

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

APRENDIZAGEM BASEADA EM CASOS  
UM AMBIENTE PARA ENSINO DE LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO

MARCO ANTÔNIO NEIVA KOSLOSKY

FLORIANÓPOLIS (SC) / SETEMBRO DE 1999

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

APRENDIZAGEM BASEADA EM CASOS  
UM AMBIENTE PARA ENSINO DE LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO

MARCO ANTÔNIO NEIVA KOSLOSKY

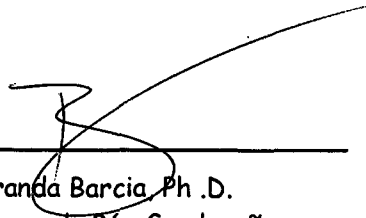
Dissertação apresentada a  
Universidade Federal de Santa  
Catarina para obtenção do grau de  
Mestre em Engenharia de Produção.

FLORIANÓPOLIS (SC) / SETEMBRO DE 1999

APRENDIZAGEM BASEADA EM CASOS  
UM AMBIENTE PARA ENSINO DE LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO

MARCO ANTÔNIO NEIVA KOSLOSKY

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de "Mestre em Engenharia de Produção aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação



---


Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em  
Engenharia de Produção

Banca Examinadora :



---

Prof. Fernando A. Ostuni Gauthier, Dr. Eng.  
Professor Orientador



---

Profa. Vânia Ribas Ulbricht, Dr. Eng.



---

Prof. Alejandro Martins Rodriguez, Dr. Eng.

FLORIANÓPOLIS (SC) / SETEMBRO DE 1999

## Agradecimentos

- Ao Professor Doutor Fernando A. Ostuni Gauthier pela orientação, dedicação, paciência , otimismo e persistência;
- Aos meus pais Antônio (in memorian) e Helena, exemplos que a vida acadêmica e a atividade docente podem valer a pena;
- Ao professor e amigo Roberto Lamberts pelo início da caminhada;
- A Professora Vânia Ribas Ulbricht pelo entusiasmo e os ensinamentos sobre ambientes de aprendizagem;
- Ao Professor Alejandro Martins por compartilhar os conhecimentos sobre raciocínio baseada em casos;
- A direção do CEFET/SC pelo apoio e aos colegas de trabalho do NIS pela cumplicidade;
- A Ivana, Bia e Nana pelo amor.

**"Human experts are not systems of rules, they are libraries of experiences"**

**[Riesbeck & Schank, 1989]**

# Índice

Lista de Abreviações .....	i
Lista de Figuras .....	ii
Lista de Quadros e Tabelas .....	iii
Lista de Siglas .....	iv
Resumo .....	v
Abstract .....	vi

## Capítulo 1

1.1 Introdução .....	1
1.2 Objetivos .....	4
1.2.1 Objetivo Geral .....	4
1.2.2 Objetivos Específicos .....	4
1.3 Motivação e Justificativa .....	5
1.4 Estrutura do Trabalho .....	9

## Capítulo 2 - A Instituição

2.1 Histórico .....	10
2.2 Plano Político Pedagógico .....	11
2.3 Curso Técnico de Informática .....	15

## Capítulo 3 - O Pensamento Lógico e as Teorias de Aprendizagem

3.1 Introdução .....	18
3.2 A Linguagem .....	24
3.3 A Teoria de Piaget .....	25
3.4 A Teoria de Vygotsky .....	31
3.5 O trabalho de Papert .....	33
3.6 Ensino inteligente assistido por computador .....	38
3.7 Conclusões .....	42

## Capítulo 4 - Inteligência Artificial e o Raciocínio Baseado em Casos

4.1	Introdução .....	43
4.2	Raciocínio Baseada em Casos .....	48
4.2.1	Casos .....	52
4.2.2	Recuperação .....	54
4.2.3	Adaptação .....	59
4.2.4	Aprendizagem .....	61
4.2.5	Ajuste da Situação .....	64
4.2.6	Indexação .....	66
4.2.7	Avaliação .....	70
4.3	Aprendizagem Baseado em Casos .....	71
4.4	Conclusões .....	73

## Capítulo 5 - Proposta de Estrutura para um Ambiente de Aprendizagem

5.1	Introdução .....	74
5.2	O Professor Mediador .....	76
5.3	Recursos necessários .....	77
5.4	Arquitetura geral .....	78
5.5	Modelo do ambiente de aprendizagem .....	79
5.6	Ambiente PROFESSOR MEDIADOR .....	81
5.7	Ambiente ALUNO .....	84
5.8	Conclusões .....	88

## **Capítulo 6 - Implementação do Ambiente de Aprendizagem**

6.1	Introdução .....	89
6.2	Interface .....	91
6.3	Elaboração de situações problema .....	93
6.4	Gerenciamento dos alunos .....	94
6.5	Atribuição de problemas personalizados .....	95
6.6	Elaboração das soluções .....	96
6.7	Recuperação dos casos .....	98
6.7.1	Indexação .....	98
6.7.2	Avaliação de Similaridade .....	98
6.7.3	Métrica de Similaridade .....	101
6.8	Reutilização dos casos .....	102
6.9	Revisão dos casos .....	103
6.10	Avaliação e armazenamento .....	104
6.11	Conclusões .....	106

<b>Capítulo 7 - Conclusões e recomendações para trabalhos futuros .....</b>	<b>107</b>
---	------------

<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>109</b>
---	------------



## Lista de Abreviações

CEFET/SC	Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina
ETF/SC	Escola Técnica Federal de Santa Catarina
NIS	Núcleo de Informática e Sistema
PROEP	Plano de Implantação da Reforma do Ensino Médio e Técnico
LDB	Lei das Diretrizes Básicas da Educação
OD	Organização Didática do CEFET/SC
RI	Regimento Interno do CEFET/SC
EIAC	Ensino Inteligente Assistido por Computador
RBC	Raciocínio Baseado em Casos
CBR	Case Based Reasoning
IA	Inteligência Artificial

## Lista de Figuras

figura 4.1	Ciclo RBC clássico .....	50
figura 4.2	Ciclo RBC (Kolodner, 1996) .....	50
figura 4.3	Função de preferência difusa (Cheetham e Graf, 1997) .....	56
figura 4.4	Relação entre esforço de recuperação e reutilização (Velooso, Muñoz-Avila e Bergmann, 1996) .....	58
figura 5.1	Arquitetura geral do ambiente .....	78
figura 5.2	Modelo do Ambiente de Aprendizagem .....	79
figura 5.3	Função de similaridade .....	85
figura 6.1	Interface Ambiente de Aprendizagem .....	90
figura 6.2	Interface Ambiente Mediador .....	91
figura 6.3	Interface Ambiente Aluno .....	92
figura 6.4	Barra de ferramentas padrão .....	92
figura 6.5	Elaboração de situações problema .....	93
figura 6.6	Gerenciamento dos alunos .....	94
figura 6.7	Atribuição de problemas personalizados .....	95
figura 6.8	Elaboração das soluções .....	96
figura 6.9	Parâmetros do ambiente .....	100
figura 6.10	Recuperação de casos .....	101
figura 6.11	Revisão de casos .....	103
figura 6.12	Avaliação e armazenamento de casos .....	104

## Lista de Quadros e Tabelas

tabela 2.1	Grade Curricular Curso Técnico de Informática .....	16
tabela 6.1	Responsabilidades na valoração de atributos .....	97
tabela 6.2	Valores de Similaridade para índice Quantidade de Instruções .....	99
tabela 6.3	Valores de Similaridade para demais índices .....	99
tabela 6.4	Valores dos pesos para cada índice .....	100

## Resumo

KOSLOSKY, Marco Antônio Neiva. *Aprendizagem Baseada em Casos - Um ambiente para ensino de lógica de programação*. Florianópolis, 1999. 113f. PPGEP/UFSC, Santa Catarina

O presente trabalho tem como objetivo principal a implementação de um protótipo de um Ambiente de Aprendizagem Baseado em Casos para suporte às atividades de ensino-aprendizagem de lógica de programação. O conteúdo descritivo faz uma explanação do domínio do problema, as principais teorias de aprendizagem e sua influência na evolução da educação computadorizada. Fornece uma visão geral da Inteligência Artificial e a aplicação da metodologia de Raciocínio Baseado em Casos (RBC) no desenvolvimento do protótipo, ilustrando as várias etapas empreendidas. Destaca-se a sinergia existente entre o processo cognitivo de resolução de problemas pelos alunos e o modelo conceitual da metodologia aplicada. Espera-se com este trabalho contribuir para efetiva utilização de uma ferramenta computacional em sala de aula, proporcionando ao aluno um aprendizado autônomo e cooperativo e ao professor um instrumento para acompanhar o processo de desenvolvimento cognitivo de maneira individualizada e sistemática.

### Palavras-chave:

- Aprendizagem Baseada em Casos
- Lógica de Programação
- Ambientes educacionais informatizados.

## Abstract

The main purpose of this study is to implement a learning environment prototype based on case studies aiming to provide support to teaching-learning activities in Logic Programming. It is explained the problematic domain, the main learning theories and their influence in the advancement of computerized educacional environments by means of a descriptive content. The study provides a panoramic view of Artificial Intelligence and the employment of Case Based Reasoning (CBR) methodology as a way to illustrate the sequence of stages that have been followed. Accordingly, it is underlined the synergy that emerged from the association of the students cognitive process towards problem-solving situations and the conceptual model of the applied methodology. It is expected that this work may be seen as an effective contribution to the application of a computerized tool that can help students to develop autonomous and cooperative learning and can provide to the teacher a device to be followed along the development of cognitive processes in an individualized and systemic way .

## CAPÍTULO 1

### 1.1 Introdução

Os cenários social, tecnológico, educacional e econômico tem sofrido grandes mudanças neste século com o surgimento de novas atividades, ao mesmo tempo que outras desaparecem ou são profundamente transformadas. As tecnologias de informação e comunicação vem tomando espaço cada vez maior na sociedade, alterando de forma significativa os meios de produção e disseminação do conhecimento humano.

É de vital importância e premência para as instituições de educação profissional se atualizar, adaptar e interagir com as evoluções tecnológicas e estruturais deste final de século.

O uso de computadores nas diversas áreas vem sendo cada vez mais difundido, permeando o dia a dia de todos os segmentos da sociedade, particularmente as escolas.

Neste contexto, as escolas e os educadores tem apenas reagido ao desenvolvimento tecnológico e às transformações sociais. O planejamento pedagógico tem sido orientado pela tecnologia para a utilização do computador em sala de aula, quando deveríamos refletir cuidadosamente sobre as necessidades, objetivos e recursos disponibilizados para o suporte ao processo ensino-aprendizagem.

O computador presente na escola não significa necessariamente melhoria na qualidade do ensino. Cabe aos educadores contribuir no sentido de torná-los atraentes e dinâmicos a ponto de serem recurso promotor de mudanças construtivas nas habilidades. A verdadeira função dos recursos educacionais não deve ser a de ensinar mas sim a de criar condições de aprendizagem (Hawkins, 1995).

A construção de ambientes educacionais computacionais devem proporcionar aos usuários uma forma lúdica de construir conceitos normalmente considerados de difícil compreensão, permitindo a apropriação e recriação do conhecimento de forma efetiva e natural, segundo Cardozo e Ramos (1995).

Outras conseqüências desejáveis na utilização destes ambientes são a individualização na aprendizagem, estímulo, motivação e promoção da auto-estima dos alunos.

Cabe à escola e aos educadores a apropriação dessas novas tecnologias educacionais tornando o ato de aprender mais interativo, concreto e cooperativo. A pesquisa na área de informática educativa tem evoluído bastante nos últimos anos, mas existem poucas ferramentas de ensino disponíveis no mercado. O uso do computador na educação aparece de maneira mais acentuada na educação geral (pré-escola até o segundo grau) e na educação especial (para portadores de algum tipo de deficiência) segundo Roitman e Gasman (1993).

Outra potencialidade das tecnologias é a possibilidade de expandir a sala de aula para um universo maior, permitindo educar pessoas em qualquer lugar e a qualquer hora, proporcionando-lhes autogestão, aprendizagem autônoma, flexibilidade e adaptabilidade.

As redes de computadores liberam a aprendizagem das restrições temporais e espaciais. As diferentes interações que um sujeito necessita vivenciar para que ocorra a aprendizagem - interação social, interação com o objeto da aprendizagem, interação com o conhecimento estruturado e consigo mesmo - podendo ser virtuais ou numa combinação com a interação presencial.

A adoção de tecnologias permite potencializar essas formas de interação. Entretanto, novas estratégias pedagógicas e formas de construção e apropriação devem ser desenvolvidas para que a transformação no processo de aprendizagem seja qualitativa e não meramente quantitativa.

Colaborar implica no conceito de objetivos compartilhados e uma intenção explícita de "somar algo" - criar alguma coisa nova ou diferente, contrapondo-se a uma simples troca de informações ou passar instruções.

As características da aprendizagem cooperativa, segundo Kaye (1991) são:

- a) a aprendizagem é um processo inerentemente individual, não coletivo, que é influenciado por uma variedade de fatores externos.
- b) as interações em grupo e interpessoais envolvem o uso da linguagem (um processo social) na reorganização e na modificação dos entendimentos e das estruturas de conhecimento individuais.
- c) aprender colaborativamente implica na troca entre pares, na interação entre iguais e no intercâmbio de papéis.

Jean Piaget, na sua obra discute a questão da autonomia e do seu desenvolvimento. Para ele, a autonomia não está relacionada com isolamento (capacidade de aprender sozinho e respeito ao ritmo próprio) e o surgimento do pensamento autônomo e lógico operatório é paralelo ao surgimento da capacidade de estabelecer relações cooperativas (Ramos, 1996).

"Na ordem da inteligência, a cooperação significa a discussão dirigida objetivamente (de onde a discussão interiorizada que é a deliberação ou reflexão), a colaboração no trabalho, a troca de idéias, o controle mútuo (fonte de necessidade de verificação e demonstração) etc. Claro, pois, que a cooperação é o ponto de partida de uma série de atitudes importantes para a constituição e o desenvolvimento da lógica.... Do ponto de vista psicológico, que é nosso, a própria lógica não consiste num sistema de operações livres: traduz-se ela por um conjunto de estados de consciência, de sentimentos intelectuais e de atitudes, todos caracterizados por certas obrigações, às quais é difícil contestar um caráter social que seja primário ou derivado". (Piaget, 1967).



## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é propor um modelo de ambiente de aprendizagem de lógica de programação utilizando a metodologia de raciocínio baseado em casos (RBC) e nos pressupostos da abordagem construtivista de ensino-aprendizagem. O modelo deverá ter capacidade de evolução incremental desde estágios iniciais a estágios superiores, através da "aprendizagem" pela interação com os usuários. Uma proposta inicial para a aplicação de EIAC pode ser encontrada em Koslosky et al, 1999.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos tem-se:

- Contextualizar as principais teorias da aprendizagem e suas inter-relações com ambientes de aprendizagem computadorizados;
- Analisar a aplicação do ensino baseado em casos no trabalho cooperativo;
- Propor um modelo de um ambiente de aprendizagem para o ensino de lógica de programação;
- Implementar computacionalmente o modelo proposto.

### 1.3 Motivação e Justificativa

O Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina (CEFET/SC), referência para o estado em qualidade de educação, com participação expressiva em atividades relacionadas ao ensino, pesquisa e extensão vem realizando através do seu Núcleo de Informática e Sistemas (NIS) um trabalho sistemático para formação de pessoal e desenvolvimento de novas tecnologias educacionais.

Tem ministrado Cursos Técnicos de Informática e Processamento de Dados em várias regiões do estado em suas unidades descentralizadas e através de convênios com o estado, prefeituras e outras organizações de ensino.

Os trabalhos desenvolvidos por seus professores estão voltados para pesquisa e desenvolvimento de novas metodologias de ensino e aperfeiçoamento contínuo do processo ensino-aprendizagem.

A produção do conhecimento e a experiência adquirida na área da educação técnica está abrindo novas possibilidades no ensino tecnológico e no ensino a distância.

Este trabalho visa subsidiar o desenvolvimento de uma disciplina chave no Curso Técnico de Informática que é Lógica e Linguagem de Programação.

Uma das maiores dificuldades encontradas no processo ensino-aprendizagem de lógica de programação é entender o raciocínio desenvolvido pelos alunos. Mesmo em uma situação ideal, onde o mediador pudesse acompanhar individualmente cada um deles, é de extrema complexidade acompanhar cada etapa da solução dos projetos apresentados.

Em uma aula presencial o desafio é perceber os estilos de pensar e representar soluções de 20 a 30 indivíduos com níveis diferentes, dando a cada um deles projetos individualizados, respeitando os avanços e dificuldades particulares.

O modelo proposto considera uma futura utilização no ensino à distância, pois permite ao mediador acompanhar o desenvolvimento dos trabalhos mesmo sem a presença física dos alunos.

A alta disponibilidade e o desempenho dos computadores atuais levam, cada vez mais os alunos a tentar resolver os desafios através de tentativa e erro, pois podem ver o resultado de suas alterações nos programas poucos segundos após a escrita.

Esta facilidade induz a deixar de pensar sobre o seu pensar, não ocorrendo a construção de esquemas mentais necessários a equilíbrio e ao desenvolvimento do conhecimento operativo.

Uma decorrência da implantação deste ambiente é a quantidade de informação gerada que necessita ser avaliada pelo mediador para detectar quais estruturas lógicas não foram assimiladas pelos alunos e a correspondente proposta de projetos para assimilação e acomodação dos conhecimentos.

Nas etapas iniciais da disciplina ainda é possível o uso deste expediente, pois o número de variáveis e estruturas lógicas é restrito, mas conforme a dificuldade aumenta cresce exponencialmente a quantidade de experimentos necessários para chegar a uma solução.

Uma vez que os estudantes não desenvolvem o entendimento sobre a resolução de problemas desde as etapas mais elementares e os mediadores só conseguem avaliar o produto e não o processo, tem-se a um longo caminho de recuperação, quando as deficiências são detectadas.

Diante deste contexto que enfatiza modelos cognitivos das estruturas mentais e processos de raciocínio, propõe-se um ambiente de aprendizagem auxiliado por computador, na qual o aluno possui o controle do seu desempenho na solução de problemas e possibilita ao professor acompanhar e propor situações desafiadoras ao raciocínio do aluno.

O ambiente, no primeiro momento, leva o estudante a aprendizagem de estruturas lógicas pela construção de figuras geométricas básicas e suas composições em elementos mais elaborados através de translações, rotações e sobreposições. Pode ser utilizado também para manipulação de textos, pelo uso de pilhas e de recursividade.

Cada vez que o estudante acredita ter chegado a solução do problema seu algoritmo é gravado antes do ambiente mostrar o resultado gráfico na tela. Também é solicitado a ele uma explanação sobre as mudanças efetuadas entre cada versão e os efeitos esperados no resultado final.

Cada solução é registrada com sua justificativa e compõe o processo de encaminhamento da resolução de cada projeto proposto, ficando acessível aos alunos e ao mediador.

Como a intenção é criar um ambiente cooperativo, recomenda-se que os alunos olhem as soluções uns dos outros, criando um espaço rico para descoberta de outras formas de resolução de problemas.

A possibilidade do aluno retornar e rever facilmente as etapas anteriores de seu raciocínio em um mesmo problema, minimiza ou tende a eliminar a recorrência a erros cometidos anteriormente, fato comum fora do ambiente de aprendizagem.

O ambiente moderador foi desenvolvido para permitir a criação de um conjunto de projetos com graus de dificuldade variados e a atribuição individualizada a cada um dos estudantes.

À partir de um conjunto de projetos básicos e a avaliação dos processos lógicos desenvolvidos por um aluno, o mediador deve sugerir os seguintes, mantendo ou aumentando a complexidade conforme os objetivos propostos.

Para minimizar o esforço empreendido nesta análise pretende-se utilizar as técnicas de Raciocínio Baseado em Casos (RBC) que permitem simular a capacidade humana de recuperação de um episódio prévio para resolver um dado problema pela sua forte similaridade.

A base de casos a ser empregada para comparação com cada solução proposta por um aluno será o conjunto das soluções propostas por seus pares e já avaliados pelo mediador.

O objetivo é determinar o tipo de solução lógica empregada pelo aluno e seu grau de funcionalidade, baseado nos casos armazenados, em contraposição ao exaustivo e contraproducente processamento manual pelo professor.

As soluções desenvolvidos pelos alunos podem ser escritos em uma gramática de cláusulas definidas, o que facilita a atividade de análise sintática e lógica pelo restrito conjunto de comandos e regras e universalidade de uso, ou diretamente na linguagem de programação que estejam empregando.

Algumas das potencialidades previstas são:

- cooperação entre os estudantes na busca de soluções;
- auxílio aos estudantes na compreensão das deficiências das suas soluções;
- ritmo individualizado de aprendizagem;
- possibilidade de registro do processo tentativa e erro;
- descoberta de outras soluções para o mesmo problema;
- otimização dos algoritmos propostos.

## 1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho foi desenvolvido em base bibliográfica, selecionando da literatura as contribuições da inteligência artificial para concepção e desenvolvimento de produtos educacionais e da pedagogia e da psicologia o embasamento sobre cognição em ambientes de aprendizagem.

A revisão bibliográfica foi feita na literatura especializada, artigos impressos, conferências e outros materiais disponibilizados na internet.

O trabalho apresenta a seguinte estrutura:

No capítulo 2, apresenta-se uma visão geral da instituição, sua concepção pedagógica e a importância da disciplina Programação no Curso Técnico de Informática.

No capítulo 3, apresenta-se uma contextualização da evolução do pensamento lógico, das teorias da aprendizagem e suas aplicações nos ambientes informatizados.

No capítulo 4, apresenta-se a fundamentação teórica da metodologia de RBC, sua aplicabilidade, etapas de desenvolvimento e vantagens na utilização.

No capítulo 5, apresenta-se a estrutura do ambiente de aprendizagem.

No capítulo 6, apresenta-se a implementação do ambiente de aprendizagem.

No capítulo 7, apresentam-se as conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

## CAPÍTULO 2

### A Instituição

#### 2.1 Histórico

Em 1º de setembro de 1910 instala-se em Florianópolis, num prédio situado à rua Dr. Victor Konder, a então Escola de Aprendizes de Artífices de Santa Catarina, criada através do decreto nº 7566 de 23/10/1909.

Com matrícula inicial de 100 alunos, começa sua atuação junto a comunidade, oferecendo habilitação nas áreas de ferraria, serralheria, mecânica, carpintaria, encadernação e tipografia.

Dez anos após é transferida para um prédio situado à rua Almirante Alvim, onde permanece até 1962, quando passou a funcionar no prédio atual, à Av. Mauro Ramos, 950.

Ao longo do tempo passou por sucessivas e importantes mudanças estruturais, fazendo com que sua denominação também se alterasse:

- Liceu Industrial de Florianópolis em 1937;
- Escola Industrial de Florianópolis em 1942;
- Escola Industrial Federal de Santa Catarina em 1965;
- Escola Técnica Federal de Santa Catarina em 1968.

Finalmente, através da lei nº 8948 de 1994, a ETF/SC é transformada em Centro Federal de Educação Tecnológica - CEFET/SC, possuindo Unidades de Ensino sediadas em Florianópolis, São José, Jaraguá do Sul e Joinville.

Ao longo de sua existência, esta instituição teve sempre como objetivo garantir aos seus alunos uma formação profissional em sintonia com as transformações e avanços tecnológicos associados às exigências do mercado de trabalho.

## 2.2 Plano Político Pedagógico

O Sistema CEFET/SC atende a comunidade catarinense tendo como clientela, jovens na faixa etária compreendida entre 14 a 18 anos, nos períodos matutino e vespertino. No período noturno há um grande percentual de jovens na mesma faixa etária dos outros períodos, mas com uma participação maior de alunos entre 19 e 40 anos.

A maioria são procedentes das cidades onde estão localizadas as unidades, neste caso, Florianópolis, São José, Jaraguá do Sul, Joinville e cidades vizinhas. Todavia, principalmente na Unidade de Florianópolis, ainda é grande a participação de alunos oriundos de localidades mais distantes, principalmente da região sul e oeste de Santa Catarina.

Por ser uma escola pública, o ensino é gratuito. Tem-se observado que, com a crescente perda de poder aquisitivo por boa parcela da sociedade, cada dia mais aumenta o fluxo de alunos da rede privada de ensino na busca de uma vaga em um dos cursos oferecidos pelo CEFET/SC.

O número de candidatos interessados ao ingresso na Instituição, em cada semestre, tem sido elevado. Apresenta maior procura no início de cada ano letivo. De modo geral, a relação candidato/vaga tem sido 3 (três), chegando em alguns cursos como o de Informática a 15 (quinze).

O regime de trabalho da maioria (mais de 75%) dos professores é de dedicação exclusiva, sendo que 56% tem grau de especialista e 20% detém grau de mestre.

Além dos cursos regulares oferecidos, o CEFET/SC desenvolve atividades de pesquisa e extensão, sempre com o apoio da Fundação do Ensino Técnico de Santa Catarina - FETESC. Isto possibilita atender ainda mais a comunidade e, também, proporciona aos professores e alunos oportunidades de aplicação dos conhecimentos adquiridos, tanto nas atividades de aprendizagem, como também nas de pesquisa.

O tempo médio de duração de seus cursos varia de acordo com a modalidade escolhida. Estes podem ser de no mínimo 06 meses (pós-técnicos) até 4 anos (seqüencial).



A necessidade de uma ampla e profunda avaliação das ações pedagógicas e administrativas e das relações intra e extra comunidade escolar, levaram a construção de seu Plano Político Pedagógico (PPP), realizado entre 1994-1997.

"... as ETFs estão compromissadas com o propiciar da melhoria do ensino atual que ministram, como também com a transformação das mesmas em CEFETs, ou seja, em instituições tecnológicas que apresentam e desenvolvem cursos de terceiro grau. Tal responsabilidade exige, ainda com mais rigor, a melhoria de suas instalações físicas e de equipamentos atualizados, da formação e da capacitação adequadas de seus servidores. Este conjunto de características, que deve ser apreciado e estabelecido sua melhoria, deve estar solidamente alicerçado num referencial epistemológico, pedagógico e didático, que fundamente e oriente todo e qualquer caminho a ser trilhado." (ETFSC - Plano Político Pedagógico, 1997)

A prioridade da Instituição deve estar voltada para a capacitação profissional de segmentos da comunidade ao seu redor. As ações do Plano Político Pedagógico remetem para a ampliação da oferta em variedade e quantidade e da melhoria da qualidade da educação profissional.

Quando a concepção e a implementação de um Plano Político Pedagógico devem ser fundamentadas no currículo, sendo o mesmo:

"... um instrumento de mediação para o domínio do conhecimento científico, o desenvolvimento do pensamento lógico, construtivo e criativo, a formação de atitudes e convicções, e a preparação tecnológica para o mundo do trabalho" (ETFRN, 1995).

Com relação ao processo ensino-aprendizagem, o PPP cita as diretrizes gerais e recomendações para a formulação de projetos pedagógicos:

"... nenhuma escola pode ser modernizada se não tiver o ensino competentemente ministrado como sua preocupação central e, conseqüentemente, a aprendizagem dos alunos como seu alvo principal. Isso significa que o eixo de toda a organização escolar e do conjunto das atividades programadas tem de ser a relação ensino-aprendizagem. Mas, não há sobre essa relação nenhuma certeza estabelecida" (MEC, 1991).

Os componentes curriculares tais como, conteúdos, metodologias de ensino, relação professor-aluno e pressupostos de aprendizagem devem apontar para uma prática escolar que esteja sintonizada com as ações emanadas neste documento. Além disso, devem ser contextualizados e, permanentemente, discutidos e reavaliados pelo conjunto dos docentes.

Sobre os recursos tecnológico-instrucionais afirma que além do seu enorme valor e utilidade numa instituição de educação profissional devem:

" ... ser progressivamente implantados e disseminados, possibilitando aos educandos maior capacidade e velocidade de assimilação/utilização dos conhecimentos. Ressalta-se que a tecnologia do recurso instrucional não deve ser a tônica no tratamento/abordagem. O uso sistemático, o pleno domínio e o didatismo incorporado à tecnologia é que devem predominar na ação educativa. O domínio destas tecnologias é de vital importância para a inserção dos futuros trabalhadores nos setores produtivos e empreendedores. " (ETFSC, 1997).

Com relação ao seu compromisso com o mundo do trabalho, que passa a exigir um cidadão com melhor qualificação, tornam-se necessários estudos que apontem os novos requisitos e/ou competências para que este trabalhador não só possa ser incorporado, como também possa manter-se econômica e socialmente neste mundo globalizado.

Citando Bryan, o Plano Político Pedagógico relaciona os requisitos exigidos dos trabalhadores pelas empresas:

- Resolução de problemas - identificar problemas, pesquisar diferentes soluções possíveis e analisar/escolher a solução mais adequada para cada caso;
- Comunicação - boa utilização da comunicação oral, escrita, cinética e gráfica, e aptidão para ouvir, ler e compreender corretamente as mensagens recebidas;
- Raciocínio - produção de argumentos lógicos, indutivos e dedutivos;
- Iniciativa - dinamismo e criatividade que permitam ao trabalhador agir e pensar por si mesmo;
- Trabalho em grupo - capacidade de interagir no seio de grupos de trabalho.

Desde 1997 está em andamento o PROEP - Plano de Implantação da Reforma do Ensino Médio e Técnico no ETF/SC. Fundamenta-se na legislação estabelecida pelo Governo Federal - Lei nº. 9394/96 (LDB) e na Reforma do Ensino Médio e Técnico, prevendo ampliação dos laboratórios e a construção de outros quatro no Núcleo de Informática e Sistemas (NIS).

O PROEP foi aprovado pela Resolução nº 010/97 de 27 de agosto de 1997 do Colegiado da ETF/SC que em sua página 4 coloca:

"Também é objetivo do projeto acompanhar estas escolas na implantação de laboratórios de informática, para incentivar a disseminação deste processo e acompanhar projetos de aplicação de um novo paradigma educacional, utilizando a multimídia e a telemática, nas escolas."

### 2.3 O Curso Técnico de Informática

O Curso Técnico de Informática foi criado em agosto de 1995 e, primeiramente, passou a ser ministrado na cidade de Xanxerê. Isto só foi possível em virtude de um convênio FETESC/UNOESC, onde a primeira era responsável pelas atividades didáticos/pedagógicas e a segunda pela estrutura física. À partir de agosto de 1996, passou também a ser ministrado na Unidade de Ensino de Florianópolis, como curso regular do sistema CEFET/SC.

O objetivo do Curso Técnico de Informática é proporcionar formação profissional na área de informática para atuação na administração pública ou privada, desenvolver e incentivar o espírito empreendedor, fazendo com que o profissional egresso tenha como alternativa a criação do seu próprio negócio, adaptando deste modo metodologias de ensino às exigências de um mercado cada dia mais competitivo.

A coordenação do curso como as atividades didático/pedagógicas estão sob supervisão do Núcleo de Informática e Sistemas (NIS), subordinado a Gerência de Serviços e Formação Geral na estrutura organizacional da Unidade de Ensino de Florianópolis.

O NIS conta atualmente com oito professores que ministram as disciplinas do curso e também disciplinas de informática para os demais cursos do CEFET/SC - Florianópolis.

A carga horária média é de 20 horas/aula, sendo também responsáveis por outras atividades correlatas tais como pesquisa, extensão, supervisão de estágio, análise e avaliação de relatórios.

Quanto a estrutura física, o NIS possui quatro laboratórios de ensino e pesquisa, atendendo uma demanda de 50 alunos do Curso de Informática e aproximadamente 885 alunos dos demais cursos.

A relação completa das disciplinas ministradas pode ser conhecida através de tabela 2.1.

## CURSO TÉCNICO DE INFORMÁTICA

MATÉRIAS	DISCIPLINAS	CARGA SEMANAL			SUBTOTALS	
		1º SEM	2º SEM	3º SEM	CS	h/a
LÍNGUA ESTRANGEIRA	INGLÊS TÉCNICO	2	2		4	80
INFORMÁTICA	PROGRAMAS APLICATIVOS	4			4	80
	TÓPICOS ESPECIAIS			2	2	40
PROCESSAMENTO DE DADOS	FUNDAMENTOS EM INFORMÁTICA	3			3	60
	BANCO DE DADOS		2	5	7	140
	PROGRAMAÇÃO	8	6	6	20	400
MICRO - INFORMÁTICA	SISTEMAS OPERACIONAIS	3	3		6	120
	ARQUITETURA DE COMPUTADORES		2		2	40
	TECNOLOGIA DE HARDWARE	3			3	60
TELEMÁTICA	REDES DE COMPUTADORES		2	4	6	120
	TELEMÁTICA		2	3	5	100
COMPUTAÇÃO GRÁFICA	MULTIMÍDIA			2	2	40
	EDITORIAÇÃO ELETRÔNICA		3		3	60
ORGANIZAÇÃO DE EMPRESAS						
	GESTÃO EM INFORMÁTICA		3	3	6	120
ESTATÍSTICA	ESTATÍSTICA	2			2	40
SUBTOTAL		25	25	25	75	1500
ESTÁGIO						600
TOTAL						2100

Tabela 2.1 - Grade Curricular do Curso Técnico de Informática  
 Fonte: Núcleo de Informática e Sistemas

A análise da grade curricular permite constatar a importância atribuída a disciplina PROGRAMAÇÃO na formação do técnico, já que corresponde a aproximadamente 27% da carga horária total do curso, excluído o estágio profissional.

Relativamente ao primeiro semestre, das 25 (vinte e cinco) aulas semanais, 8 (oito) são dedicadas aos conteúdos de PROGRAMAÇÃO, levando o aluno que inicia o curso a empregar grande parte de seu tempo em uma atividade que, na maioria das vezes, lhe é totalmente nova.

A superação da forma tradicional do ensino de lógica e linguagem de programação nos seus aspectos mais elementares é fundamental para o sucesso do curso como um todo.

A utilização de uma metodologia de ensino apoiada em um ambiente de aprendizagem informatizado, permite detectar precocemente os diversos estilos de pensar dos alunos e construir uma proposta de trabalho que respeite as individualidades e o ritmo próprio de cada um.

Vislumbra-se a médio prazo, com a proliferação e barateamento das tecnologias de comunicação, a utilização deste ambiente fora do contexto da aula presencial, permitindo aos alunos usufruir os benefícios, facilidades e potencialidades de acordo com seu interesse e disponibilidade de tempo.

## CAPÍTULO 3

### O pensamento lógico e as Teorias de Aprendizagem

#### 3.1 Introdução

A Grécia clássica aparece historicamente como o berço da filosofia. Por volta do século VI a.C. os primeiros filósofos pré-socráticos redigiam em prosa um discurso que pretendia se opor à atitude mítica predominante nos poemas de Homero e Hesíodo. Esse novo modo de pensar é decomposto na sua estrutura por Aristóteles (384-322 a.C.) na obra *Analíticos*.

Esta e outras obras sobre o assunto foram denominadas mais tarde, em conjunto, *Órganon* ("instrumento" para se proceder corretamente no pensar). O próprio Aristóteles não usou a palavra *lógica*, que só apareceu mais tarde.

Embora alguns filósofos anteriores a Aristóteles tenham estabelecido algumas leis de pensamento (Parmênides, Sócrates e Platão), nenhum o fez com tal amplitude e rigor.

O filósofo Hubert Dreyfus, citado por Russell e Norvig (1995), coloca que a história da inteligência artificial deve ter começado por volta de 450 a.C., quando Platão reportou um diálogo no qual Sócrates pedia a Euthyphro um algoritmo para distinguir atos piedosos e não-piedosos.

"I want to know what is characteristic of piety which makes all actions pious ... that I may have it to turn to, and to use as a standard whereby to judge your actions and those of other men."

Até o século XIX, a lógica aristotélica não sofreu nenhuma mudança essencial, mas a física necessitava de um instrumento diferente da lógica formal, essencialmente demonstrativa.

Galileu Galilei (1564-1642) foi responsável pela advento da moderna concepção de ciência defendendo a substituição do modelo ptolomaico de mundo (geocentrismo) pelo copernicano (heliocentrismo).

A abordagem empírica e a descrição matemática da natureza foram suas contribuições mais importantes e embasam teorias científicas até hoje.

"A filosofia está escrita neste grande livro que permanece sempre aberto diante de nossos olhos; mas não podemos entendê-la se não aprendermos primeiro a linguagem e os caracteres em que ela foi escrita. Esta linguagem é a matemática, e os caracteres são triângulos, círculos e outras figuras geométricas." (apud Capra, 1982)

A revolução científica determinou a quebra do modelo de inteligibilidade apresentada pelo aristotelismo e fez surgir a principal característica do pensamento moderno que foi a questão do método. Essa preocupação centraliza as reflexões não apenas no conhecimento do ser (metafísica), mas sobretudo no problema do conhecimento (epistemologia).

Morente (1966) coloca que, um dos problemas que a teoria do conhecimento tem de propor e solucionar é saber quais os critérios, as maneiras e os métodos de que se pode valer o homem para ver se um conhecimento é ou não verdadeiro.

As respostas a estas questões deram origem a duas correntes da doutrina filosófica, o racionalismo, segundo a qual todo conhecimento verdadeiro é consequência necessária de princípios irrecusáveis a priori e evidentes e o empirismo, que admite, quanto à origem do conhecimento, que este provenha unicamente da experiência.

René Descartes (1596-1650), físico e matemático francês, é considerado o pai da filosofia moderna. Em sua obra *Discurso do método*, expressa sua preocupação com o problema do conhecimento. O ponto de partida é a busca de uma verdade que não possa ser posta em dúvida.

... "O primeiro era o de jamais acolher alguma coisa como verdadeira que eu não conhecesse evidentemente como tal. O segundo, o de dividir cada uma das dificuldades que eu examinasse em tantas parcelas quantas possíveis e quantas necessárias fossem para melhor resolvê-las. O terceiro, o de conduzir por ordem meus pensamentos, começando pelos objetos mais simples e mais fáceis de conhecer, para subir, pouco a pouco, como por degraus, até o conhecimento dos mais compostos, e supondo mesmo uma ordem entre os que não se precedem naturalmente uns aos outros. E o último, o de fazer em toda parte enumerações tão completas e revisões tão gerais, que eu tivesse à certeza de nada omitir." (Descartes, 1973)

A excessiva ênfase dada ao método cartesiano levou à atitude generalizada de reducionismo da ciência, que leva a crença que todos os fenômenos podem ser compreendidos se reduzidos às suas partes constituintes.



Francis Bacon (1561-1626) seguindo a tradição empirista (*empirismo*, do grego *empeiria*, "experiência") inglesa que remonta a Roger Bacon (séc. XIII), critica a lógica aristotélica, opondo ao ideal dedutivista a eficiência da indução, como método de descoberta.

"A melhor demonstração é, de longe, a experiência, desde que se atenha rigorosamente ao experimento." (Bacon, 1973)

Seus estudos sobre indução a partir do caráter estéril do silogismo insistem na necessidade da experiência e da investigação segundo métodos precisos, refletindo o espírito da idade moderna, que prestigia a técnica, a experiência, a observação dos fatos e repudia a vocação medieval para debates puramente formais. O pensamento de Bacon desencadeia o empirismo, corrente que se opõe ao racionalismo cartesiano que culmina no século XIX com o positivismo.

John Locke (1632-1704) tornou-se conhecido pela contribuição como teórico do liberalismo. Crítico das idéias inatas de Descartes, afirma que a alma é como uma tábula rasa (onde não há inscrições) e o conhecimento só começa após a experiência sensível. Essas afirmações influenciaram duas importantes escolas da psicologia clássica, o behaviorismo e a psicanálise (Capra, 1982).

"Todas as idéias derivam da sensação ou reflexão. Suponhamos que a mente é um papel em branco, desprovida de todos os caracteres, sem quaisquer idéias; como ela será suprida? De onde lhe provém este vasto estoque, que a ativa e que a ilimitada fantasia do homem pintou nela com uma variedade quase infinita? De onde apreende todos os materiais da razão e do conhecimento? A isso respondo, numa palavra, da experiência." (Locke, 1973)

O Iluminismo fundado por Locke, influenciou o pensamento econômico e político do mundo, os seus ideais eram o direito à propriedade, a mercados livres e a governos representativos e, ainda, o direito ao individualismo, à liberdade e à igualdade.

O positivismo, doutrina atribuída a Augusto Comte (1798-1857), é caracterizada sobretudo pelo impulso que deu ao desenvolvimento de uma orientação cientificista ao pensamento filosófico, atribuindo à constituição e ao processo da ciência positiva importância capital para o progresso de todas as áreas de conhecimento. Para Comte, depois de ter superado as formas teológicas e

metafísicas de explicação do mundo, o homem atinge o estado positivo, que se opõe a tudo que é quimérico ou vago.

O positivismo estabeleceu critérios rígidos para a ciência, exigindo que ela se fundasse na observação dos fatos. Essa preocupação em tornar o sujeito das ciências humanas um objeto semelhante ao das ciências naturais influenciou a tendência metodológica.

A lógica matemática ou simbólica teve como precursor Frege, no final do século passado e foi desenvolvida neste por Whitehead e Bertrand Russell. Visava superar as dificuldades e ambigüidades de qualquer língua, devido à natureza vaga e equívoca das palavras usadas e do estilo metafórico que poderia atrapalhar o rigor lógico do raciocínio. Essas dificuldades foram superadas com o estabelecimento de uma linguagem simbólica artificial que utilizava variáveis proposicionais e conectivos (Chauí, 1984).

As ciências humanas começaram a surgir a partir do final do século XIX, na tentativa de estabelecer um método adequado para compreensão dos fenômenos do comportamento. Enquanto as outras ciências têm como objeto algo que se encontra fora do sujeito cognoscente, as ciências humanas têm por objeto o próprio ser que conhece.

A psicologia como ciência apareceu na Alemanha, no século XIX, relacionada com os problemas da psicofísica. Wilhelm Wundt (1832-1920) funda em 1879 o primeiro laboratório de psicologia voltado para o exame das questões relativas a percepção, estabelecendo critérios para generalizar e quantificar a relação entre as mudanças de estímulo e os efeitos sensoriais correspondentes.

A escola russa teve no médico Pavlov (1849-1936) e suas experiências com fenômenos de digestão e salivação de cães, a explicação da aprendizagem pelo reflexo condicionado. Na mesma linha experimental da psicologia alemã, desenvolve-se a americana com os trabalhos de Willian James, Thorndike, Dewey, Watson e Skinner.

Watson (1878-1958) influenciado pelas pesquisas de Pavlov a respeito do reflexo condicionado, utilizou-as amplamente em experiências com animais.

Esta corrente da psicologia do comportamento conhecida como behaviorismo, teve e tem até hoje uma importância capital na educação de um modo geral. Das múltiplas escolas psicológicas existentes foi a que mais influenciou a prática

pedagógica do mundo ocidental. Ramos (1996) coloca que, para os behavioristas passou a ser importante o planejamento do ensino, com a definição clara dos objetivos a ser alcançados, a preparação do ambiente de aprendizagem e as seqüências a serem seguidas até o objetivo e os mecanismos de reforço a serem utilizados, sendo estas as grandes contribuições para a pedagogia.

O behaviorismo nega a existência dos instintos, da inteligência inata e dos dons inatos de qualquer espécie, considerados todos decorrentes da aprendizagem e da influência do meio ambiente.

Após Watson, o behaviorismo teve novo impulso com Skinner que estabeleceu as leis de um condicionamento denominado condicionamento instrumental (operante ou skinneriano), amplamente utilizadas em diversos campos da atividade humana.

Skinner dá ênfase à questão do controle do comportamento pelos reforços que ocorrem com a resposta ou após a mesma com o propósito de atingir metas específicas ou definir comportamentos manifestos (Pettenger, 1977).

Em 1957 Skinner publica o livro *Verbal Behavior*, com estudos detalhados sobre a abordagem comportamental na aprendizagem da linguagem. Uma revisão do mesmo, elaborada por Noam Chomsky, denominada *Syntactic Structures* explicou a noção de criatividade na linguagem baseado em modelos sintáticos. O formalismo dessa gramática permitia, em princípio, que fosse programada (Russell e Norvig, 1995).

A teoria da aprendizagem behaviorista enfatizou os comportamentos mensuráveis e observáveis bem como suas modificações. Esta teoria forneceu os fundamentos dos primeiros projetos de tecnologia instrucional baseada em computador.

A fenomenologia é uma filosofia e um método que têm como precursor Franz Bretano no final do século XIX. As principais linhas dessa abordagem do real foram elaboradas por Edmund Husserl (1859-1938), que estabeleceu a crítica ao positivismo.

Enquanto o racionalismo enfatiza o papel atuante do sujeito que conhece e o empirismo privilegia a determinação do objeto conhecido, a fenomenologia propõe a superação do dualismo psicofísico, da separação corpo-espírito.

A influência da fenomenologia na psicologia é delineada no começo do século XX por Köhler e Koffka com o desenvolvimento da Gestalt (ou psicologia da forma), que se opõe às psicologias de tendência positivista.

Os gestaltistas afirmam que não há excitação sensorial isolada, mas complexos em que o parcial é função do conjunto. Isso significa que o objeto não é percebido em suas partes, para depois ser organizado mentalmente, mas se apresenta primeiro na sua totalidade (na sua forma), e só depois o indivíduo se atentará para os detalhes.

Essa tendência, que o sujeito tem para organizar aquilo que é percebido, significa que o objeto nunca aparece na percepção tal como existe em si. Ele é elaborado pelo sujeito que estrutura organicamente coisas apenas justapostas ou leva à perfeição formas apenas esboçadas.

### 3.2 A Linguagem

A linguagem é um sistema simbólico e o homem é único animal capaz de criar símbolos, isto é, signos arbitrários em relação ao objeto que representam, e por isso mesmo, convencionais, ou seja, dependentes da aceitação social. Na medida que este laço entre representação e objeto representado é arbitrário, ele é uma construção da razão (Peirce, 1977).

Sendo um dos principais instrumentos de formação do mundo cultural, ela nos permite transcender a nossa experiência, pois quando nomeamos qualquer objeto da natureza ele passa a existir para nossa consciência. A linguagem é produto da razão e só pode existir onde há racionalidade.

O nome é o símbolo dos objetos existentes no mundo natural e das entidades abstratas que só têm existência no nosso pensamento, tendo a capacidade de tornar presente o objeto que está longe de nós.

Toda a linguagem é um sistema de signos. O signo é uma coisa que está em lugar de outra, sob algum aspecto. Essa relação pode assumir aspectos variados, dependendo do tipo de relação que o signo mantém com o objeto representado.

- se a relação é de semelhança (um desenho), o signo é um ícone;
- se a relação é de causa e efeito, uma relação que afeta a existência do objeto ou por ela é afetada, o signo é um índice;
- se a relação é arbitrária, tida por convenção, o signo é um símbolo.

Por ser um sistema de signos, toda linguagem possui um repertório que a compõe. Além do repertório, também é preciso que se estabeleçam as regras de combinação desses signos. Como último passo para estruturação de uma linguagem necessita-se das regras de uso dos signos.

Estas regras gerais valem para as linguagens verbais, matemáticas, artísticas, gestuais e também as linguagens de computadores. Sua diferenciação está baseada no grau de flexibilidade do repertório de signos, regras de combinação e uso dos signos. A estruturação da linguagem influencia a percepção da realidade e o nível de abstração e generalização do pensamento (Schaff, 1968).

### 3.3 A Teoria de Piaget

A teoria cognitiva desenvolvida por Jean Piaget (1896-1980) denominada epistemologia genética, parte do princípio que existe continuidade entre os processos biológicos de morfogênese e adaptação ao meio ambiente e a inteligência. Dentre as teorias contemporâneas de aprendizagem, seu trabalho, devido à pertinência com que suas preocupações epistemológicas, biológicas e lógico-matemáticas, têm sido difundido e aplicado para o ambiente educacional, em especial na didática e em alguns dos ambientes de aprendizagem auxiliados por computador.

Suas pesquisas sobre desenvolvimento da autonomia, cooperação, criatividade e atividade centrados no sujeito influenciaram práticas pedagógicas ativas, centradas nas tarefas individuais, na solução de problemas, na valorização do erro entre outras orientações pedagógicas.

Para Piaget a evolução da lógica e da moral podem ser resumidas em quatro estágios de desenvolvimento mental:

- Sensório-motor
- Intuitivo ou simbólico
- Operatório concreto
- Operatório formal

Quando a criança nasce a maneira que ela tem de conhecer o mundo é sobretudo sensório-motor, ou seja, o desenvolvimento predominante é o das percepções e movimentos, não se podendo ainda dizer que a criança pensa. A evolução se dá na medida em que aprende a coordenar suas sensações e movimentos.

Num segundo momento (após dois anos), a lógica infantil sofre um salto, derivado da descoberta do símbolo. A realidade pode ser representada, no sentido que a palavra torna presente o que está ausente. É a época de estar centrada em si mesma, tanto no aspecto da afetividade quanto no conhecimento. Vive em um mundo de ausência de normas que só é superado aos três ou quatro anos, tornando-se mais sociável, sendo capaz de aceitar normas do mundo exterior.

O egocentrismo deve ser compreendido também no aspecto intelectual, já que não consegue transpor em pensamento a experiência vivida.

No terceiro estágio (sete a doze anos), a lógica deixa de ser puramente intuitiva e passa a ser operatória, sendo a criança capaz de interiorizar as ações de maneira concreta. Embora presa a experiência vivida, o pensamento torna-se mais coerente permitindo construções lógicas mais elaboradas. A diminuição do egocentrismo ocorre pois o discurso lógico tende a ser mais objetivo, confrontado com a realidade e com outros discursos.

O último estágio é o da adolescência, quando aparecem as características que marcarão a vida adulta. O pensamento lógico atinge o nível das operações abstratas, sendo o adolescente capaz de distanciar-se da experiência, de tal forma que pode pensar por hipótese.

O processo de desprendimento da própria subjetividade é sinal de que o egocentrismo intelectual está em processo de superação. Afetivamente, essa superação se realiza pela cooperação e reciprocidade. A capacidade de reflexão leva à organização autônoma das regras e à deliberação.

O desenvolvimento das estruturas mentais segue uma construção semelhante aos estudos da lógica, ou seja, o desenvolvimento da inteligência em seus sucessivos estágios segue uma seqüência coerente, podendo ser descrita em suas diversas etapas.

Para Piaget o desenvolvimento intelectual ocorre por meio de dois atributos inatos aos quais chama organização (construção de processos simples) e adaptação (mudança contínua que ocorre no indivíduo na interação com o meio).

No desenvolvimento intelectual aponta três processos:

- adaptação do organismo ao meio durante o crescimento. Com interações e auto-regulações que caracterizam o desenvolvimento do sistema epigenético ( interno e externo );
- adaptação da inteligência no decorrer da construção de suas próprias estruturas, que depende tanto da coordenação progressiva interna, quanto de informações adquiridas através da experiência;
- estabelecimento de relações cognitivas ou epistemológicas que não consistem em simples cópia de objetos externos, mas implicam estruturas construídas progressivamente através da interação sujeito e mundo externo.

A assimilação e a acomodação são os motores da aprendizagem. A adaptação intelectual ocorre quando há o equilíbrio de ambas. Ulbritch (1997) coloca que a aquisição do conhecimento cognitivo ocorre sempre que um novo dado é assimilado à estrutura mental existente que, ao fazer esta acomodação modifica-se, permitindo um processo contínuo de renovação interna.

Pela assimilação, justificam-se as mudanças quantitativas do indivíduo, seu crescimento intelectual mediante a incorporação de elementos do meio a si próprio. Pela acomodação, as mudanças qualitativas de desenvolvimento modificam os esquemas existentes em função das características da nova situação; juntas justificam a adaptação intelectual e o desenvolvimento das estruturas cognitivas (Ulbritch, 1997).

O alicerce da teoria de Piaget é a noção de equilíbrio e equilibração. Todo ser vivo procura manter um estado de equilíbrio (adaptação) com o meio. Esta característica se refere ao equilíbrio entre o organismo e o meio ambiente que resulta de uma interação entre assimilação e acomodação.

Piaget explica o desenvolvimento cognitivo, a própria construção dos conhecimentos, através da função de adaptação, nas trocas do organismo com o meio. Essas trocas são reguladas por um processo de equilibração majorante que significa sucessão de desequilíbrios e reequilibrações na passagem de estados de equilíbrios anteriores para novos estados de equilíbrio, que, frequentemente superam os anteriores. A reequilibração é, então, a real fonte do progresso.

O ser humano nasce com uma possibilidade de construir esquemas de ação, coordená-los em sistemas, combinar estes sistemas e reorganizá-los. Essa potencialidade define a atividade adaptativa (assimilação x acomodação) como um funcionamento lógico-matemático que é fruto da coordenação das ações de sujeito sobre os objetos do ambiente.

Os objetos reagem à atividades do sujeito, provocando os desequilíbrios que solicitam as reorganizações internas. Portanto o conhecimento não é produzido por estruturas inatas do organismo (como acreditam os aprioristas) pois as estruturas são construídas pelo sujeito na interação com o meio (físico, cultural e social). Tampouco o conhecimento é recebido diretamente do mundo externo (como afirmam os empiricistas), pois a significação é atribuída ao objeto que está sendo conhecido pela atividade estruturante endógena ao sujeito.



A passagem de um estado de equilíbrio inferior para um estado de equilíbrio superior é explicada por Piaget (1977) como um processo de abstração reflexiva, responsável pelas organizações endógenas que envolvem representações por imagens.

Para elaboração da teoria da equilibração, Piaget (1976) coloca dois postulados:

"Todo esquema de assimilação tende a alimentar-se, isto é, a incorporar elementos que lhe são exteriores e compatíveis com a sua natureza".

"Todo esquema de assimilação é obrigado a se acomodar aos elementos que assimila, isto é, a se modificar em função de suas particularidades, mas, sem com isso, perder sua continuidade, nem seus poderes anteriores de assimilação".

Segundo Ulbricht (1997), a equilibração é um mecanismo auto-regulador, necessário para garantir uma eficiente integração com o meio. Quando um indivíduo sofre um desequilíbrio, de qualquer natureza, o organismo vai buscar o equilíbrio, assimilando ou acomodando um novo esquema.

A equilibração é apenas um dos fatores determinantes do desenvolvimento cognitivo e constitui-se no nível de processamento das reestruturações internas, ao longo da construção seqüencial dos estágios.

Outros dois fatores determinantes são a maturação, ligado à complexificação biológica da maturação do sistema nervoso e a interação social, relacionado com a imposição do nível operatório das regras, valores e signos da sociedade em que o indivíduo se desenvolve e com as interações que compõem o grupo social.

O quarto fator é experiência ativa, que de acordo com Misukami citada por Silva (1988) podem ser de três tipos:

- devido ao exercício, resultando na consolidação e coordenação de reflexos hereditários e exercício de operações intelectuais aplicadas ao objeto;
- devido à experiência física, referente à ação sobre o objeto para descobrir as propriedades que são abstraídas destes, sendo que o resultado da ação está vinculado ao objeto;

- devido à experiência lógico - matemática, que implica na ação sobre os objetos, de forma a descobrir propriedades que são abstraídas das próprias ações do sujeito. Consiste em conhecimentos retirados das ações sobre os objetos. Típicas do estágio operatório formal, é resultado da equilibração. A condição para que seja obtida é a interação do sujeito com o meio.

Fagundes (1986), coloca em seus estudos que a interação da criança com o computador leva inicialmente o problema de sua adaptação cognitiva com o mundo representacional criado por sua própria atividade. Questiona a natureza das trocas entre a organização cognitiva do indivíduo e os objetos simbólicos que são os programas, como se dá a conceptualização desses objetos e os processos cognitivos subjacentes à sua compreensão.

Afirma que a competência cognitiva do sujeito em nível de equilíbrio estrutural no estágio operatório pode ser estudada na teoria através de condutas que expressam:

- Imagens mentais que representam estados estáveis, mas também podem representar transformações desses estados porque apresentam mobilidade antecipatória e retroativa.
- Reversibilidade através de coordenação de ações diretas e inversas e ainda coordenações em sistemas reversíveis.
- Diferenciação entre significantes e significados na representação das ações, e diferenciação entre a forma e o conteúdo das operações.
- Coordenações inferenciais, como necessidade lógica, sobre o objeto e o sujeito.
- Abstração espacial de propriedades dos objetos tais como formas, dimensões, posições, deslocamentos e suas transformações, através de modelos dedutivos do sujeito.
- Abstração reflexiva através da reorganização de coordenações anteriormente estruturadas, em função de novos dados, desde a reconstituição de seqüências de ações até a reconstituição do sistema total e sua comparação com outros análogos ou diferentes.
- Tomada de consciência dos próprios mecanismos cognitivos através de regulações ativas na busca de meios novos para correção de procedimentos improdutivos, ou para compensação de desequilíbrios na assimilação da informação.

A hipótese orientadora deste estudo para formulação de um modelo das condutas cognitivas no mundo do computador foi que num primeiro nível a criança não compreenderia as leis da interação entre o que faz no teclado e o resultado

no vídeo. No segundo nível estabeleceria uma conexão entre as instruções que produz e o que o programa produzido faz.

Num terceiro nível compreenderia a lógica da linguagem do computador através de suas operações mentais, de seus mecanismos de regulação ativa, estabelecendo um tipo de correlação entre as instruções do programa, como significantes e suas operações lógicas, como significados. Os sujeitos poderiam, nesse nível, antecipar a produção do programa, assim como suas possíveis transformações, a partir de composições e recombinações necessárias.

### 3.4 A Teoria de Vygotsky

Lev Vygotsky, advogado e filólogo, iniciou sua carreira como psicólogo após a revolução russa de 1917, fazendo parte dos psicólogos soviéticos na Rússia pós-revolucionária. Sua teoria é sócio-cultural e sócio-interacionista e à partir da concepção marxista ele propõe que todos os fenômenos sejam estudados como processos de movimento e mudança.

Suas preocupações fundamentais foram (Vygotsky, 1984):

- relações entre os seres humanos e seu ambiente físico e social;
- relações entre os usos de instrumentos e o desenvolvimento da linguagem;
- o que faz com que a ação e o trabalho fossem os meios fundamentais de relacionamento entre o homem e a natureza e as consequências dessa atividade;

Vygotsky coloca que as funções psicológicas são um produto da atividade cerebral e propõe que se entenda o desenvolvimento da linguagem e do pensamento à luz da teoria marxista da história da sociedade humana. Critica as teorias que afirmam que as propriedades das funções intelectuais dos adultos são resultados unicamente da maturação, e estão de algum modo pré-formadas na criança esperando oportunidade para se manifestarem.

Sua teoria estabelece que todas funções de desenvolvimento aparecem duas vezes: primeiro no nível social (interpsicológica) e, depois no nível individual (intrapsicológica). Isto se aplica para a atenção voluntária, para a memória lógica e para a formação de conceitos.

Os processos de desenvolvimento da criança são independentes do aprendizado. O aprendizado é considerado um processo puramente externo que não está envolvido ativamente no desenvolvimento. Ele se utiliza dos avanços do desenvolvimento ao invés de fornecer um impulso para modificar seu curso.

O ponto de partida da discussão de Vygotsky é que o aprendizado começa muito antes de se frequentar a escola. Qualquer situação de aprendizado com a qual a criança se defronta na escola tem sempre uma história prévia.

Tentando estabelecer a relação ente processo de desenvolvimento e capacidade de aprendizado tem-se que determinar pelo menos dois níveis de desenvolvimento.

O primeiro nível pode ser chamado de desenvolvimento real - é o nível das funções mentais que se estabeleceram como resultado de certos ciclos de desenvolvimento já completados. É o que o aprendiz consegue fazer sozinho.

Outra zona refere-se as atividades que o aprendiz resolve depois que são fornecidas pistas, iniciada a solução ou com a ajuda de crianças mais experientes, denominada zona de desenvolvimento potencial (ZPD).

A zona de desenvolvimento proximal define as funções que ainda não amadurecem mas estão em processo de maturação e o estabelecimento dessas zonas permite ao professor prever o acesso a atividades que exercitem o que está embrionário.

A mediação ocorrendo fora da ZPD, não produziria nenhum desenvolvimento, pois, ou o aprendiz já sabe o que está sendo proposto pelo mediador, ou não é capaz de entender o que o mediador está sugerindo, sendo sua determinação fundamental no processo de aprendizagem.

### 3.5 O trabalho de Papert

Seymour Papert, matemático e educador, influenciado pela aprendizagem piagetiana, desenvolve os aspectos epistemológicos num ambiente escolar enriquecido pelo computador. Seu trabalho com o ambiente LOGO reflete as posturas do fenômeno educativo e resulta em ações com grandes implicações no processo ensino-aprendizagem.

Ao colocar a construção de conhecimentos matemáticos, a partir das raízes genéticas dos indivíduos e sua incorporação, num processo de intersecção entre corpo, mente, sentimento e ambiente, a matemática deixa de ser vista como objeto evocativo da lógica.

Papert (1985), coloca que a matemática sendo uma experiência do cotidiano, sua apreensão se dá de forma dialética e "egosintônica", permitindo ao aluno o desenvolvimento de idéias poderosas, conhecendo-se e construindo sua realidade.

Ao introduzir o computador como uma máquina de ensinar, não nos moldes clássicos de aprendizagem por exercitação e memorização de fatos, conceitos e princípios ou aprendizagem através de simulação, mas como uma máquina que afeta a maneira como as pessoas pensam e aprendem, e como um instrumento tecnológico portador de idéias e germes de mudanças culturais, elabora uma teoria que redimensiona as formas de intervenção no processo ensino-aprendizagem, no ambiente escolar e os objetivos educacionais.

No LOGO não há marcas divisórias entre filosofia educacional e metodologia de ensino pois seus procedimentos didáticos são de natureza filosófica e as finalidades educacionais são ações dentro do processo.

Como Piaget, Papert vê o homem e o mundo dentro de uma perspectiva interacionista e o conhecimento como produto dessa interação. Para ambos o indivíduo é um sistema aberto para recepção de estímulos que vêm do exterior.

Entretanto, se para Piaget o objeto de interesse de seus estudos centrava-se na descoberta dos eventos internos do indivíduo, Papert está voltado para as formas de intervenção do mundo cultural sobre o sujeito em interação com o objeto.

Acredita que, o que se aprende e como se aprende depende dos materiais culturais que temos à disposição.

Segundo ele, Piaget encaminhou seus estudos em culturas não computadorizadas e sua delimitação de estágios cronológicos deve-se mais aos efeitos de pobreza de materiais, do que questões das maturações internas do organismo e à complexidade dos conteúdos culturais.

Assim como em Piaget, a epistemologia torna-se um estudo sobre a gênese do desenvolvimento do conhecimento. No processo de equilibração que se estabelece nas relações entre sujeito-objeto, homem-mundo, a filogênese ocorre paralelamente a ontogênese.

Para ele, no entanto, a compreensão do conhecimento ou a estrutura do conhecimento não tem importância em si mesma, porém, é relevante para compreender o ser humano.

Sua abordagem sobre a teoria do conhecimento é flexível, pois reconhece sua dimensão histórica:

" ... um importante componente da história do conhecimento é o desenvolvimento de técnicas que aumentem o potencial de palavras e diagramas. O que é historicamente verdadeiro também o é para o indivíduo: um componente importante para nos tornarmos bons aprendizes é aprender como expandir as fronteiras daquilo que podemos expressar em palavras" . (Papert, 1985)

Nesta visão, não vê oposição entre aprender uma atividade física e uma intelectual, pois ambas são processos de construção de teoria científica. Mais importante que a discussão entre o que seja uma habilidade verbal e não-verbal, ou modelos de pensamento operacional ou analítico, preocupa-se com a necessidade do indivíduo ter controle de sua aprendizagem, reconhecer e escolher entre vários estilos de pensamento estruturado.

Afirmando que a sociedade atual possui poucas alternativas para descrever e pensar sobre aprendizagem de habilidades, acredita que as linguagens computacionais, quando incorporadas a nossa cultura e sendo potencialmente capazes de controlar o computador e descrever o pensamento, mudarão significativamente a linguagem descritiva.

Para Papert, conhecer é uma atividade deliberada e consciente, é um "vir a conhecer" e tem um estilo pessoal e o processo de desenvolvimento do conhecimento envolve tanto os aspectos afetivos como os cognitivos.

O objetivo da educação é desenvolver o pensamento divergente, em oposição ao linear. Busca estabelecer um princípio heurístico do conhecimento, cuja a base está no construcionismo interativista e histórico.

Sua concepção sobre artefato tecnológico, ou seja, o computador como uma verdadeira máquina que permite tornar alguém um "pensador formal" e capaz de provocar mudanças culturais, atribui-lhe papéis fundamentais:

- combinatório: o indivíduo torna-se capaz de pensar em termos de conjuntos de todos os estados possíveis de um sistema;
- auto-referencial: possibilita a reflexão sobre o próprio pensamento;
- transacional: faz a mediação entre homem-mundo, possibilitando o sujeito transformar a realidade a sua maneira.

Papert, assim como Piaget, redimensiona a epistemologia, integrando-a no campo de conhecimento da psicologia investigando dentro do contexto sócio-cultural, isto é, na perspectiva de uma sociedade computadorizada.

O desenvolvimento da inteligência e da afetividade do ser humano, realiza-se de forma interdependente entre si e com a cultura, e resulta em atividades conscientes de intervenção na realidade, através de mecanismos de auto-regulações (assimilação, acomodação e incorporação) e de processos de equilíbrazões e desequilíbrazões constantes. O conhecimento histórico caracteriza-se por um processo dinâmico e ativo, cujas mudanças ocorrem não pela informatização da sociedade em si, mas em função do computador, como instrumento concreto de veiculação de uma nova forma de pensar.

Os princípios norteadores que regem a aprendizagem são apresentados através daquilo que denominou de matemática apropriável:

- princípio de continuidade: relação de continuidade entre o conhecimento pessoal de cada um, com os conhecimentos culturais herdando, assim, um sentimento de afeição e valor como "competência cognitiva".
- princípio de poder: poder ao estudante de desenvolver projetos significativos, que sejam coerentes com seu interesse pessoal.
- princípio de ressonância cultural: o tópico selecionado deve fazer sentido dentro de um contexto mais amplo.



Papert procura desmistificar a necessidade de se estabelecer pré-requisitos para a aquisição de conhecimentos sistematizados. Contrariando posições defendidas por educadores das linhas behavioristas e cognitivistas e mesmo de Piaget, preconiza que a assimilação do objeto prende-se a esquemas mentais, mas não consiste numa aquisição em função do desenvolvimento, mas fundamentalmente a maneira como as pessoas se relacionam com o meio.

A finalidade da aprendizagem não é chegar a resposta correta, mas captar o conflito entre os diferentes meios de pensar ou a contradição entre análise intuitiva e a forma. Desta forma o ensino deve basear-se no ensaio e erro, na investigação, na solução de problemas, e nas manipulações sucessivas "sobre erro", por aquele que aprende. Trata-se pois de uma visão dialética do processo ensino-aprendizagem.

Os princípios fundamentais de sua didática baseiam-se:

- na ação interiorizada do indivíduo, onde o ensino procura atender a construção de operações mentais, através do surgimento de problemas que levem o aluno a elaborar projetos de ação que tenham significação pessoal e social;
- no ambiente natural, espontâneo e ao mesmo tempo desafiador, de forma a promover desequilíbrios e equilíbrios constantes;
- na motivação, considerada como um fator intrínseco na aprendizagem;
- nos materiais culturais disponíveis, como estratégias de mobilização de atividades intelectuais;
- nos procedimentos que permitam a promoção da aprendizagem sintônica, a construção do pensamento estruturado e o desenvolvimento de um estilo de cognição pessoal.

Outro aspecto dissonante de sua teoria com a de Piaget, é a questão das estratégias de individualização do ensino. Ao colocar o computador como objeto que intera-se com o indivíduo de forma a instigá-lo a resolver problemas, a tomar ações deliberadas, auto-reflexivas e como controlador entre as manipulações intuitivas e as lógicas, Papert, de certa forma privilegia o ensino individualizado.

Se para Piaget, as dinâmicas dos trabalhos em grupo são colocadas como estratégias importantes para o desenvolvimento dos esquemas operatórios do indivíduo, da autonomia intelectual e, a partir daí, promover a superação do egocentrismo e a sua socialização, para Papert, o engajamento do indivíduo num processo de ação no computador, além de desenvolver-lhe uma autonomia intelectual, suscitará desejo de compartilhar suas idéias com os outros.

Na teoria de Piaget, as atividades em grupos são relações epistêmicas essenciais para o desenvolvimento intelectual e social, cabendo ao educador planejar situações de ensino que promovam estas atividades. Para Papert, estas atividades surgem de forma natural e espontânea.

### 3.6 Ensino inteligente assistido por computador

A compreensão das diferentes teorias de aprendizagem permite identificar as abordagens adotadas nos produtos de ensino auxiliado por computador e ao mesmo tempo avaliar a qualidade e os objetivos que determinam seu uso educacional (Koslosky et al, 1999).

Segundo levantou Silva (1998), durante o período de 1970 a 1990 inúmeras pesquisas e teorias foram desenvolvidas acerca da cognição e representação do conhecimento cujo objetivo era o de construir ambientes de aprendizagem cada vez mais dinâmicos e eficientes, de forma a romper com os sistemas rígidos dos tradicionais sistemas EAC (Ensino Assistido por Computador).

Coloca ainda que na primeira corrente, baseada no comportamentalismo, o computador é utilizado com a função de Instrução Assistida por Computador (CAI). Nas correntes posteriores esta função estendeu-se para o desempenho do aprendiz e o computador passa a ser considerado como instrumento. Os programas CAI vão sendo adaptados ao estudante mediante aos estudos e técnicas de IA para melhorar a qualidade e a eficiência dos antigos sistemas CAI, posteriormente evoluindo para os programas EIAC (Ensino Inteligente Auxiliado por Computador).

Segundo Ulbricht (1997) os sistemas denominados EIAC, são desenvolvidos levando em consideração algumas exigências específicas:

- modelagem dos domínios de conhecimentos e de raciocínio com finalidade de comunicação, resolução de problemas pedagógicos e aquisição de conhecimento;
- compreensão e geração de linguagem natural em ligação com a modelagem de um domínio, principalmente em relação aos enunciados de exercícios e às explicações;
- comunicação homem-máquina, principalmente em relação à concepção de sistemas interativos que têm por objetivo tarefas de aprendizagem com aspectos fortemente cognitivos;

- modelagem de agentes humanos (professores/alunos) levando em conta o estado de conhecimento, as informações incompletas, incorretas e incertezas, bem como as noções sobre aprendizagem;
- concepções de sistemas adaptativos e evolutivos, uma vez que um EIAC deve se adaptar a seu usuário levando em conta sua evolução;
- arquitetura de sistemas que levem em conta a integração e a concepção eficaz dos diversos módulos.

Referente às características desses sistemas, a autora ressalta ainda que os sistemas ICAI, STI (Sistemas Tutoriais Inteligentes), ou EIAC (Ensino Inteligente Auxiliado por Computador) possuem 4 módulos:

- módulo Especialista: contém o conhecimento a ser transmitido (capacidade para responder dúvidas, reconhecer erros);
- módulo Modelo do Estudante: onde é armazenada a quantidade de compreensão do assunto, a estratégia de ensino preferida, os erros cometidos no processo de aprendizagem e estratégias para resolução de problemas;
- módulo Tutor: contém as estratégias, regras e processos que orientam as interações do sistema com o estudante. Este módulo deve selecionar o tipo de problema que o aluno deve resolver no momento, controlar e criticar seu rendimento, selecionar material de apoio e permitir ou não determinados erros;
- módulo Interface com o usuário: encarregado de gerar procedimentos corretos para o estudante, interpretar suas respostas e repassá-las ao sistema. Nesse módulo é importante resolver problemas de compreensão de linguagem natural.

Sobre a contribuição da Pedagogia e Didática na concepção desses ambientes, afirma Ulbricht que as ciências da educação podem contribuir no desenvolvimento de sistemas EIAC da seguinte forma:

- levando os projetistas de sistemas a proporem abordagens pedagógicas globais fundamentadas nas teorias pedagógicas;
- propondo métodos de ensino que correspondam aos objetivos fixados;
- concebendo mecanismos dinâmicos para gestão de curriculum;
- concebendo metodologias de observação e de avaliação em diferentes contextos sociais.

Bruillard e Vivet (1994), colocam a necessidade do trabalho interdisciplinar na construção de sistemas EIAC envolvendo três pólos principais:

- desenvolvimento de ferramentas e técnicas computacionais; ✓
- utilização das ferramentas desenvolvidas nos processos de ensino-aprendizagem; ✓
- na fronteira dos dois primeiros se situam pesquisas ligadas à didática, buscando os meios para favorecer a aprendizagem. ✓

A tarefa da didática é determinar as condições que devem preencher as situações de aprendizagem para permitir a emergência do valor do uso do conhecimento e limitar os efeitos da interação com os sistemas que poderiam aí se opor.

Quanto a avaliação em EIAC, colocam que esta deve ser realizada para cada um dos seus componentes: o produto informático, a aprendizagem e a performance do aluno.

A eficácia de uma ferramenta não é devida a suas características técnicas mas a sua pertinência relativa à função que ela assegura na situação onde intervém. Consideram ainda que a ferramenta não tem pertinência educativa própria. É a teoria educativa sustentando a situação que permite definir as dificuldades sobre a ferramenta.

Um método de ensino que tem sido bastante discutido nos últimos anos é baseado em investigação (Costa, 1999). Os principais princípios associados a estes ambientes de ensino interativo são (McArthur apud Costa, 1999):

- Construção e não instrução: o objetivo é explorar o fato de que estudantes podem aprender mais efetivamente através da construção de seu próprio conhecimento.
- O controle é do estudante e não do tutor: a questão é dar mais liberdade para o estudante controlar suas interações no processo de aprendizado. O tutor deve atuar como um guia, e não como o único detentor do conhecimento.
- A individualização é determinada pelo estudante e não pelo tutor: diferentemente dos sistemas STI, a personalização da informação é o resultado da interação com o ambiente. Esta responsabilidade pode estar também associada ao sistema, mas o estudante ainda terá uma boa parte do controle de sua individualização.
- O conhecimento adquirido pelo estudante é resultado de suas interações com o sistema e não com o tutor: a informação adquirida vem como uma função das escolhas e ações do estudante no ambiente de ensino e não como um discurso gerado pelo tutor.

Com a mudança no enfoque do aprendizado o processo deixa de ser centrado no tutor e passa a ser centrado no estudante, tornando necessário o desenvolvimento de uma nova gama de ferramentas computacionais.

### 3.7 Conclusões

As principais interpretações das questões relativas ao pensamento lógico e a natureza da aprendizagem remetem a um passado histórico da filosofia e da psicologia. Diversas correntes de pensamento se desenvolveram, definindo paradigmas educacionais como o empirismo, o inatismo, os associacionistas e a psicologia cognitiva.

A compreensão das diferentes teorias de aprendizagem permite identificar as grandes questões sobre a natureza do processo de aprendizagem mediada por computador:

- quando, como e por que acontece a aprendizagem;
- que faz uma pessoa quando aprende;
- como saber que uma pessoa aprendeu;
- qual o papel do computador no processo ensino-aprendizagem.

Memória, percepção, aprendizagem, resolução de problemas, raciocínio, compreensão e arquiteturas mentais são alguns dos objetos de investigação da área, cujos resultados vêm sendo utilizadas na construção de modelos de aprendizagem baseados em metodologias da Inteligência Artificial.

As teorias de aprendizagem que explicam as relações entre o sujeito, o objeto de conhecimento e mediação da máquina começam a serem escritas e validadas. A práxis educativa, pela sua natureza multidisciplinar, exige estarmos abertos às novas contribuições teóricas ao processo ensino-aprendizagem, sejam elas oriundas da pedagogia, sociologia ou da inteligência artificial.

O computador passa a desempenhar um papel fundamental para o aumento do potencial cognitivo dos alunos, não apenas do ponto de vista da aquisição de conhecimentos, mas também do ponto de vista da construção de novas estruturas cognitivas.

## CAPÍTULO 4

### A Inteligência Artificial e o Raciocínio Baseado em Casos

#### 4.1 Introdução

*"A inteligência artificial (IA) é um ramo da ciência dedicada a compreensão das entidades inteligentes."* (Russell e Norvig, 1995)

A espécie humana adotou para si o nome científico *homo sapiens*, pela sua capacidade de acumular conhecimentos e resolver seus problemas agindo de modo inteligente. A acumulação de conhecimento e a resolução de problemas são processos complexos que envolvem um ciclo completo de processamento da informação, que vai desde a coleta do conhecimento pelos sentidos, até seu armazenamento através das estruturas cognitivas.

Um dos objetivos da IA é de proporcionar ferramentas formalizadas para registrar os conhecimentos e as heurísticas dos sistemas cognitivos, ou seja, o desenvolvimento de sistemas computacionais que representem o modelo de funcionamento e que manifestem o comportamento intelectual dos seres humanos na realização de uma determinada atividade.

Históricamente a abordagem deste problema pode ser organizada em quatro categorias: sistemas que pensam como humanos, sistemas que agem como humanos, sistemas que pensam racionalmente e sistemas que agem racionalmente.

Estas diferenças sobre o que é inteligência artificial ficam explicitadas pelas definições dadas por vários pesquisadores citados por Russell e Norvig (1995) e traduzidas pelo autor:



"A automação de atividades que associamos ao pensamento humano, tais como tomada de decisão, resolução de problemas, aprendizagem ..." (Bellman, 1978).

"O estudo de como fazer computadores realizarem coisas, que no momento, as pessoas fazem melhor" (Rich e Knight, 1991).

"O estudo das faculdades mentais através do uso de modelos computacionais" (Charniak e McDermott, 1985).

"O ramo de estudo que procura explicar e simular o comportamento humano em termos de processos computacionais" (Schalkoff, 1990).

A manipulação de conhecimentos através de mecanismos artificiais e as formas de representá-lo, são os grandes desafios da inteligência artificial. Por ser volumoso, de difícil caracterização, de alta mutabilidade e por diferir de simples dados por organizar-se de uma maneira que corresponde ao que será usado, a representação do conhecimento é componente fundamental em sistemas inteligentes. Pelos mecanismos de representação, o conhecimento é codificado através de objetos, atributos, objetivos, ações e é processado através de estruturas e procedimentos.

Segundo Rich e Knight (1993), a representação do conhecimento em um determinado domínio deve possuir as seguintes propriedades:

- **adequação representacional:** capacidade de representar todos os tipos de conhecimento necessários naquele domínio;
- **adequação inferencial:** capacidade de manipular as estruturas representacionais de modo a derivar novas estruturas que correspondam a novos conhecimentos, inferidos a partir de conhecimentos antigos;
- **eficácia inferencial:** capacidade de incorporar à estrutura de conhecimento informações adicionais que podem ser usadas para focalizar a atenção dos mecanismos de inferência nas direções mais promissoras;
- **eficácia aquisitiva:** capacidade de adquirir novas informações facilmente. O caso mais simples envolve a inserção direta, por meio de uma pessoa, de novos conhecimentos na base de dados. O ideal seria se o próprio programa fosse capaz de controlar a aquisição de conhecimento.

A IA oferece uma grande variedade de formalismos de representação que podem ser utilizados para modelar o conhecimento humano:

- **Scripts:** foram propostos por Schank e Abelson (1977) e inspiraram o estudo de sistemas de Raciocínio Baseado em Casos. São estruturas de informação que auxiliam a compreensão de situações do comportamento padronizado. Os scripts são úteis porque, no mundo real há padrões para a ocorrência de eventos. Contudo, o conceito de um script não é compartilhado por todos (Riesbeck e Schank, 1989) já que cada memória compreende um script sobre uma experiência a partir do próprio ponto de vista. Os scripts contém o conhecimento normativo, mas não o conhecimento da experiência;
- **MOP's:** os pacotes de organização de memória (MOP - Memory Organization Packets) permitem a representação de eventos estereotipados (Schank, 1982) e representam uma evolução dos *scripts*. São organizados em estruturas que agrupam eventos similares através de uma hierarquia todo-parte, permitindo mapear experiências através de cenários que incluem situações representadas através de informação normativa e descritiva. Os MOPs diminuem a redundância e permitem a percepção das informações sob vários pontos de vista, traduzindo as expectativas dos diversos participantes de uma determinada situação, sendo a entidade básica da memória dinâmica. A existência básica do modelo de Memória Dinâmica permite representar computacionalmente um modelo de organização de memória que compreende recordar, entender, experimentar e aprender (Weber, 1998);
- **Redes Semânticas:** são grafos direcionados ligados por nós para representar objetos e conexões e a relação entre objetos. Consistem em objetos interligados através de conexões que descrevem as relações entre estes objetos. Os nós representam objetos, conceitos e eventos. A rede semântica é usada para representar elementos tal como uma classe, suas instâncias e suas características. Quando um atributo não deve ser herdado, as redes semânticas necessitam de tratamento de exceção (Durkin, 1994);
- **Frames:** são estruturas de dados propostas por Minsky (1975) que representam uma entidade através de suas características e potenciais habilidades. Apesar de sua semelhança inicial com as redes semânticas, os

frames diferem na forma de representação da entidade. As características são representadas por pares atributo-valor e as capacidades são representadas por métodos. Um frame abstrato não tem instâncias, por esta razão seus atributos não são valorados, suas subclasses são ligadas a instâncias da entidade representada por essa classe. Da mesma forma que na abordagem orientada a objetos, os frames podem ser organizados em estruturas hierárquicas de especialização e todo-parte;

- **Regras:** são seqüências lógicas compostas por premissas (antecedentes) e conclusões (conseqüências). As premissas são um conjunto de expressões que avaliam a presença ou não de determinados fatos. As conclusões são um conjunto de expressões que modificam fatos existentes ou inserem novos fatos. Quando o fato que compõe o antecedente é verdadeiro, a conclusão é disparada. O antecedente pode ser composto por vários fatos conectados através de operadores tais como E, OU e NÃO. Quando há mais de uma regra apta ao disparo, devem-se utilizar mecanismos de avaliação eficientes e usualmente dependentes de domínio para descobrir qual a regra mais relevante a ser utilizada. As conclusões, geralmente, modificam ou assinalam valores aos atributos de um objeto, chamam métodos ou disparam outras regras (Durkin, 1994);
- **Formulários:** A representação formulário é composta por um conjunto de campos com valores semelhantes a registros em um banco de dados. Kolodner (1993) apresenta este formalismo como uma alternativa para representar casos em estruturas organizacionais planas. Os campos de um formulário são denominados descritores. Descritores são pares atributo-valor que caracterizam a informação contida em um caso. Através do formulário busca-se representar o conhecimento teórico do domínio e fatos da vida real nos sistemas inteligentes.
- **Grafos Conceituais:** são uma variedade da rede semântica que herdaram a força de representar significados. Uma definição completa é dada por Cyre apud Weber (1998): "Um grafo conceitual é um diagrama bipartido, finito, conectado, consistindo em um conjunto rotulado de nós de conceitos, um conjunto rotulado de nós de relações conceituais e um conjunto de (diretos) vínculos conceitos e nódulos de relação." É um formalismo que inclui as características desejadas para modelar a semântica da linguagem natural.

Além de classificar os mecanismos pelos quais podemos representar o conhecimento, é primordial para este trabalho entender as formas pelas quais se representa o raciocínio humano.

Segundo Aristóteles, a lógica estuda a razão como instrumento da ciência ou meio de adquirir e possuir a verdade, sendo o ato próprio da razão o raciocínio.

Pode-se definir raciocínio como um tipo de operação discursiva do pensamento, que consiste em encadear logicamente juízos e deles tirar uma conclusão. Essa operação é discursiva porque vai de uma idéia ou de um juízo a outro, passando por um ou vários intermediários e exige o uso de palavras. Portanto, é um conhecimento mediato, isto é, procede por meio de alguma coisa.

O raciocínio humano pode ser tipificado da seguinte forma:

O raciocínio dedutivo é uma inferência que vai dos princípios para uma consequência logicamente necessária. Uma proposição é demonstrada quando a deduzimos de proposições já admitidas como verdadeiras. Parte de uma proposição geral e conclui outra proposição geral ou particular. O raciocínio dedutivo é um modelo de rigor, mas é estéril na medida que não ensina nada de novo, apenas organizando o conhecimento já adquirido.

Já o raciocínio indutivo é uma argumentação em que, a partir de dados singulares suficientemente enumerados, inferimos uma verdade universal. Enquanto a dedução mostra como uma conclusão deriva de verdades já conhecidas, a indução chega a uma conclusão a partir de dados particulares. Sempre está suposta uma probabilidade, não havendo na indução o rigor da dedução. É muito fecundo e pode significar uma nova forma de compreender os fatos.

Por último, o raciocínio analógico é uma indução parcial ou imperfeita na qual passa-se de um ou mais fatos singulares, não a uma conclusão universal, mas a uma outra enunciação singular ou particular, que inferimos em virtude de uma semelhança. O raciocínio por semelhança fornece apenas uma probabilidade e não uma certeza. É possível usá-lo para obter a compreensão de um novo fato ao aprimorar este conhecimento pela descoberta de qualquer diferença específica. É o tipo de raciocínio aplicado na metodologia de raciocínio baseado em casos.

## 4.2 Raciocínio Baseado em Casos

Raciocínio baseado em casos (RBC) é uma metodologia recente de resolução de problemas cuja origem é o trabalho desenvolvido por Schank e Abelson em 1977. Seu desenvolvimento foi estimulado pelo desejo de entender como as pessoas recuperam informações e que comumente resolvem problemas lembrando como solucionaram problemas similares no passado.

Aamodt e Plaza (1994) consideram que o trabalho de Wittgenstein, em 1953, pode ter sido a base filosófica para o RBC. Wittgenstein observou que conceitos naturais, como mesas e cadeiras, são na verdade polimórficos e não podem ser classificados como um simples conjunto de facilidades suficientes e necessárias, mas através de um conjunto de instâncias (casos) que possuem similaridades.

Watson (1997) define RBC como um paradigma de resolução de problemas que envolve a aproximação entre o problema atual e um problema resolvido com sucesso no passado. Este processo pode ser otimizado adaptando soluções que mais acuradamente se aproximam do problema atual.

O estudo de RBC tem duas motivações principais. A primeira, das ciências cognitivas, é o desejo de modelar o raciocínio e a aprendizagem humana. A segunda, da inteligência artificial, é o desenvolvimento de tecnologias que tornem os sistemas de IA mais eficientes (Leake, 1996).

Tem se tornado uma metodologia computacional de resolução de problemas cada vez mais difundida pelas seguintes razões:

- RBC não requer uma modelagem explícita do domínio;
- sua implementação é reduzida a identificar as características significantes que descrevem um caso;
- pela aplicação de técnicas de banco de dados, grandes volumes de informação podem ser gerenciados;
- os sistemas de RBC podem aprender pela aquisição de conhecimento de novos casos, facilitando sua manutenção.

O embasamento conceitual do RBC vem da teoria da cognição desenvolvida por Schank citado por Vergara (1995): uma teoria da lembrança e aprendizagem. Sua proposta é principalmente orientada à solução de problemas por meio de analogias com outros (histórias ou exemplos práticos transformados em casos) previamente resolvidos. Isto envolve organizar, armazenar e recuperar

informação da memória para, posteriormente, por meio de regras estratégicas, reconstruí-las.

O entendimento da técnica de RBC está implícito em assumir alguns princípios da natureza do mundo:

- Regularidade: o mundo é na maioria das vezes regular, as ações executadas nas mesmas condições tendem a ter os mesmos, ou similares, resultados. Consequentemente, soluções para problemas similares são utilizáveis para o início da resolução de outro (Leake, 1996);
- Tipicalidade: os tipos de problemas tendem a se repetir; as razões para as experiências são provavelmente as mesmas para as futuras ocorrências (Leake, 1996);
- Consistência: Pequenas mudanças ocorridas no mundo requerem apenas pequenas mudanças na maneira como interpretamos o mundo, e consequentemente, pequenas mudanças nas soluções de novos problemas (Kolodner, 1993);
- Facilidade de adaptação: As coisas não se repetem exatamente da mesma maneira; as diferenças tendem a ser pequenas e pequenas diferenças são fáceis de se compensar (Kolodner, 1993).

A definição clássica de um sistema RBC foi elaborada por Reisbeck e Schank (1989):

*" A case-based reasoner solves new problems by adapting solutions that were used to solve old problems "*

Aamodt & Plaza (1994) definiram as quatro atividades de um ciclo clássico em RBC ( figura 4.1):

- Recuperar casos similares a descrição do problema
- Reutilizar a solução sugerida pelo caso similar
- Revisar ou adaptar a solução para melhor ajuste ao novo problema
- Armazenar a nova solução após sua validação

Este ciclo raramente ocorre sem intervenção humana. A revisão ou adaptação geralmente são feitas pelos administradores da base de casos.

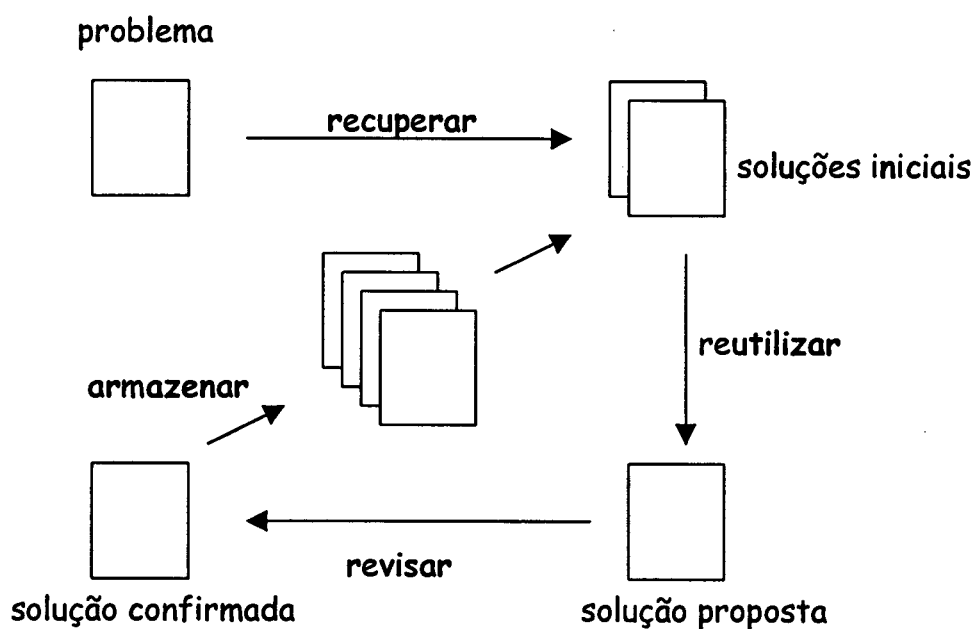


figura 4.1 - Ciclo RBC clássico

Kolodner (1996) faz referência às seguintes etapas no ciclo RBC: recuperar, propor, criticar, justificar, avaliar, adaptar e armazenar.

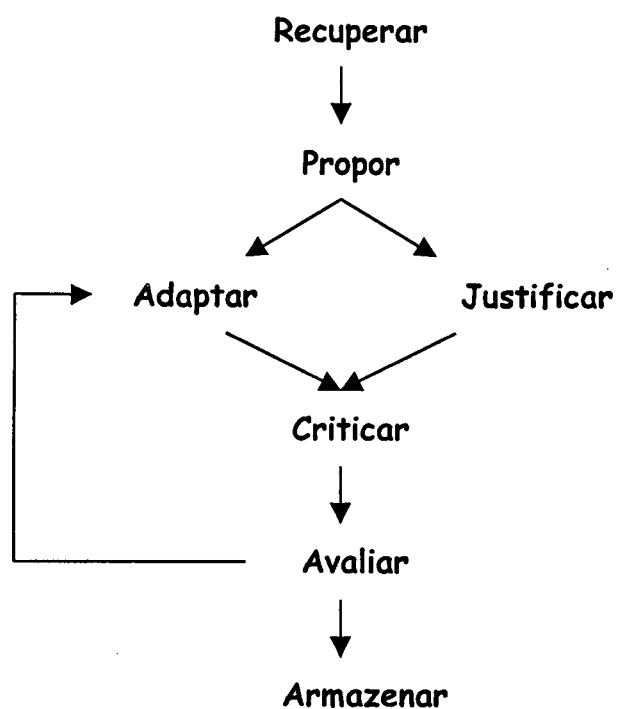


figura 4.2 - Ciclo RBC (Kolodner, 1996)

Um caso é a contextualização de uma parte de um conhecimento que representa uma experiência. Ele contém a lição passada que é o seu conteúdo e o contexto em que a lição pode ser utilizada (Kolodner, 1993).

Weber (1997) descreve as etapas de funcionamento que um sistema de RBC independente de possíveis variações que possa assumir:

- identificação de um problema a ser resolvido (problema de entrada);
- definição das principais características que identifiquem este problema;
- busca e recuperação na memória de casos com características similares;
- seleção de um ou mais dentre os casos recuperados;
- revisão deste(s) caso(s) para determinar a necessidade de adaptação;
- reutilização do caso adaptado para resolver problema de entrada;
- avaliação da solução do problema de entrada e inclusão do caso adaptado na memória de casos (aprendizagem).



### 4.2.1 Casos

Um caso é uma parte contextualizada de um problema que representa uma valiosa experiência da qual podemos aproveitar seus ensinamentos. A experiência abstraída no caso deve estar descrita em termos de seu conteúdo e contexto (Kolodner, 1993).

Para Vergara (1995), um caso é uma lista de objetivos, estados e suas explicações, e as características conduzem a um resultado particular de uma situação determinada. Em formas mais complexas, um caso é conectado a um conjunto de sub-casos que integrados formam a estrutura do espaço de resolução de problemas.

Kolodner e Leake (1996) colocam que um caso pode ter diferentes formas e tamanhos, associando soluções com problemas, resultados com situações ou vice-versa: "se o que for diferente numa nova situação ensinar algo que não possa ser facilmente inferido do novo caso já gravado, então é útil gravá-lo como um novo caso".

Watson (1997) coloca que um caso é feito de dois componentes: a descrição do problema e a descrição da solução.

Kolodner (1993) inclui ainda um terceiro componente: o resultado da aplicação da solução ao problema.

Weber (1998) coloca que o caso é a entidade computacional onde as experiências são representadas e manipuladas dentro do contexto de um sistema de RBC. O caso pode assumir diferentes formas de representação. O exemplo mais simples de um caso é uma experiência descrita através de atributos devidamente valorados.

Tipicamente um caso compreende:

- o problema, que descreve o estado do mundo quando o caso ocorreu;
- a solução, que estados levaram a solução do problema e/ou
- a saída que descreve o estado do mundo após o caso ocorrer.

O caso deve representar conhecimento sobre o conteúdo e o contexto da experiência. A relevância de alguns aspectos varia em conformidade com o tipo de tarefa pretendida. Em sistemas de solução de problema, os casos devem englobar problemas, soluções e resultados da utilização das soluções (Kolodner, 1993).

A representação dos casos refere-se ao formalismo a ser adotado no programa. A escolha adequada depende da consideração de tópicos pertinentes à aquisição e às demais etapas do processo de desenvolvimento, tais como recuperação, adaptação e aprendizagem (Weber, 1998).

A representação dos casos é uma tarefa complexa e importante para o sucesso do sistema RBC. O problema é decidir o que será armazenado em um caso e encontrar a estrutura mais apropriada para descrever seu conteúdo (Aamodt e Plaza, 1994).

Watson (1997) afirma que um caso contém uma lição passada que é o conteúdo do caso e o contexto no qual a lição pode ser utilizada, sendo representado por um registro que apresente tipicamente: problema que descreve o estado do contexto onde o caso ocorreu, e solução que expõe a solução derivada daquele problema.

#### 4.2.2 Recuperação

O objetivo desta etapa é recuperar os casos que possam auxiliar o raciocínio que se produz nos passos seguintes. A recuperação é feita usando as características do novo caso que são relevantes na solução de um problema.

Aamodt e Plaza (1994) descrevem que a tarefa de recuperação de casos inicia com a descrição de um problema e termina quando um caso mais similar é encontrado.

Leake (1996) coloca que uma característica importante dos sistemas de RBC é possuir alternativas para identificar os casos a fim de conseguir representá-los e indexá-los, garantindo que sejam recuperados os mais úteis para resolver o problema do usuário. Somente consegue-se alternativas para identificar os casos através de procedimentos de comparação e medição de similaridades.

A busca por casos é feita por algoritmos que selecionam casos com determinada similaridade com relação ao problema de entrada, e resulta na sugestão de um caso ou mais casos a serem reutilizados. Usualmente, é utilizado um limiar de similaridade, que orienta o processo no sentido de recuperar apenas aqueles casos que tenha similaridade superior a pré-estabelecida, podendo ser utilizado também um limite no número de casos a ser retornado.

As tarefas envolvidas na etapa de recuperação de casos são:

- Avaliação e Métrica da Similaridade
- Recuperação
- Seleção

A avaliação é o resultado do valor numérico dado para avaliar a similaridade entre os dois casos, número este que representa o conhecimento do especialista.

Uma das maneiras de se fazer a aquisição do conhecimento com objetivo de saber o peso dos índices, é solicitar que o especialista faça uma lista em ordem de importância (Weber, 1997).

O estabelecimento de métricas de similaridade em um RBC é uma das etapas mais importantes e cruciais para a eficiência da metodologia como um todo.

A determinação da medida de similaridade é um importante componente para identificar a utilidade do caso. Deve-se considerar também, que o grau de utilidade de um caso depende dos propósitos a que ele se destina e quais dos seus aspectos foram relevantes no passado.

A técnica do vizinho mais próximo (*nearest neighbour*) é talvez a mais usada para o estabelecimento da similaridade já que a maioria das ferramentas disponíveis a utilizam (Watson, 1997). Os aspectos de definição e identificação dos índices é fator fundamental para uma recuperação de sucesso. Garantidos estes aspectos, a técnica de busca indica em qual região do espaço o problema em questão está inserido. É a técnica mais indicada para problemas com bases de casos pequenas e com poucos atributos indexados, devido ao volume de cálculos necessários para determinar cada um dos atributos indexados e cada um dos casos.

A similaridade entre o caso alvo e um caso na base de casos é determinada para cada atributo. Esta medida deve ser multiplicada por um fator peso. A somatória de todos os atributos é calculada e permite estabelecer a medida de similaridade entre os casos da biblioteca e o alvo.

$$\text{Similaridade}(T, S) = \sum_{i=1}^n f(T_i, S_i) \times w_i$$

onde:

$T$  é o caso alvo

$S$  é o caso fonte

$n$  é o número de atributos em cada caso

$i$  é cada atributo individual variando de 1 a  $n$

$f$  é a função de similaridade para o atributo  $i$  no caso  $T$  e  $S$

$w$  é peso relativo ao atributo  $i$

Este cálculo é repetido para cada caso da biblioteca para obter-se um "ranking" dos mesmos. As similaridades são usualmente normalizadas para um intervalo entre zero e um (zero quando sem similaridade, um quando similaridade exata). A grande dificuldade é a determinação dos pesos relativos das características. A limitação desta abordagem é a convergência para a solução correta e o número de recuperações. Em geral o tempo de recuperação aumenta linearmente com o número de casos.

Outra técnica para estabelecimento de similaridade, utilizada nas ferramentas comerciais mais poderosas (Watson, 1977) são os algoritmos de indução. Estes algoritmos identificam padrões entre os casos e particionam os mesmos em conjuntos (*clusters*). Cada conjunto contém casos que são similares. Um requisito da indução é a definição de uma característica do caso alvo. Casos com descrição de problema similares fazem referência a problemas similares e ensejam soluções similares.

No tipo de busca indutiva constroem-se árvores de decisão baseadas em dados de problemas passados. Para a construção da árvore a partir dos casos da base de casos, é necessário passar-lhe os atributos que melhor identificam os casos. Encontrado o primeiro atributo é montado o 1º nó da árvore. O passo seguinte é encontrar dois novos atributos que formem os próximos nós e assim por diante. Montada a árvore a partir da base de casos, o próximo passo é percorrer a árvore com o caso em questão. O último nó da árvore contém os casos mais similares.

A utilização de funções de preferência difusa permite formalizar o processamento simbólico de termos lingüísticos, tais como: excelente, bom, razoável e ruim, que são associados com diferenças em um atributo descrevendo uma característica (Mendel apud Watson, 1995).

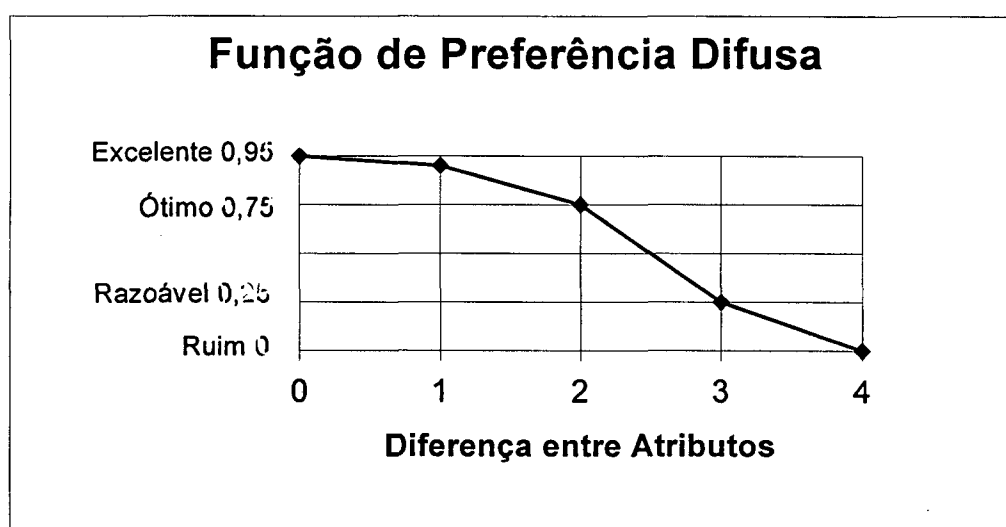


figura 4.3 - Função de preferência difusa (Cheetham e Graf, 1997)

A diferença de uma unidade no valor do atributo pode ser considerada excelente, uma diferença de 2 pode ser considerada boa e uma diferença de 4 pode ser considerada ruim. A função de preferência difusa permite a comparação de propriedades que são baseadas em escalas de medidas completamente diferentes.

Uma outra forma de implementação de um RBC é a utilização da tecnologia de banco de dados, pois a mesma é eficiente no armazenamento e recuperação de grandes volumes de dados. O uso de consultas com operadores lógicos permitem recuperar dados com alguma flexibilidade. Para aferir similaridade é necessário prover o banco de dados com o conhecimento específico do relacionamento entre os conceitos no domínio do problema.

Três fatores são fundamentais na etapa de recuperação:

- **eficiência:** é a velocidade com que um sistema recupera casos;
- **precisão:** é o grau que os casos recuperados podem ser usados para alcançar as metas propostas;
- **flexibilidade:** é o grau de recuperação de casos para raciocínios inesperados.

Outra relação interessante é entre a facilidade de computação, índices e a eficiência de recuperação. Quando um esquema de posicionamento usa características como índices que são difíceis de reconhecer, complexas de computar, ou demoradas para deduzir, a eficiência de recuperação decresce mas os resultados alcançados serão provavelmente melhores.

Veloso et al (1996) mostra um interessante trabalho sobre o esforço realizado para recuperação de um caso em função do número de casos da base. A figura 4.4 mostra uma situação típica.

Quando o número de casos visitados durante o processo de recuperação aumenta, mais tempo é gasto para recuperação (curva 2), mas os melhores casos resultam em um menor tempo de adaptação (curva 1). Abaixo de um certo ponto (ponto ótimo), o esforço total (recuperação+reutilização) diminui quanto mais casos são visitados. Acima do ponto ótimo, o esforço total aumenta pois os possíveis ganhos para achar melhores casos não compensam o esforço empregado para encontrá-los.

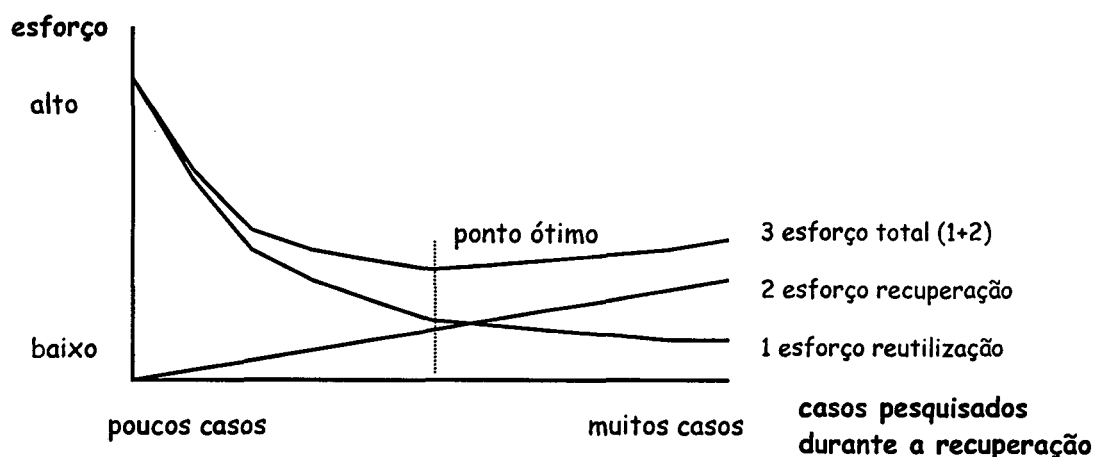


figura 4.4 - Relação entre esforço de recuperação e reutilização  
(Velooso, Muñoz-Avila e Bergmann, 1996)

O processo de seleção do caso mais relevante é a última tarefa da etapa de recuperação de casos. Sua importância está em gerar o resultado para a solução do problema, ou seja, será a saída do sistema (Weber, 1996).

O sistema pode implementar o método de seleção usando várias formas: perguntando ao usuário, combinação de heurísticas ou aplicação de regras (Costa, 1999).

### 4.2.3 Adaptação

Kolodner (1993) coloca que, pelo fato de nenhum problema passado ser exatamente igual a um problema atual, soluções passadas usualmente são adaptadas para solucionar novos problemas. A adaptação pode ser uma simples substituição de um atributo da solução por outro ou uma complexa e total modificação na estrutura da solução.

Watson (1997) afirma que "a menos que a adaptação possa ser feita facilmente e utilizando parâmetros bem compreendidos, caso contrário, meu conselho é que deve ser evitada" e coloca também "que a adaptação, em muitos casos pode ser considerada o calcanhar de aquiles de RBC".

Este processo geralmente ocorre fora do sistema RBC e os resultados da adaptação de uma solução podem demorar a aparecer, dependendo do tipo da aplicação.

Vergara (1995) afirma em seu trabalho que existem dois tipos de adaptação generalizados descritos na literatura:

- **adaptação estrutural:** neste processo a adaptação de regras é aplicada diretamente à solução armazenada no caso;
- **adaptação derivacional:** neste processo as regras geradas para a solução original são rodadas novamente para gerar uma solução nova. Quando um caso é recuperado, o sistema verifica se as diferenças entre o caso proposto e o caso passado afetam algumas decisões básicas à solução armazenada no caso. A solução armazenada é adaptada pela re-execução das partes do processo da solução original e não mudando-a diretamente.

A principal vantagem da adaptação derivacional é adaptar o conhecimento (solução) de um caso a problemas dentro de seu domínio e também poder transferir este a outros domínios.



Quando as técnicas de adaptação de um caso, coloca:

- adaptação nula: esta técnica é para não fazer nada e simplesmente aplicar a solução de um caso recuperado à nova situação. Pode ser aplicada quando o raciocínio para uma solução é complexa, mas a solução é simples;
- soluções parametrizadas: quando um caso é recuperado para aplicá-lo a uma situação determinada, as descrições dos problemas, passado e novo, são comparados por parâmetros específicos e as diferenças são usadas para modificar as soluções dos parâmetros na solução apropriada. As soluções parametrizadas são de valor, porque modificam uma solução existente não criando uma nova solução única;
- abstração e especialização: é uma técnica estrutural que pode ser usada para realizar simples adaptações de uma forma complexa e gerar novas soluções. Quando um traço de uma solução não pode ser aplicada a um problema, o sistema deve procurar abstrações deste traço na solução que não tem a mesma dificuldade;
- reinstalação: esta técnica é um método de adaptação derivacional. Não opera na solução original, mas sim nos métodos que foram usados para gerar uma solução. Os meios da reinstalação substituem um passo em uma solução, selecionando e aplicando um plano de ação que gera este passo no contexto de uma situação comum.

Watson (1997) conclui que, apesar da adaptação poder ser usada de várias formas e em várias situações, ela não é essencial e muitos sistemas comerciais de RBC não implementam a adaptação. Eles simplesmente recuperam o caso mais similar e disponibilizam a solução para o usuário, deixando-o livre para proceder a adaptação.

#### 4.2.4 Aprendizagem

Após realizada a adaptação, a solução do caso selecionado pode então ser reutilizada para resolver o problema de entrada. Um sistema de RBC somente se tornará eficiente quando estiver preparado para aprender a partir das experiências passadas e da correta indexação dos problemas (Kolodner, 1993).

A retenção de casos significa incorporar à base de casos informações úteis relativas à resolução de um novo problema. Este processo corresponde à aprendizagem de um sistema RBC, sendo disparado pelas tarefas de avaliação e adaptação de soluções (Aamodt e Plaza, 1994).

Vergara (1995) sugere que um sistema, para apreender, deve ser hábil para identificar que necessita conhecer, para logo processar esta informação quando esta se torna disponível. O processo de aprendizagem deve explicitar o conhecimento desejado e realizar um conjunto de operações ou ações que incrementem as oportunidades de encontrar este conhecimento.

Casos passados conduzem um sistema RBC a tomar decisões e a apreender de suas experiências, principalmente de três maneiras:

- Generalização e especialização;
- Pesquisa restringida;
- Avaliação comparativa.

Estas decisões são o resultado de processar e pesquisar numa estrutura de conhecimento. O raciocínio é orientado por algoritmos que permitem ao sistema encontrar soluções ao problema apresentado, e modificar suas estruturas de conhecimento armazenadas na memória.

"As experiências no mundo real, às vezes, apoiam na generalização de um caso que pode ser aplicado na solução de um problema e, por sua vez, na especialização da base de conhecimento. Estes dois processos são inversos e são uma forma de aprendizagem do sistema. A generalização é uma regra aplicada dedutivamente, para resolver ou classificar novos problemas, ou este pode ser uma explicação causal como resultado de fazer uma analogia. As generalizações identificam as partes de um problema que são importantes e tem um procedimento na pesquisa de uma solução" (Ashley apud Vergara, 1995).

"Um caso passado pode facilitar na pesquisa de uma solução. Esta pesquisa é fácil, pelo menos teoricamente, porque casos passados são indexados. O sistema CBR simplesmente mostra um índice de entrada para uma solução passada relevante e, desta forma, aplica e adapta estes passos de solução para um problema comum. Em efeito, um caso passado é uma solução compilada e, este é uma estratégia de pesquisa, porque mostra os traços errados passados solucionados (processo de aprendizagem por indexação de casos)".

"Um problema comum pode ser avaliado por comparação e contrastando suas características com os casos passados avaliados. Este processo de resolução de problemas gera a aprendizagem do sistema (aprendizagem por indução). As características de um caso podem ser agrupadas em situações e ações, e em um conjunto de características que os complementem. Desta forma, teremos um caso novo (real ou hipotético) com novas características e propriedades, e com resultados possivelmente diferentes aos casos iniciais".

A implementação da aprendizagem em um sistema RBC está baseada no fato de que a partir das experiências anteriores o sistema esteja apto a analisar os efeitos da sua solução e armazenar informações sobre o que deu certo, o que não deu certo, antecipando erros cometidos no passado.

Leake (1996) explica que a aprendizagem em um sistema de RBC dá-se no ato da inclusão do caso adaptado, reutilizado e avaliado. A etapa de avaliação pode ser realizada de duas formas: pode ser programada para execução automática ou com a participação do usuário. É nesta etapa de avaliação da solução adequada ao problema de entrada, que se observa a qualidade da solução, com o intuito de definir se esta tem condições de ser adicionada à memória ou não.

Sobre a etapa de aprendizagem Weber (1998) explica:

"A aprendizagem em sistemas de RBC pode ser empregada ao nível dos casos e da base de casos. As bases de casos podem ser estendidas por processos incrementais de aprendizagem se a tarefa e o projeto do sistema permitirem. A partir de um pequeno conjunto de casos semente, a base de casos pode crescer com novos casos. A geração destes origina-se dos casos informados pelos usuários ou a partir de uma fonte externa. Os novos casos alvo são ou interpretados ou resolvidos pela tarefa do sistema. Nos sistemas de solução de problema, podem submeter-se a uma fase de adaptação e somente após são adicionados à memória".

"A aprendizagem no nível dos casos acontece como expressão da aprendizagem com a experiência. A parte do caso destinada ao resultado do emprego de determinada solução ou interpretação serve a este propósito. Mantém-se no caso o registro de seu desempenho ao ser utilizado. Assim, tanto sucessos como fracassos são informados incrementando o conhecimento e as lições embutidas no caso. O registro do resultado de reutilização pode prevenir o usuário com relação às possíveis conseqüências de seu uso. Este procedimento é valioso porque para compensar a inclusão de informações no caso, o sistema evita a reutilização de sugestões menos favoráveis resultando no incremento da qualidade da recuperação".

Leake (1996) comenta que na medida em que os casos vão sendo utilizados, pode-se colocar alguns atributos que apresentem o resultado da reutilização daquele caso. O processo de aprendizado em um sistema RBC não deve ser dirigido apenas pelo sucesso da aplicação de um caso recuperado em um caso de entrada. É importante também aprender com os fracassos, por dois motivos fundamentais: soluções falhas revelam a necessidade do aprendizado e revelam ao sistema o que deve ser aprendido.

#### 4.2.5 Ajuste da Situação

A etapa de ajuste da situação é necessária se o novo caso alvo não estiver representado da mesma forma que os casos da base; a meta é capturar a nova situação trazida pelo usuário e modelá-la na forma dos casos da base.

As diferenças entre a representação do novo caso alvo e os casos da base não referem-se apenas à modelagem, como também à possibilidade do caso estar incompleto, impreciso ou simplesmente por não incorporar o mesmo conjunto de características que possam ter sido inferidas durante a representação do caso.

O processo de ajuste da situação é incremental e pode ser desenvolvido antes ou durante a recuperação, em ciclos que refinam a indexação até a recuperação de um caso similar seja eficientemente concluída. Parte do processo ocorre antes da pesquisa, parte durante e se a avaliação inicial for pouco acurada ou incompleta para permitir a recuperação de casos úteis, parte ocorre após a pesquisa.

- é necessário fazer um ajuste da situação para descobrirmos de que tipo é a nova situação, o que é importante sobre ela e o que pode ser verdade além do que é óbvio;
- é feita uma avaliação dos detalhes e produzida uma interpretação da situação;
- a interpretação é mais completa que a situação em si, mas sujeita às idiosincrasias do raciocinador;
- pessoas podem interpretar de formas diferentes, assim como os programas;
- interpretações inexatas levam a conclusões pobres;
- podem ser necessárias várias interpretações para achar algo satisfatório.

Alguma interpretação sempre é necessária, pois a representação original da situação pode não ser similar a nada, pois sua descrição é feita usando índices ou características descritivas diferentes das usadas na biblioteca ou a representação original pode ser genérica o bastante para recuperar um grande número de casos, muito diferentes entre si, não sendo possível determinar qual o melhor entre eles.

O ajuste da situação pode ser controlado por um processo de três etapas:

**Antes da pesquisa:** definindo o contexto usando *check-list*

- implementação deste processo envolve preparar um *check-list* de dimensões a elaborar, juntamente com os procedimentos ou estratégias para realizar as elaborações;
- estas dimensões que dividem a biblioteca de casos em grandes grupos, cada um com tipos distintos de soluções ou resultados, são os índices primários;
- elaborações devem ser feitas antes da pesquisa aos índices primários.

**Durante a pesquisa:** refinando o contexto incrementalmente

- implementação deste processo usa o conteúdo da memória e sua organização para guiar a elaboração, podendo ser estático ou dinâmico;
- a versão estática usa redes de discriminação (árvores de decisão) e redes de discriminação redundantes, sendo navegadas fazendo perguntas aos nós;
- freqüentemente as respostas já são conhecidas, mas quando não, são deduzidas.

**Após a pesquisa:** redefinindo o contexto

- ajuste da situação é o processo que avalia uma situação para determinar onde na base de casos (memória) existe conhecimento para lidar com a nova situação;
- não podemos resolver bem um problema sem entender ele próprio e o contexto envolvido;
- a compreensão pode evoluir com o passar do tempo e o ajuste inicial pode não ser bom;
- os procedimentos de ajuste da situação deveriam poder reavaliar ou redefinir a situação.

Quando o contexto é redefinido, muda-se os valores de um ou mais descritores primários do caso, aqueles que são mais preditivos. Poucos sistemas baseados em casos fazem isso, não há muita metodologia de como fazer e os sistemas que implementam a redefinição o fazem em resposta a fracassos.

#### 4.2.6 Indexação

As informações são indexadas para que possam mais fácil e rapidamente serem recuperadas. A indexação é feita a partir de um conjunto de características que representam um caso, sendo sua função orientar a avaliação da similaridade dos casos da base.

De acordo com Kolodner e Leake (1996), os índices de um caso são combinações de descritores, capazes de estabelecer distinções entre os casos existentes.

A indexação determina o que deve ser comparado entre os casos para avaliar sua similaridade no intuito de recuperar os casos mais úteis para resolver ou interpretar o novo caso.

A metodologia RBC além de usar índices com os objetivos de facilidade e rapidez na recuperação, também usa-os para realizar eficientemente a atribuição de similaridade entre os casos (Watson, 1997).

Dois aspectos devem ser enfocadas ao tratar os índices: o primeiro é definir o vocabulário e o segundo é como estes índices vão ser valorados. O sucesso do vocabulário de índices é determinado pelo conhecimento do domínio que o especialista possui, portanto este processo pode ser considerado uma representação do conhecimento (Kolodner, 1996).

O principal objetivo da indexação é criar índices para diferenciar um caso do outro, atendendo aos vários objetivos das recuperações futuras. Uma difícil tarefa na definição dos índices é prever que tipos de necessidade irão surgir e que tipos de informações serão necessárias para recuperar casos (Leake, 1996).

Bons índices devem satisfazer as seguintes propriedades (Kolodner, 1993):

- ser suficientemente abstratos a fim de recuperar casos relevantes numa grande variedade de situações futuras;
- ser suficientemente concretos para serem facilmente identificados em situações futuras.

Segundo Kolodner (1993) e Watson (1997), os índices devem ser:

- **prognósticos:** um caso é uma descrição de um problema. Muitas combinações com as características de um problema são levados em conta como responsáveis pelas diferentes escolhas para atingir uma solução. As combinações do problema, as soluções das características e os fatos do domínio são responsáveis para atingir um resultado no domínio do problema. A combinação das características responsáveis por alguma parte da solução do problema ou, do resultado do domínio é chamado "preditivo" da parte da solução ou, do resultado que está influenciando;
- **abstratos:** os casos são específicos e, a estruturação dos índices para eles, necessita ser feita de tal forma que estes possam ser usados em uma variedade de situações apropriadas. Esta abordagem indica que os índices devem ser mais abstratos que os detalhes de um caso particular, pois serão usados para generalizar conceitos.
- **concretos:** os índices necessitam ser concretos de maneira que eles possam ser reconhecidos por uma pequena inferência pelo sistema no futuro;
- **variar com o domínio e com a tarefa do sistema.**

Da mesma forma que índices permitem acelerar a busca em bancos de dados, eles são utilizados no sistemas RBC para acelerar a recuperação de casos. Existem dois tipos de informação dentro de um caso (Watson, 1997):

- indexada, utilizada para recuperação;
- não indexada, que oferece informação contextual de valor para o usuário não usada diretamente na recuperação.

Kolodner (1993) apresenta o problema de indexação em duas etapas:

- definição do vocabulário de indexação;
- atribuição dos índices.



Para a seleção do vocabulário de indexação são propostas duas abordagens, de lembrança e funcional. A abordagem de lembrança é intuitiva porque é naturalmente empregada por especialistas humanos quando selecionam um índice: a busca pelos aspectos relevantes que são levantados quando resolvem problemas.

A abordagem funcional prevê três méritos com relação aos casos:

- quais dimensões podem incorporar as tarefas pretendidas pelo sistema;
- quais casos informam os valores para as dimensões;
- qual o nível de abstração que deve ser considerado.

A abordagem funcional é conduzida através da realização de cinco tarefas:

- seleção de casos suficientes para contemplar o universo de domínio;
- identificação das lições ensinadas pelas experiências;
- identificação do contexto no qual as lições são ensinadas ou são válidas;
- descrição dos índices que permitirão a recuperação quando cada contexto ocorrer procurando por situações genéricas que caracterizam seu conteúdo;
- seleção das dimensões que podem representar os índices.

Ambas abordagens para a seleção do vocabulário de indexação visam decifrar as seguintes questões:

- quais dimensões são suficientes para descrever índices que permitam uma recuperação eficiente para cada tarefa que o sistema se propõe a desempenhar e que ainda incorpore a especificidade suficiente para distinguir tais tarefas;
- quais são os valores a serem atribuídos às dimensões para garantir que cada caso possa ser recuperado para a realização das tarefas propostas;
- qual o nível de detalhe destas dimensões que não comprometa expansões futuras.

Weber (1998) coloca que o processo de indexação é uma oportunidade de superar a deficiência de experiências mal descritas e torná-las úteis e valiosas na realização da tarefa do sistema. A correta interpretação da experiência a partir da perspectiva do especialista, permitindo a identificação do significado intrínseco e da correlação entre as entidades ativas participantes na experiência. Uma forma de buscar tais relações é tentar representar as correspondências entre as causas e conseqüências, razões e soluções.

#### 4.2.7 Avaliação

Segundo Weber (1996), a avaliação de um sistema de RBC pode ser feita adequando os métodos de validação de outros sistemas inteligentes, porém os próprios sistemas baseados em RBC possuem um conjunto de técnicas de validação exclusivas.

Em termos gerais, estas são algumas das características a serem consideradas para avaliação de sistema de RBC:

- características técnicas: estabilidade e operacionalidade;
- escolha do problema: se o problema é próprio para o tipo de raciocínio;
- características organizacionais: se o sistema é adequado à operação dentro de uma organização;
- características econômicas: retorno do investimento, aumento na qualidade de serviços;
- características estratégicas: se a memória de casos pode ser vista como um ativo;
- qualidade e eficiência com relação à recuperação, adaptação, representação dos casos e aprendizagem;
- com relação à aprendizagem: além de avaliar a eficiência e qualidade, deve ser considerado se o aumento de robustez resultante da aprendizagem irá realmente beneficiar a qualidade do sistema ou diminuir sua velocidade, utilidade e eficiência;
- avalia-se o sistema comparativamente em dois momentos: num primeiro, apenas compara-se o sistema ao especialista e num segundo, o especialista utiliza o sistema como um assistente. Nesta etapa, calcula-se os percentuais em que o especialista utilizou as sugestões oferecidas pelo sistema.

### 4.3 Aprendizagem Baseada em Casos

Diversas pesquisas feitas atualmente no campo da IA podem ser utilizadas para definir e implementar uma grande variedade de métodos para ensino e aprendizado, abrindo caminho para identificar a existência de várias formas de "aprender".

Costa (1999) coloca que um dos métodos que podem contribuir para a educação é a Aprendizagem Baseada em Casos (Schank, 1991), onde os estudantes adquirem novos conhecimentos a partir da exploração de situações em uma grande biblioteca de experiências passadas. O propósito é tentar aplicar soluções já testadas no problema a ser resolvido. O enfoque é fazer com que os alunos não sejam meros aplicadores de regras pré-estabelecidas, mas buscar analogias, aplicá-las e tentar explicar suas próprias regras de decisão.

Aborda ainda que, no enfoque educacional, os casos podem ser explorados como situações a serem apresentadas aos estudantes para que estes tentem encontrar soluções adotadas anteriormente em problemas semelhantes, sintetizá-las, aplicá-las na nova solução e ainda fornecer as explicações que motivaram a escolha. Estes aspectos fazem com que o uso de casos seja interessante como uma ferramenta no processo de ensino/aprendizagem.

No seu trabalho cita Khan e Yip (1996), que apresentam 14 princípios pedagógicos que têm contribuído para o desenvolvimento de sistemas de ensino baseado em casos:

- **Ensino baseado em estórias:** explora o interesse inerente dos estudantes de aprender através de estórias e o desejo básico de professores e especialistas por contar estórias que encapsulam suas experiências;
- **Ensino auto direcionado:** os estudantes são motivados a refinar seus modelos cognitivos de um domínio por auto exploração de um ambiente. Este ambiente deve permitir que os modelos possam ser testados;
- **Instrução significativa:** estórias são melhor apresentadas em um contexto que habilite o estudante determinar onde ele está no conteúdo e como ele poderia se conectar a outras estórias;
- **Ensino dirigido ao impasse:** estórias poderiam ser utilizadas para ilustrar pontos pedagógicos somente quando o estudante necessita saber a informação;
- **Instrução centrada na tarefa:** habilidades devem ser ensinadas em tarefas onde o conhecimento é normalmente aplicado;
- **Ensino dirigido a falha:** estudantes deveriam ser motivados a aprender a partir de situações de falha durante a execução de uma tarefa;

- **Ensino dedutivo:** pessoas aprendem sobre um domínio deduzindo regras generalizadas a partir de casos dados. Portanto, o ensino pode ocorrer através da apresentação de exemplos bem escolhidos;
- **Congruência instrucional:** uma seleção conduzida de exemplos assegura a realização de metas instrucionais pretendidas e evita erros de entendimento;
- **Raciocínio analógico:** estudantes utilizam a lembrança de soluções passadas para resolver novos problemas. Estas soluções podem ainda ser generalizadas para serem aplicadas em outros domínios. Esta análise pode ser considerada o processo de entendimento por parte do estudante;
- **Estratégias de elaboração:** estudantes podem aprender a criar suas próprias explicações se eles aprendem boas estratégias para elaborar o conteúdo dos exemplos trabalhados;
- **Auto explicação:** estudantes aprendem através da construção de explicações que os ajudam a entender o conteúdo. Desta forma, o entendimento do estudante pode ser testado pela análise de suas explicações;
- **Perguntas explicativas:** estudantes aprendem através de respostas dadas a um conjunto de perguntas investigativas;
- **Explicações derivativas:** professores incorporam suas explicações passadas na derivação de novas explicações;
- **Auxílio à memória:** humanos funcionam melhor quando são assistidos por uma memória externa que os auxilia com raciocínio analógico.

Conclui que alguns destes princípios estão claramente presentes nos trabalhos de Schank et al (1994) quando ele explora o raciocínio baseado em casos para a construção de explicações.

#### 4.4 Conclusões

O uso da metodologia de RBC e sua aplicação em ambientes de aprendizagem é embasada por uma ampla teoria cognitiva: o processo de lembrar, como fenômeno na resolução de problemas. O processo de reutilizar episódios passados corresponde a uma forma freqüente e poderosa do raciocínio humano.

A teoria cognitiva, baseada na resolução de problemas por meio de casos foi desenvolvida por Schank em 1982, inspirada nos principais resultados da pesquisa de como organizar uma memória dinâmica e qual é a influência da lembrança no processo de entendimento.

Sua aplicação como suporte a implementação de ambientes de aprendizagem permite fazer uso das principais características:

- RBC não requer uma modelagem explícita do domínio;
- sua implementação é reduzida a identificar as características significantes que descrevem um caso;
- grandes volumes de informação podem ser gerenciados;
- a atualização do conhecimento pode ser feita automaticamente, na medida que as experiências são utilizadas, assim o sistema pode crescer e incrementar sua robustez e eficiência;
- as justificativas são sempre consistentes com as soluções por serem as próprias experiências, representando mais um aspecto de proximidade ao comportamento humano do paradigma;
- não é necessário que o sistema entenda perfeitamente as condições e circunstâncias do problema para propor uma solução

Estas características são importantes para aplicações no ensino. Interpretar um problema e justificar esta interpretação é uma forma interessante de construir conhecimento sobre um domínio, podendo ser utilizados por alunos em uma sala de aula. O professor pode orientar o processo RBC de forma com que os alunos sejam os executores do ciclo, com o auxílio de uma ferramenta computacional adequada.

## CAPÍTULO 5

### Proposta de Estrutura para um Ambiente de Aprendizagem

#### 5.1 Introdução

Neste capítulo será descrita a proposta de estrutura para um Ambiente de Aprendizagem de Lógica de Programação, respeitadas as considerações teóricas vistas nos capítulos anteriores.

O processo ensino-aprendizagem de lógica de programação tem mudado muito pouco com o passar dos anos e permanece alheio aos avanços tecnológicos disponíveis para uso em sala de aula.

O procedimento usual utilizado nas disciplinas dos cursos técnicos é composto pelas seguintes etapas:

- o professor coloca um problema para resolução pelo conjunto de alunos;
- mostra os conceitos novos envolvidos e/ou a particularidade do problema;
- acompanha o desenvolvimento dos alunos quando solicitado, ou de maneira aleatória de acordo com a movimentação daqueles que buscam ajuda nos colegas;
- após um tempo pré-determinado ou quando a maioria aparenta ter resolvido o problema, apresenta e comenta uma possível solução;
- ressalta os erros cometidos com maior freqüência pelo conjunto dos alunos durante o desenvolvimento.

Apesar de amplamente utilizado, este sequenciamento de atividades leva ao surgimento dos seguintes problemas:

- indiferenciação do nível de conhecimento anterior de cada elemento do grupo de alunos;
- força um tempo padrão de resolução de problemas, levando os que tem facilidade a esperar para confirmar sua solução e ao truncamento do encaminhamento dos que tem dificuldade;
- não estimula a busca por soluções alternativas;
- não sistematiza o registro das soluções com algum tipo de problema (que em geral são apagadas);
- não permite a observação individual das etapas empregadas na solução;
- dificulta a realização de atividades de "recuperação" no momento em que são exigidas.

Baseado no diagnóstico dos problemas mais comuns ocorridos em sala de aula, propomos a estrutura de um ambiente de aprendizagem que busca solucionar as deficiências encontradas e avançar no sentido de proporcionar aos alunos e professores um instrumento que facilite e estimule as atividades cotidianas.

O ambiente deve satisfazer os requisitos sobre a perspectiva cognitiva, permitindo ao aluno modificar seu conhecimento, facilitando a representação e manipulação do objeto de estudo de forma individualizada e no tempo correto, a perspectiva social permitindo a atuação em grupos na resolução dos problemas e a perspectiva gerencial para o acompanhamento sistemático dos projetos e comunicação professor-aluno.

A infra-estrutura computacional requerida para uso em uma aula presencial é composta pelo sistema operacional Windows95<sup>1</sup> ou superior e seus recursos de gerenciamento de rede local, amplamente utilizados e disponíveis na maioria dos ambientes escolares.

---

<sup>1</sup> Windows é marca registrada da Microsoft Corporation.



## 5.2 O professor mediador

A aprendizagem mediada é a forma através da qual o estímulo emitido pelo meio se transforma através de um agente, geralmente professores e pais (Santos, 1995). Heywood apud Santos, coloca que a característica mais marcante dos educadores num currículo cognitivo é o estilo mediador. Seu objetivo principal é extrair, à partir das experiências anteriores dos alunos, a aprendizagem de princípios e estratégias generalizáveis de percepção do mundo, de pensamento sistematizado e de solução de problemas.

O desenvolvimento cognitivo do indivíduo é resultado combinado da exposição direta ao mundo e da experiência mediada, pela qual a cultura se transmite.

O professor mediador deve fazer com que o aluno seja mais eficiente em aprender como aprender, generalizando os processos de solução de problemas.

Seu objetivo final deve ser aumentar a atividade metacognitiva dos alunos, fazendo que analisem e reflitam sobre seus processos, levando a uma abordagem sistêmica de solução de problemas, resumizando suas estratégias cognitivas.

Santos coloca que são quatro os critérios de mediação nas experiências de aprendizagens:

- intencionalidade e reciprocidade
- transcendência
- mediação do significado
- mediação do sentimento de competência

Conclui dizendo que três aspectos são essenciais no processo de formação de professores mediadores: o referencial teórico-pedagógico que possibilite clareza de seu papel no desenvolvimento cognitivo e sócio-afetivo, o conhecimento dos conteúdos programáticos específicos e a apropriação da cultura de informática.

Pela pertinência do papel do professor mediador em ambientes de aprendizagem e a identificação com os pressupostos adotados neste trabalho, adotaremos esta nomenclatura para fazer referência ao trabalho docente.

### 5.3 Recursos necessários

Os usuários do ambiente de aprendizagem são os mesmos atores de uma aula presencial, ou seja, professores-mediadores e alunos. Cada um tem interesses e necessidades distintas e o sistema deve oferecer os seguintes recursos:

Aos alunos:

- acesso as situações problema individualizadas
- suporte a construção e representação de seu conhecimento
- colaboração entre seus pares
- visualização sistemática de suas propostas de solução para um problema
- uma proposta similar comentada pelo professor
- outras soluções para o mesmo problema

E aos professores:

- facilidade para elaboração e disponibilização das situações problema;
- acompanhamento da evolução do raciocínio lógico de forma individualizada;
- avaliação e comentário das propostas;
- manutenção de uma biblioteca de propostas comentadas;
- gerenciamento da evolução da aprendizagem do conjunto de alunos.

Como característica geral o sistema deve permitir a todos os usuários acesso aos recursos à partir de qualquer máquina ligada a *intranet* da instituição desde que nela esteja instalado o ambiente.

Outro aspecto fundamental é que toda a informação gerada pelos usuários seja armazenada no servidor de dados, permitindo maior flexibilidade no acesso à partir de qualquer estação da rede.

## 5.4 Arquitetura geral

O sistema proposto deve possuir uma arquitetura tipo cliente-servidor amplamente utilizado em aplicações corporativas. Uma das grandes vantagens deste tipo de arquitetura é a diminuição do tráfego de informações pela rede pois o servidor é responsável pelas seguintes tarefas:

- realizar o processamento necessário para atender às solicitações dos clientes;
- servir como mediador na comunicação entre os usuários;
- armazenar todos os dados inerentes ao sistema;

A arquitetura geral do ambiente pode ser vista na figura 5.1. Os usuários que acessam o sistema através da unidade cliente. A *intranet* é o meio de comunicação entre os clientes e o servidor.

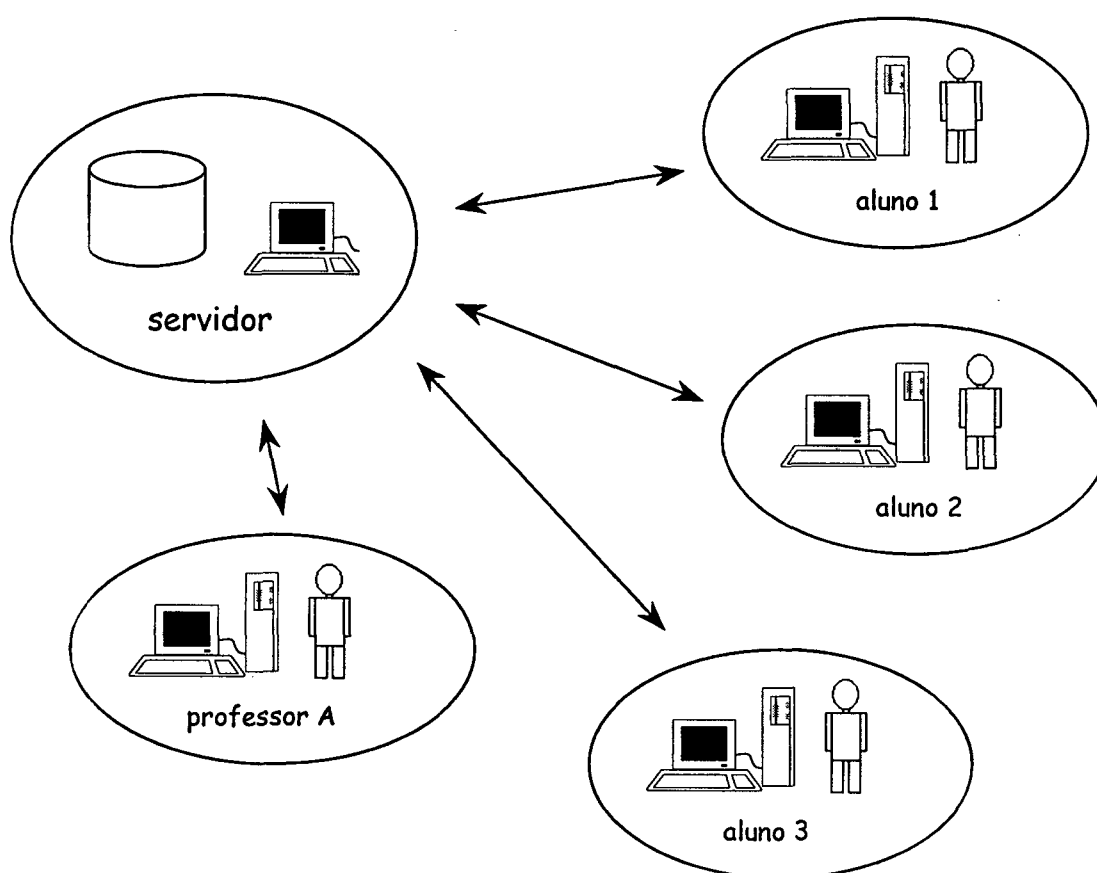


Figura 5.1 - Arquitetura geral do ambiente

## 5.5 Modelo do ambiente de aprendizagem

O modelo do ambiente parte do ciclo RBC clássico proposto por Aamodt e Plaza (1994), adaptado a uma situação particular de aprendizagem (figura 5.2).

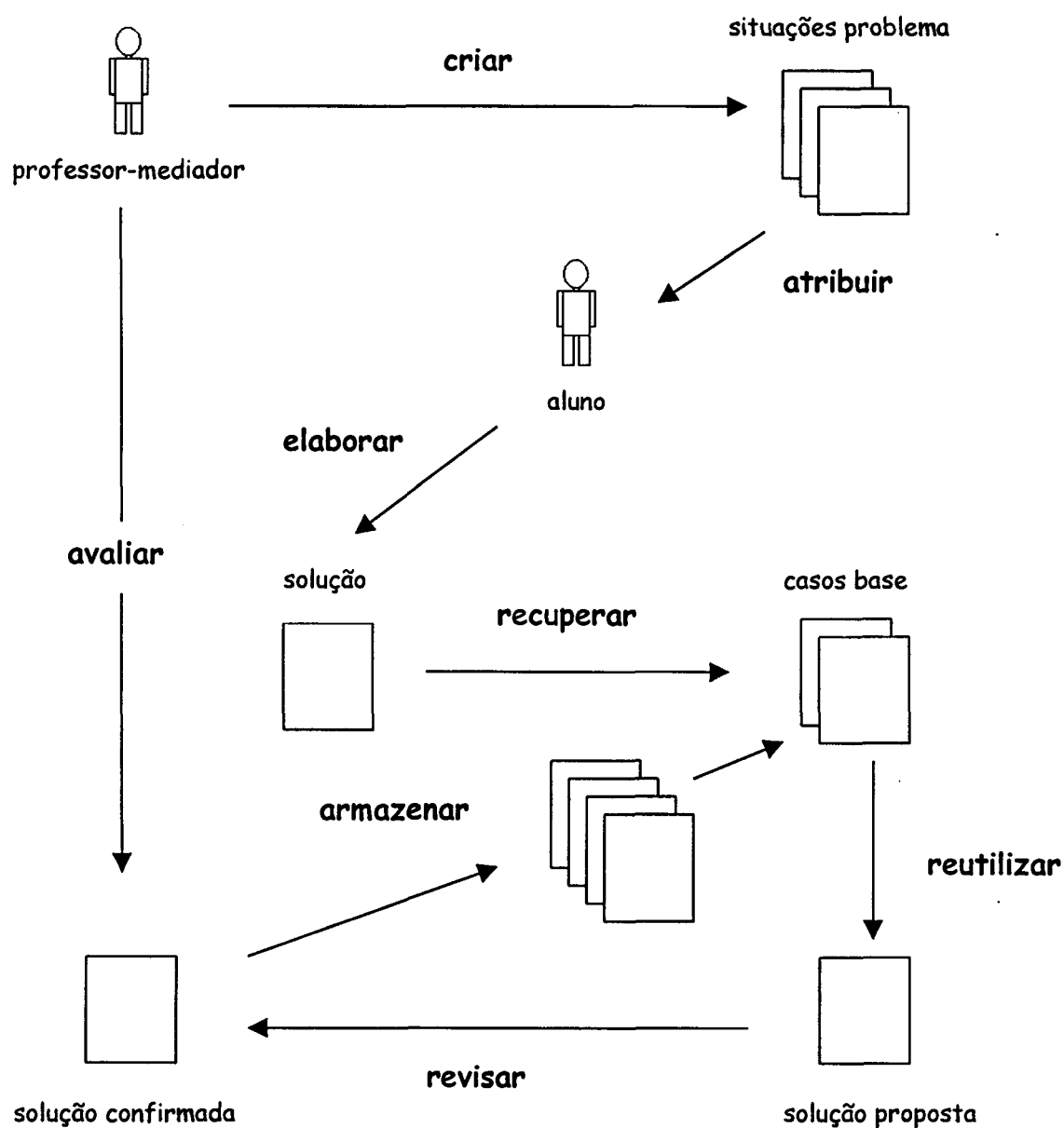


figura 5.2 - Modelo do Ambiente de Aprendizagem

O professor deve dispor de um ambiente onde possa cadastrar os alunos participantes, inclusive com identificação visual e as situações problema que deseje trabalhar. O ambiente deve permitir que as atribuições de problemas aos alunos seja feita de forma individualizada, respeitando o avanço e a velocidade de aprendizagem de cada um, podendo diminuir ou aumentar o grau de complexidade das situações trabalhadas.

A aprendizagem de lógica de programação, na premissa utilizada no ambiente proposto, deve levar em consideração a bagagem de conhecimentos e conceitos que os alunos já trazem de outras disciplinas do currículo de segundo grau, especialmente os de matemática e português. De posse do problema a ser solucionado o aluno pode desenvolver seu raciocínio lógico na forma de algoritmo estruturado ou na linguagem de programação que estiver estudando no momento.

O RBC tem capacidade de avaliar a solução sem conhecer os detalhes básicos do problema, utilizando apenas as experiências anteriores. Esta é uma das grandes vantagens de sistemas de RBC sobre as outras técnicas de IA, que é a de não exigir que todo conhecimento seja representado de forma explícita, pois as soluções são obtidas através da reutilização de casos passados.

Diferentemente da forma tradicional de atuação dentro de sala de aula, onde raramente o professor tem condições de acompanhar o processo de desenvolvimento da solução, avaliando somente o produto, o ambiente proposto permite registrar cada etapa da construção lógica.

Esta característica permite ao professor, mesmo quando a aula não for presencial, verificar a linha de raciocínio do aluno e o uso da técnica de "tentativa e erro" para solução do problema.

Com a utilização do modelo o aluno ganha autonomia em relação ao professor pois consegue comparar sua solução as constantes na base de casos, que já estão devidamente comentadas. Isto permite aos alunos com problemas no encaminhamento da solução consultar as orientações dadas em casos similares aos seus antecessores.

Outra característica interessante é possibilitar aos que tem uma solução adequada para o problema, conhecer outras possíveis soluções já registradas. Esta componente de cooperação entre os estudantes reforça a importância da interação social no processo de aprendizagem.

## 5.6 Ambiente PROFESSOR MEDIADOR

O ambiente professor apresenta quatro requisitos necessários para o seu funcionamento. O primeiro requisito funcional para o sistema é disponibilizar ao professor as funções de cadastro - inserção, edição e remoção - de alunos e situações problema.

Com relação aos alunos deverão ser armazenadas as seguintes informações pessoais:

- nome;
- curso e turma;
- filiação;
- endereço;
- telefone;
- data de nascimento;
- endereço de correio eletrônico;
- fotografia.

Estas informações podem ser migradas dos sistemas corporativos da instituição ou informadas no próprio ambiente, no caso de alunos matriculados em disciplinas isoladas e alunos de convênios com outras instituições de ensino.

Sobre as situações problema deverão ser armazenadas:

- código da situação;
- seu enunciado;
- imagem da figura que se pretende obter.

O segundo requisito é atribuição de situações problema aos alunos de forma individualizada. O ambiente deve permitir que à partir da lista de alunos cadastrados o professor selecione um deles e tenha a confirmação do mesmo através de sua fotografia.

Todas as situações atribuídas anteriormente a cada aluno devem ser visualizadas antes do sistema armazenar os códigos das novas situações, a data de atribuição e recuperar os enunciados e as figuras correspondentes.

A base de casos deve ser implementada em uma estrutura de banco de dados em rede, permitindo inclusão, alteração, exclusão e consulta aos mesmos, de qualquer computador ligado a intranet da instituição que tenha o aplicativo cliente instalado.

A integridade das informações deve ser garantida a nível do banco de dados, não sendo possível, por exemplo, a eliminação por parte do mediador de uma situação problema que esteja atribuída a um aluno.

O terceiro requisito funcional é permitir ao professor avaliar e comentar todas as propostas de solução registradas no ambiente pelos alunos. Esta etapa representa um papel fundamental na concepção pedagógica do modelo, devendo permitir observar o encaminhamento lógico e as dificuldades encontradas no processo de elaboração das soluções.

O pressuposto adotado é que toda vez que o aluno encontre algum tipo de dificuldade recorra ao ambiente para buscar um caso similar ao seu. Mas para que a busca se processe, ele deve armazenar sua proposta no estágio atual, devidamente justificada, permitindo ao professor saber em que momentos e por quais motivos o aluno aciona o sistema.

Esta trilha de progresso deve fornecer ao professor os subsídios necessários para atribuir novos problemas ao aluno, avançando ou retrocedendo conforme o estágio de desenvolvimento individual.

Para que esta etapa possa ser realizada o ambiente deve recuperar as propostas que não foram avaliadas e disponibilizar as seguintes informações ao professor:

- nome e fotografia do aluno
- enunciado do problema
- proposta de solução
- justificativa
- índices levantados
  - número de instruções
  - quantidade de instruções
  - número de variáveis
  - quantidade de estruturas de seleção
  - quantidade de estruturas de repetição
- data e hora que a proposta foi armazenada

Baseado nessas informações, o professor deve registrar seus comentários sobre a solução elaborada, indicando possíveis encaminhamentos em caso de deficiências ou sugerindo melhorias.

O quarto requisito, que completa o ciclo do ambiente do professor é o armazenamento das soluções comentadas na biblioteca de casos. Este processo deve ser executado após a determinação do que o novo caso tem a contribuir com a biblioteca. A implementação de um analisador sintático e semântico deve permitir automatizar esta etapa, diminuindo a carga de trabalho do professor.



## 5.6 Ambiente ALUNO

O ambiente aluno apresenta cinco requisitos funcionais para realização das atividades apresentadas no modelo proposto. O primeiro requisito é disponibilizar condições para que o aluno possa elaborar soluções para as situações problema atribuídas pelo professor.

Uma proposta de solução, no ambiente proposto é representado pelos seguintes atributos:

- enunciado do problema
- algoritmo da proposta de solução
- imagem obtida
- justificativa da solução adotada
- índices
  - quantidade de instruções (qi)
  - número de instruções (ni)
  - quantidade de variáveis (qv)
  - quantidade de estruturas de repetição (qer)
  - quantidade de estruturas de seleção (qes)
- data e hora de armazenamento

De posse do enunciado, o aluno deve elaborar seu algoritmo em português estruturado diretamente no ambiente e proceder a uma análise sintática e semântica pelo compilador. Vencida esta etapa deverá visualizar e registrar a imagem obtida para detectar possíveis problemas ou confirmar a proposta.

O registro da justificativa da solução adotada é fundamental para criar um mecanismo de pensar sobre o seu pensar. O ato reflexo de tentar explicar o encaminhamento adotado deve permitir ao professor, em um segundo momento, detectar quais mecanismos cognitivos devem ser acionados para superar o impasse em que o aluno se encontra.

Outro mecanismo previsto para levar o aluno a refletir sobre a solução é a valoração dos índices empregados.

Apesar da atividade de levantamento de índices ser trivial se realizada automaticamente pelo ambiente, do ponto de vista pedagógico é altamente interessante ser efetuado manualmente pelos alunos pois deve fazer com que reflitam sobre as principais características adotadas em cada solução particular.

O segundo requisito funcional é permitir ao aluno recuperar casos da biblioteca toda vez que apresente lacunas em seu desenvolvimento ou acredite ter chegado a uma solução satisfatória para um problema.

O objetivo principal da recuperação de casos deve ser mostrar ao aluno casos anteriores comentados pelo professor que contenham algo a ensinar. A estratégia de armazenar os casos corretos e os que apresentaram alguma deficiência deve trazer uma riqueza incomum ao ambiente. É extremamente importante para o processo ensino-aprendizagem de lógica a identificação e compreensão dos tipos de erros mais comuns cometidos.

Pela análise comparativa entre o algoritmo proposto e os casos recuperados pretende-se estimular outra atividade tão importante quanto a elaboração de uma solução que é a interpretação de outras efetuadas por seus pares.

Para efetivar a recuperação é necessário o estabelecimento da similaridade entre o caso alvo e os casos da base (figura 5.3). O ambiente deve comparar os índices levantados pelo aluno na sua solução e os armazenados em cada caso da base para um mesmo tipo de problema, determinando sua distância. A tipificação dos problemas é determinada pelo enunciado do mesmo.

Os valores calculados devem estar na faixa [0-1], representando uma similaridade ruim para o valor zero e uma similaridade excelente para o valor um. A estabelecimento do fracionamento dos valores para cada índice, deve ser estudado na fase de implementação pelos especialistas, visando calibrar o sistema dentro do contexto pretendido.

Os pesos relativos dos índices ( $p_{qi}$ ,  $p_{ni}$ ,  $p_{qv}$ ,  $p_{qer}$ ,  $p_{qes}$ ) devem ser parametrizados no sistema permitindo ao professor alterá-los em função do nível de complexidade dos problemas elaborados.

$$\text{Similaridade} = \left( \frac{\Delta q_i * p_{qi} + \Delta n_i * p_{ni} + \Delta q_v * p_{qv} + \Delta q_{er} * p_{qer} + \Delta q_{es} * p_{qes}}{p_{qi} + p_{ni} + p_{qv} + p_{qer} + p_{qes}} \right)$$

figura 5.3 - Função de similaridade

Após a determinação da medida de similaridade e a classificação em ordem decrescente, o ambiente deve exibir o algoritmo, o comentário do professor, a imagem obtida e o valor da similaridade para cada caso da base recuperado.

Em razão da quantidade de situações passíveis de serem recuperadas, o professor deve poder estabelecer o limite de casos mostrados através de um número máximo ou em função de um valor de corte para a similaridade. Em ambos os casos os valores devem ser tratados como parâmetros do ambiente.

Esta limitação, do ponto de vista didático, é justificada pelo fato do aluno dificilmente poder analisar uma quantidade muito grande de casos, muitas vezes com diferenças sutis, quando já tem alguma dificuldade de aprendizagem.

O terceiro requisito é proporcionar mecanismos para o aluno revisar seus encaminhamentos anteriores, introduzindo um olhar sistêmico no processo de resolução de problemas.

O ato de retornar e tomar consciência de todas as etapas trilhadas na elaboração de uma solução é importante pois muitas vezes, no método da tentativa e erro, o aluno volta ao mesmo ponto por apagar no caderno ou "salvar em cima" no computador os passos anteriores.

Outro motivo extremamente importante no processo de construção de estruturas lógicas é a reutilização de soluções adotadas em outros problemas de menor complexidade que podem ser aproveitados em situações mais complexas.

Criar o hábito de usar o que já foi testado e funciona é fundamental para o desenvolvimento do conceito de orientação a objeto.

Para tornar efetivo este requisito o ambiente deve retornar, à partir da identificação do aluno, todo o conjunto de propostas de solução já elaboradas por ele e comentadas pelo mediador, classificadas por antigüidade.

Baseado neste material, o aluno deve alterar a proposta em que esteja trabalhando antes de submetê-la novamente ao ambiente.

O quarto requisito funcional é permitir aos alunos comentarem as soluções uns dos outros, reforçando ainda mais a aprendizagem colaborativa e introduzindo no ambiente algo que já acontece naturalmente em sala de aula.

Esta prática permite ao aluno desenvolver a habilidade de interpretação do raciocínio lógico, tornado a análise crítica uma base do desenvolvimento cognitivo e social.

O quinto e último requisito funcional do ambiente ALUNO é a criação de um quadro de avisos para uso comunitário. Organizado por data, este mecanismo deve permitir a troca de mensagens, informações e avisos em formato livre, funcionando como uma lousa em sala de aula.

## 5.7 Conclusões

Foi apresentada neste capítulo a estrutura do ambiente de aprendizagem, representada por sua arquitetura geral, modelo e requisitos para implementação.

Algumas características relevantes foram consideradas em relação ao seu aspecto cognitivo:

- ativar os recursos cognitivos do sujeito;
- promover situações de confronto e desequilíbrio entre o objeto conhecido e o por vir;
- proporcionar informação de retorno (*feedback*);
- estimular o teste de hipóteses;
- apresentar situações de aprendizagem em áreas de domínio de conhecimento específico;
- registrar o processo de desenvolvimento cognitivo do aluno;
- sistematizar o processo de desenvolvimento de problemas.

Com a estruturação proposta espera-se contribuir para tornar o processo ensino-aprendizagem mais dinâmico e participativo respeitadas as diferenças individuais dos alunos e as expectativas pedagógicas dos professores.

## CAPÍTULO 6

### Implementação do Ambiente de Aprendizagem

#### 6.1 Introdução

Neste capítulo será descrita a implementação do Ambiente de Aprendizagem de Lógica de Programação, cujo protótipo foi desenvolvido em Visual Basic for Applications<sup>1</sup>. Aplicações que envolvem a manipulação de bases de dados exigem uma plataforma de desenvolvimento que forneça acesso a sistemas de gerenciamento de bases de dados.

No desenvolvimento deste sistema optou-se pela utilização do gerenciador de base de dados Access<sup>2</sup>, em virtude do produto já estar instalado nos laboratórios do Núcleo de Informática e Sistemas.

A escolha da linguagem de programação foi determinada pelos seguintes aspectos:

- rapidez para prototipação;
- total integração com o gerenciador da base de dados;
- facilidade para criação de aplicativos cliente-servidor;
- suporte para uso da *intranet* corporativa;
- independência da interface dos componentes do sistema;
- cultura organizacional.

Na implementação do modelo foi estruturado um ambiente para uso do aluno e outro para o professor, diferenciados por um esquema de cores, conforme mostra a figura 6.1.

---

<sup>1</sup> Visual Basic for Applications é marca registrada da Microsoft Corporation.

<sup>2</sup> Access é marca registrada da Microsoft Corporation.

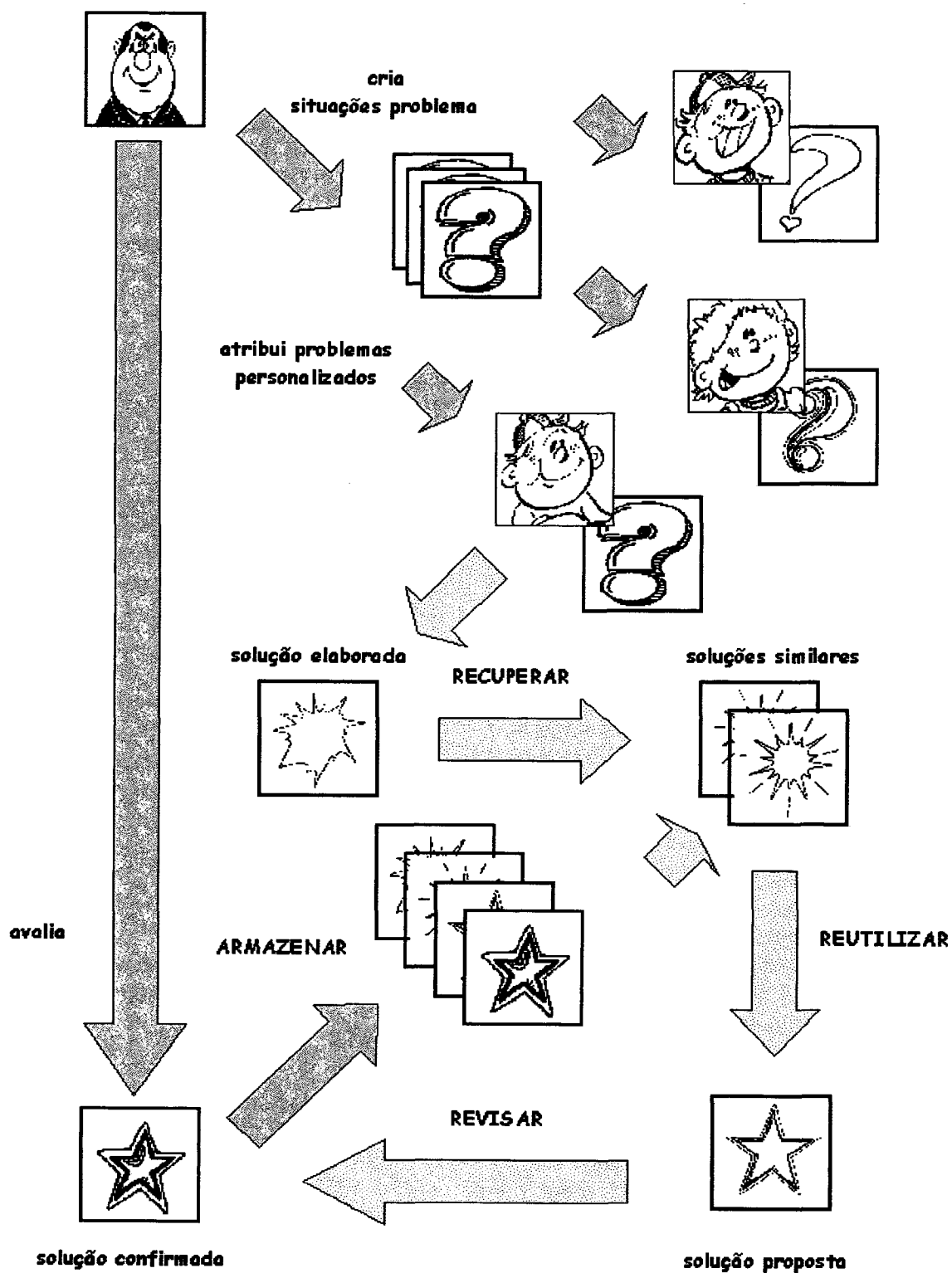


figura 6.1 - Interface Ambiente de Aprendizagem

## 6.2 Interface

O ambiente permite a utilização de dois tipos de interface por parte dos usuários. A primeira interface (figura 6.1) é baseada no próprio modelo do ambiente de aprendizagem que foi transformado em um mapa clicável, bastando o usuário clicar sobre a região que contém o ícone que deseja acionar.

A segunda, mais convencional, utiliza a estrutura de menus pull-down e botões para acesso aos principais elementos e comandos do sistema.

Ambas estão disponíveis todo o tempo, podendo o usuário utilizá-las de forma conjunta se assim o desejar.

O menu do Ambiente PROFESSOR MEDIADOR permite as seguintes funções (figura 6.2):

- configurar os parâmetros do sistema
- cadastrar os alunos
- gerenciar a formação de turmas
- criar as situações problemas
- atribuí-las de maneira individual aos alunos
- avaliar as propostas apresentadas
- armazenar casos novos na biblioteca
- gerenciar a biblioteca de casos

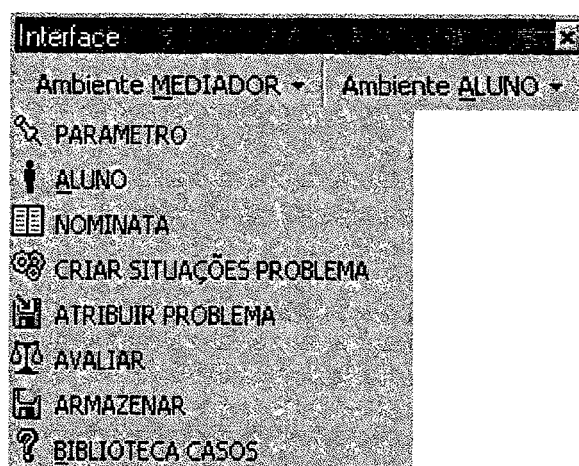


figura 6.2 - Interface Ambiente MEDIADOR



O menu do Ambiente ALUNO permite as seguintes funções (figura 6.3):

- elaborar soluções para os problemas atribuídos
- recuperar casos da biblioteca
- revisar suas soluções

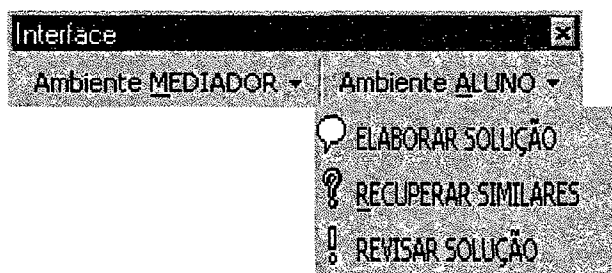


figura 6.3 - Interface Ambiente ALUNO

A barra de ferramentas (figura 6.4), disponibiliza botões para realizar as seguintes funções padrão:

- sair do sistema
- fechar formulário
- visualizar, configurar e imprimir
- salvar um formulário ou registro
- desfazer a última ação
- recortar, copiar e colar
- localizar registros
- mover entre os registros da base
- incluir e excluir registros
- acionar a interface clicável
- acessar o quadro de avisos



figura 6.4 - Barra de ferramentas padrão

### 6.3 Elaboração de situações problema

Esta função permite ao professor manter uma biblioteca de situações problema de forma fácil e dinâmica. Uma situação problema é composta por um número de ordem, o enunciado e uma imagem orientativa. O uso da imagem tem dupla função: ao professor facilita a administração e localização dos problemas e ao aluno ajuda a visualizar o elemento gráfico a ser obtido, quando necessário. A figura 6.5 mostra o exposto:

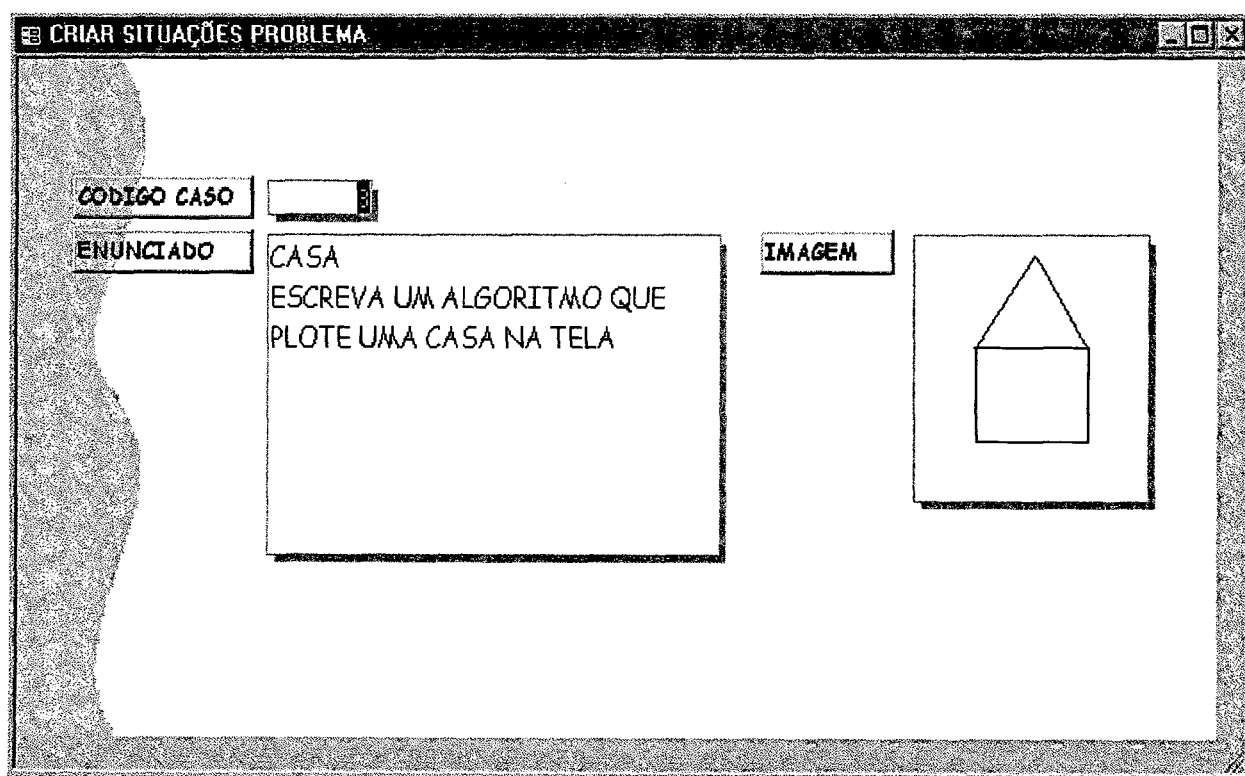


figura 6.5 - Elaboração de situações problema

## 6.4 Gerenciamento dos alunos

O gerenciamento de alunos (figura 6.6) permite o cadastramento e manutenção das informações pessoais dos matriculados na disciplina. Duas características importantes para o ambiente são:

- a inclusão do registro fotográfico para uma identificação mais eficiente em início de períodos letivos e para a atribuição dos problemas (vide item 6.5)
- a manutenção da conta de e-mail para facilitar a comunicação entre professor e alunos.


ORDEM	<input type="text"/>	FOTO	
CURSO	ETFSC 981	ETFSC 981	
NOME	FERNANDO LUIS DA SILVA SOUZA		
FILIAÇÃO	ROBERTO SOUZA / VERA L. SILVA		
ENDEREÇO	RUA IANO, 551		
CIDADE	SÃO JOSÉ	BAIRRO	BARREIROS
TELEFONE	246-1468	DATA NASC	19/01/79
E-MAIL	meybon@cefetsc.rct-sc.br		

figura 6.6 - Gerenciamento dos alunos

## 6.5 Atribuição de problemas personalizados

Com as etapas de elaboração de situações problema e gerenciamento de alunos vencidas, o professor pode atribuir problemas personalizados para cada um dos alunos. Para isso basta escolher um aluno à partir da lista apresentada pelo ambiente que automaticamente retorna a fotografia do mesmo para confirmação.

A relação de todas os problemas já atribuídos com suas respectivas datas permite dosar o avanço desejado no grau de complexidade e carga de trabalho de forma individual, conforme mostra a figura 6.7.

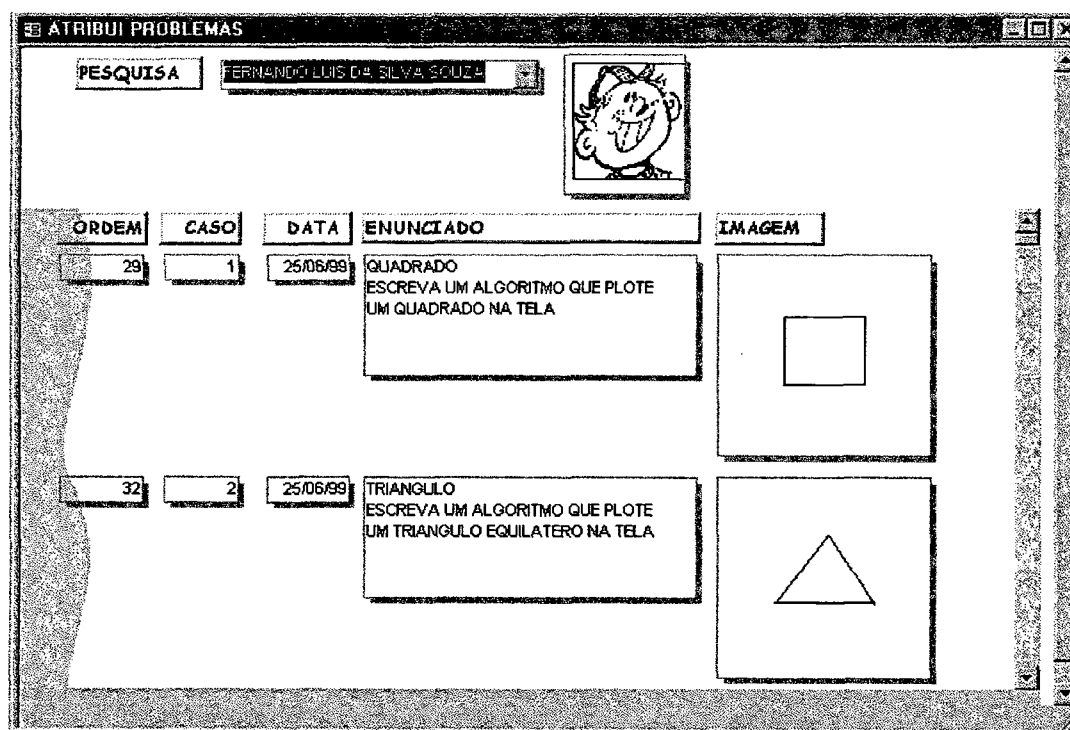


figura 6.7 - Atribuição de problemas personalizados

## 6.6 Elaboração das soluções

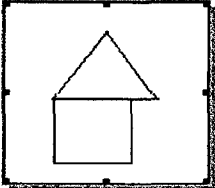
Este módulo do ambiente aluno permite que ele tome conhecimento das situações problema que lhe foram sugeridas pelo professor. Basicamente existem duas formas de atuação, dependendo do estágio da disciplina onde o mesmo se encontra. Se o etapa visar a elaboração do algoritmo de solução, o aluno pode usar a interface diretamente para registrar seu encaminhamento.

Caso esteja usando uma linguagem em particular, pode elaborar seu código fonte no editor de texto que estiver habituado e realizar uma cópia/colagem para o ambiente de aprendizagem.

O desenvolvimento do compilador que irá realizar automaticamente as atividades de análise sintática e semântica está em fase de implementação por outro professor do Núcleo de Informática e Sistemas.

A justificativa da solução apresentada é um dos principais atributos para acompanhamento da evolução do pensamento lógico do aluno.

The screenshot shows a window titled "ELABORAR SOLUÇÃO" with the following content:

<b>ESCOLHA</b>	FERNANDO LUIS DA SILVA SOUZA	<b>IMAGEM</b>	
<b>ENUNCIADO</b>	CASA ESCREVA UM ALGORITMO QUE PLOTE UMA CASA NA TELA	<b>QUANT INSTRUÇÕES</b>	6
<b>PROPOSTA</b>	REPITA 4 ANDE 3 VIRE 90 REPITA 3 ANDE 4 VIRE 240	<b>NUM INSTRUÇÕES</b>	3
<b>JUSTIFICATIVA</b>	Utilizei duas estruturas de repetição, uma para fazer a base e outra para fazer o telhado	<b>VARIÁVEIS</b>	0
		<b>ESTR REPETIÇÃO</b>	2
		<b>ESTR SELEÇÃO</b>	0
		<b>DATA PROPOSTA</b>	29/06/99 11:27:24

At the bottom right of the window, there is a button with a small icon.

figura 6.8 - Elaboração de soluções

A valoração dos atributos é feita em atividades separadas, sendo efetuada pelo professor e pelo aluno conforme descrito na tabela 6.1.

atividade	professor	aluno
Criar situações problema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• enunciado problema</li> </ul>	
Elaborar solução		<ul style="list-style-type: none"> <li>• algoritmo da solução</li> <li>• imagem da figura obtida</li> <li>• quantidade de instruções</li> <li>• número de instruções</li> <li>• quantidade de variáveis</li> <li>• quantidade de estruturas de repetição</li> <li>• quantidade de estruturas de seleção</li> <li>• justificativa</li> </ul>
Avaliar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• comentários</li> <li>• data armazenamento</li> </ul>	

Tabela 6.1 - Responsabilidades na valoração de atributos

## 6.7 Recuperação de Casos

Após o aluno ter elaborado e registrado sua solução no ambiente de aprendizagem, é possível a recuperação de casos similares para visualizar as estratégias adotadas por outros alunos anteriormente e os comentários produzidos pelo professor.

Para isso é necessário a definição do dicionário de índices e o respectivo peso de cada um deles para estabelecimento da métrica de similaridade.

### 6.7.1 Indexação

O vocabulário de índices é composto pelos seguintes atributos:

- enunciado do problema
- quantidade de instruções -  $q_i$
- número de instruções -  $n_i$
- quantidade de variáveis -  $q_v$
- quantidade de estruturas de repetição -  $q_{er}$
- quantidade de estruturas de seleção -  $q_{es}$

Estes atributos devidamente valorados guiam a similaridade existente entre o caso de entrada e os casos da base, com o intuito de recuperar os mais similares.

A extração destes índices da solução elaborada poderia ser feita de forma automática pelo sistema, mas optou-se por requerer do aluno a identificação manual destas características, pois no processo de aprendizagem esta habilidade é fundamental para tipificar e comparar com outras soluções.

### 6.7.2 Avaliação da Similaridade

A avaliação da similaridade acontece após a identificação das características do problema de entrada. Com isto, os índices do caso de entrada são comparados, um a um com cada candidato da base gerando assim um valor similar com cada caso da base. Genericamente atribui-se valor um para índices iguais e zero para índices diferentes. Entretanto, alguns índices receberam valores fracionários, buscando representar graus intermediários de similaridade.

O índice Quantidade de Instruções tem um valor de similaridade calculado pela distância que o mesmo tem em relação aos casos da base, conforme mostra a tabela 6.2.

Distância	Valor Similar
0	1
1	0,75
2	0,5
3	0,25
maior que 3	0

Tabela 6.2 - Valores de Similaridade para índice Quantidade de Instruções

Supondo que a solução elaborada pelo aluno tenha 8 instruções e o caso da base tenha 10, a distância entre ambas é igual a 2, levando a um valor similar de 0,5.

Os demais índices tem o valor de similaridade calculado pela distância que o mesmo tem em relação aos casos da base, conforme mostra a tabela 6.3.

Distância	Valor Similar
0	1
1	0,5
maior que 1	0

Tabela 6.3 - Valores de Similaridade para demais índices

Além dos valores de similaridade, os índices podem receber pesos, que variam de acordo com o seu grau de importância.

Esta é umas das etapas mais complexas do processo de implementação do ambiente de aprendizagem, pois o estabelecimento do grau de importância relativa entre os índices pode variar dependendo do contexto analisado.



Visando calibrar a consistência dos pesos, foram atribuídos os listados na tabela 6.4 como ponto de partida para verificação da similaridade, mas os mesmos encontram-se em forma paramétrica no ambiente (figura 6.9), permitindo ajustes com o crescimento natural dos casos da base.

Índice	Peso
quantidade de instruções	2
número de instruções	4
quantidade de variáveis	1
quantidade de estruturas de repetição	4
quantidade de estruturas de seleção	4

Tabela 6.4 - Valores dos pesos para cada índice

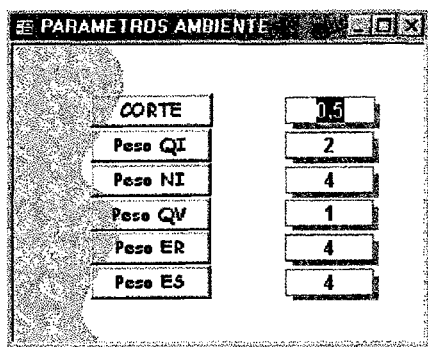


figura 6.9 - Parâmetros do Ambiente

### 6.7.3 Métrica da Similaridade

Para medir a similaridade entre o caso de entrada e os casos candidatos, necessita-se de uma métrica da similaridade, que resulta um valor no intervalo [0-1].

$$\text{Similaridade} = \left( \frac{\Delta qi * 2 + \Delta ni * 4 + \Delta qv * 1 + \Delta qer * 4 + \Delta qes * 4}{15} \right)$$

Os casos recuperados são apresentados ao usuário devidamente ordenados conforme sua similaridade com o caso de entrada. O valor limite de similaridade para exibição (threshold) pode ser configurado nos parâmetros do ambiente, permitindo ao professor restringir ou ampliar o universo de casos mostrados. Esta etapa complementa o processo de recuperação dos casos conforme mostrado na Figura 6.10.

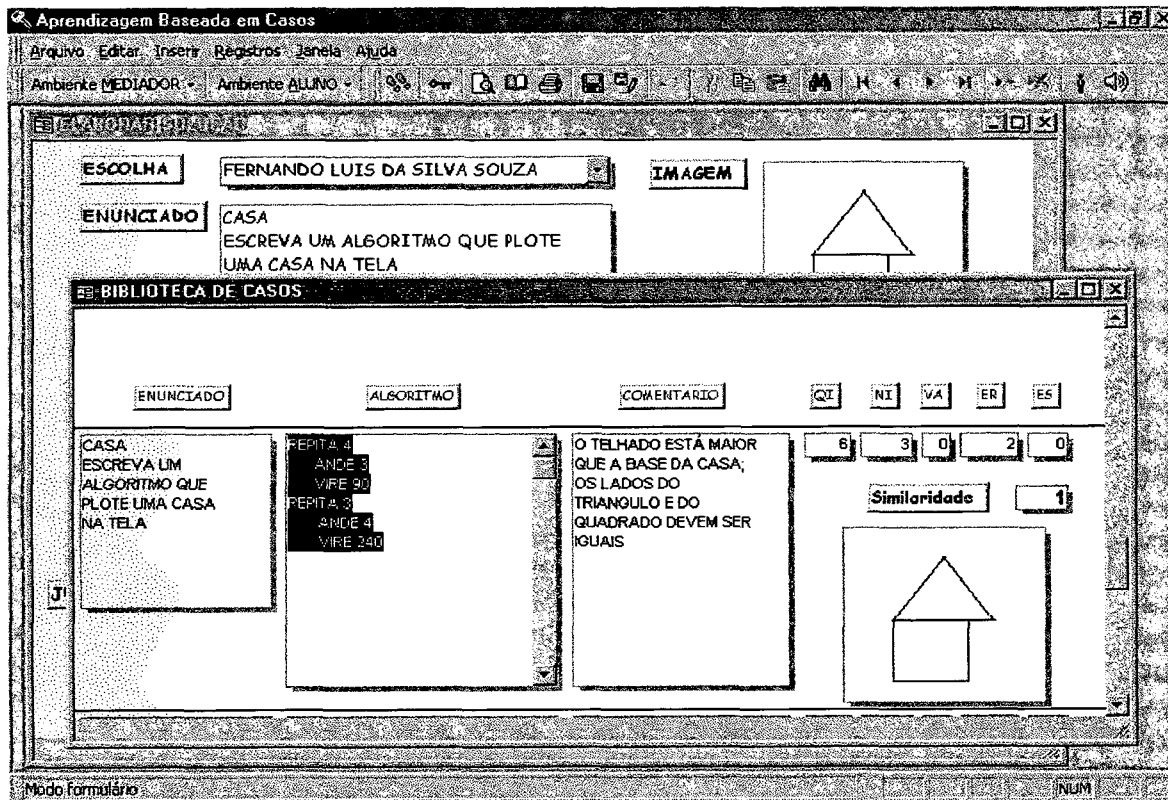


figura 6.10 - Recuperação de casos

## 6.8 Reutilização

À partir da análise dos casos recuperados pelo ambiente e baseado nos comentários efetuados pelo professor, o aluno pode efetuar a reutilização de algumas das propostas registradas no sistema. Para tanto, é necessário que ele realize uma outra atividade fundamental no processo de aprendizagem de lógica de programação que é entender uma solução elaborada por outra pessoa e compará-la a sua.

Existem duas alternativas de encaminhamento em função do que for recuperado:

- se o comentário do professor em um caso similar ao seu apontar para uma solução satisfatória, ele pode explorar a base de casos em busca de outras possíveis soluções.
- se o comentário apontar para alguma deficiência, ele pode tentar revisar sua solução baseado no encaminhamento sugerido.

Do ponto de vista pedagógico, o ambiente permite que o aluno explore um número de situações muito superior ao que normalmente acontece em uma aula convencional, onde o professor por questões de limitação de tempo raramente consegue apresentar várias soluções para o mesmo problema, ou comentar toda a gama de erros em que incorrem.

## 6.9 Revisão dos casos

A atividade de revisão permite ao aluno buscar na base de propostas do ambiente todo o conjunto de soluções que ele elaborou para as situações problema atribuídas pelo professor.

Através da escolha de seu nome em uma lista, o ambiente automaticamente retorna sua foto e os seguintes elementos (figura 6.11):

- número da situação problema
- número seqüencial de sua proposta de solução
- proposta de solução
- índices levantados
- justificativa de sua proposta
- imagem obtida, quando for o caso

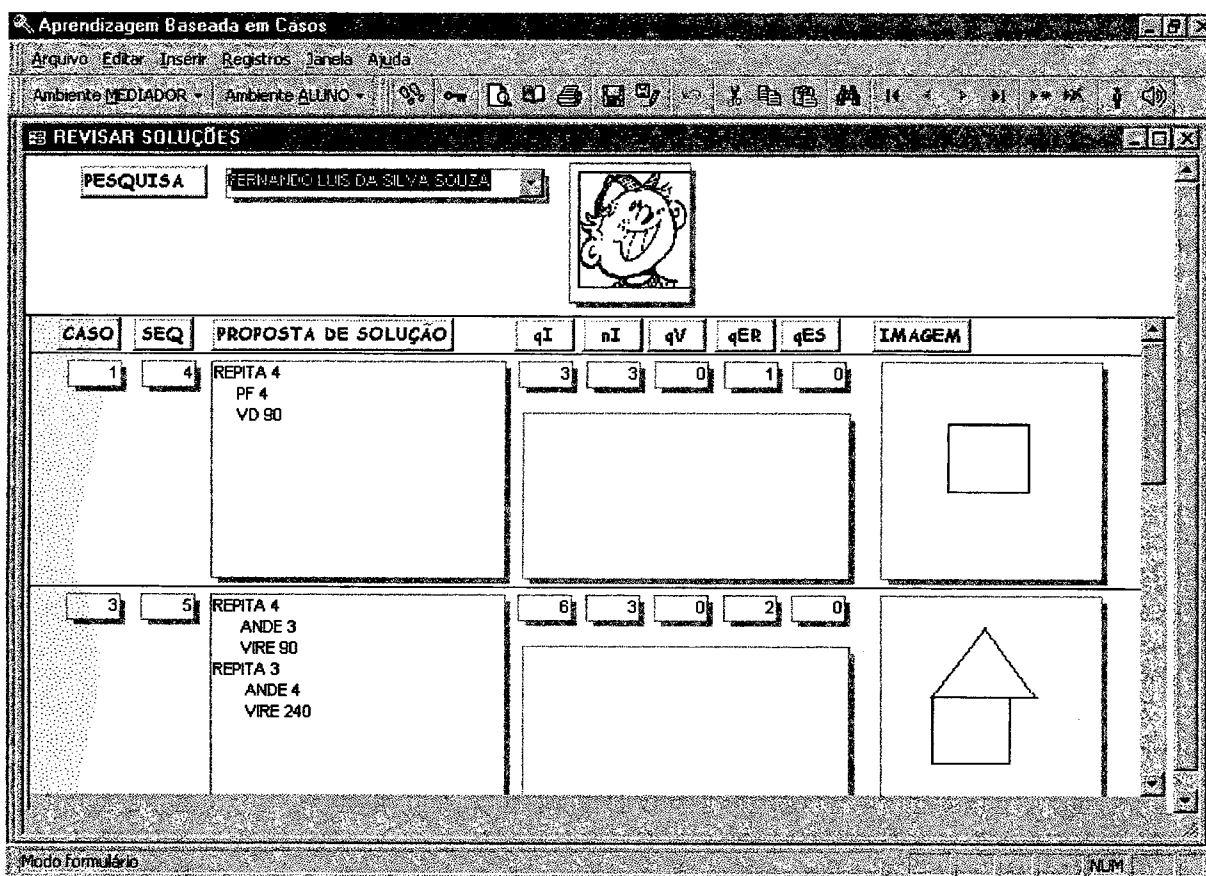


figura 6.11 - Revisão de casos

## 6.10 Avaliação e Armazenamento

A avaliação e o armazenamento das propostas de solução são feitas no ambiente do professor. À partir do momento que um aluno registra sua proposta, ela fica disponível para ser comentada pelo professor.

Uma vez acessada a atividade de avaliação, o sistema disponibiliza todas as propostas elaboradas pelos alunos, classificadas por antigüidade. O professor pode utilizar a ferramenta LOCALIZAR para visualizar somente as propostas que ainda não foram avaliadas, facilitando sua tarefa de busca.

O ambiente recupera as informações referentes ao aluno, ao problema e a sua solução (proposta, justificativa e índices levantados), informando ainda a data e hora em que foram registradas (figura 6.12).

**Avaliação**

Arquivo, Editar, Inserir, Registros, Janela, Ajuda

Ambiente MEDIADOR - Ambiente ALUNO

**AVALIAR**

**ORDEM** 30

**ALUNO** FERNANDO LUIS DA SILVA SOUZA

**ENUNCIADO** CASA  
ESCREVA UM ALGORITMO QUE PLOTE  
UMA CASA NA TELA

**PROPOSTA** REPITA 4  
ANDE 3  
VIRE 90  
REPITA 3  
ANDE 4  
VIRE 240

**JUSTIFICATIVA** Utilizei duas estruturas de repetição, uma para  
fazer a base e outra para fazer o telhado

**COMENTARIO** O TELHADO ESTÁ MAIOR QUE A  
BASE DA CASA:  
OS LADOS DO TRIANGULO E DO  
QUADRADO DEVEM SER IGUAIS

QUANT INSTRUÇÕES 6

NUM INSTRUÇÕES 3

VARIÁVEIS 0

ESTR REPETIÇÃO 2

ESTR SELEÇÃO 0

DATA PROPOSTA 29/06/99 11:27:24

PROPOSTA AVALIADA?

CASO ARMAZENADO?

Modo Formulário NUM

figura 6.12 - Avaliação e armazenamento de casos

Com base nestes dados o professor deve introduzir seus comentários e sugestões de encaminhamento para o aluno, marcar a proposta como avaliada e decidir se a transforma em um caso da base ou não. Se optar pela inclusão na base de casos, basta marcar a opção de "caso armazenado" e o ambiente fará a incorporação do mesmo.

Na versão atual do ambiente de aprendizagem, o professor ainda é responsável pela atividade de seleção e armazenamento das soluções que serão transformadas em caso, sendo sugestão para futuro desenvolvimento um analisador sintático que automatizaria esta etapa do RBC.

## 6.11 Conclusões

Um dos objetivos desta dissertação é a implementação de um ambiente de aprendizagem baseado em casos para utilização nas disciplinas de Lógica e Programação em Cursos Técnicos de Informática. Optou-se pelo uso da metodologia de RBC em razão da semelhança do seu ciclo de atividades e as etapas percorridas pelos alunos na resolução de problemas.

Outras vantagens decorrentes desta opção foram a facilidade de representação do conhecimento, a possibilidade de aplicação de técnicas de banco de dados para armazenar e recuperar os casos e a capacidade do sistema em aprender pelo armazenamento de novos casos.

Do ponto de vista cognitivo, o conceito de similaridade para recuperação de episódios passados é de extrema utilidade, pois o ambiente não trás a resposta correta e sim o caminho para a busca de uma solução dos problemas.

O fato dos alunos poderem cooperar na busca de alternativas, permite uma riqueza de situações dificilmente alcançadas em aulas sem o suporte do ambiente.

A possibilidade do professor alterar o limite de corte e o peso dos índices é fundamental para a etapa de implantação do sistema em sala de aula, pois permite um ajuste mais preciso do valor relativo da similaridade entre os casos, obtido na avaliação inicial dos especialistas.

A metodologia RBC aparece como uma alternativa extremamente promissora para o desenvolvimento de sistemas EIAC por permitir ao aluno ter controle de sua aprendizagem, reconhecer e escolher entre os vários estilos de pensamento estruturado.

## CAPÍTULO 7

### Conclusões e recomendações para trabalhos futuros

Este trabalho apresenta uma ferramenta computacional para uso em sala de aula, visando proporcionar ao aluno um aprendizado autônomo e cooperativo e ao professor um instrumento para acompanhar o processo de desenvolvimento cognitivo de maneira individualizada e sistemática.

Como suporte ao desenvolvimento foi utilizada a técnica de raciocínio baseado em casos (RBC), sendo sua metodologia de abordagem computacional adotada no ambiente. As escolas e os educadores devem se preparar para a adoção de ferramentas inteligentes que incorporem os princípios pedagógicos de seu discurso, tornando-o práxis.

O processo ensino-aprendizagem deve basear-se no ensaio e erro, na investigação, na solução de problemas e nas manipulações sucessivas sobre o erro, como coloca Papert.

A criação de ambientes inteligentes de aprendizagem, baseados na educação colaborativa, é um domínio multidisciplinar que demanda experiência e participação de especialistas em educação, psicologia, informática e ergonomia.

Entretanto, existe um longo caminho a percorrer quando se fala em educação mediada pelo computador. O verdadeiro papel do computador no processo ensino-aprendizagem e no desenvolvimento de estruturas cognitivas começa a ser escrito. A implantação do ambiente e sua validação por alunos e professores é uma tarefa que demandará algum tempo, persistência e muita discussão.

Ter uma ferramenta que permita personalizar as atividades atribuídas aos alunos, respeitando o ritmo e interesse individual, aliada a capacidade de acompanhar sistematicamente o processo de resolução de problemas, certamente levará a um salto qualitativo do ponto de vista da didática.



A experiência e a biblioteca de casos, frutos da aplicação em aula presencial, servirão de base para utilização remota pelos alunos e para o projeto Escola Virtual, embrionário no Núcleo de Informática e Sistemas.

Como sugestões para futuros desenvolvimentos, a automatização das etapas de avaliação e armazenamento pode minimizar de forma significativa o trabalho do professor. Um analisador sintático em desenvolvimento pela equipe do NIS deve ser o caminho natural para a continuidade do projeto.

Este componente poderá permitir uma identificação visual do que foi alterado entre uma solução e outra (através de um esquema de cores, por exemplo), facilitando a percepção por parte dos alunos e professores dos esquemas mentais envolvidos.

Outra característica desejável seria a implementação de um mecanismo de alteração automática do valor de similaridade em função da distância que determinado índice tem em relação a um caso da base, de acordo com a complexidade dos problemas.

Finalmente, a disponibilização do ambiente em uma plataforma que suporte o ensino à distância, através da Internet, deve ser uma meta de curto prazo, pelo destaque que esta mídia vem tendo como instrumento de ensino e aprendizagem.

As características de flexibilidade de tempo e local para seus participantes, pode ser uma alternativa extremamente interessante para levarmos a sala de aula para fora da escola e para dentro da história.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AAMODT, A. e PLAZA, E. *Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches*. *Artificial Intelligence Communications*, 7 (1), pg 39-59, 1994.
- BACON, Francis. *Novum Organum*, in Col. *Os Pensadores*. São Paulo: Abril Cultural, 1973.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Diretrizes gerais e recomendações para a formulação de projetos pedagógicos*. Brasília: MEC, 1991.
- BRUILLARD, Eric e VIVET, Martial. *Didactique et Intelligence Artificielle*. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1994.
- CAPRA, Fritjof. *O ponto de mutação*. São Paulo: Cultrix, 1995.
- CARDOZO, Claudine M. e RAMOS, Edla M. F. *AALO - Um ambiente para a aprendizagem de lógica*. VI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. Florianópolis: UFSC, 1995.
- CHAUÍ, Marilena e outros. *Primeira filosofia; lições introdutórias*. São Paulo: Brasiliense, 1984.
- CHEETHAM, W. e GRAF, J. *Case-Based Reasoning in Colour Matching*. In: *Proc. ICCBR-97*. Springer: LENAI, 1997.
- COSTA, Marcelo T. C. *Uma arquitetura baseada em agentes para suporte ao ensino à distância*. Florianópolis: UFSC, 1999. (Tese de doutorado em Engenharia de Produção) X
- DESCARTES, René. *Discurso do método*, in Col. *Os Pensadores*. São Paulo: Abril Cultural, 1973.
- DURKIN, J. *Expert Systems: design and development*. New Jersey: Prentice Hall, 1994.
- ESCOLA TÉCNICA FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE. *Proposta Curricular*. Natal: Revista da ETF/RN, 1995.

ESCOLA TÉCNICA FEDERAL DE SANTA CATARINA. O Plano Político Pedagógico da ETFSC - Educação Profissional no século 21. Florianópolis: ETFSC, 1997.

FAGUNDES, Léa C. A Psicogênese das condutas cognitivas da criança em interação com o mundo do computador. São Paulo: IP/USP, 1986.

HAWKINS, J. O uso de novas Tecnologias na Educação. Rio de Janeiro: Revista TB, vol 120, Jan/Mar 1995.

KAYE, A. Learning Together Apart. In: Collaborative Learning Through Computer Conferencing. Berlin: Springer-Verlag, 1991.

KHAN, T. e YIP, Y. Pedagogic Principles of Case-Based CAL. Journal of Computer Assisted Learning, No. 12, pg. 172-192, 1996.

KOLODNER, J. Case-Based Reasoning. Los Altos: Morgan Kaufmann, 1993.

KOLODNER, J. e LEAKE, D. A tutorial introduction to CBR. Case-Based Reasoning: Experiences, Lessons, and Future Directions. Menlo Park: AAAI Press/The MIT Press, 1996.

KOSLOSKY, Marco A. N. ; PEREIRA, Margarete K. ; SILVA, Cassandra R. O. e ULBRICHT, Vânia R. A learning environment in programming logic based on EIAC: Conceptual assumptions and prototyping. *International Conference on Engineering and Computer Education - ICECE'99*. Rio de Janeiro, 1999.

LEAKE, D. Case-Based Reasoning: Experiences, Lessons, and Future Directions. Menlo Park: AAAI Press/The MIT Press, 1996.

LOCKE, John. In: Col. Os Pensadores, São Paulo: Abril Cultural, 1973.

MENDEL, J. Fuzzy Logic Systems for Engineering: A tutorial. In: Proc. IEEE'83, 1995.

MINSKY, M. A Framework for Representing Knowledge. The Psychology of Computer Vision. McGraw Hill, 1975.

MORENTE, M.G. Fundamentos de Filosofia - Lições preliminares. 2a edição. São Paulo: Mestre Jou, 1966.

- PAPERT, Seymour. **LOGO: Computadores e Educação**. São Paulo: Editora Brasiliense, 1985.
- PEIRCE, Sanders. **Semiótica**. São Paulo: Perspectiva, 1977.
- PETTENGER, Owene. **Teorias da aprendizagem na prática educacional**. São Paulo: EPU, 1977.
- PIAGET, Jean. **A psicologia da inteligência**. Lisboa: Fundo de Cultura, 1967.
- PIAGET, Jean. **A equilibração das estruturas cognitivas - problema central do desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.
- PIAGET, Jean. e SZEMINSKA, A. **Recherches sur l'abstraction réfléchissante**. Paris: PUF, 1977.
- RAMOS, Edla Maria Faust. **Análise ergonômica do sistema hiperNet buscando o aprendizado da cooperação e da autonomia**. Florianópolis: UFSC, 1996. (Tese de doutorado em Engenharia de Produção) ↓
- RICH, E. and KNIGHT K. **Inteligência Artificial**. São Paulo: Makron Books, 1993.
- RIESBECK, C. K. e SCHANK, R. C. **Inside Case-Based Reasoning**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1989.
- ROITMAN, R. e GASMAN, L. **Informática na Educação: a Direção do Processo**. Anais do IV Simpósio Brasileiro em Informática na Educação. Recife, 1993.
- RUSSELL Stuart J. e NORVIG Peter. **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. New Jersey: Prentice Hall, 1995.
- SANTOS, Márcio E. **Formação de Professores-Mediadores para uma nova proposta de informática educativa com base na Teoria de Modificabilidade Cognitiva de Reuven Feuerstein**. Anais do VI Simpósio Brasileiro em Informática na Educação. Florianópolis: UFSC: EDUGRAF, 1995
- SCHAFF, A. **Linguagem e conhecimento**. Coimbra: Almedina, 1974.

SCHANK, R. *Dynamic Memory: A theory of learning in computers and people*. New York: Cambridge University Press, 1982.

SCHANK, R. *Case-Based Teaching: Four Experiences in Educational Software Design*. Technical Report N. 7, Institute for the Learning Sciences, 1991.

SCHANK, R. e ABELSON, R. *Scripts, Plans, Goals and Understanding*. New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1977.

SCHANK, R, KASS A. e RIESBECK, C.K. *Inside Case-Based explanation*. New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1994.

SILVA, Cassandra R. O. *Bases pedagógicas e ergonômicas para concepção e avaliação de produtos educacionais informatizados*. Florianópolis: UFSC, 1998. (Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção).

TAILLE, Yves de la e et all. *Piaget, Vigotsky, Waalon. Teorias Psicogenéticas em Discussão*. São Paulo: Summus, 1992.

ULBRICHT, Vânia Ribas. *Modelagem de um Ambiente Hipermídia de Construção do Conhecimento em Geometria Descritiva*. Florianópolis: UFSC, 1997 (Tese de doutorado em Engenharia de Produção)

VELOSO, M., MUÑOZ-AVILA, H. e BERGMANN, R. *Case-based planning: selected methods and systems*. *AI Communications* 9, pg 128-137, 1996.

VERGARA, Walter H. *Simulação cognitiva da tomada de decisão em situações complexas: modelagem do raciocínio humano por meio de casos*. Florianópolis: UFSC, 1995. (Tese de doutorado em Engenharia de Produção)

VYGOTSKY, Lev S. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

WATSON, Ian. *Is CBR a Techonology or a Methodology?*. Salford, 1998.

WATSON, Ian. *Applying Case-Based Reasoning: tecniques for enterprise systems*. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1997.

**WEBER, Rosina. Raciocínio Baseado em Casos.**

<http://www.eps.ufsc.br/~martins/fuzzy/cbr/intro.htm> (acessado em 23/10/1996)

**WEBER, Rosina. Intelligent Jurisprudence Research.** Florianópolis: UFSC, 1998  
(Tese de doutorado em Engenharia de Produção)