na formulação comumente aplicada para o cálculo de sua média aritmética sobre todos os exercícios realizados em relação aos exercícios resolvidos corretamente. Nesta apuração os parâmetros definidos em cada questão, que o aluno resolveu, possibilitará o cálculo do grau de pertinência coerente com a nota alcançada, assim como o termo lingüístico mais adequado para sua situação.

Com intuito de melhor esclarecer estas operações, assim como a atribuição do coerente termo lingüístico na variável **resultado**, suponha a existência de um aluno que resolveu 12 exercícios interativos sobre o mesmo tópico do conteúdo (Tópico 1), sendo estes exercícios dos tipos apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Tipos de questões resolvidas por um aluno na apuração da variável resultado.

Conteúdo	V ou F		Múltipla		Escolha		Lacuna		Aberta		Total
	√	X	√	X	√	X	√	X	√	X	
Tópico 1	2	0	1	1	2	1	2	0	2	1	12

Na Tabela 4 são apresentadas 12 questões respondidas por um aluno, sendo 2 de verdadeiro ou falso (V ou F), 2 de múltipla-escolha (Múltipla), 3 de escolha-múltipla (Escolha), 2 de lacuna (Lacuna) e 3 dissertativas (Aberta) totalizando 12 questões sobre um mesmo tópico de um conteúdo suposto (Tópico 1). A nota deste aluno consistiria no total de exercícios corretos (\checkmark) dividido pelo total de exercícios feitos pelo aluno e multiplicado por 10 (valor da maior nota possível).

$$\text{Nota}_{\text{Tópico 1}} = \text{Exercícios corretos} / \text{Total de exercícios feitos} * 10$$

Observando a Tabela 4 é possível constatar que a nota do suposto aluno seria 7,5 ($9 / 12 * 10 = 7,5$) sobre o tópico do conteúdo suposto. Contudo, este cálculo mostra a nota alcançada pelo aluno sem considerar qual habilidade ou conhecimento do mesmo foi investigada nestes exercícios, nem mesmo que tipo de questão foi resolvida por ele.

Com esta preocupação estão sendo empregados os 3 parâmetros de análise sobre os exercícios interativos resolvidos pelo aluno. Posterior a esta obtenção é calculada uma nova nota mais condizente com a avaliação do aluno. Sobre o valor desta nova nota é utilizada a Lógica Fuzzy para identificação do grau de pertinência (confiança) sobre a veracidade da mesma, considerando as características relacionadas às habilidades e formas de questionamentos empregados nesta constatação. Isso acontece no primeiro parâmetro por meio do cálculo especificado na Figura 21, que envolve os respectivos pesos apresentados na Tabela 5 para cada tipo de questão que o aluno respondeu no ITA, sobre um único tópico do conteúdo.

Tabela 5 – Pesos correspondentes aos tipos de questões fornecidos pelo sistema.

Tipo Questões	V ou F	Múltipla	Escolha	Lacuna	Aberta
Pesos	1,3	1,8	2,3	1,8	2,8

Com a definição destes pesos, que também compõem os metadados do sistema, o cálculo que apura a nova nota começa a ser realizado, sendo o cálculo do primeiro parâmetro representado, genericamente, pela expressão aritmética ilustrada na Figura 21.

VouF Corretas	/	Total VouF Respondidas	X	Peso VouF	=	Parcial VouF	
Múltipla Corretas	/	Total Múltipla Respondidas	X	Peso Múltipla	=	Parcial Múltipla	
Escolha Corretas	/	Total Escolha Respondidas	X	Peso Escolha	=	Parcial Escolha	
Lacuna Corretas	/	Total Lacuna Respondidas	X	Peso Lacuna	=	Parcial Lacuna	
Aberta Corretas	/	Total Aberta Respondidas	X	Peso Aberta	=	Parcial Aberta	+
							<hr/> NOTA PARCIAL TIPO QUESTÃO (primeiro parâmetro)

Figura 21 – Representação simplificada para cálculo do primeiro parâmetro da nova nota.

A representação da Figura 21 procura demonstrar que o cálculo para determinar o valor do primeiro parâmetro (tipo de questão) é realizado com base em seus pesos e fornece o primeiro valor referente à confiabilidade da nota alcançada pelo aluno durante seu período de aprendizagem.

As expressões genéricas utilizadas nesta figura resumem-se em:

- VouF Corretas: as questões de verdadeiro ou falso que foram respondidas corretamente para o tópico do conteúdo que está sendo avaliado;
- Total VouF Respondidas: todas as questões de verdadeiro ou falso que foram respondidas para o mesmo tópico do conteúdo;
- Peso VouF: peso definido pelos especialistas envolvidos com ensino-aprendizagem deste mesmo tópico do conteúdo (Tabela 5) para este tipo de questão;
- Parcial VouF: resultado parcial do primeiro parâmetro (tipo de questão) somente para as questões de verdadeiro ou falso no mesmo tópico do conteúdo.

As demais expressões referenciam as mesmas informações por tópico do conteúdo, porém cada uma delas esta relacionada a um único tipo de questão (Múltipla -

questão de múltipla-escolha, Escolha - questão de escolha-múltipla, Lacuna - questão de lacuna e Aberta - questão dissertativa). Após o cálculo parcial de cada tipo é efetuada sua somatória, finalizando o processo de cálculo para o primeiro parâmetro.

Aplicando esta forma de cálculo no exemplo apresentado na Tabela 4 se obtém o primeiro valor relacionado à nova nota do aluno, sendo esta 7,40, com 9 exercícios corretos (V ou F = 2; Múltipla = 1; Escolha = 2; Lacuna = 2; Aberta = 2) em 12 realizados (V ou F = 2; Múltipla = 2; Escolha = 3; Lacuna = 2; Aberta = 3).

O segundo parâmetro a ser analisado é o nível de dificuldade que possibilita ao professor especificar um termo coerente com a dificuldade que a questão proposta representa para ser resolvida pelos alunos. Este parâmetro é definido durante a inserção da questão no ITA e permite ao docente definir seu nível de dificuldade em: Fácil, Médio e Difícil.

De acordo com o conhecimento do docente e sua percepção da situação de aprendizagem de seus alunos, é que este parâmetro deve ser estabelecido. Para a mesma suposição da Tabela 4, as mesmas 12 questões respondidas pelo aluno suposto, possuíam seu nível de dificuldade definido, sendo estes apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Nível de dificuldade das questões resolvidas por um aluno.

Conteúdo	Fácil		Médio		Difícil		Total
	√	X	√	X	√	X	
Tópico 1	5	1	3	1	1	1	12

Conforme mostrado na Tabela 6, 6 questões respondidas possuíam nível de dificuldade Fácil, 4 Médio e 2 Difíceis. Entre estas o estudante suposto acertou 9 questões com dificuldades mostradas na Tabela 6 (√). Na Tabela 7 são apresentados os correspondentes pesos destes níveis de dificuldade, estando estes definidos nos metadados do sistema.

Tabela 7 – Pesos correspondentes ao nível de dificuldade de cada questão no sistema.

Dificuldade	Fácil	Médio	Difícil
Pesos	2,0	3,0	5,0

Com base nestas definições o cálculo do segundo parâmetro, que formará a nova nota, é realizado, conforme a especificação ilustrativa da Figura 22.

$$\begin{array}{r}
 \text{Fácil Corretas} \quad / \quad \text{Total Fácil Respondidas} \quad \times \quad \text{Peso Fácil} \quad = \quad \text{Parcial Fácil} \\
 \text{Médio Corretas} \quad / \quad \text{Total Médio Respondidas} \quad \times \quad \text{Peso Médio} \quad = \quad \text{Parcial Médio} \\
 \text{Difícil Corretas} \quad / \quad \text{Total Difícil Respondidas} \quad \times \quad \text{Peso Difícil} \quad = \quad \text{Parcial Difícil} \quad + \\
 \hline
 \text{NOTA PARCIAL} \\
 \text{DIFICULDADE} \\
 \text{(segundo parâmetro)}
 \end{array}$$

Figura 22 – Especificação genérica do cálculo do parâmetro de nível de dificuldade.

Na Figura 22 está representada a forma de cálculo do segundo parâmetro envolvido na obtenção da nova nota. As expressões genéricas utilizadas na ilustração da expressão de cálculo desta figura podem ser sintetizadas em:

- Fácil Corretas: questões com nível de dificuldade fácil que foram respondidas corretamente para o tópico do conteúdo que está sendo avaliado;
- Total Fácil Respondidas: todas as questões com dificuldade fácil que foram respondidas para o mesmo tópico do conteúdo;
- Peso Fácil: peso definido pelos especialistas para este nível de dificuldade no mesmo tópico do conteúdo (Tabela 7) avaliado;
- Parcial Fácil: resultado parcial do segundo parâmetro (nível de dificuldade) somente para as questões de dificuldade fácil do mesmo tópico do conteúdo.

As outras expressões da Figura 22 estão relacionadas as mesmas informações por tópico do conteúdo, porém cada uma delas esta referenciando um único nível de dificuldade (Médio - questão com dificuldade média, Difícil - questão com dificuldade difícil). Depois do cálculo parcial de cada nível, todos eles são somados e o valor final do segundo parâmetro é encontrado.

Similar ao primeiro parâmetro, onde pesos são empregados neste cálculo, este segundo parâmetro é obtido e a aplicação da expressão ilustrada na Figura 22 pode ser realizada sobre os dados contidos na Tabela 6 e 7. Com a análise destas tabelas é possível averiguar o valor do segundo parâmetro para a situação suposta na Tabela 6, onde seu aluno obtém 6,42 neste parâmetro, contabilizando 9 exercícios corretos (Fácil = 5; Médio = 3; Difícil = 1).

Para definição do valor a ser atribuído a variável **resultado** resta ainda analisar o terceiro parâmetro que possibilita ao professor especificar uma expressão coerente com a categoria da questão que está sendo disponibilizada no sistema. As possíveis expressões utilizadas na definição deste parâmetro são: Revisão, Fixação e Avaliativa. Por meio delas o professor indica a categoria de uma questão que será analisada pelo ITA na construção do modelo do aluno.

Com intuito de melhor esclarecer os procedimentos para obtenção do valor condizente com a análise realizada por este terceiro parâmetro, este também será aplicado sobre a suposição representada na Tabela 4 e na Tabela 6, onde o aluno respondeu 12 questões com as seguintes categorias definidas na Tabela 8.

Tabela 8 – Categoria das questões resolvidas na apuração da variável *resultado*.

Conteúdo	Revisão		Fixação		Avaliativa		Total
	√	X	√	X	√	X	
Tópico 1	3	0	3	2	3	1	12

De acordo com a Tabela 8, 12 questões foram respondidas, sendo 3 de Revisão, 5 de Fixação e 4 Avaliativas. Entre estas o aluno acertou 9 questões, todas com categorias especificadas na Tabela 8 (√). Seus respectivos pesos estão definidos na Tabela 9 e também compõem os metadados do sistema.

Tabela 9 – Pesos correspondentes às categorias de cada questão no sistema.

Categoria	Revisão	Fixação	Avaliativa
Pesos	2,5	3,5	4,0

Com base nas definições anteriores é possível realizar o cálculo do terceiro parâmetro e partir para conclusão do processo de apuração da nova nota. A ilustração da expressão matemática responsável pelo cálculo do terceiro parâmetro está representada na Figura 23 e utiliza expressões genéricas para sua simplificação.

$$\begin{array}{r}
 \text{Revisão Corretas} / \text{Total Revisão Respondidas} \times \text{Peso Revisão} = \text{Parcial Revisão} \\
 \text{Fixação Corretas} / \text{Total Fixação Respondidas} \times \text{Peso Fixação} = \text{Parcial Fixação} \\
 \text{Avaliativa Corretas} / \text{Total Avaliativa Respondidas} \times \text{Peso Avaliativa} = \text{Parcial Avaliativa} + \\
 \hline
 \text{NOTA PARCIAL} \\
 \text{CATEGORIA} \\
 \text{(terceiro parâmetro)}
 \end{array}$$

Figura 23 – Especificação genérica do parâmetro relacionado à categoria das questões.

As expressões usadas na Figura 23 são esclarecidas a seguir, de forma sintetizada sobre a categoria de Revisão.

- Revisão Corretas: questões com categoria de revisão que foram respondidas corretamente para o tópico do conteúdo que está sendo avaliado;
- Total Revisão Respondidas: todas as questões com categoria de revisão que foram respondidas para o mesmo tópico do conteúdo;
- Peso Revisão: peso definido pelos especialistas para a categoria de revisão no mesmo tópico do conteúdo (Tabela 9);

- Parcial Revisão: resultado parcial do terceiro parâmetro (categoria) somente para as questões com categoria de revisão sobre o mesmo tópico do conteúdo.

Outras expressões da Figura 23 estão relacionadas às mesmas informações por tópico do conteúdo, porém cada uma está referenciando uma única categoria de questão (Fixação - questão relacionada à fixação de conceitos, Avaliativa - questão empregada somente em atividade avaliativa formal). Depois do cálculo parcial das três categorias possíveis é realizada a soma de cada uma delas, resultando no valor do terceiro parâmetro.

Aplicando esta forma de cálculo sobre as Tabelas 8 e 9 será obtido o resultado 7,60 para este parâmetro, com 9 exercícios corretos (Revisão = 3; Fixação = 3; Avaliativa = 3).

Com a definição dos 3 parâmetros envolvidos na formulação de uma nova nota (tipo de questão, nível de dificuldade e categoria), diferente do cálculo mais tradicional para este tipo de apuração, é possível mensurar a aprendizagem do aluno com mais propriedade, onde outra nota será atribuída aos resultados obtidos por ele. Para isso, estes três parâmetros foram computados e serão empregados no cálculo final da nova nota respeitando os aspectos definidos por seus professores e apresentada na Tabela 10.

Tabela 10 – Definições na formação da nova nota para avaliação da aprendizagem.

Parâmetro	Fator de Composição
NOTA PARCIAL TIPO QUESTAO	30%
NOTA PARCIAL DIFICULDADE	40%
NOTA PARCIAL CATEGORIA	30%
Resultado (nova nota)	100%

Cada um dos parâmetros possui um valor gradual para formulação desta nova nota, sendo a eles aplicado o respectivo fator de composição. Após a operação com o fator, os três parâmetros são somados e a nova nota é obtida para um tópico do conteúdo analisado.

De posse desta nova nota é possível calcular o termo lingüístico que será atribuído a variável **resultado**, pois este novo valor, coerente com a situação de aprendizagem do aluno, é submetido as três funções de pertinência para identificação de seus respectivos graus.

A identificação de cada um dos graus de pertinência, relacionados aos termos lingüísticos **fraco**, **razoável** e **bom**, propiciará a utilização da operação de *maximo* (Klir, 1995) para definição do maior grau entre os três possíveis, sendo este atribuído a variável **resultado**.

Obter uma nota neste ambiente requer uma avaliação capaz de representar os resultados obtidos por tópico de conteúdo e sobre os parâmetros a serem analisados. Assim, o ITA consegue estabelecer um “raciocínio” condizente com três visões distintas na análise sobre o resultado obtido pelo aluno na solução dos exercícios interativos. Esta proposta inicia a construção do raciocínio do ITA sobre estes três enfoques iniciais, sendo possível incorporar outras visões neste protótipo, como por exemplo no acompanhamento de habilidades cooperativas e afetivas de cada aluno.

Retomando a situação suposta na Tabela 4, onde o aluno suposto receberia a nota 7,5, mais tradicionalmente calculada sobre um único tópico do conteúdo (Tópico 1). Para esta mesma situação, é possível calcular qual seria a nova nota, após apuração dos respectivos valores dos três parâmetros abordados anteriormente (tipo de questão, nível de dificuldade e categoria). De acordo com as definições da Tabela 10, e os cálculos já efetuados anteriormente para cada um dos parâmetros abordados neste protótipo (tipo de questão, nível de dificuldade e categoria) o valor da nova nota é encontrado. Uma síntese desta apuração é mostrada na Tabela 11.

Tabela 11 – Cálculo da nova nota baseada nos três parâmetros usados pelo ITA.

Conteúdo	Parâmetro	Nota Parcial	Fator Composição	Composição
Tópico 1	Tipo de Questão	7,40	30%	2,22
	Nível de Dificuldade	6,42	40%	2,56
	Categoria	7,60	30%	2,28
			NOVA NOTA	7,06

Após a obtenção desta nova nota, por meio da adição dos resultados obtidos nas análises elaboradas por cada um dos parâmetros envolvidos, este valor é aplicado às funções de pertinência definidas para cada um dos possíveis termos a serem atribuídos a variável *resultado*. Estes dados são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – Representação das funções de pertinência para cálculo da variável *resultado*.

Termo Lingüístico	Função de Pertinência	Grau de Pertinência (7,06)
Fraco	$1,1^{-x}$	0,51
Razoável	$-1/47 x^2 + 14/51 x$	0,87
Bom	$1,09^{(x-10)}$	0,77

As funções de pertinência apresentadas na Tabela 12 foram definidas pelos especialistas e docentes envolvidos com a aprendizagem do conteúdo desejado, assim como os fatores de composição de cada parâmetro e o nível médio relacionado ao conteúdo.

A identificação dos graus de pertinência para cada um dos termos lingüísticos possíveis também está representada na Tabela 12 e indica que o maior valor entre eles está associado ao termo lingüístico **razoável**, com grau de pertinência **0,87**.

Com a atribuição de valores nas duas variáveis lingüísticas envolvidas na avaliação da assimilação cognitiva do aluno, o sistema aciona sua base de conhecimento para averiguar se a aprendizagem detectada está satisfatória para o prosseguimento do estudo do aluno sobre os novos tópicos que compõe o mesmo conteúdo (disciplina).

Caso todo conteúdo esteja satisfatório o sistema orienta o aprendiz sobre sua situação cognitiva neste conteúdo e o aconselha a realizar os processos, normalmente burocráticos, que sejam necessários para seu prosseguimento no caminho de aprendizagem e assimilação de novos conteúdos ou disciplinas existentes no curso.

No entanto, caso um tópico do conteúdo seja identificado como insatisfatório o sistema orientará o aluno sobre suas ações e dedicação para superação de suas dificuldades. Estas orientações são dirigidas pelas concepções da metodologia envolvida (TAS) e a vivência do docente que compõe o quadro de apoio e assistência no ensino-aprendizagem.

As orientações do sistema são contínuas e dinâmicas, assistindo o aluno durante todo tempo que ele está interagindo com o ITA. O acompanhamento destas orientações também é fornecido ao professor como recurso de apoio as suas atividades em sala de aula, efetivando o papel de assistente ao docente na superação das dificuldades de aprendizagem de cada aluno, como pode ser observado na Figura 24.

The screenshot shows a web browser window titled "SAE - Sistema de Apoio Educacional". The address bar shows "http://www.cesmic.ucb.br/sae". The main content area is titled "Orientações ao Aluno" and displays the following information:

Dados do Aluno
 Nome: Charles Barbo Oliva
 Email: c_oliva@yahoo.com
 Disciplina: Algoritmo e Programação

Orientacoes

Conteúdo	Orientação	Data	Hora
Tipos de Dados e Operadores SATISFATORIO Grau: 0,63	<ul style="list-style-type: none"> No ambiente de Cooperação participe das atividades solicitadas por seu professor e confira as soluções de seus colegas na Área de Compartilhamento. 	11/08/2007	21:36:05
Instruções de Entrada e Saída INSATISFATORIO	<ul style="list-style-type: none"> Com licença! Eu posso te ajudar? As dificuldades estão grandes e precisam de mais dedicação sua para alcançar resultados satisfatórios neste estudo. Os equívocos fazem parte da experiência que vamos adquirindo, mas a insistência é que nos ajuda a melhorar. Vamos tentar de novo! 	11/08/2007	21:36:06

Figura 24 – Janela de acesso docente às orientações fornecidas a um aluno pelo ITA.

Este cuidado no acompanhamento e orientação visa perceber a situação do aluno na assimilação dos novos conceitos durante seu período de aprendizagem, atentando aos pré-requisitos existentes e a estabilidade de seus respectivos subsunçores na estrutura cognitiva do aprendiz.

O processo de análise da situação cognitiva do aluno, ser ou não satisfatória aos objetivos do ensino-aprendizagem desejado, é completamente abordado no módulo de diagnóstico, representado na Figura 16, sendo importante compreender as características de alguns outros módulos que o subsidiam para depois explorar seus processos completamente.

A elaboração do módulo do aprendiz deve ser planejada para atender eficientemente as necessidades de todos os conteúdos envolvidos na aprendizagem do aluno, modelando-o de forma a contribuir com sua aprendizagem momentânea e ao histórico de seu processo de evolução a cada superação alcançada.

Entre os vários dados e informações que este módulo pode manipular, torna-se importante também acompanhar a reciprocidade do aluno no uso do ITA. Este tipo de informação corresponde a um indicador importante, pois retrata a aceitabilidade do aluno no uso deste recurso tecnológico como mecanismo de mediação e facilitação da aprendizagem dele sobre o conteúdo desejado. O cumprimento ou não das orientações fornecidas pelo sistema ajuda o docente a acompanhar a evolução cognitiva do aprendiz, além de indicar a reciprocidade deste tipo de recurso no apoio à aprendizagem do aluno.

3.2.3. Módulo Pedagógico

O compartilhamento das informações, provenientes dos módulos do domínio e do aprendiz, é relevante às responsabilidades do módulo pedagógico, pois interfere nas decisões e direcionamentos fornecidos pelo mesmo no apoio à assimilação dos conceitos na estrutura cognitiva do aluno.

Este trabalho desenvolve um módulo pedagógico baseado na TAS, procurando atender, em seu protótipo, as hipóteses fundamentais desta teoria e os seus requisitos essenciais. Além desta preocupação, este protótipo também abrange um novo módulo de suporte às decisões pedagógicas do sistema, abarcando as atividades assistenciais desenvolvidas pelos agentes reais (monitor) em atividades extraclasse.

Com respeito à organização hierárquica dos conceitos envolvidos na aprendizagem de um conteúdo planejado pelo mapa conceitual e seus metadados definidos para esta aprendizagem, o módulo pedagógico realiza suas atividades coletando os resultados obtidos pelas variáveis lingüísticas de *esforço* e *resultado* por tópico do conteúdo e provenientes do módulo do aprendiz.

Com estes resultados o módulo pedagógico averigua a situação de satisfação fornecida pelo diagnóstico através do acesso a base de conhecimento (BC) do sistema. Com isso, este módulo habilita o ITA ao fornecimento de orientação pedagógica coerente a situação de cada aluno sobre suas próximas ações que almejam o êxito no domínio desejado.

A elaboração desta BC é feita de maneira cooperativa entre todos os docentes envolvidos com esta aprendizagem, estabelecendo qual será o raciocínio do ITA no apoio e orientação do aluno. Seu desenvolvimento consiste na implementação de regras de produção como proposições condicionais não qualificadas (SE... ENTÃO) e conferem "inteligência" ao sistema na orientação de quais atividades o aluno deve realizar e sobre qual conteúdo dedicar mais atenção no seu atual momento de aprendizagem.

Na suposição iniciada com os dados da Tabela 4, onde a variável *esforço* recebeu o termo lingüístico **médio** e foi atribuído à variável *resultado* o termo **razoável**, é possível apurar a regra mais coerente disponível na BC para esta situação cognitiva. Isso acontece por meio do processo de inferência progressiva sobre o conjunto de regras inseridas na BC pelos especialistas e docentes responsáveis na exploração do conteúdo e

supervisão do sistema. Um exemplo para regra que poderia ser acionada por esta situação cognitiva está representado na Figura 25.

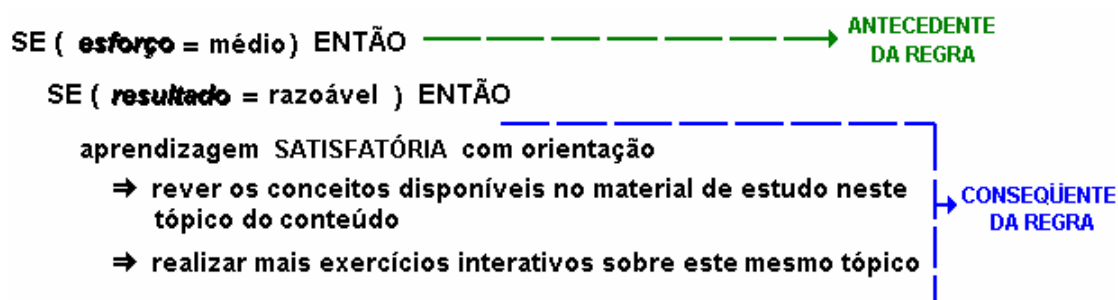


Figura 25 – Exemplo da proposição condicional não qualificada que forma a BC do ITA.

A regra disparada seria acionada mediante o resultado combinatório das duas variáveis lingüísticas na parte antecedente da regra, onde o conjunto de regras selecionadas da BC compreenderiam somente aquelas que possuíssem valor igual ao *esforço* calculado, e dentre estas aquela que tivesse o mesmo valor da variável lingüística *resultado*. Após esta averiguação, a parte consequente desta regra disparada (selecionada) constataria qual a situação cognitiva do aluno e lhe forneceria orientação coerente a sua situação de aprendizagem.

Com os direcionamentos pedagógicos definidos neste módulo e o compartilhamento dos dados armazenados e manipulados por seus outros módulos, o ITA consegue realizar o diagnóstico da situação cognitiva do aluno e oferece a este, assim como para seus agentes reais, orientação e assistência durante todo processo de ensino-aprendizagem.

As orientações são fornecidas somente aos alunos, mediante seu acompanhamento detalhado sobre cada tópico do conteúdo que o mesmo segue estudando. Somente o próprio aluno pode solicitar uma nova orientação ao sistema, porém os professores e monitores podem acompanhar todas as atividades efetuadas por seus alunos, além das orientações fornecidas pelo ITA.

O sistema orienta os alunos respeitando as designações indicadas no mapa conceitual do conteúdo a ser explorado, assim como todos os seus pré-requisitos especificados nos metadados para manter a aprendizagem do conteúdo de acordo com as hipóteses e restrições da metodologia adotada.

Dessa forma, a orientação do sistema se mantém sobre a situação de um tópico específico do conteúdo que ainda esteja insatisfatório para aprendizagem do aluno. O cuidado de desenvolver e estabilizar os conceitos subsunçores, relacionados a um conteúdo, é fundamental para aprendizagem significativa, e este ITA se mantém fiel às concepções desta metodologia.

Para os tópicos com resultados satisfatórios o ITA fornece orientação complementar à estabilidade do mesmo na estrutura cognitiva do aprendiz, além do conselho que transcende o aluno ao próximo tópico.

Entre estas orientações, conselhos e assistências o sistema procura mediar a aprendizagem de seus alunos e colaborar com as ações e conhecimentos dos agentes reais envolvidos neste desafiador processo de ensino-aprendizagem, buscando sempre conhecer melhor cada aluno para uma orientação eficiente e adequada as suas necessidades momentâneas de aprendizagem.

O professor também participa, indiretamente, desta mediação, através da construção da BC, da definição dos metadados e da orientação dos agentes reais (monitores) que colaboram com aprendizagem individualizada dos alunos nas atividades extraclasse. De forma direta, cada professor também contribui com este processo, pois todos os exercícios interativos disponíveis em listas de exercícios ou questões avulsas são elaborados por eles, antes de serem disponibilizados pelo assistente virtual de ensino (ITA) na interação com seus aprendizes. A organização hierárquica dos conceitos importantes sobre um conteúdo é planejada no mapa conceitual elaborado com participação docente.

Outra forma interessante de apoio direto do professor com a atividade de mediação do sistema é a correção dos exercícios interativos (tipo de questão aberta ou dissertativa). Nesta atividade o professor ainda pode agendar com cada aluno um dia e horário específico para correção destes exercícios, onde a presença do aluno, pelo Chat disponível no ITA, possibilita também uma orientação direta com o aprendiz, enquanto o docente corrige seus exercícios.

3.2.4. Módulo da Monitoria

A extensão da arquitetura mais tradicional do STI (Figura 6) para um ITA (Figura 13) recebe o professor como novo usuário e promove assistência a ele na condução da disciplina (conteúdo), por meio do compartilhamento dos dados de acompanhamento e orientação na aprendizagem de cada aluno.

Um recurso interessante ao caminho de aprendizagem do aluno é o apoio fornecido por monitores humanos que geralmente tratam da orientação direta do aprendiz na realização das atividades extraclasse solicitadas pelo docente. Neste período de estudo e aplicação dos conteúdos abordados em sala de aula é fundamental a presença de colegas mais experientes, por exemplo monitores, que possam dirigir a interação do aluno sobre o novo conteúdo que está sendo explorado durante seu período de assimilação.

Os dados e informações resultantes destas interações são relevantes ao acompanhamento da aprendizagem de cada aluno, principalmente para aqueles que se sentem mais à vontade em expor suas dúvidas e dificuldades para um colega que o atende individualmente do que no decorrer de uma aula, com a presença de todos os seus companheiros de sala (colegas de sala).

Procurando alcançar esta interação de apoio ao ensino-aprendizagem e fortalecer o processo de modelagem do aluno é que foi proposta a inclusão de mais um módulo na arquitetura definida por Yacef (2002) para o ITA. Sua implementação neste trabalho permite o acompanhamento dos atendimentos efetuados por cada monitor sobre cada

um dos tópicos existentes no conteúdo de determinada monitoria e permite ao sistema, assim como o professor, acompanhar o que foi trabalhado na interação do aluno com o monitor que o atendeu.

Este novo módulo fornece informações para o sistema decidir sobre qual orientação seria conveniente à situação cognitiva do aluno, pois interfere no raciocínio do ITA durante a apuração de suas variáveis lingüísticas. Esta interferência acontece diretamente na variável *esforço*, que contabiliza a participação de cada aluno na monitoria estudantil, enquanto que indiretamente na variável *resultado*, através dos desempenhos alcançados pelos aprendizes que a freqüentam e contam com este suporte na efetivação de suas atividades extraclasse.

As ações efetivadas pelos monitores humanos são assistidas por esta nova extensão do ITA, que também os tornam seus usuários, coletando dados relevantes à elaboração do modelo do aluno e fornecendo assistência na realização de sua atividade de apoio educacional. As contribuições da monitoria estudantil também ajudam na postura docente em sala de aula, proporcionando ao professor uma conduta dirigida à superação de alguma dificuldade de um grupo de alunos ou mesmo de um aluno específico.

A incorporação destes dois agentes reais (professor e monitor) como usuários do ITA, possibilitou o desenvolvimento de alguns recursos tecnológicos de interação dirigidos às possíveis necessidades de comunicação e orientação entre estes agentes.

Dessa forma, foi empregado o recurso de comunicação síncrona para realização de pequenas reuniões entre estes agentes reais, assim como entre estes agentes e seus alunos. De maneira mais dirigida e privada, somente aos monitores e professores, cada monitor pode apresentar parecer sobre seus atendimentos efetuados por aluno, em cada tópico do conteúdo envolvido, diretamente ao professor deste conteúdo. Este por sua vez toma conhecimento da situação e pode retornar ao parecer alguma orientação ao monitor que o elaborou, além de modificar sua conduta em sala de aula buscando sanar alguma dificuldade detectada pelo monitor e apoiada pelo sistema.

Este importante recurso de apoio (monitoria estudantil) contribui no diagnóstico realizado pelo sistema e conseqüentemente com suas orientações fornecidas aos alunos na superação de suas dificuldades de aprendizagem que forem detectadas. Em contrapartida, o sistema também fornecer assistência à atividade desempenhada por cada monitor sobre a situação de aprendizagem de cada aluno relacionado ao conteúdo de sua monitoria.

Além do contato com o professor, o ITA fornece informações de acompanhamento individualizado por aluno, turma ou disciplina que o monitor esteja envolvido. As orientações fornecidas pelo sistema para cada aluno também são disponibilizadas para os monitores, como recurso de apoio a sua atividade, onde estes podem verificar quais as orientações que o aluno está recebendo e se ele as está cumprindo.

Similar aos dados fornecidos aos professores, os monitores também estão recebendo informações importantes para adequação de sua postura e definição de quais atividades são mais coerentes empregar no momento de aprendizagem atual de cada aluno. Diante disso, o sistema compartilha informações, procurando promover em seus agentes reais, uma postura cooperativa e eficiente no ensino-aprendizagem sob medida, atendendo às necessidades de cada aprendiz. Assim, o sistema “ajuda a seus agentes e é ajudado por eles” na realização de um ensino-aprendizagem eficiente.

3.2.5. Módulo de Controle

A administração deste compartilhamento com os agentes reais, assim como entre os módulos que compõem esta nova arquitetura proposta, é realizado pelo módulo de controle. Este módulo viabiliza o processo de diagnóstico mais completo e uma assistência coerente às necessidades de cada perfil (aluno, monitor, professor) que utiliza o ITA. Por meio dele é controlado o acesso e a disponibilização das informações pertinentes a cada módulo, assim como o uso de sua base de conhecimento.

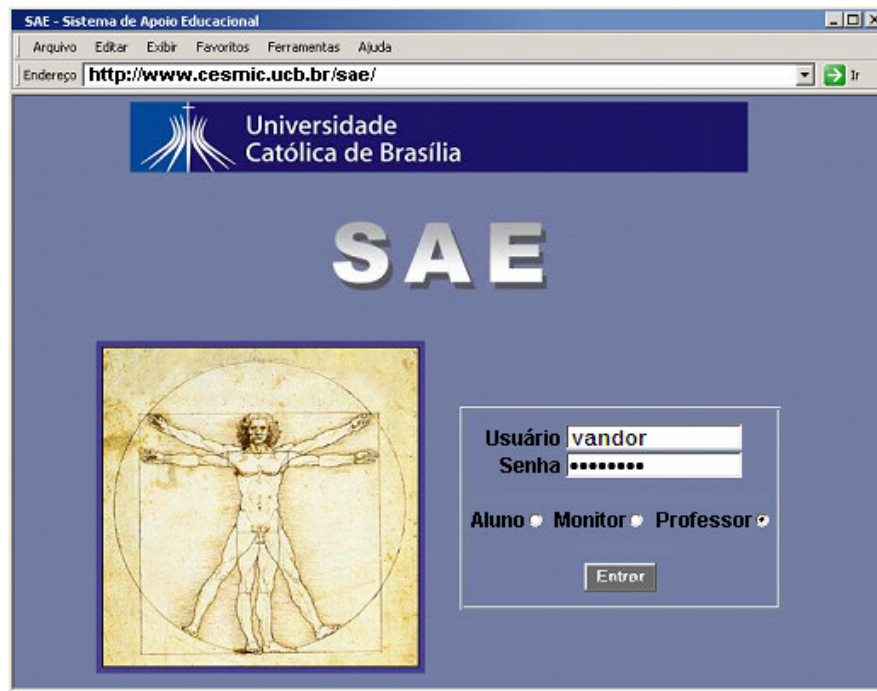


Figura 26 – Janela de acesso ao ITA com identificação do perfil de conexão.

Para cada um destes perfis, indicados no momento de acesso ao sistema pela janela de conexão mostrada na Figura 26, é fornecida uma interface adequada as suas necessidades de interação e assistência entre o ITA e seus diferentes usuários, sendo abordados a seguir os recursos representados na Figura 16 como outros módulos essenciais ao funcionamento do módulo de controle.

3.2.5.1. Base de Conhecimento

A base de conhecimento (BC) corresponde ao recurso tecnológico responsável pelo armazenamento do conhecimento a ser utilizado pelo sistema. Este armazenamento ocorre na forma de esquemas de representação do conhecimento, com base na aplicação de técnicas provenientes das pesquisas e estudos que envolvem a IA e as ciências cognitivas.

As técnicas mais utilizadas na representação do conhecimento são as redes semânticas, *frames*, lógica de predicados e regras de produção, sendo esta última a mais comum (Luger, 1998). A representação por regras se constitui em um modo formal de

representar recomendações, diretrizes, estratégias, situações ou ações a serem efetivadas ou orientadas por um sistema computacional (Rich, 1993).

De maneira geral, a aplicação de regras de produção consiste em um mecanismo de comparação entre seqüências de caracteres padronizados que resultam na tomada de decisão de outras atitudes (condição → ação), buscando novas regras ou fazendo um outro encaminhamento até atingir um determinado objetivo (Bittencourt, 1998).

Estas regras são expressas por meio de sentenças SE... ENTÃO que representam a ação resultante a partir da constatação de determinada situação. O acontecimento de uma situação é verificado pela parte antecedente da regra (parte condicional), enquanto que a ação resultante está na parte conclusiva da regra (parte conseqüente), como representada na Figura 25.

A BC acessada pelo módulo de controle, implementado neste ITA e representado na Figura 16, é elaborada por regras de produção que abrangem os conhecimentos relacionados à averiguação efetivada pelas variáveis lingüísticas *esforço* e *resultado* para cada tópico do conteúdo estudado pelo aluno. Por meio dela é avaliada a situação cognitiva do aluno e fornecida orientação pedagógica coerente a sua aprendizagem almejada.

A representação do conhecimento presente nesta BC é resultante do trabalho multidisciplinar entre especialistas das áreas de Educação, Psicologia Educacional e Tecnologia, além dos próprios docentes envolvidos com o ensino-aprendizagem do domínio em questão.

A interação entre estas áreas proporcionou a formação de um conhecimento heurístico (Keller, 1991) interessante ao ensino-aprendizagem no domínio envolvido, sendo o mesmo representado por regras de produção na BC deste ITA e utilizado pelo módulo de controle no diagnóstico da situação cognitiva do aluno em consonância com a TAS.

3.2.5.2. Diagnóstico

A realização do diagnóstico preciso da situação cognitiva do aluno ainda corresponde ao maior desafio dos sistemas inteligentes voltados à educação. Sua principal dificuldade está concentrada na coleta e armazenamento de informações diretamente relacionadas aos objetivos envolvidos na apuração desta situação, para modelar, corretamente, o conhecimento estabelecido na estrutura cognitiva dos alunos.

A interação entre os módulos do ITA, e a administração efetuada pelo módulo de controle, procuram realizar um diagnóstico mais realista da aprendizagem em um domínio, por meio de seus recursos de interação e assistência aos agentes reais envolvidos neste processo de aprendizagem.

O módulo de controle promove o compartilhamento dos dados e informações disponíveis em cada módulo do ITA e acessa a BC conforme a necessidade da inferência na elaboração deste diagnóstico. Esta inferência computacional acontece de maneira similar à realizada por humanos, procurando chegar a conclusões, ou criar novos conhecimentos, a partir de fatos, suposições e conhecimentos já constatados (Vidotti, 1997).

A inferência realizada por este sistema, sobre a BC, utiliza regras de produção para derivar conclusões coerentes com a aprendizagem significativa, aplicando o processo de encadeamento progressivo para o diagnóstico cognitivo do aluno.

Este processo de inferência desempenha o papel de interpretador de regras, podendo ser visto como um processo recursivo de seleção e execução das regras aplicáveis ao estado identificado pelo sistema. Neste encadeamento o sistema parte dos conhecimentos apurados pelas interações do aluno com o ITA e deduz outras asserções, de forma a identificar a situação cognitiva do aluno sobre um tópico do conteúdo.

Conforme representado na Figura 25, a apuração dos valores das variáveis lingüísticas *esforço* e *resultado*, será comparada com a parte antecedente das regras

relevantes na determinação de sua aplicabilidade na situação identificada, sendo a parte conseqüente responsável pela indicação da próxima ação do sistema até que não exista nenhuma regra com antecedente coerente ou uma conclusão seja estabelecida (Bittencourt, 1998).

As conclusões deste ITA fornecem ao aluno orientação pedagógica sobre sua situação de aprendizagem, promovendo o mesmo ao próximo tópico de estudo ou oferecendo um caminho mais seguro para o estabelecimento e consolidação dos novos conceitos em sua estrutura cognitiva.

Aos agentes reais, este processo de diagnóstico, propicia mais informações na assistência dirigida à aprendizagem personalizada e eficiente de cada aluno, procurando respeitar as suas características idiossincráticas de assimilação.

Por meio deste processo individualizado de acompanhamento, por tópico do conteúdo, é elaborado um conjunto fuzzy dos resultados intermediários obtidos em cada tópico de estudo do aluno. Cada um destes elementos é incluído neste conjunto somente depois de tornar-se satisfatório na avaliação do ITA, indicando que seu significado psicológico foi alcançado.

A denominação deste conjunto fuzzy, que agrega todos os resultados apurados pelo sistema, como elementos do conjunto fuzzy que representa o desempenho satisfatório na significação psicológica dos componentes previstos no mapa conceitual e identificados como conceitos relevantes à aprendizagem do aluno no domínio desejado, consiste na expressão sig-psico, ou seja, abreviação do significado psicológico sobre o domínio em questão.

Cada elemento fuzzy inserido neste conjunto possuirá uma nota referente ao seu *esforço* e *resultado* encontrado em sua apuração por conteúdo, sendo os termos lingüísticos atribuídos a estas variáveis relevantes nesta apuração. De acordo com os especialistas envolvidos na elaboração desta metodologia integrativa, a variável *resultado* corresponderá em até 60% da satisfação da aprendizagem significativa

proposta por este acompanhamento, enquanto a variável *esforço* representará no máximo os 40% restantes.

Esta formulação acontecerá por tópico satisfatório do conteúdo e identificará o valor representativo de sua assimilação, sendo o mesmo calculado através dos graus de pertinência obtidos por cada uma destas variáveis lingüísticas em relação ao termo lingüístico que lhes foi atribuído. A expressão matemática empregada neste cálculo está representada na Figura 27.

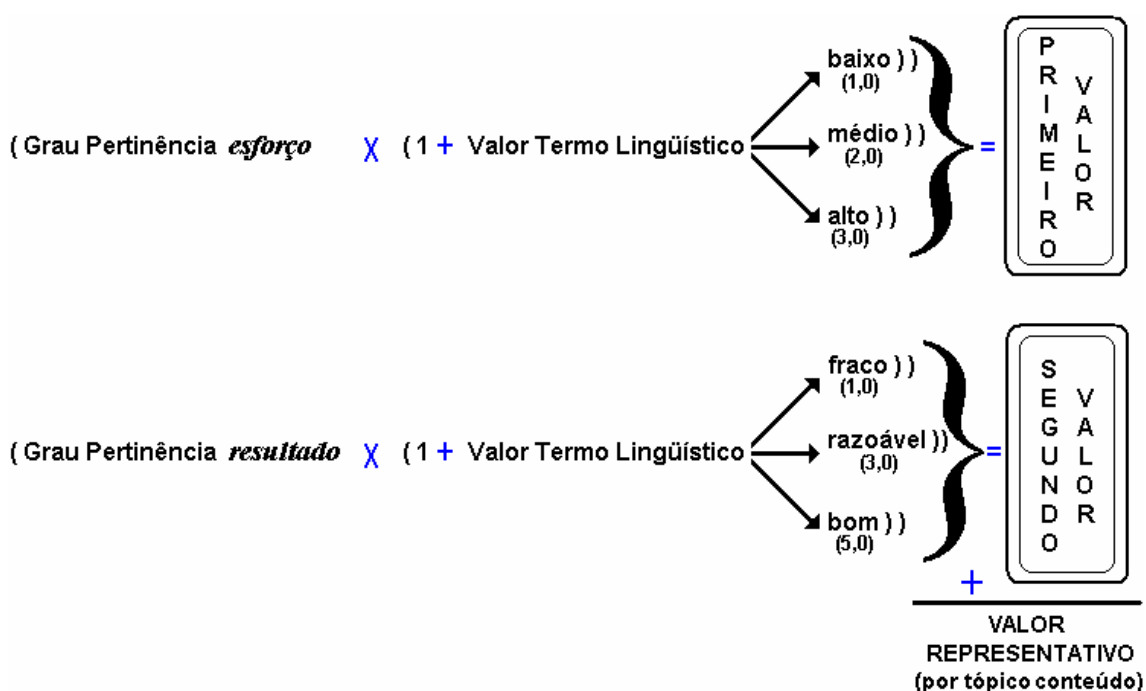


Figura 27 – Representação do cálculo do valor representativo da assimilação por tópico.

A Figura 27 representa, de forma ilustrativa, o cálculo realizado sobre cada um dos graus de pertinência apurados para as variáveis *esforço* e *resultado* por tópico de conteúdo relevante, identificado no mapa conceitual e indicado como componente do conjunto fuzzy sig-psico pelos especialistas e docentes. Conforme tenha sido atribuído um de seus respectivos termos lingüísticos, a cada uma destas variáveis lingüísticas, será empregado o valor da mesma na efetivação da expressão representada na Figura 27, sendo **1** o valor para o termo lingüístico **baixo**, **2** para **médio** e **3** para **alto** na variável *esforço*, enquanto que será **1** para o termo lingüístico **fraco**, **3** para **razoável** e **5** caso a

variável *resultado* tenha recebido o termo **bom** na apuração do tópico do conteúdo analisado.

Após a soma dos dois valores calculados (PRIMEIRO VALOR e SEGUNDO VALOR) é encontrado o VALOR REPRESENTATIVO do tópico do conteúdo em questão e seu grau de pertinência poderá ser constatado para formar o elemento do conjunto fuzzy sig-psico. O cálculo deste grau é realizado por meio da equação (1) de grau 8 apresentada a seguir:

$$\begin{aligned} \text{Gr_Pert} = & (0,002209486898 + (0,2393247106 \times \text{Vlr_Repr}) - (0,2939870561 \times \\ & \text{Vlr_Repr}^2) + (0,1447862596 \times \text{Vlr_Repr}^3) - (0,02634090467 \times \\ & \text{Vlr_Repr}^4) + (0,0005043943843 \times \text{Vlr_Repr}^5) + (0,0004038777723 \times \\ & \text{Vlr_Repr}^6) - (0,00004623993339 \times \text{Vlr_Repr}^7) + \\ & (0,000001547099395 \times \text{Vlr_Repr}^8)) \end{aligned} \quad (1)$$

onde **Gr_Pert** corresponde ao grau de pertinência do VALOR REPRESENTATIVO, representado na equação como **Vlr_Repr**, sendo $\forall \text{Vlr_Repr} \in [0, 10]$.

De acordo com a experiência multidisciplinar, resultante da interação dos especialistas e docentes provenientes das áreas envolvidas neste projeto, foi definida a equação (1) como função de pertinência para o cálculo do grau de pertinência que representa a efetivação de uma aprendizagem significativa satisfatória ao domínio desejado. Esta satisfação corresponde ao cumprimento dos objetivos almejados pelo ensino-aprendizagem neste domínio.

Esta equação matemática (1) de grau 8 foi obtida com suporte de docentes da Matemática, pois foi necessário realizar cálculos de aproximação dos valores definidos pelos especialistas das diferentes áreas envolvidas neste projeto. Por meio do Método dos Mínimos Quadrados, com a definição de polinômios variando de grau 2 até 11, foram sendo analisadas as funções encontradas (Burden, 2003). Esta análise consistia na verificação dos graus de pertinência coerentes com as definições estabelecidas pelos

especialistas das áreas distintas envolvidas nesta apuração e seus respectivos desvios em relação aos valores desejados.

Assim, foram identificadas três equações interessantes, onde os menores desvios eram analisados e comparados com os graus de pertinência encontrados pelas equações aproximadas e sugeridas com variação de grau. Diante desta análise foi adotada a equação matemática (1), por possuir desvios mínimos aos aspectos conceituais relacionados à TAS, que foram fundamentais na escolha desta equação pelos especialistas envolvidos com esta proposta.

A representação gráfica desta equação corresponderia aos respectivos graus de pertinência indicados na Figura 28, em relação aos possíveis valores apurados no cálculo de seu VALOR REPRESENTATIVO que varia de zero a dez ([0,10]) pontos.

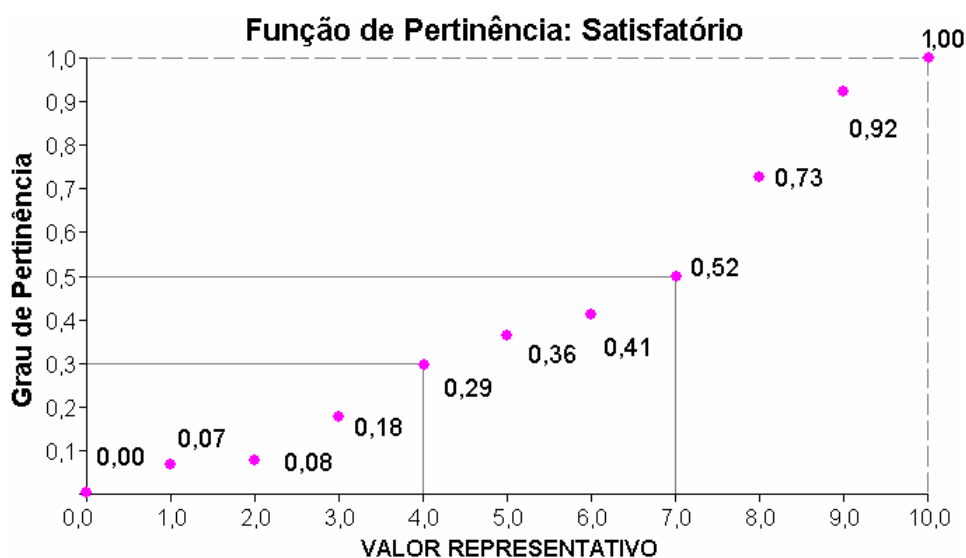


Figura 28 – Representação gráfica da função de pertinência aplicada na apuração da aprendizagem significativa sobre o VALOR REPRESENTATIVO.

Somente após a inclusão de todos os componentes, indicados pelos especialistas e docentes envolvidos nesta aprendizagem, no conjunto fuzzy sig-psico, é que poderá ser constatada a aprendizagem significativa realizada sobre todo o conteúdo que compõem uma disciplina prevista no projeto pedagógico de um curso ou área desejada.

Essa constatação acontece com o cálculo do grau de disparo sobre todos os elementos que compõem o conjunto fuzzy sig-psico, permitindo a apuração de uma nota final relacionada ao desempenho geral do aluno na assimilação do conteúdo envolvido nesta disciplina.

Esta nota final seria obtida somente como valor numérico necessário na avaliação formal das instituições de ensino que precisam mensurar a aprendizagem efetivada por cada aluno. Contudo, esta pontuação pode ser conseguida através da multiplicação do maior valor possível da avaliação pelo valor obtido com o grau do disparo calculado pelo sistema, podendo isso ocorrer somente após todos os tópicos do conteúdo estarem na situação de satisfatório para metodologia empregada.

A fórmula de cálculo para o grau de disparo sobre um conjunto fuzzy está representada na Figura 29 e tem seus termos genéricos esclarecidos em seguida.

$$\text{GrauDsp}_{conj} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{QtdNota}_{x_i} \times \text{GrauPrt}_{x_i}}{\text{QtdTópicoConteúdo}}$$

Figura 29 – Expressão genérica para cálculo do grau do disparo de um conjunto fuzzy.

As expressões presentes nesta fórmula são esclarecidas a seguir:

- **GrauDsp**: recebe o resultado do cálculo do grau de disparo de um conjunto definido pelo argumento *conj* que indica o conjunto que está sendo apurado. Somente após a inclusão de todos os elementos no conjunto fuzzy sig-psico (*conj* = {sig-psico}) como satisfatório, este cálculo será realizado e atribuirá o valor a esta expressão para cada aluno;
- **QtdNota**: indica qual a quantidade de tópicos com o VALOR REPRESENTATIVO igual a *x*;

- **GrauPrt**: informa o grau de pertinência do VALOR REPRESENTATIVO de x ;
- **QtdTópicoConteúdo**: quantidade de tópicos identificados no mapa conceitual e indicados para compor o conjunto fuzzy sig-psico para acompanhamento em um conteúdo (disciplina) definido.

A somatória de todos os valores multiplicados pelo seu respectivo grau de pertinência é dividido pela quantidade de tópicos acompanhados em um conteúdo para cada aluno, fornecendo lhes o grau de disparo relacionado aos elementos deste conjunto (sig-psico).

Apesar da possibilidade de uso do grau do disparo como valor indicativo da aprendizagem realizada pelo aluno, o conteúdo mais interessante desta metodologia é o acompanhamento contínuo ao período e esforço empregado por cada estudante durante seu período de aprendizagem. Com este acompanhamento detalhado e individual é possível orientar cada aluno com mais exatidão na superação de suas possíveis dificuldades.

O armazenamento contínuo das atividades realizadas por cada aprendiz, em cada tópico do conteúdo estudado, fornecerá um conhecimento inicial aos estudantes que são promovidos para os próximos conteúdos (disciplinas), sendo estes novos conteúdos relacionados à aprendizagem do conteúdo anterior, que o possuir como pré-requisito, por exemplo.

Dessa forma, os conteúdos e atividades anteriores tornam-se conhecimentos destinados ao fornecimento de assistência aos próximos conteúdos que o aluno venha a cursar com apoio deste ITA, sendo esta assistência fornecida aos seus futuros agentes reais, como também ao próprio sistema, que o orientará com mais propriedade devido a já conhecer algumas características de seus alunos.

3.2.5.3. Assistência

A manipulação de vários dados compartilhados pelo módulo de controle possibilita ao sistema auxiliar o ensino-aprendizagem personalizado às necessidades de cada aluno em seu caminho do saber.

O sistema assiste cada interação do aluno e armazena várias informações referentes ao seu acesso, realização de questões interativas e listas de exercícios, além do próprio acompanhamento de alguns tipos de contatos diretos entre os agentes reais e seus alunos.

Com esta quantidade de informações o sistema ainda orienta o aluno sobre quais atividades realizar ou qual conteúdo o mesmo deveria se dedicar mais para uma assimilação ágil e eficiente.

De posse deste conjunto de informações relevantes ao ensino-aprendizagem, o sistema pode ajudar na análise da situação de cada aprendiz, realizando um papel de assistente virtual de ensino inteligente, como abordado por Yacef (2002) na elaboração do ITA, onde componentes de softwares colaboram na averiguação e orientação dos alunos.

Além desta orientação, o módulo de assistência, representado na Figura 16, também fornece auxílio aos agentes reais (professor e monitor) para uma condução coerente no ensino-aprendizagem de cada aluno. Por meio de interfaces específicas às necessidades de cada usuário do sistema, são adaptadas as formas de acesso e interação mais coerentes a cada perfil, possibilitando ao ITA promover aspectos interessantes de uma assistência artificial aos seus usuários.

A estrutura modular de desenvolvimento deste sistema, sobre o paradigma de orientação a objeto, fornece independência e flexibilidade acentuada para cada módulo, beneficiando cada um com grande facilidade de incluir, alterar e até mesmo retirar recursos de assistência presentes em seu ambiente de interação.

O acesso às diversas informações disponíveis em cada módulo do sistema permite ao controle interagir entre todos eles e ajudar na construção do seu modelo de aluno. Com um modelo mais próximo à realidade de cada aluno, o sistema promove uma reciprocidade interessante a cada aprendiz e influência, positivamente, a evolução de seu estado de desenvolvimento cognitivo.

Como assistente, este ITA fornece, aos seus diferentes usuários, várias visões destinadas ao acompanhamento e a orientação dos alunos, contribuindo com as ações dos docentes e os monitores estudantis no apoio à aprendizagem desejada por cada um. Estas visões são possíveis por meio da implementação de relatórios virtuais e impressos pelo sistema que os armazena.

Este sistema permanece em atividade vinte quatro horas por dia na Internet e assiste a todos os seus usuários sempre que estes desejam interagir com seus diferentes recursos. Dessa forma, o ITA armazena várias informações resultantes de suas interações e fornece assistências detalhadas sobre uma situação ou aluno específico, assim como para um grupo de alunos, turmas completas e até para todas as turmas de uma mesma disciplina. A Figura 30 apresenta uma das interfaces de acompanhamento de alunos por turma no SAE.

Visualiza os dados da relatório que será impresso!

Relatório da Turma

Dados do relatório
 Curso: Ciência da Computação
 Disciplina: Algoritmo e Programação
 Turma: MIA
 Semestre: 1
 Data: 06/06/2007

Alunos

Disciplina	Dificuldade	Nº Questões	Nº Certas	Nº Erradas	Aproveitamento
Adelio Santos (UC06054660)	Fácil	8	4	4	50%
	Médio	15	3	12	20%
	Difícil	3	0	3	0%
	Geral	26	7	19	26,92%
Charlon Porto Ferreira (UC06018565)	Fácil	23	21	2	91,3%
	Médio	23	9	14	39,13%
	Difícil	3	1	2	33,33%
	Geral	49	31	18	63,27%
Fagne Souza Amaral	Fácil	57	53	4	92,98%
	Médio	88	77	11	87,5%

Figura 30 – Janela de acompanhamento dos alunos de uma mesma turma.

Aos alunos o ITA oferece acompanhamento preciso de suas interações, além da orientação coerente para superação de possíveis dificuldades durante sua aprendizagem. O sistema ainda o assiste quanto à participação nas atividades extraclasse, apoiadas também pelos monitores humanos, e propicia um ambiente de contato direto e síncrono com seu professor e/ou monitor.

Para os monitores humanos são acompanhados os horários e frequência dos mesmos em suas atividades de suporte extraclasse (monitoria), além da possibilidade de registro e divulgação dos atendimentos efetuados por cada um. Este registro agrega ao sistema as ações e os resultados alcançados por atividade de auxílio realizada na interação do aluno com o monitor estudantil, permitindo a cada monitor inserir parecer sobre tal atendimento e encaminhá-lo, sigilosamente, ao professor.

Este por sua vez (docente) possui acesso detalhado a todas as interações realizadas pelo aluno, podendo também fornecer orientação a cada monitor estudantil que realizou atendimento e emitiu parecer ao docente.

Os monitores e professores ainda podem utilizar o ambiente de Chat para se comunicar e interagirem entre si e com seus alunos, conforme acreditem ser necessário. Outra atividade interessante, que acontece por meio do sistema, é a correção dos exercícios dissertativos que pode acontecer com o professor corrigindo e orientando o aluno no momento exato desta correção.

Seus agentes reais, professor e monitor, ainda podem acompanhar todas as orientações que foram fornecidas pelo ITA para cada aluno e somente o professor pode acessar e manipular a BC responsável pela análise e fornecimento destas orientações à situação atual do aluno. No entanto, a geração de novas orientações só pode ser feita pelo aluno, que a receberá e poderá iniciar, imediatamente, o cumprimento das mesmas junto ao ITA e seus recursos.

A arquitetura proposta por este software educativo ainda ambiciona o acompanhamento do aluno por várias disciplinas ou subáreas que utilizem o sistema, propiciando uma assistência contínua entre os resultados e acompanhamentos de disciplinas anteriores à situação atual do aluno. Isso permite o tratamento adequado dos pré-requisitos para um novo conteúdo, onde o professor e o sistema podem trabalhar sobre a situação de acompanhamento anterior e suas orientações fornecidas pelo sistema em uma disciplina de pré-requisito.

A subárea envolvida neste projeto, normalmente, possui várias disciplinas que necessitam da aprendizagem da disciplina anterior (pré-requisito). Por exemplo, a disciplina de algoritmo consiste no pré-requisito fundamental para continuidade na Programação, onde os docentes de disciplinas subseqüentes a esta podem acompanhar o desempenho e as orientações fornecidas pelo sistema.

Dessa forma, este ITA procura auxiliar o percurso de aprendizagem de cada aluno sobre cada tópico do conteúdo envolvido durante seu período de aprendizagem e não somente sobre um conteúdo inicial e relevante à aprendizagem de toda uma subárea ou mesmo de um curso.

3.2.6. Módulo de Interfaces

A interação dos usuários com o sistema acontece, primeiramente, por meio de sua interface, a qual corresponde a primeira percepção deste ambiente de apoio à educação. Normalmente, esta primeira percepção contribui com a reciprocidade de cada usuário que pretende utilizar o sistema.

Além destes aspectos de aceitabilidade, o módulo de interface deve oferecer uma interação ágil e segura, sem maiores esforços cognitivos de seus usuários, que devem se concentrar na realização do processo ensino-aprendizagem. Por isso é importante a definição de uma interface padronizada e intuitiva, que possibilite rápida assimilação destes usuários.

A definição de cinco áreas específicas, destinadas à interação eficiente de todos os usuários, foi estabelecida durante o período de análise e projeto do sistema, sendo assim apresentadas na Figura 31, com seu detalhamento após tal figura.



Figura 31 – Demonstração das cinco principais áreas de interação do sistema.

- Indicação do Usuário Conectado: identifica o nome do usuário conectado no ambiente e seu perfil;
- Barra de Menu: fornece as principais navegações disponíveis no contexto onde o usuário está navegando no momento, de acordo com seu perfil de conexão;
- Comunicação do Sistema: possibilita a interação direta do sistema com o usuário conectado, por meio de mensagens instrutivas ou notificação de erros na manipulação do sistema;

- Localizador: indica qual o contexto que o usuário se encontra neste momento de navegação dentro do sistema e qual é a operação que ele está apto a realizar no ambiente;
- Conteúdo Principal: corresponde a maior parte da janela que apresenta os resultados solicitados e os conteúdos desejados pelo usuário durante sua navegação pelo sistema;
- Opções de Roda Pé: responsável pela navegação em diferentes contextos dentro do próprio sistema.

Estas áreas são fundamentais às interações eficientes entre o usuário e o sistema e estão presentes em todas as adaptações possíveis para cada tipo de usuário conectado (perfil). Isso possibilita a interação adequada de todas as necessidades de cada perfil.

O planejamento desta interface permitiu o fornecimento de dados dinâmicos, atualizados a cada nova navegação do usuário no ambiente, de forma a não permitir que o mesmo se sentisse perdido durante suas várias possibilidades de navegações no sistema. Além disso, a facilidade para navegação entre os vários contextos disponíveis no sistema e seus aspectos intuitivos e ágeis na manipulação de seus recursos e conteúdos, deveriam ser características relevantes proporcionadas para todos os seus usuários, não exigindo destes maiores esforços cognitivos na operação do ambiente ITA.

No intuito de promover uma interação eficiente, que atendesse a estas características, foi elaborada uma interface coerente com as necessidades de cada usuário, sendo as mesmas abordadas individualmente a seguir.

3.2.6.1. Interface do Aluno

Esta interface é intuitiva e possibilita navegação, após a correta conexão, a qualquer parte do sistema (contexto) que possa ajudar o aluno a interagir sobre o conteúdo do seu curso e os demais colegas que também o estão cursando.

A relação a seguir apresenta os principais contextos de acesso do perfil aluno e suas respectivas funcionalidades fornecidas pelo ITA.

- Pessoa: este contexto do sistema permite ao aluno manipular seus dados pessoais e definir como os demais colegas poderão interagir diretamente com ele;
- Acadêmico: este contexto propicia acesso aos dados referentes aos cursos, disciplinas e turmas que o aluno pode interagir e se comunicar pelo sistema;
- Questões: contexto que possibilita o acesso às questões avulsas e as listas de exercícios disponibilizadas pelo sistema, além do acompanhamento de seu histórico de desempenho nestas questões;
- Monitoria: PMon corresponde ao Projeto de Monitoria Estudantil e fornece acesso aos dados históricos das atividades desenvolvidas pelos monitores humanos no atendimento de cada aluno no período corrente (semestre letivo atual), além das informações sobre horários de atendimento de cada monitor e o local de atendimento, alternativamente podendo ser presencial, onde esta atividade de apoio também pode acontecer (Assunção, 2006);
- Conteúdo: acesso ao conteúdo (domínio) de estudo disponível em ambiente virtual (Internet), sendo todo conteúdo utilizado pelo ITA disponibilizado pelo ProgrWeb (Projeto da Programação Computacional disponível na Web) (Rissoli, 2003) após sua coerente adequação;

- Orientação: contexto de acompanhamento detalhado das atividades realizadas pelo próprio aluno e suas orientações fornecidas pelo sistema durante seu período de aprendizagem.

3.2.6.2. Interface do Monitor

Com uma interface próxima da interface do perfil do professor, porém sem várias funcionalidades disponibilizadas somente ao responsável pela condução de um conteúdo (disciplina), cada monitor possui um ambiente intuitivo e de fácil navegação em qualquer parte do sistema (contextos), que este possa colaborar com a aprendizagem do aluno, contribuir com a construção do modelo do aluno pelo ITA ou mesmo auxiliar o professor no ensino-aprendizagem sobre dificuldades que um aluno, ou grupo de alunos, possam ter e necessitem da atuação do docente até em sala de aula.

Os principais contextos de acesso do perfil monitor estão relacionados a seguir, com suas respectivas funcionalidades oferecidas pelo ITA.

- Pessoa: este contexto do sistema permite ao monitor manipular seus dados pessoais e definir como os outros usuários do sistema poderão interagir com ele;
- Acadêmico: este contexto propicia acesso aos dados referentes às disciplinas, conteúdos programáticos e turmas que o monitor pode interagir e se comunicar pelo sistema;
- Questões: contexto que possibilita o acesso às questões avulsas e as listas de exercícios disponibilizadas pelo sistema, além de seu histórico de desempenho pessoal na solução destas questões e de seus alunos ou turmas relacionadas a sua monitoria no período letivo corrente;
- Monitoria: neste contexto cada monitor registra e acompanha sua frequência nos horários e locais previamente estabelecidos para realização da monitoria, além de cadastrar todos os atendimentos realizados por ele

durante seu período de atividade como monitor. Para os atendimentos que o monitor identificar mais dificuldade do aluno também é possível fornecer um parecer sigiloso e direto ao professor deste aluno, visando colaborar com as ações do docente no ensino-aprendizagem do aluno, além de receber orientação direta do professor sobre como proceder no apoio a este aprendiz em nova oportunidade. Cada monitor ainda tem acesso às monitorias realizadas pelos outros monitores, assim como aos horários e possíveis locais de realização das monitorias referentes ao período letivo corrente;

- Conteúdo: neste contexto o monitor acessa o mesmo conteúdo (domínio) de estudo disponível ao aluno na Internet (ProgrWeb), porém, alguns destes monitores podem ser selecionados para trabalharem na evolução ou revisão deste conteúdo, sempre com a supervisão de um professor orientador responsável por esta atividade;
- Orientação: este contexto possibilita ao monitor realizar o acompanhamento das principais atividades interativas entre os alunos e o sistema, além de consultar as orientações atuais fornecidas pelo ITA sobre o acompanhamento, por tópico do conteúdo, realizado pelo aluno até o momento.

3.2.6.3. Interface do Professor

A interface para o perfil do professor deve ser bem planejada, procurando sempre facilitar suas várias atribuições de acompanhamento, orientação e supervisão do ensino-aprendizagem realizado com o apoio destes diversos recursos virtuais e reais, que objetivam o ensino de qualidade para uma aprendizagem eficiente de cada aluno.

Com ambiente intuitivo e de navegação ágil, cada professor pode acessar qualquer parte do sistema e realizar uma interação com o ITA, ou diretamente com os demais perfis que o utilizam. De acordo com sua correta conexão, são fornecidos os

contextos de acesso do docente, sendo suas principais funcionalidades apresentadas na relação a seguir:

- Pessoa: neste contexto do sistema o professor pode manipular seus dados pessoais e definir como os outros usuários do ambiente poderão reconhecê-lo;
- Acadêmico: este contexto propicia acesso aos dados referentes aos cursos, disciplinas, conteúdos e turmas que o professor pode interagir e se comunicar pelo sistema;
- Questões: contexto que possibilita a manipulação de questões avulsas e geração das listas de exercícios disponibilizadas pelo sistema, além do histórico do desempenho de qualquer outro perfil na solução destas questões e/ou listas. Este histórico pode ser obtido para um aluno específico, por cada tópico do conteúdo lecionado, pelas diversas turmas desta disciplina em períodos anteriores ou correntes e em um comparativo direto entre cada turma neste mesmo conteúdo (disciplina) sobre períodos anteriores ou correntes. Por meio deste contexto o professor também corrige as questões dissertativas com acompanhamento simultâneo do aluno através do Chat do ITA ou não;
- Monitoria: neste contexto o professor acompanha a frequência dos monitores, os horários e locais das monitorias disponíveis no atual período letivo, ou ainda em períodos anteriores, além de todos os atendimentos atuais ou antigos realizados por cada monitor. Para os atendimentos que o monitor forneceu algum parecer ao professor, este retornará uma orientação sobre a postura do monitor no próximo atendimento do mesmo aluno, sendo toda esta comunicação sigilosa, entre o respectivo monitor e o professor deste aluno;
- Conteúdo: contexto onde o professor disponibiliza conteúdos, cooperativamente construídos entre os demais docentes desta disciplina, como material de estudo e pesquisa a serem trabalhados

pelos alunos no decorrer do período de aprendizagem. Estes conteúdos estão disponíveis na Internet por meio do ProgrWeb (Rissoli, 2003) e podem ser desenvolvidos por monitores orientados pelos docentes responsáveis por estes conteúdos (disciplinas);

- Orientação: por este contexto o professor pode acompanhar os resultados obtidos pelas atividades interativas de todos os alunos, além de verificar as orientações fornecidas pelo ITA no caminho de aprendizagem de cada aluno. Esta consulta pode acontecer sobre as orientações atuais ou sobre o histórico de orientações por tópico do conteúdo que o aluno esteja relacionado ao sistema.

Todas estas funcionalidades podem ser alcançadas no sistema mediante a correta conexão do perfil indicado no acesso ao sistema, além da navegação coerente entre os diversos contextos possíveis para cada perfil.

Embora, um dos principais limites a serem superados na construção de sistemas inteligentes esteja relacionado às dificuldades de se fornecer ao computador dados relevantes na modelagem completa de seus usuários, este sistema se propõe a trabalhar com a “leitura” dos dados possíveis através de seus principais atores humanos envolvidos com o ensino-aprendizagem, promovendo o compartilhamento e a interação dirigida entre todos estes de forma a alcançar uma adequada modelagem do aluno e uma coerente orientação.

No entanto, é importante salientar que esta proposta metodológica, assistida por computador, consiste no início de um projeto pedagógico que está sendo experimentado como recurso de apoio ao ensino-aprendizagem praticado na subárea de Programação Computacional, mas que almeja envolver nos estudos e resultados de pesquisas que possam ser integrados ao projeto, possibilitando que o mesmo possa ser evoluído na integração com esta metodologia e lógica de acompanhamento, atingindo inclusive outras subáreas deste curso e até mesmo outras áreas de conhecimento.

Dessa forma, a próxima seção deste trabalho de pesquisa apresenta os resultados obtidos com o primeiro experimento autorizado por uma universidade brasileira para aplicação desta metodologia e uso de um protótipo nas duas primeiras disciplinas iniciais na subárea de Programação, em um curso de Bacharelado em Ciência da Computação.

3.3. Primeiro Experimento

A investigação sobre os potenciais resultados almejados na utilização da metodologia proposta neste trabalho foi efetivada por meio da realização do experimento que empregou o protótipo computacional implementado como recurso de apoio em situações reais de ensino-aprendizagem na subárea de Programação Computacional.

Para um coerente trabalho de pesquisa e investigação de seus possíveis resultados foi importante a adoção de uma metodologia de pesquisa que propiciasse adequação transparente entre suas técnicas e os objetivos da pesquisa, respeitando sempre as características do objeto que estava sendo investigado.

Dessa forma, este trabalho empregou o Estudo de Caso como metodologia de pesquisa sobre o experimento realizado em um ambiente coerente e real ao contexto da pesquisa. O uso desta metodologia permitiu uma análise abrangente sobre um número pequeno de elementos, pois consistiu em “um estudo empírico que investiga um fenômeno atual dentro do seu contexto de realidade, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas” (Yin, 2004, p.32).

Este método focaliza o problema como um todo, permitindo sua investigação mais completa, além de estimular novas descobertas durante seu processo de análise, pois possibilita o re-direcionamento de sua investigação sobre aspectos não previstos para avaliação.

Neste primeiro experimento o objetivo era averiguar os resultados alcançados por esta metodologia, além de constatar a viabilidade da arquitetura computacional proposta e implementada no protótipo empregado como recurso de apoio e assistência aos indivíduos envolvidos (aluno, monitor, professor) neste processo.

Este experimento foi realizado na Universidade Católica de Brasília (UCB) e abrangeu 7 turmas distintas de alunos nas duas primeiras disciplinas da subárea de Programação Computacional no curso de Bacharelado em Ciência da Computação (BCC).

3.3.1. Sujeitos da Pesquisa

O foco desta pesquisa está na aprendizagem realizada na subárea de Programação Computacional sobre o paradigma de Programação Estruturado, que envolve as duas primeiras disciplinas desta subárea, tendo estas as seguintes características no BCC da UCB:

- Nome da disciplina: Algoritmo e Programação
 - Semestre do curso: primeiro
 - Carga horária: 90 horas
 - Período em Laboratório: 80%
 - Localização: turmas no campus 1 (matutino) e no campus 2 (noturno)
 - Objetivo: Habilitar e capacitar o estudante com competências no desenvolvimento, criação e aplicação de alta tecnologia, formando os futuros profissionais que possuam conhecimento, informações e experiências necessárias para se engajarem em atividades de concepção e aplicação de métodos e técnicas computacionais para a resolução de problemas nos mais diferentes domínios.

- Nome da disciplina: Laboratório de Programação 1
 - Semestre do curso: segundo

- Carga horária: 90 horas
- Período em Laboratório: 100%
- Localização: turmas no campus 1 (matutino)
- Objetivo: Habilitar e capacitar o estudante com as competências necessárias para o desenvolvimento prático de programas computacionais na resolução de problemas nos mais diferentes domínios.

Para aplicação desta metodologia de pesquisa é necessária a delimitação da unidade-caso, sendo nesta pesquisa utilizada a técnica de casos múltiplos, pois se considera que esta técnica proporciona evidências inseridas em diferentes contextos. Como pode ser observado na Tabela 13, serão trabalhadas 3 unidades-caso no ensino de graduação deste curso da UCB.

Tabela 13 – Unidades-caso do experimento realizado.

LOCAL	DISCIPLINA	DISCIPLINA
CAMPUS 1	Algoritmo	Laboratório 1
CAMPUS 2	Algoritmo	-

A proposta de tese deste trabalho almejava envolver outras 2 unidades-caso sobre a disciplina de Estrutura de Dados e Arquivos (EDA) desta instituição de ensino, porém uma série de fatores burocráticos prejudicaram o envolvimento das outras duas turmas desta disciplina (EDA) na realização deste primeiro experimento. No entanto, a ausência desta disciplina na investigação realizada sobre este experimento não interferiu nos resultados alcançados, embora tenha diminuído a abrangência da pesquisa de 5 para 3 unidades-caso.

Confirmando a participação dos alunos, monitores e professores destas duas disciplinas neste experimento, foi disponibilizada a cópia da declaração do diretor do curso de BCC da UCB no Anexo 1 deste trabalho.

3.3.2. Preparação do Experimento

A realização deste primeiro experimento foi iniciada no semestre anterior (2006/2) a sua ocorrência, onde encontros presenciais, entre os possíveis docentes das disciplinas envolvidas nesta pesquisa, eram efetuados com o objetivo de preparar e elucidar as características metodológicas da TAS, que seriam adotadas como postura de trabalho em todas as unidades-caso envolvidas nesta pesquisa.

Na preparação do ambiente computacional (ITA), condizente com a realidade existente nesta instituição de ensino superior, foram compartilhados os dados cadastrais dos alunos, professores e monitores relacionados com o curso destas duas disciplinas, assim como na organização de cada uma das 7 turmas participantes desta pesquisa.

Por meio destes dados cadastrais foram fornecidas conexões para cada indivíduo, através da definição pessoal de *login* e senha, com privilégios correspondentes ao seu respectivo perfil no ambiente ITA. A implementação deste ambiente na UCB foi denominada SAE – Sistema de Apoio Educacional – e iniciou o semestre da pesquisa com o treinamento dos monitores sobre os aspectos fundamentais da TAS e do uso deste sistema de apoio educacional.

3.3.3. Realização do Experimento

O experimento aconteceu no primeiro semestre de 2007 (2007/1), sendo realizado durante cerca de 13 semanas das 19 previstas no calendário da UCB, abrangendo somente os meses de abril, maio e junho.

O contingente total de indivíduos envolvidos neste experimento foi de 221 pessoas, com perfis de uso diferentes no sistema, sendo cada um destes apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 – Distribuição dos indivíduos participantes deste experimento por perfil.

PERFIL	DISCIPLINA	QUANTIDADE	TOTAL POR PERFIL
ALUNO	Algoritmo	125	189
	Laboratório 1	64	
MONITOR	Algoritmo	19	28
	Laboratório 1	9	
PROFESSOR	Algoritmo	4	4
	Laboratório 1	2	
TOTAL GERAL			221

Na Tabela 14 é indicada a quantidade de indivíduos em cada perfil por disciplina, bem como a quantidade total por perfil. No entanto, observe que são quatro os professores diferentes na disciplina Algoritmo, enquanto que em Laboratório 1 são dois, resultando em somente 4 indivíduos diferentes neste perfil, pois dois dos professores de Algoritmo são os mesmos da disciplina Laboratório 1.

As principais características destas duas disciplinas já foram sintetizadas na seção 3.3.1 (Sujeitos da Pesquisa), apresentada anteriormente. Todavia, seus respectivos planos de ensino completos estão disponíveis no Anexo 2 deste trabalho, sendo importante salientar que neste curso da UCB os planos de ensino são os mesmos para uma mesma disciplina, independente da turma ou professor responsável. A única diferença permitida está no calendário de cada turma, ficando o professor á vontade para trabalhar os mesmos objetivos e conteúdos, de forma coerente com sua didática pessoal durante o semestre letivo.

Como comentado anteriormente, este experimento acompanhou 7 turmas distintas nestas 2 disciplinas, contando com 4 docentes diferentes na condução destas turmas. Na Tabela 15 são detalhados os dados relacionados aos professores e turmas participantes desta pesquisa.

Tabela 15 – Indicação dos 4 docentes responsáveis pelas 7 turmas do experimento.

DISCIPLINA	TURMA	DOCENTE	PERÍODO	CAMPUS
Algoritmo	MIA	D ₁	matutino	1
	MIB	D ₂	matutino	1
	MIC	D ₃	matutino	1
	MID	D ₄	matutino	1
	NIA	D ₁	noturno	2
Laboratório 1	MIA	D ₁	matutino	1
	MIB	D ₂	matutino	1
TOTAL	7	4		

Com a consciência de que a investigação deste experimento ultrapassa a simples operação do ambiente computacional oferecido pelo SAE, serão detalhados alguns fatores relativos ao trabalho de desenvolvimento dinâmico no ensino-aprendizagem da subárea de Programação. Almeja-se detectar a influência da atuação do professor e do monitor humano no ITA, e deste na atuação de seus agentes reais envolvidos no ensino-aprendizagem nesta subárea.

Na primeira semana letiva o aluno é recepcionado na instituição e lhe é apresentado o plano de ensino da disciplina, sendo esclarecidas todas as possíveis dúvidas que possam surgir sobre a condução da disciplina, seus objetivos e atividades a serem alcançados e a relevância da mesma diante do curso que cada aluno está matriculado.

Nesta semana o professor inicia seu trabalho de detecção pessoal da situação cognitiva de seus alunos sobre os conteúdos explorados anteriormente e sobre os novos conteúdos destas disciplinas, onde apresenta também o ambiente ProgrWeb (Cruz, 2007) de apoio virtual aos conteúdos que serão abordados em sala de aula. Por sua vez, a instituição inicia o processo formal de seleção de monitores para todas as disciplinas da universidade que tenham interesse neste tipo de recurso de auxílio educacional (Programa de Monitoria Estudantil).

No decorrer das próximas duas semanas o professor segue com o conteúdo da disciplina, explorando e incentivando o uso do ProgrWeb como recurso de apoio extraclasse. A monitoria estudantil é estabelecida em horários distintos ao horário das aulas da própria disciplina, sendo os monitores orientados pelos professores destas disciplinas e treinados sobre a metodologia envolvida e o uso do SAE.

As outras duas semanas são marcadas pelo desenvolvimento de atividades de resolução de problemas em sala de aula e na realização de tarefas extraclasse requisitadas pelo professor. Estas tarefas sempre necessitam da participação dos monitores para serem completadas e entregues ao docente, que as utilizará para acompanhar o esforço e a evolução de cada aluno na disciplina.

Na semana seguinte foi realizada a primeira atividade de avaliação formal (prova) destas duas disciplinas, sendo na outra semana fornecido os dados de acesso e treinamento dos alunos no uso do ambiente SAE. Neste primeiro contato com o ambiente o professor esclarece todas as opções disponíveis de navegação para os alunos, assim como o objetivo de cada uma delas.

Neste momento inicial também foram realizados exercícios interativos sobre os conteúdos já abordados pela disciplina, a fim de revisá-los com cada aluno e fornecer mais informações ao ITA sobre a situação cognitiva de seus aprendizes. Um exemplo de exercício de múltipla-escolha pode ser observado na Figura 32.

Diante desta situação, o SAE inicia sua interação direta com cada aluno que o utiliza, resolvendo questões avulsas ou listas de exercícios sugeridas pelo ambiente ou pelo próprio professor, participando das atividades da monitoria estudantil e acompanhando os relatos dos monitores, revisando conteúdos lecionados em sala de aula e atentando as orientações do ITA para superação de suas dificuldades sobre cada conteúdo abordado na disciplina.

Os professores começam a trabalhar com o SAE de acordo com suas percepções pessoais previamente adquiridas em relação às suas próprias turmas, além das

definições cooperativas estabelecidas pelos especialistas e docentes responsáveis pelo ensino-aprendizagem deste conteúdo (metadados), que conduzirão os diagnósticos e as orientações “racionais” deste ITA.

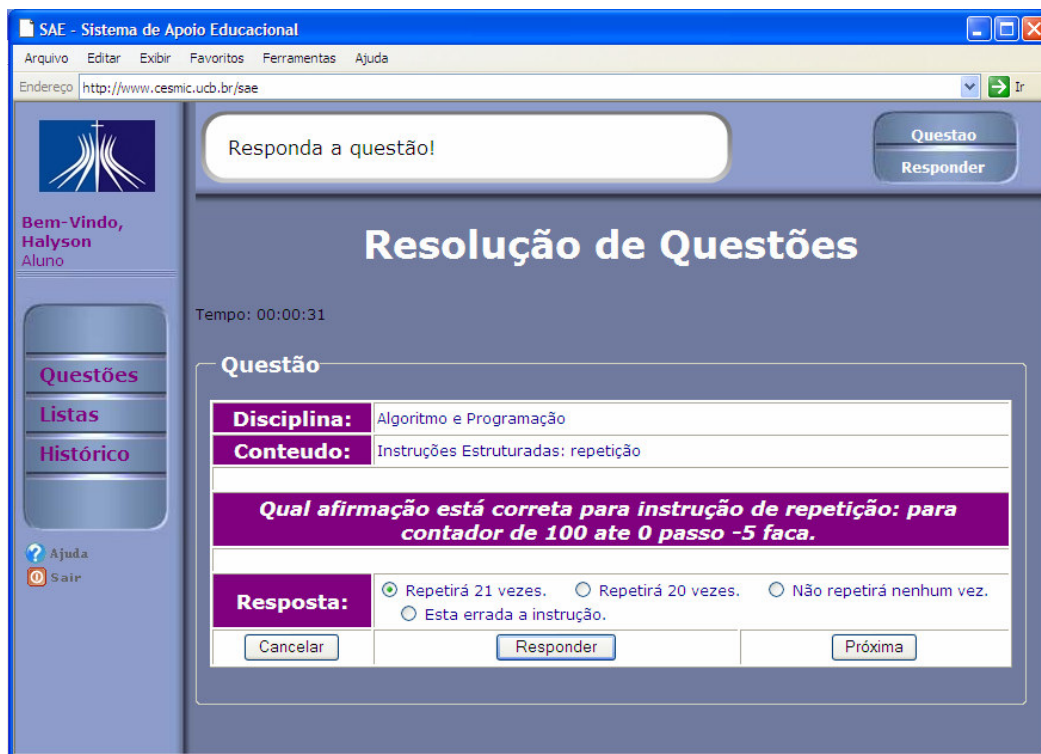


Figura 32 – Janela do ITA que propõe uma questão de múltipla-escolha para resolução.

Os registros e possíveis pareceres dos monitores humanos também já se encontravam disponíveis para o sistema compartilhar com todos os recursos envolvidos neste processo de apoio à aprendizagem dos conteúdos destas duas disciplinas, como pode ser observado na Figura 33 que exemplifica a pesquisa sobre um aluno específico (aluno Carlos Alves) na disciplina de Algoritmo e Programação durante o período letivo de 10/02/2007 até 30/06/2007.

A partir deste momento cada aluno passa a utilizar o ambiente de apoio educacional de acordo com seu ritmo e as orientações fornecidas por seus agentes reais (monitor, professor) e/ou o próprio assistente virtual (SAE).



Figura 33 – Janela de acesso aos dados resultantes do atendimento da monitoria.

Cerca de um mês (4 semanas) após a primeira avaliação formal foi realizada a segunda atividade avaliativa, sendo obtida uma melhora expressiva na média das notas alcançadas por todas as turmas participantes deste experimento (melhora média em torno de 75%). Estes dados comparativos são mostrados por turma e disciplina na Tabela 16.

Tabela 16 – Dados comparativos entre uma avaliação anterior ao SAE e outra posterior.

DISCIPLINA	TURMA	MÉDIA TURMA		AUMENTO %
		PRIMEIRA AVALIAÇÃO	SEGUNDA AVALIAÇÃO	
Algoritmo	MIA	2,69	5,98	122,3
	MIB	4,20	7,58	80,4
	MIC	5,18	7,03	35,7
	MID	3,13	7,04	124,9
	NIA	3,77	7,65	102,9
Laboratório 1	MIA	3,42	4,95	44,7
	MIB	4,15	6,40	54,2
	GERAL	3,79	6,66	75,7

No período da ocorrência da primeira avaliação todos os alunos tinham acesso somente ao ambiente de exposição de conteúdos virtuais de apoio ao ensino-aprendizagem (ProgrWeb), além da comunicação direta e presencial com os monitores estudantis de cada disciplina.

No momento da segunda avaliação estes mesmos alunos também tinham acesso ao ambiente SAE e podiam interagir com os recursos do ITA, com os monitores estudantis e até mesmo com um professor durante a realização de suas atividades extraclasse. Isso foi possível através dos recursos tecnológicos disponibilizados pelo SAE, que procuram contribuir com a eficiência do ensino-aprendizagem sobre a dificuldade específica que cada aluno possa enfrentar durante sua aprendizagem.

O experimento prosseguiu com os docentes incentivando, cada vez mais, a utilização do ambiente por seus alunos e monitores, tentando ainda resgatar aqueles alunos que não usufruíam os recursos e orientações disponíveis no SAE.

Por meio das assistências do sistema e os subsídios compartilhados pelo assistente virtual e seus agentes reais, cada professor direcionava sua atuação em sala de aula e na orientação de seus monitores, além dos novos recursos e definições disponibilizados ao próprio ITA para o apoio coerente aos alunos que possuíam algum tipo de dificuldade, sendo estas identificadas pelo sistema ou pelos próprios agentes reais.

Esta identificação pode ser apontada pelo sistema através da orientação fornecida individualmente para cada aluno, onde a análise de seu acompanhamento e histórico podiam indicar informações relevantes à experiência prévia do mesmo, o esforço e a dedicação aos estudos, os resultados obtidos na solução de questões e listas de exercícios, o grau da dificuldade das soluções corretas e equivocadas, o tipo de interação que melhor satisfazia a assimilação almejada, o padrão de acesso e uso dos recursos de apoio ao ensino-aprendizagem, a reciprocidade em relação ao ambiente

computacional de apoio e ao presencial com a monitoria, bem como a aceitabilidade e realização das orientações fornecidas pelo assistente virtual de ensino inteligente (ITA).

Uma postura interessante, adotada por metade dos docentes envolvidos neste experimento, foi o encerramento de cada aula, que trabalhava novos conceitos, ter reservado cerca de 15 minutos para solução de 5 a 10 exercícios interativos relacionados aos novos conceitos trabalhados no decorrer desta aula. Estes exercícios eram todos corrigidos automaticamente e possibilitavam uma breve revisão sobre os novos conteúdos que estariam sendo assimilados pelos alunos, bem como a recepção de mais informações para o ITA, que acompanharia a situação cognitiva de cada aprendiz desde seu primeiro contato com cada novo conceito previsto no mapa conceitual.

As demais semanas investigadas por este experimento foram marcadas pela diferença no ritmo de assimilação de cada aluno e na condução das turmas por cada professor. Poucos alunos participavam de atividades cooperativas promovidas por outro docente da mesma disciplina e normalmente contribuía na realização destas atividades. No entanto, enquanto alguns alunos avançavam rapidamente sobre os conteúdos planejados para sua disciplina e conseguiam obter resultados satisfatórios nos mesmos, com apoio do SAE, outros alunos abandonavam o sistema e até mesmo a monitoria estudantil, mas continuavam freqüentando as aulas e respeitando o cronograma de atividades planejado para a disciplina em sala de aula.

De acordo com o plano estabelecido no início deste primeiro experimento, seu encerramento aconteceu no final do mês de junho de 2007, com o término do semestre letivo da UCB. Cerca de 3 semanas antes deste encerramento foram realizadas entrevistas com amostras de alunos por turma, de monitores por disciplina e com todos os 4 professores que participaram desta pesquisa. Cada uma destas amostras foi definida aleatoriamente para os monitores, sendo dirigida na indicação dos alunos que participariam da mesma.

Esta indicação dos alunos foi dirigida com intuito de garantir a participação dos estudantes que possuíam situações diferentes no tocante à aprendizagem de sua disciplina, sendo estas situações divididas em três blocos:

- Bom aproveitamento: pontuação média alcançada em atividades formais de avaliação na disciplina em torno de 8, 9 ou 10 pontos, sendo esta média analisada até o momento de realização da entrevista;
- Aproveitamento regular: notas médias alcançadas na disciplina em torno de 4, 5, 6 ou 7 pontos até o momento de realização da entrevista;
- Aproveitamento fraco: médias obtidas na disciplina menores que 4 pontos, até o momento de realização desta entrevista.

Dentro de cada um destes grupos de alunos, identificados por turma, eram indicados cerca 35% de cada um destes grupos para participação da amostra desta entrevista. Foi esclarecido para cada aluno que esta atividade era complementar ao experimento de pesquisa (entrevista), não tendo nenhuma influência sobre os resultados obtidos na disciplina. Cuidadosamente, ainda foram definidos os professores entrevistadores, de forma que nenhum aluno fosse entrevistado por seu próprio docente.

Este cuidado almejava contribuir com a tranquilidade dos alunos participantes da entrevista, propiciando maior segurança em seus relatos e opiniões sobre o uso dos recursos de apoio em sua própria aprendizagem.

O Anexo 3 deste trabalho apresenta o esquema das questões aplicadas na realização desta entrevista, que abrangeu os três perfis participantes (aluno, monitor, professor) deste primeiro experimento.

3.3.4. Coleta de Dados

A realização desta pesquisa, efetivada sobre a metodologia do estudo de caso, investigou os resultados obtidos neste primeiro experimento, por meio da aplicação de algumas técnicas diferentes de coleta de dados, a fim de consolidar a veracidade dos resultados alcançados.

Dentre estas técnicas, foram realizados questionamentos sobre os conteúdos envolvidos, entrevistas sobre a utilização do sistema e conduta dos agentes reais, além do registro de depoimentos pessoais e espontâneos dos alunos, monitores e professores.

A colaboração do ITA, no fornecimento de seus dados armazenados sobre cada um destes perfis envolvidos neste experimento, bem como algumas outras consultas relevantes em SQL (*Structured Query Language*) sobre seu banco de dados, foram fundamentais para a análise deste primeiro experimento e permitiram a elaboração de cálculos, comparações e representações gráficas apresentadas neste trabalho.

3.3.5. Análise dos Dados

No intuito de analisar os resultados obtidos no experimento, por meio do estudo de caso de cada disciplina envolvida nesta pesquisa, e verificar os indícios que contribuiriam com a averiguação das hipóteses existentes nesta tese, iniciou-se o trabalho de investigação sobre algumas variáveis representativas de uso do SAE e dos resultados alcançados com a adoção desta metodologia inovadora na subárea de Programação Computacional.

A análise dos dados coletados neste experimento permitiu uma apuração quantitativa sobre o uso do protótipo elaborado e a influência qualitativa sobre os resultados obtidos com aplicação desta metodologia apoiada pelo ITA. Sintetizando a Tabela 14, para identificação da composição da amostra envolvida neste primeiro experimento, é elaborada a Tabela 17, que resume a quantidade de indivíduos por disciplina e apresenta um dado curioso relacionado ao gênero dos participantes deste experimento.

Tabela 17 – Síntese por disciplina dos participantes envolvidos no primeiro experimento.

DISCIPLINA	PERFIL	QUANTIDADE		TOTAL
		FEMININO	MASCULINO	
Algoritmo (5 turmas)	ALUNO	9	116	125
	MONITOR	5	14	19
	PROFESSOR	0	4	4
Laboratório 1 (2 turmas)	ALUNO	14	50	64
	MONITOR	0	9	9
	PROFESSOR	0	2	2
	TOTAL GERAL	28	193	221

Na síntese da Tabela 17 é identificada a grande participação masculina neste experimento, com 87,3% dos indivíduos contidos nos três perfis. Um outro comentário relevante na observação desta tabela é uma indicação sobre os dois professores da disciplina de Laboratório 1 (ressaltada na cor de fundo). Como relatado anteriormente, na seção 3.3.1. (Sujeitos da Pesquisa), estes dois docentes também são professores de Algoritmo neste experimento e por isso não são contabilizados novamente no TOTAL GERAL da Tabela 17.

O uso do SAE, pelos alunos das duas disciplinas, foi registrado pelos ambientes tecnológicos envolvidos por este sistema e correspondeu aos valores representativos de acesso e uso deste recurso de apoio à aprendizagem no decorrer do experimento.

A Tabela 18 apresenta os principais recursos acessados por estes alunos no estudo do conteúdo disponibilizado no ProgrWeb, na resolução de questões e listas de exercícios interativos ou nas informações e atendimentos realizados pelos monitores humanos durante todo o período deste experimento.

Tabela 18 – Acessos dos alunos sobre os principais recursos de apoio disponíveis no SAE.

DISCIPLINA	RECURSO	ACESSO	
		MÉDIA POR ALUNO	TOTAL

Algoritmo (125 alunos)	Conteúdo de Apoio Virtual	1,16	145
	Questões Interativas	11,2	1406
	Monitoria Estudantil	1,94	243
	TOTAL	14,3	1794
Laboratório 1 (64 alunos)	Conteúdo de Apoio Virtual	1,23	79
	Questões Interativas	10,2	657
	Monitoria Estudantil	2,92	187
	TOTAL	14,1	908
TOTAL GERAL		14,2	2702

Por meio das entrevistas, efetuadas próximas ao final do semestre letivo, foi constatada a aceitação positiva de 100% dos participantes entrevistados, que corresponderam a 20% dos alunos, 25% dos monitores e 100% dos professores envolvidos no experimento. No entanto, cerca da metade dos entrevistados se queixaram da falta de recurso (computador e acesso a Internet) para utilizarem mais assiduamente o SAE em horários diferentes ao seu padrão de estudo e permanência na universidade.

Dessa forma, os horários de acesso e uso do ambiente se mostraram praticamente equiparados, pois tanto no horário de aula quanto no período extraclasse foram apurados acessos ao ambiente de apoio educacional, não existindo uma representação significativa que indique que o ambiente teve seu maior horário de uso em um destes dois períodos.

O recurso de interação síncrona, disponível no SAE (Chat), foi utilizado esporadicamente por metade dos docentes envolvidos no experimento, sendo empregado na correção dos exercícios abertos, com orientação direta ao aluno que o resolveu, na realização de breves reuniões entre os professores e os monitores, assim como em atividades de suporte e esclarecimento de dúvidas dos alunos em período próximo a realização de avaliações formais previstas no calendário das disciplinas.

Apesar de metade dos docentes não utilizarem este recurso durante o experimento, todos os alunos da mesma disciplina eram convidados a participarem das atividades de esclarecimento que antecederiam algumas de suas avaliações formais. Poucos eram os estudantes que participavam destas atividades promovidas por outros professores, que não aqueles responsáveis pela condução de sua própria turma. Porém, todos estes estudantes conseguiram sucesso diante de suas disciplinas/turmas, além de sempre contribuírem com a atividade colaborativa que era motivada pelo professor responsável.

As quantidades de acesso ao Conteúdo de Apoio Virtual demonstram o envolvimento e a pré-disposição de cada aluno na busca do novo saber, necessário a sua disciplina. Estes acessos são parcialmente apresentados na Tabela 18, com 145 para Algoritmo e 79 para Laboratório 1, resultando nas respectivas médias de acesso por aluno de 1,16 e 1,23.

É importante esclarecer que os dados de acesso aos tópicos do conteúdo são parciais, pois o ProgrWeb consiste em um projeto de disponibilização de conteúdos virtuais para o apoio de várias disciplinas da subárea de Programação e não possui um controle de acesso, sendo livre a interação de qualquer indivíduo com seu conteúdo. Seu sítio virtual pode ser acessado diretamente pelo endereço virtual <http://www.ucb.br/programar>.

Estima-se que a quantidade de acesso real a este endereço virtual foi três vezes maior que o registrado pelo SAE, através da ligação virtual disponível na principal janela de navegação apresentada na Figura 31, por meio da opção Conteúdo. Esta estimativa é baseada na observação dos professores em sala de aula e nos relatos dos alunos, monitores e docentes durante a entrevista ocorrida no final do semestre letivo.

A quantidade de Questões Interativas resolvidas por cada disciplina pode ser considerada um fator positivo deste experimento, embora a turma MIC de Algoritmo não tenha resolvido nenhuma questão interativa no decorrer de todo o semestre (ver Tabela 19). É importante salientar que o SAE está sendo experimentado nestas duas

disciplinas como um recurso de apoio a sua aprendizagem, não sendo um recurso obrigatório para o êxito disciplinar de qualquer estudante nestas duas disciplinas (ver Anexo 2).

Algumas outras atividades complementares continuam sendo promovidas por seus professores e monitores, além do uso do próprio SAE, como a disponibilização de listas de exercícios impressas, bem como todo processo de avaliação formal descrito no plano de ensino da disciplina e exigido pelas normas institucionais da UCB.

A média destas questões interativas por aluno, nas duas disciplinas, foram consideradas interessantes para o experimento que resultou no valor de 11,2 para Algoritmo e 10,2 para Laboratório 1, ainda sem considerar os demais exercícios solicitados de maneira mais convencional (material impresso) a cada aluno.

Com base somente nos exercícios interativos fornecidos pelo SAE é elaborada a Tabela 19, detalhada por turma em cada disciplina.

Tabela 19 – Quantidade de exercícios interativos realizados no SAE por disciplina/turma.

DISCIPLINA	TURMA	QUESTÕES			MÉDIA POR ALUNO
		CERTAS	ERRADAS	TOTAL	
Algoritmo	MIA	459	241	700	25,9
	MIB	211	97	308	11,4
	MIC	0	0	0	0,0
	MID	37	13	50	1,78
	NIA	243	105	348	34,8
	TOTAL	950	456	1406	11,2
Laboratório 1	MIA	348	93	441	14,2
	MIB	173	43	216	6,50
	TOTAL	521	136	657	10,2
	GERAL	1471	592	2063	10,9

Com os valores das médias para disciplina Algoritmo como um todo (TOTAL das turmas), assim como para a contabilização GERAL da média de exercícios por aluno neste experimento (todas as disciplinas e turmas) serem comprometidas pela realidade da turma MIC, que não resolveu nenhum exercício interativo, seus respectivos valores foram recalculados, sem considerar esta turma (MIC), chegando à média de resolução de exercícios interativos por aluno de Algoritmo em 15,2 e na contabilização GERAL do experimento em 13,2.

Estes resultados se mostraram satisfatórios quando analisados por disciplina, onde os alunos de Algoritmo obtiveram a menor nota média em relação aos acertos conseguidos em toda a disciplina, com pontuação de 6,7 (total de exercícios interativos certos dividido pelo total de exercícios interativos realizados e multiplicado pela maior nota possível nesta avaliação – dez pontos).

Os resultados alcançados pelos alunos de Laboratório 1 foram melhores, chegando a esta nota média com a pontuação de 7,9, resultando na nota média alcançada pelo acompanhamento de todo este experimento de 7,1 pontos.

A participação dos alunos na atividade de Monitoria Estudantil se mostrou mais expressiva para algumas turmas comprometidas com o experimento, sendo considerado elevado os índices de cooperação entre os alunos e os monitores das turmas MIA, MIB e NIA de Algoritmo e MIB de Laboratório 1.

A utilização média dos alunos na monitoria estudantil também se mostrou satisfatória, quando analisada como um todo, sendo seus dados apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 – Participação dos alunos na monitoria estudantil.

DISCIPLINA	TURMA	PARTICIPAÇÃO	MÉDIA POR ALUNO
Algoritmo	MIA	81	3,0
	MIB	82	3,0

	MIC	17	0,5
	MID	34	1,2
	NIA	31	3,1
	TOTAL	245	1,9
Laboratório 1	MIA	73	2,3
	MIB	115	3,4
	TOTAL	188	2,9
	GERAL	433	2,2

Além dos dados da Tabela 20, ainda foi constatado que o percentual de atendimentos dos monitores a distância foi inferior a um por cento (menor que 1%). Este tipo de atendimento era realizado, basicamente, pelo Chat, entre outros recursos tecnológicos disponíveis no próprio ambiente SAE ou mesmo na Internet, como *email* e visita a outros sítios virtuais que também exploravam os mesmos conteúdos abordados nestas disciplinas.

As situações de atendimentos mais graves, que mereceram notificação direta e sigilosa entre os monitores e os docentes, corresponderam a 2,7% de todas as participações de alunos na monitoria estudantil. A interface de acesso a estas constatações está demonstrada na Figura 34 que apresenta os dados referentes ao parecer de um monitor que está aguardando a orientação do docente para possível conduta com o aluno atendido.

Foi detectado, nas entrevistas realizadas no final do semestre letivo, que os monitores não estavam registrando, como atendimentos da monitoria estudantil, a participação a distância dos alunos que interagiam rapidamente com os mesmos através do Chat para esclarecimento de breves inquietações ou dúvidas com tempos inferiores a cinco minutos de duração.

Como relatado por vários monitores entrevistados, esse tipo de breve esclarecimento era freqüente nos dias que antecediam as avaliações formais. Isso indica que o “deixar para última hora” continua sendo uma prática muito comum nos alunos

deste curso e normalmente comprometem os resultados das disciplinas que buscam fomentar novas habilidades em seus aprendizes, como é o caso das disciplinas da subárea de Programação.

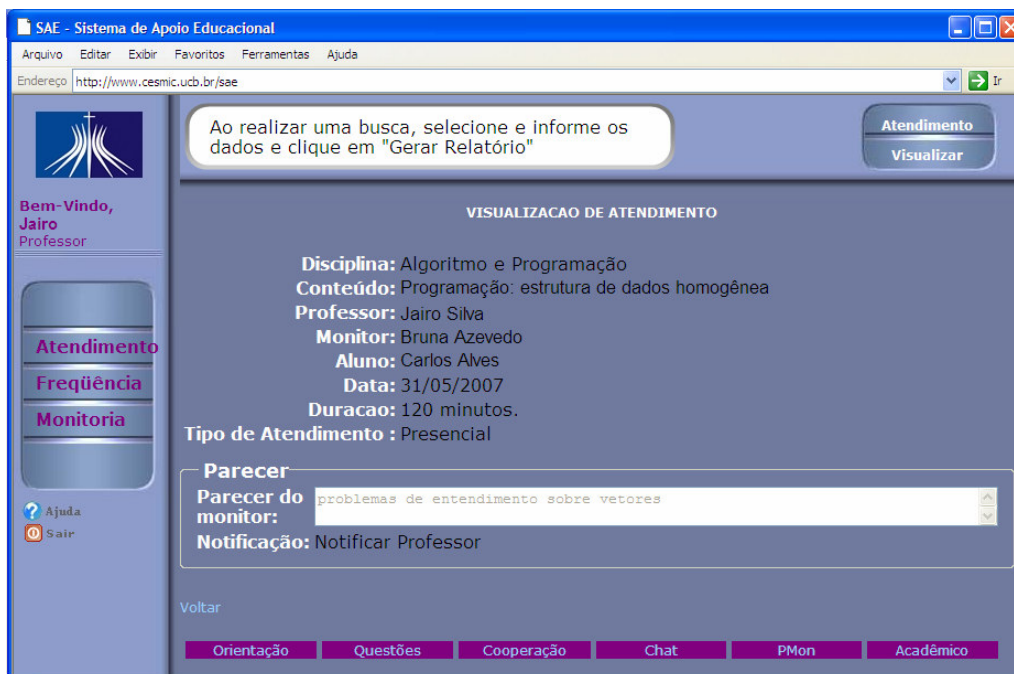


Figura 34 – Janela de interação direta entre monitor e docente no SAE.

No intuito de averiguar a influência desta metodologia, apoiada por este protótipo ITA, foram analisados os resultados obtidos na solução dos exercícios interativos por cada disciplina, sendo observado o aproveitamento de cada turma sobre o nível de dificuldade dos exercícios realizados.

Tabela 21 – Desempenho dos alunos de Algoritmo na solução dos exercícios interativos.

TURMA	DIFICULDADE	QUESTÕES INTERATIVAS			APROVEITAMENTO (%)
		CERTAS	ERRADAS	TOTAL	
MIA	FÁCIL	188	53	241	78,0
	MÉDIO	255	153	408	62,5
	DIFÍCIL	16	35	51	31,3
	TOTAL MIA	459	241	700	65,5

MIB	FÁCIL	91	13	104	87,5
	MÉDIO	118	73	191	61,7
	DIFÍCIL	2	11	13	15,38
	TOTAL MIB	211	97	308	68,5
MID	FÁCIL	14	3	17	82,3
	MÉDIO	22	10	32	68,7
	DIFÍCIL	1	0	1	100,0
	TOTAL MID	37	13	50	74,0
NIA	FÁCIL	111	15	126	88,1
	MÉDIO	124	79	203	61,0
	DIFÍCIL	8	11	19	42,1
	TOTAL NIA	243	105	348	69,8
TOTAL FINAL		950	456	1406	67,5

É importante lembrar que a turma MIC de Algoritmo não foi analisada na Tabela 21 por não ter respondido nenhuma questão interativa no decorrer do semestre letivo, como mostrado na Tabela 19.

Esta mesma averiguação para disciplina Laboratório 1 constatou uma influência ainda mais interessante, com porcentagens de aproveitamento maiores que na disciplina de Algoritmo, conforme pode ser observado na Tabela 22.

Tabela 22 – Desempenho dos alunos em Laboratório 1 sobre os exercícios interativos.

TURMA	DIFICULDADE	QUESTÕES INTERATIVAS			APROVEITAMENTO (%)
		CERTAS	ERRADAS	TOTAL	
MIA	FÁCIL	136	20	156	87,1
	MÉDIO	135	42	177	76,2
	DIFÍCIL	77	31	108	71,3
	TOTAL MIA	348	93	441	78,9
MIB	FÁCIL	50	16	66	75,7

MÉDIO	107	20	127	84,2
DIFÍCIL	16	7	23	69,5
TOTAL MIB	173	43	216	80,0
TOTAL FINAL	521	136	657	79,2

Com os resultados alcançados pelas duas disciplinas envolvidas neste experimento é possível calcular o resultado representativo da influência obtida em todo o experimento e concluir que a utilização deste protótipo (SAE), aliado a uma metodologia coerente com os objetivos almejados em seu ensino-aprendizagem (TAS), foi satisfatório. Este resultado final, abrangendo as duas disciplinas, está representado na Tabela 23.

Tabela 23 – Desempenho dos alunos do experimento na solução dos exercícios interativos.

DISCIPLINA	QUESTÕES INTERATIVAS			APROVEITAMENTO (%)
	CERTAS	ERRADAS	TOTAL	
Algoritmo	950	456	1406	67,5
Laboratório 1	521	136	657	79,2
TOTAL GERAL	1471	592	2063	71,3

Os resultados apresentados nas Tabelas 21, 22 e 23 mostram um aproveitamento detalhado sobre os conteúdos abordados neste primeiro experimento e indicam uma assimilação satisfatória a aprendizagem almejada por seus alunos.

Apesar dos recursos de apoio serem utilizados pelos alunos em uma frequência expressiva neste primeiro experimento, é fundamental uma análise comparativa entre os resultados alcançados nestas disciplinas, diferenciadas pelo uso desta metodologia de aprendizagem, com a ocorrência das mesmas antes deste experimento.

Dessa forma, foram levantados os dados destas mesmas disciplinas no semestre anterior ao experimento (2006/2) e comparados os resultados finais obtidos em cada

uma delas, com os resultados alcançados no semestre de realização do experimento (2007/1).

Com intuito de alcançar uma análise mais precisa sobre os resultados finais dos dois semestres comparados foram identificados todos os alunos que estavam matriculados nestas disciplinas e não chegaram a freqüentá-la ou não realizaram pelo menos metade das atividades avaliativas formais, previstas em seus respectivos planos de ensino. Estes alunos não foram incluídos nesta análise comparativa para não influenciarem os resultados realmente alcançados (detecção e retirada de possíveis “ruídos” no experimento).

Procurando demonstrar os índices de aprovação alcançados no semestre de realização do experimento (2007/1) é apresentada a Tabela 24, com a indicação específica de cada turma e seu respectivo docente responsável.

Tabela 24 – Demonstração do índice de aprovação de aluno no semestre do experimento.

DISCIPLINA	TURMA	ÍNDICE DE APROVAÇÃO EM 2007/1 (%)	DOCENTE
Algoritmo	MIA	48,1	D ₁
	MIB	66,7	D ₂
	MIC	50,0	D ₃
	MID	58,8	D ₄
	NIA	70,0	D ₁
	TOTAL	56,1	-
Laboratório 1	MIA	65,0	D ₁
	MIB	54,5	D ₂
	TOTAL	58,4	-
	GERAL	56,8	

No levantamento dos dados do semestre 2006/2 foi verificada a ausência dos professores D₃ e D₄ na condução da mesma disciplina (Algoritmo) para comparação e apuração de seus resultados. Procurando evitar as divergências didáticas e posturais existentes entre diferentes professores, esta comparação avaliativa se concentrou,

exatamente, na análise dos resultados finais obtidos nos dois semestres entre os mesmos docentes que lecionaram a mesma disciplina. Acredita-se assim, que as preferências didáticas do professor responsável pela condução das turmas/disciplinas a serem comparadas não terão nenhuma influência nos resultados encontrados por esta análise, mantendo-a livre das possíveis diferenças posturais e didáticas de cada professor participante deste experimento.

Por meio da representação da Tabela 25 são apresentados os dados comparativos entre as turmas dos dois semestres, sendo comparadas somente as turmas que tiveram o mesmo docente nestes dois semestres (Rissoli, 2007c).

Tabela 25 – Síntese dos dados comparativos entre os semestres 2006/2 e 2007/1.

DISCIPLINA	COMPARAÇÃO	ÍNDICE DE APROVAÇÃO		DOCENTE	RESULTADO
		2006/2	2007/1		
Algoritmo	C ₁	52,9%	48,1%	D ₁	-4,8%
	C ₂	52,9%	70,0%	D ₁	17,1%
	C ₃	58,3%	66,7%	D ₂	8,3%
Laboratório 1	C ₄	46,4%	65,0%	D ₁	18,6%
	C ₅	44,8%	54,5%	D ₂	9,7%

Na comparação em Algoritmo o docente D₁ lecionou em duas turmas diferentes no semestre 2007/1, sendo estas comparadas com a única turma que este mesmo docente (D₁) lecionou no semestre anterior (2006/2). Embora este professor tenha alcançado o melhor resultado nesta disciplina (17,1% em C₂), sua outra comparação (C₁) apresentou um resultado divergente, indicando certa piora (-4,8% em C₁) em seu índice de aprovação geral (de toda turma em questão).

Este resultado divergente, envolvendo o mesmo docente (D₁) na mesma disciplina (Algoritmo), exigiu um estudo detalhado sobre a participação dos alunos nesta disciplina e identificou uma conduta diferente entre os estudantes das turmas comparadas em C₁ e C₂ do semestre 2007/1, durante a realização do experimento.

Uma quantidade expressiva de alunos da comparação C_1 em 2007/1 usou o ambiente de apoio em um índice de acompanhamento menor que a média de utilização de todas as outras turmas do mesmo docente (C_2 e C_4), não caracterizando um empenho e dedicação coerente por parte dos estudantes que realmente buscavam uma aprendizagem significativa em Algoritmo. Além disso, foi possível observar o uso mais assíduo dos recursos tecnológicos, disponibilizados no semestre 2007/1, próximo ao final do semestre letivo, porém não resultando em uma ação positiva para aprendizagem de grande parte dos alunos que formavam a turma de 2007/1 envolvida na comparação C_1 .

Outro fator importante a ser observado é que o mesmo docente (D_1) ainda atingiu o melhor resultado comparativo entre todas as turmas da disciplina Laboratório 1 (18,6% em C_4), reforçando a constatação problemática identificada na apuração da única turma do experimento que apresentou um índice de aprovação inferior ao semestre anterior ao experimento.

Atentando a coluna RESULTADO da Tabela 25, é possível confirmar a melhora média em torno de 10% entre todas as turmas comparadas nestes dois semestres, averiguando inclusive que o docente D_1 obteve o melhor desempenho entre todas as comparações, apesar de também possuir o único resultado que não apresentou uma melhora entre estas comparações.

3.3.6. Conclusões com Encerramento do Primeiro Experimento

O acompanhamento deste experimento, em um ambiente real de ensino, permitiu a realização de uma investigação sobre a aderência desta metodologia integrada (TAS com Fuzzy) e o protótipo de um software educacional baseado nas características de um assistente virtual de ensino inteligente (ITA).

Esta pesquisa investigatória foi apoiada pelas análises qualitativas e quantitativas efetivadas sobre os dados e informações coletados durante a realização deste

experimento e permitiu a averiguação das hipóteses destacadas no início deste trabalho de doutoramento (tese).

Dessa forma, os resultados desta pesquisa são elucidados com a retomada de cada uma destas hipóteses em relação às conclusões alcançadas neste primeiro experimento.

Hipótese 1 - O aporte teórico oferecido pela TAS fornece subsídios suficientes à tomada de decisão em Ambientes de Aprendizagem Inteligentes, podendo ser mapeado como uma evolução da estrutura tradicional dos STI/ITA.

Na Tabela 16 foi apresentado o primeiro resultado comparativo entre uma avaliação formal, sem a utilização do protótipo ITA, e a segunda avaliação formal, posterior a sua utilização no mesmo semestre letivo. É importante destacar que somente o acesso ao conteúdo virtual de apoio era utilizado pelos alunos envolvidos neste experimento, até o momento da primeira avaliação. Após esta avaliação foi incluído o protótipo ITA, fundamentado na TAS com acompanhamento fuzzy, nas atividades regulares das disciplinas do experimento, que alcançou uma melhora média, entre as 7 turmas pesquisadas, em torno de 75% acima da média atingida na avaliação anterior.

A arquitetura implementada neste protótipo, representada na Figura 16, integra as características essenciais da TAS, descritas na seção 2.2 deste trabalho, com os aspectos fundamentais a elaboração de um STI, empregado sobre as perspectivas colaborativas e cooperativas na modalidade de um Assistente Virtual de Ensino Inteligente (ITA).

O desenvolvimento deste protótipo demonstrou a viabilidade na representação do processo decisório por meio da utilização de regras de produção. Embora esta escolha ainda possa ser melhorada, sua utilização demonstra que a TAS contribuiu com a tomada de decisão em Ambientes de Aprendizagem Inteligentes, aceitando esta primeira hipótese como verdadeira neste trabalho de tese.

Hipótese 2 - A cooperação entre o docente e o sistema caracterizado como ITA cria novas possibilidades pedagógicas que podem favorecer o emprego da TAS.

O compartilhamento dos dados originários de quatro componentes diferentes (aluno, monitor, professor e sistema) fornece informações diversificadas sobre uma mesma situação, contribuindo no suporte pedagógico que objetiva um ensino-aprendizagem eficiente e de qualidade.

Dessa forma, a arquitetura implementada no protótipo ITA agrega um novo módulo que permitiu a participação dos monitores humanos como recurso de apoio à modelagem realizada pelo sistema e garante mais subsídios ao acompanhamento extraclasse de cada aluno. Tudo isso compartilhado, efetiva uma cooperação do sistema com o docente, que por sua vez coopera com a formação da “inteligência” do ITA sobre determinado conteúdo de estudo (domínio) e na elaboração de recursos interativos aplicados no processo de ensino-aprendizagem pelo sistema neste mesmo domínio.

Esta cooperação entre ambos, docente e ITA, promove um acompanhamento realista sobre a situação cognitiva dos alunos, fornecendo informações relevantes à atuação do docente, assim como do ITA, na apuração da situação dos conceitos deste domínio na estrutura cognitiva de cada aluno. Isso permitiu a definição de uma estratégia pedagógica mais adequada à realidade de cada aprendiz, sendo identificado, inclusive, qual subsunção, entre a subordinada e a superordenada, seria mais eficiente ao momento de aprendizagem atual para cada aluno.

Sendo assim, a segunda hipótese deste trabalho também é aceita como verdadeira, pois a cooperação entre o docente e o sistema favorece a utilização da TAS como uma metodologia pedagógica coerente à evolução da aprendizagem de seus alunos.

Hipótese 3 - A concepção de uma nova arquitetura evolutiva do STI para promoção da TAS, na modalidade de um ITA, fornece subsídios oriundos do registro das interações do estudante com o sistema computacional, contribuindo com a coerente atuação do docente em relação aos possíveis problemas de aprendizagem.

Esta terceira hipótese também pode ser aceita como verdadeira, pois se constatou neste experimento a possibilidade de uso dos dados e informações provenientes do ITA para detecção, atendimento e orientação pertinente às dificuldades de aprendizagem individuais de cada aluno.

O compartilhamento destes dados armazenados pelo sistema orientou a atuação de seus agentes reais (monitor e docente), além da própria modelagem do aluno elaborada pelo ITA e necessária na correta orientação personalizada a cada estudante durante seu percurso de aprendizagem no domínio em questão.

Estas orientações fornecidas pelo sistema eram compartilhadas com os agentes reais somente depois de serem apresentadas ao próprio aluno, contribuindo, rapidamente, com a identificação das dificuldades pelo ITA em relação ao tempo de percepção de seu professor, principalmente nas turmas que envolvem grande quantidade de alunos em sala de aula.

Uma postura interessante e coerente com a aplicação do ITA, como recurso de acompanhamento da evolução cognitiva de cada aluno, foi relatada neste experimento quando metade de seus docentes (D_1 e D_2) decidiram adotar a conduta de terminarem suas aulas, iniciais na abordagem de novos conceitos, com a realização de alguns exercícios interativos como mecanismo de revisão e acompanhamento da assimilação inicial realizada neste primeiro contato, mais objetivo, com estes conceitos.

Atentando aos dados disponíveis na Tabela 24 é possível verificar que os melhores índices de aprovação em 2007/1 foram alcançados pelos docentes que adotaram esta postura na disciplina de Algoritmo, com exceção da turma MIA do

docente D₁, que não conseguiu índice superior nem a turma comparada com o semestre anterior (2006/2), como pode ser observado na Tabela 25. Este resultado mereceu uma investigação mais detalhada, que teve sua apuração relatada na seção 3.3.4 deste trabalho.

Por meio desta postura estes docentes contribuíram com o acompanhamento do ITA, desde o contato inicial, com tais conceitos, até a assimilação estável dos mesmos nas estruturas cognitivas de seus alunos, possibilitando ao sistema, e seus agentes reais, uma atuação mais ágil na reparação de uma possível assimilação inicial equivocada, assim como na evolução de novos conteúdos relacionados a estes conceitos.

Hipótese 4 - O acompanhamento da aprendizagem resultante da TAS, apoiada pelo ITA, pode ser efetuado com emprego da Lógica Fuzzy como suporte matemático do processo avaliativo de aprendizagem, de forma a contribuir com sua eficiência.

A implementação do protótipo utilizado neste primeiro experimento estava fundamentado na TAS e possibilitava o acompanhamento mais realista de dois aspectos condicionais a aprendizagem significativa: a disposição e o esforço do aprendiz em assimilar significativamente os conceitos abrangidos no domínio de estudo e os resultados obtidos pelo aluno que usava e interagiu com os recursos providos pelo professor e o ITA.

No acompanhamento do primeiro aspecto condicional da TAS (esforço), a lógica fuzzy foi empregada para verificar a disposição do aluno em buscar recursos de apoio a sua aprendizagem, principalmente no acesso aos recursos do sistema e na interação com a monitoria estudantil. Entretanto, o segundo aspecto se concentrou na averiguação dos resultados obtidos por cada aluno que estava usando os materiais de apoio e os recursos interativos providos pelo ITA, onde as comparações das Tabelas 16 e 25 demonstram o resultado satisfatório que este acompanhamento conseguiu realizar por meio da aplicação da Lógica Fuzzy aliada com a TAS.

Portanto, as conclusões sobre este primeiro experimento aceitam como verdadeira a quarta hipótese deste trabalho e destaca o esclarecimento constante na seção 3.2.2.2 sobre a situação de investigação inicial desta pesquisa se concentrar somente sobre estes dois aspectos restritivos e essenciais a TAS, podendo ser evoluído para apreciação de outras variáveis lingüísticas que sejam interessantes ao acompanhamento neste tipo de aprendizagem e possam ser obtidas por recursos tecnológicos mais precisos em suas representações digitais.

Hipótese 5 - A nova arquitetura do STI/ITA, que incorpora a TAS e realiza um acompanhamento avaliativo com emprego da Lógica Fuzzy, pode ser aplicada com sucesso na superação das dificuldades do ensino-aprendizagem realizado na subárea de Programação Computacional em cursos de graduação em Informática.

A quinta hipótese deste trabalho é aceita como verdadeira, mas destaca o trabalho inicial realizado com os agentes reais antes do envolvimento dos alunos no experimento. A consciência metodológica é essencial ao trabalho conjunto realizado por todos os agentes, em sintonia com os recursos fornecidos pelo ITA para um trabalho cooperativo de orientação e superação das dificuldades encontradas por cada aluno individualmente.

Os resultados finais apresentados na comparação da Tabela 25 evidenciam o êxito alcançado na utilização desta metodologia integrada (TAS e Fuzzy), com apoio do protótipo ITA, em 2 disciplinas consecutivas pertencentes a esta subárea de conhecimento no curso de BCC da UCB.

Dessa forma, as 5 hipóteses de pesquisa puderam ser averiguadas e apresentaram um resultado coerente com as conclusões obtidas no primeiro experimento que utilizou esta nova metodologia integrada e apoiada por um Assistente Virtual de Ensino Inteligente na subárea de Programação, sendo todas estas hipóteses aceitas como verdadeiras.

4. CONCLUSÕES

A elaboração de um ambiente computacional de aprendizagem inteligente deve possuir características e funcionalidades capazes de promoverem apoio ao processo de ensino-aprendizagem, propiciando ou gerindo recursos que possam ser aplicados no auxílio eficiente à realização deste processo. Este tipo de ambiente deve consistir em um espaço de aprendizagem mediado por recursos computacionais, orientados por metodologias e técnicas pedagógicas coerentes com seus objetivos educacionais (Andrade, 2003).

A inteligência, atribuída ao nome deste tipo de ambiente, o designa como ambiente capaz de assistir aos seus usuários e aprender com suas interações, bem como se comunicar com cada um deles fornecendo dados e informações coerentes com suas responsabilidades no ensino-aprendizagem, além de participar, de forma significativa, no processo de decisão e orientação pedagógica das ações a serem realizadas por cada um destes.

No entanto, a complexidade relacionada ao processo educacional é suscetível às várias contribuições fornecidas por meio de investigações sobre suas novas abordagens, mantendo a complexidade, envolvida neste problema, em aberto e receptiva aos novos resultados positivos alcançados pelas pesquisas provenientes de diversas áreas de conhecimento, como: Educação, Psicologia e Computação.

Diante deste desafio multidisciplinar, esta tese propôs uma nova abordagem que integra uma teoria de aprendizagem eficiente, principalmente aos conteúdos que abrangem processos racionais para solução de problemas, com uma forma de acompanhamento gradual e apropriado às incertezas e imprecisões inerentes à constatação envolvida na assimilação individual de cada aprendiz. A viabilidade na aplicação desta metodologia é alcançada através de uma aderência coerente entre esta proposta metodológica e os recursos tecnológicos condizentes com suas concepções educacionais.

Assim, a principal contribuição deste trabalho concentra-se na integração da TAS e a Lógica Fuzzy, aplicada na construção mais realista do modelo do aluno, que será empregado na elaboração de uma arquitetura estendida do STI, na modalidade ITA, para oferecer o suporte necessário à aprendizagem personalizada dos alunos e a assistência adequada aos monitores e professores envolvidos neste processo. Esta integração metodológica se torna viável aos aspectos educacionais propostos por meio da construção de um Ambiente de Aprendizagem Inteligente baseado nas características de um ITA, mais bem esclarecidas na seção 2.3 deste trabalho.

Nas pesquisas realizadas sobre este tipo de sistema, abordadas na seção 2.3, não foram encontrados indícios de implementações de STI, como assistentes inteligentes na subárea de Programação, fundamentados na TAS de Ausubel, podendo esta ser considerada inexplorada na construção deste tipo de software educacional. Contudo, este trabalho procurou mapear as características relevantes desta teoria, integrada aos aspectos matemáticos dos conjuntos fuzzy, aos componentes fundamentais da arquitetura de um STI e os apresenta como resultado deste trabalho.

O domínio da primeira aplicação desta metodologia, apoiada por um ITA, consistiu na subárea de Programação devido a sua reconhecida dificuldade de aprendizagem e a constante preocupação de seus pesquisadores somente com os conteúdos iniciais a esta subárea, o que não garante uma formação adequada aos seus futuros profissionais.

A experiência e as atividades atuais de seu autor também tiveram importância na definição deste domínio de pesquisa e contribuíram com o aprofundamento dos estudos necessários para identificação das maiores dificuldades e seus atendimentos necessários para uma superação que propicie um maior êxito em seu processo de ensino-aprendizagem.

A adequação dos componentes do ITA propiciou uma colaboração efetiva entre os agentes reais e o sistema, criando novas possibilidades didáticas de aporte ao ensino que almeja uma aprendizagem significativa, onde o compartilhamento das informações

sobre o empenho e desempenho individualizado dos alunos consiste em seu principal diferencial. Por meio dele seus agentes reais e o assistente virtual fornecem um apoio coerente à superação das dificuldades de aprendizagem detectadas com mais detalhes e rapidamente do que somente a percepção docente durante as atividades em sala de aula.

Entretanto, destaca-se o considerável aumento da atividade docente em acompanhar e corrigir cada aluno envolvido em sua disciplina, em supervisionar a atuação do sistema e os monitores estudantis, além de orientá-los sobre a conduta pedagógica mais coerente frente às diversas situações presentes no dia-a-dia da atividade de apoio educacional. Atentando a esta consideração importante é possível inferir que este aumento acontece em decorrência do maior envolvimento do professor com os problemas de aprendizagem detectados pelo sistema e/ou pelos agentes reais, bem como na discreta condução de uma aprendizagem pedagógica “embrionária” relacionada à atuação dos monitores como possíveis profissionais que adentrarão a uma carreira acadêmica em suas áreas de conhecimento e formação.

Todavia, deve-se considerar também todo suporte e assistência fornecida pelo ambiente SAE, que oferece uma interface ágil e intuitiva a seus agentes reais, conforme as responsabilidades atribuídas a cada perfil envolvido no ensino-aprendizagem. Entre as diversas contribuições deste ambiente destacam-se:

- Acompanhamento individualizado dos alunos de acordo com seu ritmo de evolução sobre o conteúdo e a superação de suas dificuldades de aprendizagem;
- Fornecimento de atividades sob medida para necessidade de cada aluno;
- Aproveitamento das informações provenientes das atividades extraclasse realizadas pelos alunos e acompanhadas pelo ambiente;
- Assistência significativa ao processo de tomada de decisão do professor, com subsídios resultantes do compartilhamento de várias informações sobre a situação de aprendizagem de cada aluno;

- Suporte informacional sobre a situação dos alunos oferecida a cada monitor, além de um canal de comunicação seguro com os professores ou os próprios alunos;
- Orientação direta a cada aluno sobre sua situação de aprendizagem atual e algumas coerentes sugestões a serem realizadas para o êxito de sua aprendizagem significativa, sendo estas baseadas no conhecimento docente, nas indicações dos monitores e nos dados coletados pelas interações dos alunos com o ambiente;
- Disponibilização de material de apoio interativo com elevada qualidade e significância aos conteúdos envolvidos, podendo estes materiais serem utilizados a qualquer hora e de qualquer lugar que possua acesso a Internet;
- Interação direta, assistida pelo ambiente, entre os perfis participantes deste processo por meio da utilização de ferramentas de comunicação via Internet.

Este protótipo ITA (SAE) foi elaborado conforme os ciclos de desenvolvimento das pesquisas efetuadas na condução deste trabalho de investigação para integração da TAS com fuzzy, onde cada preceito teórico era estudado e analisado para integração coerente com os objetivos propostos. Depois desta integração eram adequados e formalizados os componentes da arquitetura do protótipo, que passavam pela avaliação dos docentes e especialistas participantes desta pesquisa, antes de serem integrados, definitivamente, ao protótipo usado no primeiro experimento.

Na condução do processo de pesquisa, de base qualitativa, o pesquisador é considerado o principal instrumento de investigação para captar os comportamentos observados durante sua realização (Alves-Mazzotti, 2001). Dessa forma, tanto a formação intelectual do autor e de seus orientadores, quanto às suas experiências relacionadas ao contexto desta pesquisa introduzem vieses na interpretação dos dados coletados durante este primeiro experimento.

Como abordado na seção 3.3.5, este experimento envolveu 7 turmas distintas nas duas primeiras disciplinas da subárea de Programação e permitiu a participação de 221 indivíduos distribuídos entre os três perfis diferentes que são detalhados na Tabela 14. Por meio deste experimento foi possível elucidar as principais indagações relacionadas à inclusão de um Ambiente de Aprendizagem Inteligente no apoio às dinâmicas praticadas em sala de aula, além da averiguação das 5 hipóteses de pesquisas que foram satisfeitas como verdadeiras na constatação esclarecida na seção 3.3.6.

Aliadas ao acompanhamento dos principais pesquisadores (autor e orientadores), na observação deste experimento, também foram coletadas evidências empíricas que possibilitaram a identificação dos aspectos positivos relacionados à utilização desta metodologia integrada na condução de disciplinas presenciais nesta subárea de conhecimento. As constatações mais relevantes foram:

- Agilidade na identificação das dificuldades de aprendizagem, normalmente indicadas por mais que um único recurso de suporte no ambiente;
- Revisão da estratégia de atuação docente baseada nos dados objetivos coletados pelo ambiente e disponibilizados para assistência e orientação em tempo real;
- Disponibilização de atividades interativas sempre personalizadas às características de aprendizagem necessárias para cada aluno;
- Ritmo de aprendizagem dos alunos deixou de ser dirigido somente pelas atividades de sala de aula, sendo mais respeitado o tempo de assimilação individual de cada um e a motivação no uso dos recursos de suporte;
- Acompanhamento e apoio oferecido na realização de atividades extraclasse, com presença significativa dos monitores como agentes reais incumbidos e conscientes de sua importante participação no processo de aprendizagem;

- Melhor desempenho médio obtido pelos mesmos alunos na comparação entre uma avaliação anterior à inclusão do ITA e outra posterior;
- Obtenção de resultados médios mais satisfatórios baseados na comparação dos dados históricos de uma mesma disciplina conduzida pelo mesmo docente entre o semestre de aplicação desta inovadora metodologia em Programação e um semestre anterior.

Dessa forma, acredita-se existirem indícios de que o uso desta metodologia (TAS com Fuzzy), apoiada por um ITA, influenciou, positivamente, no desempenho dos alunos, sendo os objetivos propostos por esta tese alcançados:

- Foi realizada a integração dos pressupostos fundamentais da TAS, com os aspectos essenciais da Lógica Fuzzy para um acompanhamento mais realista da situação cognitiva de cada aluno por um ITA, descrito na seção 3.1;
- Os componentes que foram integrados para o suporte do processo decisório de promoção da TAS com Fuzzy estão descritos no Capítulo 3 deste trabalho;
- O protótipo que instancia esta nova arquitetura no ensino de conteúdos da subárea de Programação é abordado na seção 3.2;
- E o experimento realizado na validação da arquitetura proposta é discutido na seção 3.3.

4.1. Trabalhos Futuros

A elaboração deste trabalho foi planejada em relação às restrições de tempo e aprofundamento necessários nas investigações dos assuntos envolvidos com sua questão de pesquisa. Suas principais restrições estavam relacionadas à integração entre a TAS

de Ausubel com a Lógica Fuzzy, e seu posterior mapeamento em componentes da arquitetura do STI, para sua implementação na modalidade de ITA.

É importante destacar que esta arquitetura proposta não representa uma automatização da teoria de Ausubel, mas somente uma forma de apoio tecnológico na promoção da Aprendizagem Significativa, com acompanhamento mais realista por meio de sua integração a uma lógica adequada ao tratamento das incertezas e imprecisões inerentes às informações, sendo esta integração disponibilizada em um ambiente computacional de aprendizagem inteligente.

Dessa forma, são apresentados a seguir alguns dos aspectos que podem ser melhorados nas versões futuras deste protótipo ITA, bem como no aprimoramento de seu mapeamento, que possibilita a exploração do compartilhamento do processo decisório do professor com outros agentes e recursos assistidos por este ambiente inteligente.

A arquitetura computacional proposta por esta tese representa um modelo planejado de recepção, organização e compartilhamento dos dados e informações obtidas por seus diferentes agentes e recursos que trabalham para o sucesso do ensino-aprendizagem. Entretanto, acredita-se que outros modelos possam ser elaborados e propostos para realização deste tipo de atividade.

Sendo assim, este trabalho procura contribuir com as pesquisas que incluem agentes reais como usuários dos STI, motivando a discussão sobre os modelos de compartilhamento do processo decisório entre estes e os STI. Diante disso, se sugeri a continuidade de trabalhos futuros diretamente relacionados aos resultados desta tese, onde ainda se pretende realizar novos experimentos envolvendo outros domínios e suas necessidades de adaptações pedagógicas ao ensino presencial e a distância, que propiciarão maior avanço no mapeamento entre os componentes da arquitetura computacional e os aspectos metodológicos desta teoria.

O acompanhamento mais direcionado a atuação do professor em sala de aula e a cooperação existente entre os próprios alunos, durante a realização das atividades solicitadas pelo docente, contribuirão com a identificação das preferências e dificuldades de aprendizagem dos alunos e tornarão estes ambientes mais atrativos a participação de todos os seus agentes reais.

Este tipo de acompanhamento pode ser conseguido com a utilização de novas variáveis e termos lingüísticos relacionados ao seu domínio e coerentes com os pressupostos da metodologia de aprendizagem envolvida (TAS). Conforme relatos obtidos nas entrevistas efetuadas no primeiro experimento, envolvendo todos os perfis participantes, detectou-se uma expressiva quantidade de sugestões para o uso mais freqüente de recursos cooperativos no ambiente (Rissoli, 2007a). Esta apuração indica algumas possibilidades de trabalhos futuros relacionados à expansão da arquitetura proposta por meio de sua integração com outros ambientes cooperativos, normalmente utilizados na educação a distância.

Isso tornaria o ambiente ITA proposto mais abrangente através da inclusão de novas variáveis lingüísticas capazes de averiguar outras características pessoais de seus usuários, auxiliando, ainda mais, com a modelagem dos alunos e a verificação da capacidade da Lógica Fuzzy em contribuir com a transformação de um significado lógico em significado psicológico para cada aluno.

A inclusão de novas variáveis lingüísticas possibilitaria a construção de mais recursos de assistência para seus agentes reais, assim como no apoio da aprendizagem do próprio aluno. De acordo com a definição destas novas variáveis e seus objetivos na aprendizagem, o compartilhamento, de seus dados coletados, forneceriam mais recursos de análise ao “raciocínio” do ITA, que se tornaria um assistente mais “inteligente” a cada nova característica possível de acompanhar. Nesta vasta gama de possíveis trabalhos futuros que surgem, com mais esta indicação, a coerência com a metodologia adotada é fundamental às concepções a serem implementadas no ITA, podendo também serem aperfeiçoadas aquelas já existentes no ambiente. Isso é possível por meio da inserção de outros termos lingüísticos na representação da realidade do *esforço* ou do

resultado, ou mesmo através do uso de modificadores (muito, pouco, etc.) sobre aqueles termos já existentes.

A personificação de um assistente, neste ambiente de apoio educacional, poderia colaborar com a interação dos usuários, que tratariam diretamente com um personagem figurativo de toda assistência fornecida pelo ITA. Isso os iludiria, provocando um contato interativo mais natural com o assistente virtual de ensino inteligente sobre o domínio de estudo.

Essa naturalidade propiciaria um acompanhamento afetivo ao ensino-aprendizagem de cada aluno, estabelecendo, também no personagem do ambiente, este tipo de representação emotiva. Alguns trabalhos científicos na área de Computação Afetiva demonstram a viabilidade na elaboração de modelos computacionais capazes de representarem alguns sentimentos emotivos de seus usuários, além de mostrarem que os aspectos afetivos correspondem a um importante fator relacionado ao processo de aprendizagem (Bercht, 2001); (Bocca, 2003).

Assim, identifica-se outra possibilidade de evolução nesta proposta, onde a inserção de atributos afetivos poderia representar estados emotivos dos alunos e colaborar com o processo decisório do ITA e a assistência fornecida aos seus demais agentes. A verificação da reciprocidade de cada aluno ao ambiente também envolve considerável componente afetivo e não somente a contabilização de suas atividades cumpridas.

Apesar deste tipo de captação e representação computacional ainda se constituir em uma área bem desafiadora, vários avanços tem sido alcançados e podem colaborar, efetivamente, com a modelagem do aluno. Outro aspecto que poderia colaborar com estas características afetivas seria o desenvolvimento do personagem de interface com perfil psico-afetivo elaborado e adequado por trabalhos futuros a uma interação mais emotiva com seus usuários, suavizando esta interação de forma a oferecer mais conforto e estímulo na utilização deste ambiente.

Um outro aspecto a ser retomado em trabalhos futuros é o aprimoramento das interfaces, além do desenvolvimento de novas adaptações para outros perfis que participam direta ou indiretamente no ensino-aprendizagem em uma instituição de ensino superior. Um exemplo importante seria na participação do responsável pela condução de um curso ou área de conhecimento na instituição. Geralmente, este profissional possui incumbências administrativas e acadêmicas na condução de uma área ou curso, sendo chamado de diretor ou coordenador. Sua participação é relevante porque permitiria um acompanhamento mais real da situação de condução de aprendizagem de cada curso, disciplina, turma ou mesmo de cada aluno. Isso subsidiaria sua tomada de decisão para prover recursos e meios adequados ao sucesso da área ou curso que está sobre sua responsabilidade.

Uma última perspectiva de trabalho futuro, a ser abordada nesta seção, consiste na possibilidade de transformação dos materiais e recursos desenvolvidos como conteúdo de apoio ao domínio em questão, em objetos de aprendizagem. Isso permitiria maior flexibilidade na escolha de atividades pelo ITA e na reutilização de seus componentes em outros contextos. Essa transformação exigiria algumas definições, como nível de granularidade e padrão de descrição dos metadados para estes objetos, porém seus benefícios facilitariam o desenvolvimento de novos conteúdos sobre os novos domínios a serem experimentados com esta metodologia e seu protótipo.

Com este pensamento, sobre as possibilidades não exploradas por este trabalho, serão desenvolvidos novos estudos envolvendo esta teoria de aprendizagem aliada aos recursos computacionais e a IA, contribuindo na continuidade das pesquisas que englobam a criação de ambientes de aprendizagem inteligentes que apoiem as atividades de seus agentes reais e o próprio aluno.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E. S. de. et al. AMBAP: Um Ambiente de Apoio ao Aprendizado de Programação. In: WORKSHOP SOBRE EDUCAÇÃO EM COMPUTAÇÃO, 10., 2002. Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBC, 2002. p. 691-700.

ALUR, D.; CRUPI, J.; MALKS, D. Core J2EE patterns: best practices and design strategies. 2 ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2003. 650 p.

ALVES, I. et al. HEI-Hotel Educational English: Ensino de Língua Inglesa para Hotelaria suportado por um assistente inteligente. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE INFORMÁTICA EDUCATIVA, 4., 1998. Brasília. Actas... Brasília, 1998. p. 251-262.

ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. O Método nas Ciências Naturais e Sociais: Pesquisa Quantitativa e Qualitativa. 2 ed. São Paulo: Pioneiras, 2001. 203 p.

ANDRADE, A. F. Uma Aplicação da Abordagem Sociointeracionista de Vygotsky para a Construção de um Ambiente Computacional de Aprendizagem. 2003. 206 p. Tese (Doutorado em Informática na Educação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ASSUNÇÃO, B. S. B.; LOPES, E. S.; MONTEIRO, M. B.; RISSOLI, V. R. V. Sistema de apoio ao acompanhamento efetivo das atividades de monitoria desenvolvidas nos cursos de computação a nível de graduação da Universidade Católica de Brasília. In: Congresso de Iniciação Científica do Distrito Federal, 3., 2006. Brasília. Anais... Brasília: Universidade de Brasília, 2006. v. CD-ROM.

AUSUBEL, D. P. The Psychology of Meaningful Verbal Learning. New York: Grune & Stratton, 1963.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. Educational Psychology: A cognitive view. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968. 733 p.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicología Educacional*. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980. 625 p.

AUSUBEL, D. P. *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic, 2000. 232 p.

BACKER, E. *Computer-assisted reasoning in cluster analysis*. New York: Prentice Hall, 1995. 367 p.

BANDURA, A. *Self-Efficacy - The exercise of control*. New York: Freeman, 1997.

BARRETO, J. M. *Inteligência artificial no limiar do século XXI*. 3 ed. Florianópolis, 2001. 392 p.

BERCHT, M. *Em direção a Agentes Pedagógicos com dimensões afetivas*. 2001. 151 p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BICA, F.; VERDIN, R.; VICARI, R. M. . Projeto de um Agente Fuzzy para Inferir a Auto-Eficácia do Aluno no Contexto de Sistemas Tutores Inteligentes. *Revista IEEE América Latina*, 2006. Disponível em: <http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/vol4issue6Dec.2006/4TLA6_07Bica.pdf>. Acesso em: 10 set. 2006.

BITTENCOURT, G. *Inteligência Artificial: Ferramenta e Teorias*. In: *ESCOLA DE COMPUTAÇÃO*, 10., 1996. Campinas: Instituto de Computação, UNICAMP, jul. 1996. 240p.

BITTENCOURT, G. *Inteligência artificial: ferramentas e teorias*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. 1998. 362 p.

BOCCA, E.; JAQUES, P.; VICARI, R. Modelagem e implementação da interface para apresentação de comportamentos animados e emotivos de um agente pedagógico animado. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 6-7, set. 2003.

BRUSILOVSKY, P.; SCHWARZ, E.; WEBER, G. A Tool for Developing Adaptive Electronic Textbooks on WWW. In: *WORLD CONFERENCE OF THE WEB*

SOCIETY, 1996. San Francisco. Proceedings... San Francisco, CA: AACE, 1996. p. 64-69.

BURDEN. B.; FAIRES, J. D. Análise Numérica. Thompson Pioneira, 2003. 736 p.

CARDOSO, S. M. V.; JANDL JR., P. Estilos de Aprendizagem: Aprender a Aprender. In: Universidade São Francisco, Bragança Paulista, v. 15, n. 2, p. 135-145, dez. 1998.

CASTRO, T. H. C. de. et al. Arquitetura SAAP: Sistema de Apoio à Aprendizagem de Programação. In: WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA, 8., 2002. Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBC, 2002. p. 990-999.

CASTRO, C. M. A aula tradicional: a iguana do ensino. In: FÓRUM EDUCAÇÃO E CONJUNTURA. 10., 2005, São Paulo. Tecnologia para Educação no setor privado. Disponível em: <<http://mmsales.breezecentral.com/p47821356>>. Acesso em: 25 jan. 2006.

CHAVES, E. O. C. MULTIMÍDIA: CONCEITUAÇÃO, APLICAÇÕES E TECNOLOGIA. CAMPINAS: PEOPLE COMPUTAÇÃO, 1991. 206 P.

CLANCEY, W. Intelligent Tutoring System: A tutorial survey. In: LAMSWEERDE, A. V.; DUFOUR, P. (Eds.). Current Issues in Expert Systems. London: Academic Press, 1987. p. 39-77.

COMITÊ GESTOR DE INTERNET NO BRASIL. Pesquisa sobre uso das tecnologias da informação e comunicação no Brasil. [S.l], 2005. 263 p. Disponível em: <<http://www.nic.br/indicadores/indicadores.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2006.

COMITÊ GESTOR DE INTERNET NO BRASIL. Pesquisa sobre o uso das tecnologias da informação e da comunicação no Brasil: TIC Domicílios e TIC Empresas 2006. São Paulo: Comitê Gestor de Internet no Brasil, 2007. 321 p.

COSTA, R. M. E. M. et al. Desenvolvimento de Sistemas Tutores Inteligentes: Questões e Perspectivas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 8., 1997, São Jose dos Campos. Anais... São José dos Campos: ITA, 1997. v. 2, p. 245-256.

CRUZ, F. P.; FERREIRA, C. P; RISSOLI, V. R. V. Apoio virtual interativo para aprendizagem na subárea de Programação Computacional. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PESQUISA, 8., 2007. Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: Universidade de Ribeirão Preto, 2007. v. CD-ROM.

CURY, D. Flama: Ferramentas e Linguagem de Autoria para Modelagem da Aprendizagem. 1996. Tese (Doutorado) - Instituto Tecnológico da Aeronáutica, São José dos Campos.

D'AMICO, C. B. de. Aprendizagem estática e dinâmica em ambientes multiagentes de ensino-aprendizagem. 1999. 144 p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

DAHMER, A. et al. Ambiente Integrado de Apoio ao Ensino a Distância: Gerenciamento de Aulas, Tutores Inteligentes e Avaliação Remota. In: TALLER INTERNACIONAL DE SOFTWARE EDUCATIVO, 1999. Santiago. Actas... Santiago: Universidad de Chile, 1999. Disponível em: <<http://www.tise.cl/archivos/tise99/html/papers/ambiente/index.html>>. Acesso em: 17 mayo 2005.

DEEK, F. P. A Framework for an Automated Problem Solving and Program Development Environment. Transactions of the Society for Design and Process Science, New Jersey, v. 3, n. 3, p. 1-13, Sept. 1999.

DIJKSTRA, E. W. On the teaching of programming, i.e. on the teaching of thinking. Lecture Notes in Computer Science, London, v. 46, p. 1-10, 1975.

EL-KHOULY, M. M.; FAR, B. H.; KOONO, Z. Expert tutoring system for teaching computer programming languages. Expert Systems with Applications, Saitama, v. 18, n. 1, p. 27-32, 2000.

EL-NASR, M. S.; YEN, J.; IOERGER, T. R. FLAME - Fuzzy Logic Adaptive Model of Emotions. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems. Hingham, MA, v. 3, n. 3, p. 219-257, Sept. 2000.

ESMIN, A. A. A. Portugol/Plus: Uma ferramenta de apoio ao ensino da Lógica de Programação baseado no Portugol. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE

INFORMÁTICA EDUCATIVA, 4., 1998. Brasília. Actas... Brasília, 1998. Disponível em: <<http://www.c5.cl/ieinvestiga/actas/ribie98/118.html>>. Acesso em: 20 mar. 2005.

FABRI, J. A.; FABRI, M. G. S. Ferramenta Fuzzy para Acompanhamento do Desempenho dos Alunos nos Cursos a Distância. In: WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA, 8., 2002. Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBC, 2002. p. 1005-1012.

FERNANDES, A. M. R. Sistema Especialista Difuso Aplicado ao Processo de Análise Química Qualitativa de Amostras de Minerais. 1996. 146 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

FEUERSTEIN, R.; FEUERSTEIN, S. Mediated learning experience: A theoretical review. In: FEUERSTEIN, R.; KLEIN, P. S.; TANNENBAUM, A. J. (Eds.). Mediated learning experiences (MLE): Theoretical, psychological, and learning implications. London: Freund, 1991. p. 3-51.

FROZZA, R. SIMULA – Ambiente para Desenvolvimento de Sistemas Multiagentes Reativos. 1997. 116 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GILBERT, X. O que é a estratégia. Gazeta Mercantil, São Paulo, p. 11, 30 out. 1997.

GIRAFFA, L. M. M. Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais. 1999. 177 p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GRAY, W. D.; GOLDBERG, N. C.; BYRNES, S. A. Novices and Programming: Merely a difficult subject (why?) or a means to mastering metacognitive skills? In: SOLOWAY, E.; SPOHRER, J. C. (Eds.). Studing the novice programmer. Hillsdale: Erlbaum, 1989. p. 1-16.

JAQUES, P. A.; VICCARI, R. M. Considering Student's Emotions in Computer Mediated Learning Environments. In: ZONGMIN, M. M. (Org.). Web-based Intelligent e-Learning Systems: Technologies and Applications. Hershey: Information Science Publishing, 2005. p. 122-138.

KELLER, R. Tecnologia de sistemas especialistas: desenvolvimento e aplicação. São Paulo: Makron Books, 1991. 292 p.

KINSHUK; TRETIAKOV, A.; HONG, H; PATEL A. Human Teacher in Intelligent Tutoring System: A Forgotten Entity! In: International Conference on Advanced Learning Technologies, 2001. Los Alamitos. Proceedings... Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society, 2001. p. 227-230.

KLIR, J.; YUAN, B. Fuzzy sets and fuzzy Logic - theory and applications. Upper Saddle River: Prentice-Hall PTR, 1995. 574p.

KURNIA, A.; LIM, A.; CHEANG, B. Online Judge. Computers & Education, Oxford, v. 36, n. 4, p. 299-315, May 2001.

KUYVEN, N. L. Proposta de Modelagem da Avaliação da Aprendizagem em Sistemas Tutores Inteligentes através da Teoria das Inteligências Múltiplas. 2003. 120 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

LEITE, A. S. Um Modelo de Sistema Educativo Cognitivista Baseado em Tutoria Inteligente Adaptativa via Aderência Conceitual. 1999. 185 p. Tese (Doutorado) - Instituto Tecnológico da Aeronáutica, São José dos Campos.

LÉVY, P. Cibercultura. São Paulo: Editora 34, 1999. 264 p.

LUGER, G. F.; STUBBLEFIELD, W. A. Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving. 3 ed. USA: Addison Wesley, 1998. 824 p.

LUITEN, J.; AMES, W.; ACKERSON, G. A meta-analysis of the effects of advance organizers on learning and retention. American Educational Research Journal, Washington, v. 17, n. 2, p. 211-218, 1980.

LUZZI, F. et al. Assistente inteligente para suporte ao ensino de química orgânica. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE INFORMÁTICA EDUCATIVA, 4., 1998. Brasília. Actas... Brasília, 1998. p. 120-131.

MARIETTO, M. G. B. Definição Dinâmica de Estratégias Instrucionais em Sistemas de Tutoria Inteligente: Uma abordagem multiagentes na WWW. 2000. 188 p. Tese (Doutorado) - Instituto Tecnológico da Aeronáutica, São José dos Campos.

MARTINS, J. P. Sistema Tutor Inteligente de Apoio a Programação. 2007. Monografia (Graduação em Ciência da Computação) – Universidade Católica de Brasília, Brasília.

MCARTHUR, D.; LEWIS, M.; BISHAY, M. The roles of artificial intelligence in education: current progress and future prospects. RAND, Santa Monica, 80 p., Nov. 1993.

MCKEOWN, J.; FARRELL, T. Why We Need to Develop Success in Introductory Programming Courses. In: CONSORTIUM FOR COMPUTING SCIENCES IN COLLEGES: Central Plains Conference, 1999. Maryville. Proceedings... Maryville, 1999. v. 3, n. 1.

MENDES, A. J. N.; GOMES, A. J. Suporte à Aprendizagem da Programação com o Ambiente SICAS. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE INFORMÁTICA EDUCATIVA, 5., 2000. Viña del Mar. Actas... Viña del Mar: Universidad de Chile, 2000. Disponível em: <<http://www.c5.cl/ieinvestiga/actas/ribie2000/papers/319/index.html>>. Acesso em: 22 abr. 2005.

MENDES, A. J. N. Software Educativo para Apoio à Aprendizagem de Programação. In: TALLER INTERNACIONAL DE SOFTWARE EDUCATIVO, 2001. Santiago. Actas... Santiago: Universidad de Chile, 2001. Disponível em: <http://www.c5.cl/ieinvestiga/actas/tise01/pags/charlas/charla_mendes.htm>. Acesso em: 21 feb. 2005.

MENEZES, C. S. DE; NOBRE, I. A. M. Um Ambiente Cooperativo para Apoio a Cursos de Introdução a Programação. In: WORKSHOP SOBRE EDUCAÇÃO EM COMPUTAÇÃO, 10., 2002. Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBC, 2002. p. 721-731.

MILAGRES, F. G.; CATTELAN, R. G. Exclusão Digital: Aspectos e Desafios. In: WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA, 8., 2002. Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBC, 2002. p. 833-840.

MIRANDA, E. M. Uma ferramenta de apoio ao processo de aprendizagem de algoritmos. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MORAES, M. C. Novas Tendências para o uso das Tecnologias da Informação na Educação. In: FAZENDA, I. et al. Interdisciplinaridade e novas tecnologias. Campo Grande: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 1999. p. 121-154.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982. 112 p.

MOREIRA, M. A. Teorias de Aprendizagem. São Paulo: EPU, 1999. 195 p.

NANTHIKESAN, S. Trends in Digital Divide. Harvard Center for Population and Development Studies. MA 02128, Cambridge, 2000.

NOVAK, J. D. A theory of education. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1977. 295 p.

NOVAK, J. D. Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1998. 252 p.

OMAR, N.; FONSECA, I. N.; PASOTTO, D. Um Sistema Especialista de Apoio à Aprendizagem da Linguagem Java. In: CONGRESSO NACIONAL DE AMBIENTES HIPERMÍDIA PARA APRENDIZAGEM, 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis, 2004. Disponível em: <<http://www.conahpa.ufsc.br/2004/artigos/Tema5/05.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2006.

PANSANATO, L. T. E.; NUNES, M. G. V. EHDM: Método para projeto de Hiperdocumentos para ensino. Notas do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, São Carlos, n. 43, 1999. (Série Computação).

PEDRYCZ, W.; GOMIDE, F. An introduction to fuzzysets: Analysis and design. Cambridge: MIT Press, 1998. 465 p.

PEREIRA, D. C. F.; AGUIAR, D. R. C.; SARAIVA, R. N. G. BDQ – Banco de Dados de Questões. 2007. Monografia (Graduação em Ciência da Computação) – Universidade Católica de Brasília, Brasília.

PERRENOUD, P. Dez Novas Competências para Ensinar: Convite à viagem. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000. 192 p.

PIAGET, J. A Epistemologia Genética. São Paulo: Abril Cultural, 1978. (Coleção Os Pensadores).

PIMENTEL, E. P. et al. Avaliação Contínua da Aprendizagem, das Competências e Habilidades em Programação de Computadores. In: WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA, 9., 2003. Campinas. Anais... Campinas: SBC, 2003. p. 1087-1098.

PINTO, S. C. M-Asserte: Um Meta-Assistente adaptativo para Suporte à Navegação em documentos Hiper mídias. 1995. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PRESSMAN, R. S. Engenharia de software. 5. ed. Rio de Janeiro: McGraw-Hill, 2002. 843 p.

RAABE, A. L. A. Uma proposta de arquitetura de Sistema Tutor Inteligente baseada na Teoria das Experiências de Aprendizagem Mediadas. 2005. 152 p. Tese (Doutorado em Informática na Educação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

REGIAN, J. W.; SHUTE, V. J. Evaluating Intelligent Tutoring Systems. In: BAKER, E. L.; O'NEIL JR., H. F. (Eds.). Technology Assessment in Education and Training. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1994. p. 79-96.

RICH, E.; KNIGHT, K. Inteligência Artificial. São Paulo: Makron Books, 1993. 722 p.

RICKEL, J. W. Intelligent computer-aided instruction: A survey organized around system components. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Austin, v. 19, n. 1, p. 40-57, 1989.

RISSOLI, V. R. V. Sistema especialista fuzzy para avaliação de instituições educacionais. 2001. 143 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

RISSOLI, V. R. V. et al. Desenvolvimento do ambiente virtual de apoio à aprendizagem em Ciência da Computação. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PESQUISA, 4., 2003. Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: Universidade de Ribeirão Preto, 2003.

RISSOLI, V. R. V. ; GIRAFFA, L. M. M. Aprendizagem Significativa Apoiada por um Sistema Tutor Inteligente usando Lógica Fuzzy. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 17., 2006. Brasília. Disponível em <http://www.pead.faced.ufrgs.br/sites/IIWAPSEDI/artigos_aceitos/24981.doc>. Acesso em: 20 nov. 2006.

RISSOLI, V. R.V.; GIRAFFA, L. M. M.; BARONE, D. A. C. Aprendizagem Significativa apoiada por um Assistente Virtual de Ensino Inteligente usando Lógica Fuzzy. In: WORKSHOP DE EDUCAÇÃO EM COMPUTAÇÃO E INFORMÁTICA DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 6., 2007, Lavras. Anais... Lavras: Núcleo de Tecnologia Educacional, 2007a. v. CD-ROM.

RISSOLI, V. R. V.; GIRAFFA, L. M. M.; BARONE, D. A. C.; MARTINS, J. P. A aprendizagem na área de Informática empregando a Teoria da Aprendizagem Significativa apoiada por um Sistema Tutor Inteligente Fuzzy. In: ENCONTRO IBEROAMERICANO DE EDUCAÇÃO, 2., 2007. Araraquara. Anais... Araraquara: Unesp, 2007b. v. CD-ROM.

RISSOLI, V. R. V.; GIRAFFA, L. M. M.; BARONE, D. A. C. Uma Proposta de Aplicação de Lógica Fuzzy para Modelagem do Processo de Raciocínio de um Assistente Virtual. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 18., 2007. São Paulo. Anais... São Paulo: SBC, 2007c. p. 48-57.

ROCHA, H. V. Representações computacionais auxiliares ao ensino/aprendizagem de conceitos de programação. 1991. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SALDÍAS, G. J. M. C. ; AZEVEDO, F. M . Ergonomia Didática na Interface de Sistemas Tutores Inteligentes. In: CONGRESO IBEROAMERICANO DE INFORMÁTICA EDUCATIVA, 6., 2002. Vigo. Disponível em: <<http://lsm.dei.uc.pt/ribie/docfiles/txt2003729185116paper-096.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2006.

SCARPELLI, H.; GOMIDE, F.; YAGER, R. R. A reasoning algorithm for high-level fuzzy petri nets. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, New Jersey, v. 4, n. 3, p. 282-293, Aug. 1996.

SELF, J. Grounded in reality: The infiltration of AI into practical educational systems. Artificial Intelligence in Educational Software. IEE Colloquium, London, v. 313, p. 1-4, June 1998.

SELF, J. A. The defining characteristics of intelligent tutoring systems research: ITSS care, precisely. International Journal of Artificial Intelligence in Education, v. 10, p. 350-364, 1999.

SHAIKEN, H. Work Transformed: Automation and Labor in the Computer Age. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1984.

SILVA, M. Sala de aula interativa. Rio de Janeiro: Quartet, 2000. 200 p.

SLEEMAN, D. H.; BROWN, J. S. Introduction: Intelligent Tutoring Systems. In SLEEMAN, D. H.; BROWN, J. S. (Eds.). Intelligent Tutoring Systems. London: Academic Press, 1982. p. 1-11.

STANKOV, S. Student Model Developing for Intelligent Tutoring Systems. International Journal for Engineering Modeling, Slipt, Croatia, v. 9, n. 1-4, p. 35-41, 1996.

TAKAHASHI, T. (Org.). Sociedade da Informação no Brasil: Livro verde. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2000. 203 p.

TEDESCO, P. C. A. R.; SOUZA, F. F. Building a Java-Based Intelligent Tutoring System for Teaching Introductory Computing. In: INTERNATIONAL CONFERENCE

ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND SOFT COMPUTING, 1997. Banff. Proceedings... Calgary: Acta Press, 1997. p. 347-350.

TEIXEIRA, A. C.; BRANDÃO, E. J. R. Internet e democratização do conhecimento: Repensando o processo de exclusão digital. In: WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA, 8., 2002. Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBC, 2002. p. 854-860.

THIRY, M. C. C. Uma Arquitetura Baseada em Agentes para Suporte ao Ensino à Distância. 2001. 90 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

TOBAR, C. M. et al. Uma Arquitetura de Ambiente Colaborativo para o Aprendizado de Programação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 12., 2001. Vitória. Anais... Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2001. p. 244-253.

UENO, H. Concepts and Methodologies for Knowledge-Based Program Understanding – The ALPUS's Approach. IEICE Transactions on Information and Systems, Tokyo, v. E78-D, n. 9, p. 1108-1117, Sept. 1995.

VASSILEVA, J. Dynamic course generation on the WWW. In: BOULAY, P. d.; MIZOGUCHI R. (Eds.). World Conference on Artificial Intelligence in Education, 8., 1997. Kobe. Proceedings... Amsterdam: IOS Press, 1997. p. 498-505.

VICCARI R. M. Tutor Prolog - idealização, projecto e desenvolvimento. 1990. 466 p. Tese (Doutorado em Engenharia Electrotécnica e Computadores) - Universidade de Coimbra, Coimbra.

VICCARI, R. M.; BERCHT, M. Pedagogical agents with affective and cognitive dimensions. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE INFORMÁTICA EDUCATIVA, 5., 2000. Viña del Mar. Actas... Viña del Mar: Universidad de Chile, 2000. v. CD-ROM.

VICCARI, R. M.; GIRAFFA, L. M. M. Fundamentos dos Sistemas Tutores Inteligentes. In: BARONE, D. A. C. (Org.). Sociedades Artificiais: A nova fronteira da inteligência nas máquinas. Porto Alegre: Bookman, 2003. p. 155-208.

VIDOTTI, C. C. Tratamento de imprecisão e incerteza em Sistemas Baseados em Regras Nebulosas. 1997. 106 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

WESTHEAD, M. Use of Web and Internet Technology in Teaching and Learning. Technical Report from Edinburg Parallel Computing Center: University of Edinburgh, 1999.

YACEF, K. Intelligent Teaching Assistant Systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN EDUCATION, 2002. New Zeland. Proceedings... New Zeland: IEEE, 2002. v. 1, p. 136-140.

YAGER, R. R. Approximate Reasoning as a Basis for Rule-Based Expert System. IEEE Transaction on Systems Man and Cybernetics, New York, v. 14, n. 4, p. 636-643, 1984.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2004. 205 p.

ZIMMERMANN, H. J. Fuzzy Sets Theory and Its Applications. 2 ed. Boston: Kluwer Academic, 1991. 399 p.

ANEXO 1

Neste anexo está disponível o atestado de confirmação do envolvimento dos estudantes, monitores e professores da UCB no experimento de Apoio Educacional ao Ensino-Aprendizagem na subárea de Programação Computacional.



ATESTADO

Atesto, para os devidos fins, que os estudantes das disciplinas de Algoritmo e Programação, Laboratório de Programação 1 e Estrutura de Dados e Arquivos do curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Católica de Brasília (UCB), estarão participando do projeto de Apoio Educacional ao Ensino-Aprendizagem na subárea de Programação Computacional, coordenado pelo professor Vandor Roberto Vilardi Rissoli e supervisionado pelo professor Jair Alves Barbosa (Coordenador da Subárea de Programação), durante o primeiro semestre de 2007.

Brasília, 01 de fevereiro de 2007.

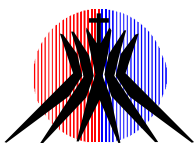
A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Eduardo Amadeu Dutra Moresi", is written over a horizontal line.

Dr. Eduardo Amadeu Dutra Moresi
Diretor dos Cursos de BCC e BSI

Prof. Dr. Eduardo Amadeu Dutra Moresi
Diretor do Curso de Ciência da Computação
e Sistemas de Informação
UCB/UBEC

ANEXO 2

Neste anexo estão disponíveis os planos de ensino das duas disciplinas (Algoritmo e Programação e Laboratório de Programação 1) envolvidas no experimento de Apoio Educacional ao Ensino-Aprendizagem na subárea de Programação Computacional, sendo os mesmos elaborados por turma de cada disciplina com a identificação completa de seu professor e o cronograma de atividades coerente com seus dias e horários de aula no semestre letivo.

	UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA – UCB PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO – PRG UNIDADE DE APOIO DIDÁTICO EDUCACIONAL – UADE COORDENAÇÃO DE PLANEJAMENTO EDUCACIONAL – CPE
---	--

PLANO DE ENSINO

1. IDENTIFICAÇÃO:

CURSO: Bacharelado em Ciência da Computação	CÓD. CURSO: 310
DISCIPLINA: Algoritmo e Programação	
PERÍODO MINISTRADO: 1º semestre	CÓD. CURRÍCULO: 1022
SEMESTRE/ANO: 01/2007	HORÁRIO: 3A3B6C
PROFESSOR:	

2. EMENTA:

Elementos fundamentais da programação: Sintaxe básica e semântica de uma linguagem de alto nível; Constantes, variáveis, tipos, atribuições e expressões; Entrada e saída simples; Estruturas de controle condicionais e iterativas; Funções e passagem de parâmetros. Decomposição estruturada. Algoritmos e resoluções de problemas: Estratégias para resolução de problemas; O papel do algoritmo no processo de resolução do problema; Estratégias de implementação de algoritmos; Estratégias de busca de erros; O conceito e propriedades de algoritmos. Estrutura de dados fundamentais: Tipos primitivos; Vetores; Strings e processamento de strings; Linguagens Intermediárias. Introdução ao processo de tradução de linguagens: Comparação dos interpretadores e compiladores; Mecanismos de Abstração: Procedimentos, funções e iterações como mecanismos de abstração; Mecanismos de parametrização (referencia versus valor); Tipos de parâmetros e tipos parametrizados; Módulos nas linguagens de programação.

3. CONTRIBUIÇÃO PARA OS OBJETIVOS DO CURSO:

Inicia o aprendizado de programação, essencial no crescimento evolutivo do estudante de computação, onde esta evolução contribuirá na capacitação das competências fundamentais para este estudante.

4. OBJETIVO GERAL:

Habilitar e capacitar o estudante com competências no desenvolvimento, criação e aplicação de alta tecnologia, formando os futuros profissionais que possuam conhecimento, informações e experiências necessárias para se engajarem em atividades de concepção e aplicação de métodos e técnicas computacionais para a resolução de problemas nos mais diferentes domínios.

5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- a) Identificar a ação e o comportamento dos algoritmos
- b) Comparar algumas ferramentas de representação de algoritmos
- c) Diferenciar os tipos de dados
- d) Analisar os operadores aritméticos e lógicos
- e) Aplicar, convenientemente, as instruções estruturadas
- f) Elaborar tipos estruturados coerentes com as situações encontradas
- g) Manipular o ambiente de desenvolvimento de programas computacionais por meio de uma linguagem de programação
- h) Desenvolver programas condizentes com os estudos de tipos de dados, operadores e instruções realizados na elaboração de algoritmos

6. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

Unidade 1
Fundamentos de Programação

Unidade 2
Fundamentos de Algoritmo

Unidade 3
Tipos de dados e Operadores

Unidade 4
Instruções de entrada e saída

Unidade 5
Instruções estruturadas

Unidade 6
Modularização (função)

Unidade 7
Linguagem de Programação – visão geral e ambiente de elaboração de programa

Unidade 8
Programando com instruções estruturadas

Unidade 9
Programação modular (funções)

Unidade 10
Estrutura de dados homogênea – vetores e strings

7. METODOLOGIA DE ENSINO:

As atividades serão desenvolvidas por meio de aulas expositivas e práticas no laboratório, sempre com a utilização de um microcomputador com canhão de projeção. Serão realizadas atividades de: estudo de casos, trabalhos de pesquisa, atividades em grupo e debates.

8. RECURSOS INSTRUCIONAIS:

Um microcomputador com canhão de projeção e um laboratório de computação.

9. ARTICULAÇÃO COM AS OUTRAS DISCIPLINAS DO CURSO:

Esta disciplina consiste na iniciação fundamental para as disciplinas de laboratório de programação e desenvolvimento de sistemas. Por ser uma disciplina inicial em programação, ela não apresenta nenhum pré-requisito, mas a interdisciplinaridade direta ocorre com as disciplinas de Laboratório I, II e III, além das disciplinas de Paradigmas de Programação e Estrutura de Dados e Arquivos. É ela que inicia a evolução gradual do estudante no raciocínio necessário para a lógica de programação, além de contribuir também no início das atividades de desenvolvimento prático de programas computacionais. Por isso, esta disciplina possui grande importância na formação do estudante de computação, e sua inter e transdisciplinaridade é planejada e realizada de maneira gradual pelos professores da própria disciplina e das disciplinas diretamente correlatas.

10. AVALIAÇÃO (critérios, ponderação e recuperação):

As avaliações consistem em três provas (P1, P2 e P3) realizadas em sala de aula, onde toda a matéria apresentada, anteriormente a aula de avaliação, faz parte do conteúdo a ser avaliado (conteúdo acumulativo).

Uma outra nota a ser incluída na avaliação do estudante é a participação dentro e fora da sala de aula, por meio de exercícios a serem desenvolvidos e apresentados no decorrer do semestre. Esta nota pode chegar a dez pontos, sendo obtida com as atividades:

- 50% da nota na realização de prova prática em aula (PP)
- 10% da nota com a conclusão da atividade de estudo dirigido (D)
- 30% da nota com a entrega de trabalho final (T)
- 10% da nota com a entrega das listas de exercícios solicitadas (L)

O cálculo da média será realizado da seguinte forma:

$$N1 = (P1 \times 0,4 + P2 \times 0,6)$$

$$N2 = P3$$

$$N3 = (PP \times 0,5) + (D \times 0,1) + (T \times 0,3) + (L \times 0,1)$$

$$\text{Média} = (N1 + N2 + N3) / 3$$

Haverá, também, uma **prova de recuperação (PR)**, não obrigatória, envolvendo todo o conteúdo da disciplina, podendo substituir a menor nota entre N1 ou N2. No caso da substituição, o cálculo é refeito com a substituição de PR pela menor nota entre N1 ou N2.

O aluno poderá utilizar a prova de recuperação (PR) como critério para definir se o mesmo está aprovado ou reprovado. Neste caso serão desprezadas todas as notas anteriores, ficando ainda a média do aluno na disciplina limitada a nota 7,0 (sete), o que indica a aprovação do mesmo. O estudante que obter Média final menor que sete (7,0) está reprovado, caso contrário ele estará aprovado se também possuir uma frequência mínima de 75% de presença. Os estudantes poderão participar da avaliação desde que cheguem no local da aplicação até quinze minutos depois do início da mesma, sendo seu prazo para encerramento devidamente informado pelo professor, após o início da avaliação.

11. BIBLIOGRAFIA (básica e complementar):

Básica

Farrer, H. et all, Algoritmos Estruturados, Editora LTC, 3a . edição, 1999.284p.

Evaristo, J., Aprendendo a programar: programando em C, Book Express, 2001. 205p.

Complementar

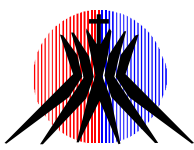
Guimarães, A. e Lages, N., Algoritmos e Estrutura de Dados, Editora LTC, 1994. 216p.

Manzano, J. e Oliveira, J., Algoritmos: Lógica para desenvolvimento de programação, São Paulo: Ética, 6ª Edição, 2000. 265p.

Martin, J. e McClure, C., Técnicas Estruturadas e CASE, São Paulo: Makron, 1991. 854p.

12.CRONOGRAMA DE ATIVIDADES:

ENCONTROS	DATA	ATIVIDADES
01	06/02/2007	
Observações:		

	UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA – UCB
	PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO – PRG
	UNIDADE DE APOIO DIDÁTICO EDUCACIONAL – UADE
	COORDENAÇÃO DE PLANEJAMENTO EDUCACIONAL – CPE

PLANO DE ENSINO

1. IDENTIFICAÇÃO:

CURSO: Bacharelado em Ciência da Computação	CÓD. CURSO: 310
DISCIPLINA: Laboratório de Programação 1	CÓD. CURRÍCULO: 1022
PERÍODO MINISTRADO: 2º semestre	HORÁRIO: 3C6A6B
SEMESTRE/ANO: 01/2007	
PROFESSOR:	

2. EMENTA:

Elementos fundamentais da programação: Sintaxe básica e semântica de uma linguagem de alto nível; Variáveis, tipos, atribuições e expressões; Entrada e saída simples; Estruturas de controle condicionais e iterativas; Funções e passagem de parâmetros; Decomposição estruturada. Estrutura de dados fundamentais: Declarações e tipos; Tipos primitivos; Vetores; Registros; *Strings*

e processamento de *strings*; Representação dos dados na memória; Alocação estática, em pilha e *Heap*; Gerenciamento de memória em tempo de execução; Ponteiros e referências; Estruturas ligadas. Recursividade. Mecanismos de Abstração: Procedimentos, funções e iterações como mecanismos de abstração; Mecanismos de parametrização (referencia versus valor); Registros de ativação e gerencia de memória; Tipos de parâmetros e tipos parametrizados; Módulos nas linguagens de programação.

3. CONTRIBUIÇÃO PARA OS OBJETIVOS DO CURSO:

Aprofunda o aprendizado prático de um paradigma de programação fundamental no crescimento evolutivo do estudante de computação, onde esta evolução contribuirá na capacitação das competências fundamentais para este futuro profissional.

4. OBJETIVO GERAL:

Habilitar e capacitar o estudante com as competências necessárias para o desenvolvimento prático de programas computacionais na resolução de problemas nos mais diferentes domínios.

5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- a) Aprofundar o conhecimento na linguagem estudada
 - b) Criar programas usando as instruções estruturadas
 - c) Desenvolver funções diferenciando passagem de parâmetros por valor e referência
 - d) Aplicar as estruturadas de dados
 - e) Manipular as estruturadas de dados
 - f) Criar programas usando conceitos de alocação dinâmica.
- Elaborar programas que armazenem e manipulem dados em unidades de armazenamento secundários (arquivos)

6. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

- Unidade 1 (revisão)**
 - Estrutura de Controle
 - Programação Modular
- Unidade 2 (revisão)**
 - Estrutura de Dados Homogênea
 - Vetores e Matrizes
 - Cadeia de Caracteres (string)
- Unidade 3**
 - Macros e Tipos de dados definidos
- Unidade 4**
 - Apontadores ou ponteiros
- Unidade 5**
 - Estrutura de Dados Heterogênea
- Unidade 6**
 - Arquivos
- Unidade 7**
 - Alocação Dinâmica
- Unidade 8**
 - Pesquisa e Ordenação
- Unidade 9**
 - Ponteiros para Ponteiros

7. METODOLOGIA DE ENSINO:

O método de ensino consiste na apresentação de instruções e comandos relacionados com a programação da linguagem C através de aulas expositivas e práticas. Nas aulas expositivas são utilizados recursos de apresentação diferenciados (projeter, canhão, etc.), enquanto que nas práticas os laboratórios

são usados para exploração individual dos recursos disponíveis nesta linguagem. Todas as aulas acontecem dentro de um laboratório contendo um compilador da linguagem C.

8. RECURSOS INSTRUCIONAIS:

Sala de laboratório com um compilador C instalado para cada estudante na disciplina. Além dos computadores do laboratório, também é utilizado um canhão de projeção para a exposição conceitual das instruções e comandos abordados pela disciplina.

9. ARTICULAÇÃO COM AS OUTRAS DISCIPLINAS DO CURSO:

O bom rendimento e aprendizado dessa disciplina é conseguido através de uma boa exploração de todas as disciplinas anteriores que procuram ensinar as formas e as lógicas de programação. O conhecimento adquirido nesta disciplina habilitará o estudante em uma linguagem de programação que poderá ser explorada em disciplinas que tenham o intuito de procurar soluções informatizadas para os problemas reais.

10. AVALIAÇÃO (critérios, ponderação e recuperação):

As avaliações dos estudantes consistem em duas provas (P1, P2 e P3) realizadas em sala de aula ou laboratório, onde toda a matéria apresentada anteriormente à aula de avaliação, faz parte do conteúdo a ser avaliado (conteúdo acumulativo).

Um outro item a ser incluído na avaliação do estudante é a participação dentro e fora da sala de aula, com a elaboração, apresentação e entrega de trabalhos e exercícios (T) no decorrer de todo o semestre, além da realização do estudo dirigido (D) e o projeto final (PF).

Por meio destas avaliações será determinada a Média final do estudante que pode chegar a dez pontos, considerando os seguintes pesos:

- 45% para os resultados das avaliações (P1, P2 e P3)
- 10% para realização e entrega dos trabalhos e exercícios solicitados (T)
- 10% para realização da atividade de estudo dirigido (D)
- 35% para implementação e apresentação do projeto final (PF)

$$\text{Média Final} = \frac{(P1 \times 1,5 + P2 \times 1,5 + P3 \times 1,5 + T \times 1,0 + D \times 1,0 + PF \times 3,5)}{10}$$

10

Haverá também uma **prova de recuperação (PR)**, não obrigatória, envolvendo todo o conteúdo da disciplina, podendo substituir a menor nota entre P1, P2 ou P3. No caso da substituição, o cálculo da média é feito com a substituição de PR pela menor nota entre P1, P2 ou P3. O aluno poderá utilizar a prova de recuperação (PR) como critério para definir se o mesmo está aprovado ou reprovado. Neste caso serão desprezadas todas as notas anteriores, ficando ainda a média do aluno na disciplina limitada a nota 7,0 (sete), o que indica a aprovação do mesmo. O estudante que obter Média final menor que sete (7,0) está reprovado, caso contrário ele estará aprovado se também possuir uma frequência mínima de 75% de presença. Os estudantes poderão participar da avaliação desde que cheguem no local da aplicação até quinze minutos depois

do início da mesma, sendo seu prazo para encerramento devidamente informado pelo professor, após o início da avaliação.

11. BIBLIOGRAFIA (básica e complementar):

Básica

SCHILD, H., C Completo e Total, Editora Makron Books do Brasil Editora Ltda, 827p., 1996.

Complementar

Evaristo, J., Aprendendo a programar: programando em C, Book Express, 2001. 205p.

MIZRAHI, V. V., Treinamento em Linguagem C, Módulo 1 e 2, Makron Books do Brasil Editora Ltda, 1990.

DEITEL, H. M. e Deitel, P. J., C++ Como Programar, 1098p., 2001.

12. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES:

ENCONTROS	DATA	ATIVIDADES
01	06/02/2007	
Observações:		

ANEXO 3

Neste anexo está disponível o esquema de condução das entrevistas realizadas com os três perfis no final do semestre letivo (2007/1) do experimento de Apoio Educacional ao Ensino-Aprendizagem na subárea de Programação Computacional.

MATERIAL DA ENTREVISTA NA PRIMEIRA VERSÃO DO S.A.E.

ALUNO

- 1- Saber se o aluno usou algum dos recursos de apoio educacional neste semestre (ProgrWeb, SAE, Chat, ou outros)?
 - 2- Qual avaliação pessoal dele (aluno) sobre estes recursos como apoio a sua aprendizagem?
 - 3- O que ele acha que deveria existir para ajudá-lo na aprendizagem?
 - 4- Quais são as suas sugestões para projetos que usem tecnologia para ajudar em sua aprendizagem?
 - 5- O que ele achou da postura do professor no uso destes recursos?
 - 6- O que ele achou da postura dos monitores no uso destes recursos?
- **caso o aluno não tenha usado nenhum destes recursos de apoio**
- 2a- O que ele (aluno) acha que deveria existir para ajudá-lo na aprendizagem como recurso de apoio?
 - 5a- O que ele achou da postura do professor no uso destes recursos para ensinar em sala de aula?
 - 6a- O que ele achou da postura dos monitores no uso destes recursos para apoio no esclarecimento de dúvidas e dificuldades em sua aprendizagem?

MONITOR

- 1- Saber se o monitor usou algum dos recursos de apoio educacional neste semestre como monitor (ProgrWeb, SAE, Chat, ou outros)?
- 2- Qual avaliação pessoal dele (monitor) sobre estes recursos como recurso de apoio nas atividades de monitoria?
- 3- O que ele acha que deveria existir para ajudá-lo na atividade de monitoria?
- 4- Suas sugestões para projetos que usam tecnologia para ajudar as atividades de monitoria no ensino dos alunos?
- 5- O que ele achou da postura do(s) professor(es) na orientação dos monitores e no uso destes recursos de apoio?
- 6- O que ele achou da postura dos alunos em relação à monitoria e no uso destes recursos de apoio tecnológicos?

➤ **caso o monitor não tenha usado nenhum destes recursos**

- 2m- O que ele (monitor) acha que deveria existir como recursos para ajudá-lo na atividade de monitoria?
- 5m- O que ele achou da postura do(s) professor(es) na orientação dos monitores e no uso destes recursos de apoio?
- 6m- O que ele (monitor) achou da postura dos alunos em relação à monitoria e no uso destes recursos de apoio tecnológicos?

PROFESSOR

- 1- Saber se o professor usou algum dos recursos de apoio educacional neste semestre (ProgrWeb, SAE, Chat, ou outros)?
- 2- Qual avaliação pessoal dele (professor) sobre estes recursos como ferramentas de apoio às atividades de aprendizagem?
- 3- O que ele acha que deveria existir para ajudá-lo no ensino-aprendizagem de sua turma?
- 4- Suas sugestões para projetos que usam tecnologia para ajudar as atividades de ensino-aprendizagem?
- 5- O que ele achou da postura do(s) monitor(es) na orientação dos alunos e no uso destes recursos de apoio?

6- O que ele achou da postura dos alunos em relação à monitoria e no uso destes recursos de apoio?

7- Qual foi sua postura diante da monitoria neste semestre?

➤ **caso o professor não tenha usado nenhum destes recursos**

2p- O que ele acredita que deveria existir para ajudá-lo no ensino-aprendizagem de sua turma?

5p- O que ele achou da postura do(s) monitor(es) na orientação dos alunos e no uso destes recursos de apoio?

6p- O que ele achou da postura dos alunos em relação à monitoria e no uso destes recursos de apoio?

7p- Qual foi sua postura diante da monitoria neste semestre?

Observações

O instrumento descrito acima fornece direcionamento as entrevistas a serem realizadas com cada perfil que participou do experimento, onde a marcação de cores diferentes (azul) indica uma alteração em seu foco caso o perfil entrevistado não tenha usado nenhum dos recursos de apoio virtual na realização de suas atividades.

ANEXO 4

Neste anexo estão sendo apresentados os resultados parciais alcançados por meio deste projeto, que vêm envolvendo pesquisadores e estudantes interessados na área de Informática na Educação.

• Resultados Parciais do ano 2007

RISSOLI, V. R. V.; GIRAFFA, L. M. M.; BARONE, D. A. C. Aprendizagem Significativa apoiada por um Assistente Virtual de Ensino Inteligente usando Lógica Fuzzy. In: Workshop de Educação em Computação e Informática do Estado de Minas Gerais, 6., 2007, Lavras. Anais... Lavras: Núcleo de Tecnologia Educacional, 2007. v. CD-ROM. [<Premiado como melhor trabalho apresentado neste evento>](#)

RISSOLI, V. R. V.; GIRAFFA, L. M. M.; BARONE, D. A. C.; MARTINS, J. P. A aprendizagem na área de Informática empregando a Teoria da Aprendizagem Significativa apoiada por um Sistema Tutor Inteligente Fuzzy. In: Encontro Iberoamericano de Educação, 2., 2007. Araraquara. Anais... Araraquara: Unesp, 2007. v. CD-ROM.

CRUZ, F. P.; FERREIRA, C. P.; RISSOLI, V. R. V. Apoio virtual interativo para aprendizagem na subárea de Programação computacional. In: Congresso de Iniciação Científica e Pesquisa, 8., 2007. Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: Universidade de Ribeirão Preto, 2007. v. CD-ROM.

LOPES, E. S.; ASSUNÇÃO, B. S. B.; MARTINS, J. P.; SOARES, V. C.; RISSOLI, V. R. V. Ambiente virtual interativo de acompanhamento da aprendizagem dos alunos de graduação. In: Congresso de Iniciação Científica e Pesquisa, 8., 2007. Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: Universidade de Ribeirão Preto, 2007. v. CD-ROM.

RISSOLI, V. R. V.; GIRAFFA, L. M. M.; BARONE, D. A. C. Uma Proposta de Aplicação de Lógica Fuzzy para Modelagem do Processo de Raciocínio de um Assistente Virtual. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 18., 2007. São Paulo. Anais... São Paulo: SBC, 2007. p. 48-57.

PEREIRA, D. C. F.; AGUIAR, D. R. C.; SARAIVA, R. N. G.; SOARES, V. C.; GUALEVE, J. A.; RISSOLI, V. R. V. BDQ – Uma ferramenta de apoio e acompanhamento ao ensino-aprendizagem. In: Workshop de Tecnologia da Informação, 10., 2007. Brasília. Anais... Brasília: Universidade Católica de Brasília, 2007. p. 239-242. <Premiado como melhor trabalho apresentado neste evento>

PEREIRA, D. C. F.; AGUIAR, D. R. C.; SARAIVA, R. N. G. BDQ – Banco de Dados de Questões. 2007. Monografia (Graduação em Ciência da Computação) – Universidade Católica de Brasília, Brasília. <co-orientação em 2007/1>

MARTINS, J. P. Sistema Tutor Inteligente de Apoio a Subárea de Programação Computacional. 2007. Monografia (Graduação em Ciência da Computação) – Universidade Católica de Brasília, Brasília. <co-orientação em 2007/2>

• **Resultados Parciais do ano 2006**

ASSUNÇÃO, B. S. B.; LOPES, E. S.; MONTEIRO, M. B.; RISSOLI, V. R. V. Sistema de Informações para Acompanhamento das Atividades da Monitoria Estudantil no Apoio ao Ensino Presencial dos Cursos de Informática da UCB. In: Workshop de Tecnologia da Informação, 9., 2006. Brasília. Anais... Brasília: Universidade Católica de Brasília, 2006. p. 37-39. <Premiado como melhor trabalho apresentado neste evento>

ASSUNÇÃO, B. S. B.; LOPES, E. S.; MONTEIRO, M. B.; RISSOLI, V. R. V. Sistema de apoio ao acompanhamento efetivo das atividades de monitoria desenvolvidas nos cursos de computação a nível de graduação da Universidade Católica de Brasília. In: Congresso de Iniciação Científica do Distrito Federal, 3., 2006. Brasília. Anais... Brasília: Universidade de Brasília, 2006. v. CD-ROM.

ASSUNÇÃO, B. S. B.; LOPES, E. S.; MONTEIRO, M. B.; RISSOLI, V. R. V. Recursos de Apoio ao Acompanhamento do Ensino-Aprendizagem praticado em Aulas Presenciais com Suporte Tecnológico para uma Aprendizagem Personalizada. In: Congresso de Iniciação Científica da Universidade de Ribeirão Preto, 7., 2006, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: Universidade de Ribeirão Preto, 2006. p. 359-359.

RISSOLI, V.R.V.; GIRAFFA, L.M.M. Aprendizagem Significativa Apoiada por um

Sistema Tutor Inteligente usando Lógica Fuzzy. In: II Workshop de Arquiteturas Pedagógicas para Suporte à Educação a Distância mediada pela Internet (WAPSEDI). Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 17., 2006, Brasília. Disponível em: <http://www.pead.faced.ufrgs.br/sites/IIWAPSEDI/artigos_aceitos/24981.doc>. Acesso em: 20 nov. 2006.