

Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC
Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas

**O Desenvolvimento de um Protótipo de Sistema Especialista
Baseado em Técnicas de RPG para o Ensino de Matemática.**

Ivanete Zuchi

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do grau de mestre
em Engenharia de Produção e Sistemas

Prof^ª. Mirian Buss Gonçalves
Orientadora

Prof^ª. Cleide R.L. Paladini
Co - Orientadora

Florianópolis, abril de 2000

**O Desenvolvimento de um Protótipo de Sistema Especialista
Baseado em Técnicas de RPG para o Ensino de Matemática.**

Ivanete Zuchi

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

Mestre em Engenharia de Produção,

Área de concentração **Inteligência Aplicada**

e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da
UFSC.

Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.

Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a Mirian Buss Gonçalves, Dr.

Orientadora

Prof. Oscar C. Lopes Vaca, Dr.

Prof. Harrysson L. da Silva, Dr.

Prof^a. Cleide R. L. Paladini, Msc.

Os professores ideais são os que se fazem de pontes, que convidam os alunos a atravessarem-nas, e depois, tendo facilitado a travessia, desmoronam-se com prazer,

*encorajando-os a criarem as suas próprias
pontes.*

(Nikos Kazantzakis, apud Bazzo, 1998)

A Deus, minha maior fonte de referência.

Quem no meio das dificuldades

*me mostrou as oportunidades, que
me ensinaram que as grandes conquistas
são possíveis quando se
dá importância aos pequenos começos.*

AGRADECIMENTOS

Quando você começar seu caminho, vai encontrar uma porta com uma frase escrita- diz o mestre. Volte e me conte qual é esta frase. O discípulo se entrega de corpo e alma à sua busca. Chega um dia em que vê a porta, e volta até o mestre. – Estava escrito no começo do caminho: isto não é possível – diz. – Onde estava escrito isto, num muro ou numa porta? Pergunta o mestre. – Numa porta – responde o discípulo. – Pois coloque a mão na maçaneta e abra. O discípulo obedece. Como a frase está pintada na porta, também vai se movendo com ela. Com a porta totalmente aberta, ele já não consegue mais enxergar a frase – e segue adiante.

(Paulo Coelho, 1994)

Aos que me ajudaram a abrir a porta, e aos muitos que não apenas isto, caminharam ao meu lado, gostaria de externar meus agradecimentos:

Às Prof^{as}. **Cleide Regina L. Paladini** e **Mirian Buss Gonçalves**, que para mim representam ideais de mestres, e que ao longo da minha caminhada, muitas vezes serviram-me de referência. Obrigado pela orientação, dedicação, confiança e amizade.

Ao meu amigo **Marcelo de Oliveira**, pela imensa ajuda na elaboração da aventura do protótipo, pelas idéias criativas que muito contribuíram para o desenvolvimento do mesmo.

Ao Prof. **Harrysson L. da Silva**, pela amizade, incentivo, apoio, sugestões e correções deste trabalho.

A minha amiga irmã **Marivete Machado**, pelo carinho, incentivo e pela paciência.

Ao **Adriano L. de Souza**, pelo amor, paciência e pela presença iluminada em minha vida.

A **minha família**, pelo amor, pelas orações, por sempre acreditar e apoiar-me na busca de meus ideais.

Aos **componentes do GEIAAM** (Grupo de Estudos de Inteligência Artificial aplicada à Matemática) pela troca de experiências, pelas dicas importantes e pelo carinho no ambiente da realização deste trabalho.

Aos **alunos** do Colégio Estadual Getúlio Vargas pela colaboração no processo de experimentação do protótipo Mr. Math 2000.

Ao Professor **Sergio Bertoldi**, por possibilitar a aplicação do protótipo Mr. Math 2000 em sua turma. Obrigada pelo incentivo e pela amizade.

À banca examinadora, pelas correções sugeridas para a apresentação do trabalho em sua forma definitiva.

Enfim, a todos que de uma maneira ou outra contribuíram e incentivaram esta jornada, o meu muito obrigado. AGRADECIMENTOS

Quando você começar seu caminho, vai encontrar uma porta com uma frase escrita- diz o mestre. Volte e me conte qual é esta frase. O

discípulo se entrega de corpo e alma à sua busca. Chega um dia em que vê a porta, e volta até o mestre. – Estava escrito no começo do caminho: isto não é possível – diz. – Onde estava escrito isto, num muro ou numa porta? Pergunta o mestre. – Numa porta – responde o discípulo. – Pois coloque a mão na maçaneta e abra. O discípulo obedece. Como a frase está pintada na porta, também vai se movendo com ela. Com a porta totalmente aberta, ele já não consegue mais enxergar a frase – e segue adiante.

(Paulo Coelho, 1994)

Aos que me ajudaram a abrir a porta, e aos muitos que não apenas isto, caminharam ao meu lado, gostaria de externar meus agradecimentos:

Às Prof^{as}. **Cleide Regina L. Paladini** e **Mirian Buss Gonçalves**, que para mim representam ideais de mestres, e que ao longo da minha caminhada, muitas vezes serviram-me de referência. Obrigado pela orientação, dedicação, confiança e amizade.

Ao meu amigo **Marcelo de Oliveira**, pela imensa ajuda na elaboração da aventura do protótipo, pelas idéias criativas que muito contribuíram para o desenvolvimento do mesmo.

Ao Prof. **Harrysson L. da Silva**, pela amizade, incentivo, apoio, sugestões e correções deste trabalho.

A minha amiga irmã **Marivete Machado**, pelo carinho, incentivo e pela paciência.

Ao **Adriano L. de Souza**, pelo amor, paciência e pela presença iluminada em minha vida.

A **minha família**, pelo amor, pelas orações, por sempre acreditar e apoiar-me na busca de meus ideais.

Aos **componentes do GEIAAM** (Grupo de Estudos de Inteligência Artificial aplicada à Matemática) pela troca de experiências, pelas dicas importantes e pelo carinho no ambiente da realização deste trabalho.

Aos **alunos** do Colégio Estadual Getúlio Vargas pela colaboração no processo de experimentação do protótipo Mr. Math 2000.

Ao Professor **Sergio Bertoldi**, por possibilitar a aplicação do protótipo Mr. Math 2000 em sua turma. Obrigada pelo incentivo e pela amizade.

À banca examinadora, pelas correções sugeridas para a apresentação do trabalho em sua forma definitiva.

Enfim, a todos que de uma maneira ou outra contribuíram e incentivaram esta jornada, o meu muito obrigado.

RESUMO

Atualmente as novas tecnologias vem desempenhando um papel de grande importância para a sociedade, surgindo possibilidades da aplicabilidade das mesmas em diversas áreas, em particular na educação. Em geral, os alunos mostram-se bastante motivados a estudar um conteúdo quando o mesmo é ensinado com o auxílio do computador, as aulas podem tornar-se atrativas e promover o aprendizado. A Inteligência Artificial pode contribuir de maneira significativa no desenvolvimento de ferramentas que viabilizam este processo, como, por exemplo, o ramo dos sistemas especialistas, que são programas computacionais destinados a solucionar problemas em campos específicos do conhecimento.

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um modelo computacional baseado em técnicas de Sistemas Especialistas e de RPG (*Role Playing Games*), que dentro da filosofia de um jogo, permite ao usuário, ao exercitar sua fantasia, testar seus conhecimentos matemáticos. Este modelo tem como objetivo, através de um ambiente lúdico, desenvolver o raciocínio dos alunos através da resolução de problemas matemáticos em nível de ensino fundamental, que surgem no decorrer da aventura. Estes problemas estão classificados em três níveis de dificuldade: fácil, médio e difícil. O modelo foi projetado para ser capaz de identificar em que classe de problemas o usuário teve maior dificuldade e, em situações específicas, pode lançar mão de dispositivos que oferecem explicações sobre como e o porquê que uma determinada conclusão foi atingida.

Foram realizadas duas experimentações do modelo. A primeira, com uma turma de primeira série do ensino médio e a segunda com um grupo de professores de Matemática. O modelo foi implementado usando a *shell* KAPPA, que é uma ferramenta adequada para o desenvolvimento de Sistemas Especialistas.

ABSTRACT

Currently, the new technologies have been playing a role of great importance in society. They may be applied in several areas, particularly education. Students are usually highly motivated to study a particular subject when teaching it includes the aid of a computer. This definitely contributes to more interesting classes and therefore a more effective learning. Artificial Intelligence may be of significant help in the development of tools that enable this process, especially in the area of expert systems, which are computer programs that intend to solve problems of a specific knowledge area.

This work presents the development of a computational model based on Specialists Systems and RPG (Role Playing Games) techniques. According to this game's philosophy, the user may benefit both from exercising his fantasies by testing his mathematics skills. This model's goal is to develop the student's skill in the solution of basic (lower level) mathematical reasoning problems, which happen throughout the game's ludic environment. The game's exercises are classified into three levels: easy, average and difficult. The model was designed in a way that it could identify in

which level the user had the most trouble solving the exercises. In specific situations, it can also provide the user with explanations on why and how a particular solution was achieved.

Two experimentations of the model were made. The first one targeted a group of first and second graders. The second targeted a group of Mathematics teachers. The model was implemented on Shell KAPPA, an expert systems development tool.

SUMÁRIO

RESUMO	VI
ABSTRACT	VII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1.Motivação	2
1.2.Objetivos do Trabalho	3
1.3.Estrutura do Trabalho	3
2. INFORMÁTICA E EDUCAÇÃO	5
2.1. Histórico da Informática Educativa no Brasil	5
2.2. História do Computador Educacional	11
2.3. A Informática como Ferramenta de Aprendizagem	14
2.4. O Papel do Professor Frente às Novas Tecnologias	18
2.5. A Matemática e a Tecnologia	22
3. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	25
3.1. Introdução	25
3.2. O Estado da Arte da Inteligência Artificial	28

3.3. Áreas de Aplicação da Inteligência Artificial	34
3.4. Aplicações da Inteligência Artificial em Educação	35
3.5. A Afetividade na Informática	37
3.5.1. Inteligência Artificial e afetividade	38
4. SISTEMAS ESPECIALISTAS	42
4.1. Introdução	42
4.2. Características de um Sistema Especialista	44
4.3. Estrutura de um Sistema Especialista	45
4.3.1. Base de Conhecimento	47
4.3.2. Memória de Trabalho	48
4.3.3. A máquina de Inferência	48
4.3.4. Mecanismo de Explicação	48
4.3.5. A Interface com o Usuário	49
4.4. Pessoas Envolvidas na Construção de SE	49
4.5. Representação do Conhecimento	50
4.6. Sistemas Especialista do ponto de vista Educacional	55
4.6.1. Exemplos de programas de Ensino usando Inteligência Artificial	59
5. RPG – ROLE PLAYING GAME	63
5.1. Histórico	63
5.2. Definição de Role Playing Game	64
5.3. O RPG e a Socialização	65
5.4. RPG e a Educação	67
5.5. RPG em sala de aula	71
6. DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO MR. MATH 2000	74
6.1. Introdução	74

6.2. Objetivos do Modelo	76
6.3. Estrutura do Modelo	77
6.4. Descrição do Modelo	78
6.4.1. Proposta de Utilização do Protótipo	88
6.5. Uma análise do desenvolvimento do Modelo	88
6.6. Experimento do Modelo Computacional Mr. Math 2000	96
7. CONCLUSÕES	100

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
-----------------------------------	------------

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR	110
----------------------------------	------------

ANEXO I	112
----------------	------------

ANEXO II	118
-----------------	------------

LISTA DE FIGURAS

Figura 2. 1	Imersão dos agentes de ensino na Sociedade	16
Figura 4.1a	Resolução de problemas por Especialista Humano	46
Figura 4.1b	Resolução de problemas por Sistemas Especialistas	47
Figura 6.1.	Estrutura do Modelo	77
Figura 6.2	Tela inicial do protótipo Mr. Math 2000	78
Figura 6 .3	Tela explicativa do cenário	79
Figura 6.4.	Tela de Regras, tarefas, recompensa e dica	79
Figura 6.5a	Tela de situações-problemas	80
Figura 6.5b	Tela de situações-problemas	80
Figura 6.6.	Tela de ajuda ao usuário	81

Figura 6.7.	Tela de ajuda ao usuário	81
Figura 6.8	Tela ilustrativa de regras	82
Figura 6.9	Tela ilustrativa de mensagem ao usuário	82
Figura 6.10a	Tela ilustrativa de entrada de dados	83
Figura 6.10b	Tela ilustrativa de ajuda solicitada	83
Figura 6.11	Tela ilustrativa de resposta da dica	84
Figura 6.12	Tela ilustrativa do tipo de dúvida do usuário	84
Figura 6.13	Tela ilustrativa do diagnóstico do modelo	84
Figura 6.14	Tela ilustrativa do acerto dos problemas	85
Figura 6.15	Tela ilustrativa do total de pontos atingidos	85
Figura 6.16	Tela ilustrativa da explanação dos pontos	86
Figura 6.17	Tela ilustrativa do desempenho do usuário através do gráfico	87
Figura 6.18	Tela ilustrativa de sugestões	87
Figura 6.20	Estrutura interna do protótipo	90
Figura 6.21	Tela ilustrativa das subclasses do módulo conteúdo	90
Figura 6.22	Tela ilustrativa das instâncias da classe usuário	91
Figura 6.23	Tela ilustrativa do módulo tutor do protótipo	92
Figura 6.24	Tela ilustrativa da dependência das regras dentro do modelo	93
Figura 6.25	Tela ilustrativa da opção do usuário	95

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a sociedade vem sofrendo profundas transformações, principalmente no que diz respeito à revolução tecnológica que atinge várias áreas de conhecimento, principalmente em nível de capacitação profissional e relações intra-pessoais. De acordo com Teodoro (1992), “os tempos atuais são de profunda transformação tecnológica originada pela rápida evolução e difusão de novas tecnologias, em particular, as associadas aos computadores e às comunicações. Estas tecnologias estão a alterar significativamente os processos de produção de bens materiais mas também os processos de difusão das idéias e,

consequentemente, os modos de viver em sociedade”. A educação é uma das áreas que mais sente o impacto dessas mudanças, reconhecendo a necessidade de novos objetivos que correspondam à transição de uma nova sociedade, sendo a informação uma das suas principais características.

Esta transformação na educação, não acontece ao inserir o computador como um simples "quadro negro", pois isto não possibilita traduzir o potencial de uso desta máquina e nem tampouco gera a motivação esperada com o uso da mesma. Os computadores devem estar inseridos em ambientes de aprendizagem, que possibilitem a construção de conceitos e o desenvolvimento de habilidades necessárias para a sobrevivência na sociedade do conhecimento. É notória a preocupação dos educadores a respeito do uso do mesmo. Através de seminários, simpósios, fóruns discutem-se formas de utilização de tecnologias que sejam eficazes. Em muitos destes, constatamos que a Inteligência Artificial está associada a diversas áreas, entre elas a educação.

A Inteligência Artificial (IA) é um ramo da computação que foi construído a partir de idéias filosóficas, científicas e tecnológicas herdadas de outras ciências, como por exemplo da lógica (Bittencourt, 1996). O objetivo geral da Inteligência Artificial é a criação de teorias e modelos para a capacidade cognitiva. Esses modelos são implementados utilizando-se como ferramenta o computador. A validade de um modelo ou de uma teoria de Inteligência Artificial é demonstrada diretamente da ação inteligente do programa computacional.

Atualmente uma linha de pesquisa para a construção de sistemas inteligentes é a linha simbólica, e neste contexto estão os sistemas especialistas (SE), que desde a década de 70 estão sendo aplicados em diversas áreas de conhecimento.

Baseados na hipótese de que o desenvolvimento e utilização de Sistemas Especialistas, direcionados para a resolução de problemas, podem ser empregados como mecanismo de apoio para a aprendizagem de disciplinas com características objetivas, caso onde se inclui a Matemática, desenvolvemos este trabalho, com o intuito de utilizá-lo como uma ferramenta que contribua no processo ensino-aprendizagem.

1.1. Motivação

O uso adequado de computadores pode apresentar uma possibilidade de lidar melhor e mais eficientemente com o processo de ensino-aprendizagem, tornando a construção do conhecimento mais criativa e prazerosa. Ao chegar à escola, o computador pode transformar-se em um recurso facilitador, em um instrumento que, associado ao aspecto lúdico do processo ensino-aprendizagem, passa a ser percebido como um poderoso recurso pedagógico, com o qual cada aluno constrói sua própria aprendizagem. O seu uso na educação tem tido dois eixos importantes: sua utilização para a facilitação da aprendizagem curricular e (seu emprego) como meio de enriquecimento do desenvolvimento cognitivo (Caligiore, 1998).

Tendo em vista que nosso objetivo é o processo ensino-aprendizagem e a busca por alternativas que facilitem esta questão, também acreditamos que o computador utilizado como uma ferramenta auxiliar pode contribuir de maneira significativa neste processo. Este entendimento é consequência do fato que desde 1995 a autora do presente trabalho, é integrante do GEIAAM (Grupo de Estudos de Inteligência Artificial Aplicada à Matemática) do departamento da Matemática-UFSC, cujo objetivo principal é utilizar as potencialidades da IA na construção de pequenos sistemas especialistas em conteúdos específicos de Matemática, visando minimizar as dificuldades apresentadas pelos alunos desta disciplina. Desde então a autora se interessou pelo trabalho e desenvolveu ferramentas que auxiliassem nesta questão.

1.2. Objetivos do trabalho

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver o protótipo de um modelo computacional capaz de diagnosticar algumas dificuldades do Ensino de Matemática em nível fundamental. O modelo está baseado em técnicas de Sistemas Especialistas e de RPG, que dentro da filosofia de um jogo, permite ao usuário, ao exercitar sua fantasia, testar seus conhecimentos matemáticos.

Como objetivos específicos temos:

- Estudar novas metodologias para o ensino da matemática;
- Desenvolver um ambiente que facilite, através do lúdico, a motivação e, conseqüentemente, a participação do estudante no seu processo de formação;
- Detectar alguns tópicos de Matemática em que o usuário apresente dificuldades;
- Proporcionar o *feedback* das principais dificuldades encontradas pelo usuário;
- Aplicar técnicas de IA no processo ensino-aprendizagem; e
- Possibilitar o uso de ambientes computacionais interativos dentro do processo de ensino-aprendizagem.

1.3. Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado em 7 capítulos.

Neste capítulo, de caráter introdutório, apresentamos a motivação e justificativa, os objetivos e a estrutura do trabalho.

Apresentamos uma síntese do estudo sobre o uso da informática na educação no 2º capítulo, e Inteligência Artificial e sua relação com a Educação no 3º capítulo.

Sistemas Especialistas são abordados no 4º capítulo e, no 5º capítulo, abordamos *Role Playing Game* (RPG).

No sexto capítulo, apresentamos o desenvolvimento, a análise e a aplicação do protótipo Mr. Math 2000.

No sétimo capítulo, apresentamos as conclusões do trabalho desenvolvido, bem como recomendações para o desenvolvimento de futuras pesquisas.

A seguir, são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas e citadas neste trabalho, bem como uma bibliografia complementar utilizada.

Em anexo, a descrição da ferramenta *Shell* KAPPA e, o questionário de satisfação aplicado aos usuários que navegaram pelo modelo.

2. INFORMÁTICA E EDUCAÇÃO

2.1. Histórico da Informática Educativa no Brasil

De acordo com os registros do Projeto EDUCOM, documento referencial que resgata a história e consolida os diferentes fatos que caracterizam a cultura de informática educativa existente no Brasil, as primeiras iniciativas nesta área tiveram suas raízes plantadas na década de setenta.

Pela primeira vez, em 1971, discutiu-se o uso de computadores no ensino de Física, em seminário promovido em colaboração com a Universidade de Dartmouth, nos Estados Unidos (Andrade & Albuquerque, 1993 apud Moraes, 1997).

O Brasil, a partir de meados da década de setenta, estabeleceu políticas públicas voltadas para a construção de uma indústria própria, na busca de maior garantia de segurança e desenvolvimento da nação. Tais políticas condicionaram a adoção de medidas protecionistas.

O Governo Brasileiro, então criou a Comissão Coordenadora das Atividades de Processamento Eletrônico (CAPRE), a Empresa Digital Brasileira (DIGIBRÁS) e a própria Secretaria Especial de Informática (SEI). A SEI era responsável pela coordenação e execução da Política Nacional de Informática, tendo como objetivo regulamentar, supervisionar e fomentar o desenvolvimento e a transição tecnológica. Entretanto, para o alcance de seus objetivos seria preciso estender as aplicações da informática aos diversos setores e atividades da sociedade, no sentido

de examinar as diversas possibilidades de parceria e solução aos problemas nas diversas áreas intersetoriais, dentre elas educação, energia, saúde, agricultura, cultura e defesa nacional (Moraes, 1997).

Acreditando que a Educação seria o setor importante para construção de uma modernidade aceitável e própria, capaz de articular o avanço científico e tecnológico, o MEC assumiu o compromisso de criação de instrumentos e mecanismos necessários que possibilitassem o desenvolvimento de estudos e o encaminhamento da questão, colocando-se à disposição para implementação de projetos que permitissem o desenvolvimento das primeiras investigações na área. Então, em 1982, foram elaboradas as primeiras diretrizes ministeriais para o setor da educação, estabelecidas no III Plano Setorial de Educação e Cultura (III PSEC), referente ao período de 1980-1985 e que apontavam e davam o devido respaldo ao uso das tecnologias educacionais e dos sistemas de computação, enfatizando as possibilidades desses recursos colaborarem para a melhoria da qualidade do processo educacional, ratificando a importância da atualização de conhecimentos técnico e científicos, cujas necessidades tinham sido anteriormente expressas no II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND), referente ao período de 1975-1979.

Segundo Moraes (1997), os precursores das primeiras investigações sobre o uso de computadores na educação brasileira foram as universidades Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, a Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. A pioneira foi a UFRJ, através do Departamento de Cálculo Científico, criado em 1966, e que deu origem ao Núcleo de Computação voltada para o ensino de informática.

Em 1973, surgiram as primeiras iniciativas na UFRGS, suportadas por diferentes bases teóricas e linhas de ação. O primeiro estudo utilizava terminais de teletipo e display num e xperimento simulado de física para alunos do curso de graduação. Destacava-se também o software SISCAI, desenvolvido pelo Centro de Processamento de Dados, utilizado para a avaliação de alunos de pós-graduação em educação. Estas e outras experiências foram sendo realizadas até 1980, utilizando equipamentos de grande porte. O computador era visto como um recurso auxiliar do professor no ensino e na avaliação, enfocando a dimensão cognitiva e afetiva ao

analisar atitudes e diferentes graus de ansiedade dos alunos em processos interativos com o computador.

Em julho de 1975 a UNICAMP receberia as visitas de Seymour Papert e Marvin Minsky para ações de cooperação técnica. Em março de 1976, um grupo de pesquisadores da UNICAMP visitou o MEDIA-Lab do MIT/USA, cujo retorno permitiu a criação de um grupo interdisciplinar envolvendo especialistas das áreas de computação, lingüística e psicologia educacional, dando origem às primeiras investigações sobre o uso de computadores na educação, utilizando a linguagem Logo (Moraes, 1997).

No início dos anos 80, foi constituída uma equipe intersetorial que contou com a participação de representantes da Secretaria Especial de Informática (SEI), Ministério de Educação e Cultura (MEC), Conselho Nacional de Pesquisas Científicas e Tecnológicas (CNPq) e Financiadora Nacional de Estudos e Projetos (FINEP), responsável pelo planejamento das primeiras ações na área. Reconhecendo a necessidade de discutir estratégias de planejamento que refletissem as preocupações e o interesse da comunidade nacional sobre a informática na educação foi realizado o I Seminário Nacional de Informática na Educação, na Universidade de Brasília, no período de 25 a 27 de agosto de 1981, e que contou com a participação de especialistas nacionais e internacionais, constituindo-se no primeiro fórum a estabelecer posição, destacando a importância de se pesquisar o uso do computador como ferramenta auxiliar do processo de ensino-aprendizagem.

Nesse seminário surgiu a primeira idéia de implantação de projetos piloto em universidades, cujas investigações ocorreriam em caráter experimental e deveriam servir de subsídios à uma futura Política Nacional de Informatização da Educação. Nesse evento, foi recomendado que as experiências atendessem aos diferentes graus e modalidades de ensino e deveriam ser desenvolvidas por equipes brasileiras em universidades de reconhecida capacitação nas áreas de educação, psicologia e informática.

O II Seminário Nacional de Informática na Educação, promovido pelo MEC, SEI e o CNPq aconteceu em agosto de 1982, na Universidade Federal da Bahia. O objetivo deste foi coletar novos subsídios para a criação dos projetos piloto, a

partir de reflexões dos especialistas das áreas de educação, psicologia, informática e sociologia.

Dentre as conclusões deste encontro, destacamos:

- Que a presença do computador na escola fosse encarada como um recurso auxiliar ao processo educacional e jamais como um fim em si mesmo.
- Recomendou-se ainda que suas aplicações não deveriam se restringir ao 2º grau, de acordo com a proposta inicial do Governo Federal, mas que procurassem atender a outros graus e modalidades de ensino, acentuando a necessidade do caráter interdisciplinar que deveria existir nas equipes dos centros-piloto, como condição importante para garantir a abordagem adequada e o sucesso da pesquisa.

Segundo Chaves e Setzer (1988) “É importante observar que as conclusões do segundo seminário coincidiram com as do primeiro seminário, ambos tiveram em comum a defesa dos valores culturais brasileiros, a ênfase nas questões da formação de recursos humanos e da implantação de projetos piloto com perfis multidisciplinares, bem como a recomendação de que estes últimos se subordinassem aos propósitos educacionais”.

Ao final de 1982, o MEC traçou diretrizes para o estabelecimento da política de informática no setor da educação, cultura e desportos. Em janeiro de 1983, o Secretário de Informática baixou a portaria nº 1/83, criando a Comissão Especial nº 11/83 – Informática na Educação, para:

- Propor a orientação básica da política de utilização das tecnologias de Informática no processo ensino-aprendizagem.
- Apoiar e acompanhar a implantação de centros-piloto, voltados para a aplicação das tecnologias da Informática na Educação.
- Recomendar a adoção de características técnicas e programas de computador padronizados, visando fins educacionais.
- Coordenar os recursos do governo e aplicação destes no campo da informática na educação.

Por recomendação desta comissão, a SEI, em agosto de 1983, convocou as instituições de ensino superior brasileiras para apresentar projetos de

implantação de centros-piloto que pesquisassem o uso do computador como instrumento auxiliar no processo ensino-aprendizagem no 2º grau.

Em dezembro de 1983, o Comitê Assessor criado para analisar estes projetos aprovou os projetos de 4 universidades federais e uma estadual, sendo que o MEC foi responsável pela coordenação global. A execução destes projetos só aconteceu em 1985, devido a um atraso na liberação dos recursos.

Em fevereiro de 1986, logo após a criação do Comitê Assessor de Informática na Educação (CAIE/MEC), presidido pelo secretário geral do MEC, iniciou-se uma nova fase. Este Comitê foi constituído por elementos de reconhecida competência técnico-científica no país, provenientes de diferentes segmentos da sociedade. Em abril do mesmo ano, o Comitê recomendou a aprovação do Programa de Ação Imediata em Informática na Educação de 1º e 2º graus, objetivando a criação de uma infra-estrutura de suporte junto às secretarias estaduais de educação, a capacitação de professores, o incentivo à produção descentralizada de *software* educativo, bem como a integração de pesquisas que estavam sendo desenvolvidas pelas diversas universidades brasileiras.

Em maio de 1987, a Secretaria de Informática do MEC assumiu a responsabilidade de condução das ações de informática na educação e, conseqüentemente, a coordenação e supervisão técnica do Projeto EDUCOM. Em julho do mesmo ano, após um período de total ausência de financiamento, foram transferidos recursos para as entidades gestoras dos centros piloto depois de um longo período de carência.

Em novembro de 1987 realizou-se a Jornada de Trabalho de Informática na Educação, em Florianópolis, que contou com a participação de profissionais de escolas e empresas envolvidas com a pesquisa e produção nesta área. Recomendações para a formulação de uma política trienal para este fim, posteriormente submetida à aprovação do Comitê Assessor do MEC, foi o resultado desse encontro.

O início da capacitação dos professores foi feito pelo Projeto FORMAR, através da UNICAMP e que contou com a colaboração dos vários centros piloto do Projeto EDUCOM. Os professores formados tiveram como compromisso principal projetar e implantar, junto à secretaria de educação que o havia indicado, um Centro de

Informática Educativa - CIEd, a ser implementado mediante apoio técnico e financeiro do Ministério da Educação .

No período de 1988 e 1989, dezessete CIEds foram implantados em diferentes estados. Atualmente existem 20 CIEds, sendo que cada centro coordena subcentros e laboratórios, tendo como objetivos, além de atribuições administrativas, transformar os centros em ambientes de aprendizagem informatizados integrados por grupos interdisciplinares de educadores, técnicos e especialistas, suportados por programas computacionais de uso da informática na educação (Moraes, 1997).

Ao final de 1988, a Organização dos Estados Americanos - OEA, através de seu Departamento de Assuntos Educativos, convidou o Ministério da Educação a apresentar um projeto de cooperação multinacional envolvendo outros países latino-americanos. Iniciava-se, então, a primeira cooperação técnica internacional com o México, financiada pela OEA, para avaliação do projeto de informática educativa na área de educação básica: Projeto COEEBA.

Uma das primeiras ações de cooperação internacional proposta pelo Brasil foi a realização de uma Jornada de Trabalho Luso Latino Americana de Informática na Educação, realizada em Petrópolis, em maio de 1989. O objetivo desta foi identificar possíveis áreas de interesse comum relacionadas à pesquisa e formação de recursos humanos, capazes de subsidiar um futuro projeto internacional sob a chancela da OEA. Essa jornada adotou como princípios norteadores do trabalho a participação, integração, solidariedade e adequação das propostas às realidades de cada país. Desta resultou a elaboração de um projeto multinacional de Informática Aplicada à Educação Básica, envolvendo oito países americanos e que foi apresentado à OEA, em 1989, em Washington, e aprovado para o período 1990-1995. Este projeto ficou paralisado após 1992, tendo em vista a falta de pagamento da quota anual brasileira que, por sua vez, condicionava a participação do Brasil, impossibilitando, assim, a realização das atividades previstas e acordadas com os demais países, prejudicando a liderança latino-americana conquistada pelo Brasil.

Em outubro de 1989, foi criado o Programa Nacional de Informática Educativa - PRONINFE, que tinha por finalidade: desenvolver a informática educativa no Brasil, através de projetos e atividades, articulados e convergentes, apoiados em fundamentação pedagógica sólida e atualizada, de modo a assegurar a unidade

política, técnica e científica imprescindível ao êxito dos esforços e investimentos envolvidos.

Em 1990, o Ministério da Educação aprovou o 1º Plano de Ação Integrada -PLANINFE, para o período de 1991 a 1993, com objetivos, metas e atividades para o setor, associados a um horizonte temporal de maior alcance. O PLANINFE, assim como o PRONINFE, destacava a necessidade de programa de formação de professores, acreditando que as mudanças só ocorrem se estiverem amparadas, em profundidade, por um programa de capacitação de recursos humanos, envolvendo universidades, secretarias, escolas técnicas e empresas.

A partir de 1992, em função de gestões realizadas em anos anteriores e por determinação do Ministro da Educação daquela época, foi criada uma rubrica orçamentária específica no Orçamento da União, para o financiamento das atividades do setor.

O uso da informática na educação requer uma rede de relações, uma teia de conexões e interações entre governo, professores e sociedade. O modelo científico da atualidade lembra que qualquer construção é sempre coletiva em todos os níveis e áreas, destacando-se a importância de se adotar novos conceitos e princípios de organização voltados para a cooperação, respeito e a atenção entre pessoas que compartilham de um mesmo objetivo. O compromisso com o sucesso do empreendimento não pode ocorrer somente entre alguns níveis de uma organização, mas deve envolver todos os participantes nos mais diferentes níveis, desde dirigentes ministeriais, estaduais e municipais, equipes técnicas, professores, até alunos e comunidades de pais. Como nos diz Consenza (1985) (apud Oliveira, 1998) “é preciso existir a conscientização da necessidade de se unirem os esforços em equipes interdisciplinares para diminuir a distância até então existente entre educação e informática”.

2.2. História do Computador Educacional

O computador é o resultado da necessidade crescente de cálculos exatos e rápidos do homem e sua história tem origem desde os povos primitivos. No oriente médio desde 2.500 A.C. existia a versão primitiva do ábaco, que foi um dos primeiros dispositivos mecânicos computacionais. John Napier, escocês e inventor dos logaritmos, criou em 1614 os Bastões de Napier como auxiliar para multiplicação, que consistiam de nove peças, uma para cada dígito de 1 a 9. Cada uma dessas barras é uma coluna de uma tabela de multiplicação. O sacerdote inglês William Oughtred, inventou um dispositivo de cálculo, em 1633, baseado nos logaritmos de Napier, que chamou de Círculos de Proporção. Sua invenção deu origem à familiar Régua de Cálculo, que só foi suplantada recentemente pela calculadora eletrônica de bolso.

No ano de 1830, Charles Babbage, matemático inglês, projetou a primeira calculadora mecânica, a máquina diferencial, baseada no princípio de discos giratórios, operada por uma simples manivela e que tinha capacidade de armazenar e memorizar números, e de executar uma série de cálculos. Em 1833, aprimorando suas técnicas, ele elaborou uma outra denominada Máquina Analítica, que podia ser "programada" para diferentes funções e que serviria para eliminar a inexatidão dos cálculos (Martin & Loch,1999).

Em 1880, o americano Herman Hollerith com o intuito de acelerar o processamento dos dados de censo, criou o sistema de perfuração de cartões dos dados coletados, fazendo com que eles fossem automaticamente tabulados. Para isso, ele usou máquinas especialmente projetadas.

Foi no final da década de 1930, por causa da II guerra mundial, que se intensificou a necessidade de cálculos científicos. Vários projetos foram desenvolvidos simultaneamente, devido, principalmente, a apoios financeiros disponíveis. Um dos projetos financiados tinha como objetivo a construção de cinco computadores de grande porte encomendados pelo exército americano. Cálculos complexos tinham que ser feitos sob a pressão do tempo e com máxima precisão possível, para que fossem criadas poderosas armas ou para que fossem descobertos códigos secretos do lado inimigo. Foi neste contexto nada harmonioso que tiveram origem enormes computadores, que faziam estes cálculos, onde as entradas de dados eram feitas com cartões perfurados um a um.

Na mesma época, um grupo de matemáticos liderados por John William Mauchly e John Presper Eckert Jr, da *Moore School of Electrical Engineering da University of Pennsylvania*, começou a desenvolver uma máquina eletrônica chamada ENIAC –*Electronic Numerical Integrator and Calculator*. O objetivo da mesma era acelerar os cálculos de tabelas, visando dirigir a pontaria para a artilharia de guerra. Os projetores dessas máquinas com certeza, não imaginavam que estas tornar-se-iam instrumentos de pessoas comuns que as utilizariam para diversos fins.

Após a Guerra, o computador deixou de ser privilégio da alta ciência e do exército e entrou no mundo mais amplo dos negócios, da pesquisa industrial e universitária.

Foi somente na década de 1960 que as pesquisas se voltaram para a construção de microcomputadores, que se originou na *Digital Equipment Corporation*. Hoje inúmeras empresas fabricam computadores pessoais.

Nessa mesma década surgiu a idéia de usar o computador também na educação, apesar da tecnologia ainda não estar muito desenvolvida e a interação com o usuário não ser muito atraente, sem desenhos, cores, sons e ações. Foi desenvolvido o sistema LOGO, que até hoje é considerado um modelo de *software* educacional. Desenvolvido no MIT, o Instituto de Tecnologia de Massachussets, por Seymour Papert, um matemático que sempre esteve preocupado com a maneira pela qual as pessoas aprendem, já havendo, inclusive, estudado com Piaget na década de cinquenta. Papert, em contato com os computadores no MIT, começou a imaginar como poderia "roubar a tecnologia dos laboratórios para dá-las às crianças".

Outra linha de desenvolvimento de sistemas para educação foi seguida por Patrick Suppes, o mentor dos programas de exercícios, Instrução Assistida por Computadores (*CAI-Computer Aided Instruction*). Estes programas, dotados de gráficos dinâmicos, basicamente eram programas de perguntas e respostas, sendo que o computador dava ao estudante uma pergunta e este lhe dava uma resposta, cabendo ao computador retornar respondendo se esta estava correta ou não.

Outro participante da cultura educacional da informática foi John Kemeny um dos criadores do BASIC. Ele via os estudantes como programadores de computador, tornando este último uma ferramenta que auxilia a aprendizagem ao invés de um protótipo do professor que auxilia a instrução.

Estes dois movimentos se justificavam pela presença dos microcomputadores, que começaram a modificar os rumos da informática, aproximando pessoas e profissionais de diversas áreas, de um instrumento que antes era reservado aos especialistas em computação. No início, eram máquinas muito simples, oferecendo poucos recursos de interação com o usuário, apoiadas em uma tela de vídeo monocromática e estática; a discussão sobre sua utilização na educação prendia-se exclusivamente ao fato de que podiam armazenar informações, permitindo uma rápida recuperação dos dados armazenados.

A década de setenta foi caracterizada pela industrialização da microeletrônica, miniaturização dos computadores e pelo microprocessador, conhecido como chip, uma espécie de pastilha fabricada a partir da sílica. A partir de então, várias portas se abrem para um novo mundo da microinformática em nível profissional e pessoal.

No final da década de 80 e início dos anos 90, chegaram ao Brasil as novidades dos PC's, trazendo novas facilidades ao usuário. A discussão tomou um direcionamento especial: os ambientes *Windows* com seus ícones; o uso do *mouse*, permitindo uma interação intuitiva, de característica sensoriomotora; os *menus*, que tornaram visualmente disponíveis as operações a realizar; a tela gráfica colorida, de alta resolução; caracterizavam modificações da tecnologia que, trazendo novas formas de ler, de escrever, de agir, e portanto, de pensar, exigiam dos estudiosos da Informática Educacional um aprofundamento das questões relativas à aprendizagem no uso dos recursos informatizados.

Acrescenta-se ainda o advento da multimídia interativa, que permitiu ao usuário uma forma de consulta não linear e lúdica, e principalmente o surgimento da Internet, que nos envolve e surpreende em um mundo virtual, onde as conversas podem ser realizadas à distância, até mesmo em tempo real, na troca de informações, na discussão compartilhada de projetos educacionais, entre outros.

Um dos aspectos destacados pela acentuada evolução tecnológica dos últimos anos é o fato da informação, matéria prima fundamental no trato de recursos informatizados, ter características especiais, como "um bem virtual", isto é, um bem que não se desgasta com o

consumo, e que pode ser compartilhado: "um bem cujo consumo é não destrutivo e cuja posse é não exclusiva" (Lévy, 1996).

O mesmo autor, insiste que não se deve considerar o computador como apenas um instrumento a mais para produzir textos, sons ou imagens, pois assim se estaria negando sua fecundidade propriamente cultural, afirmando: O computador é, antes de tudo, um operador de potencialização da informação. Dito de outro modo: a partir de um estoque de dados iniciais, de um modelo ou de um hipertexto, um programa pode calcular um número indefinido de diferentes manifestações visíveis, audíveis e tangíveis, em função da situação em curso, ou da demanda dos usuários. (...) A tela informática é uma nova "máquina de ler", o lugar onde uma reserva de informação possível vem se realizar por seleção, aqui e agora, para um leitor particular. Toda leitura em computador é uma edição, uma montagem singular (Lévy, 1996).

2.3. A Informática como Ferramenta de Aprendizagem

As novas tecnologias geralmente se apresentam ao processo educacional como instrumentos que podem ser eficazes e adequados à realidade social. A escola não poderia ficar omissa a esta discussão e, desta maneira, tem assistido a inúmeras experiências no sentido de se empregar o computador de maneira integrada com o projeto pedagógico institucional.

Segundo Barreto (1997), "O computador é talvez a mais aperfeiçoada ferramenta que o ser humano já construiu para ampliar suas capacidades intelectuais e cuja vocação é o armazenamento e manipulação de informações. Informações do mesmo tipo das que devem ser passadas de um ser humano a outro".

Para que possamos planejar a construção de ambientes de aprendizagem coerentes com as necessidades atuais, é preciso levar em consideração os novos cenários que sinalizam inúmeras e significativas mudanças na educação. Não podemos produzir uma educação dissociada do mundo e da vida,

precisamos reconhecer a importância de focalizar, no processo de aprendizagem, mais do que a instrução e a transmissão de conteúdos, lembrando que hoje é mais relevante a qualidade do saber do que a quantidade. Aprender é saber realizar. Este novo paradigma implica em aprender a aprender, o que podemos traduzir na capacidade de refletir, analisar e tomar consciência do que se sabe, para adquirir novos conhecimentos da rápida evolução da ciência e da tecnologia e de suas influências sobre o desenvolvimento da humanidade.

O que caracteriza a aprendizagem, para Piaget, é o movimento de um *saber fazer* a um *saber*, o que não ocorre naturalmente, mas por uma *abstração reflexiva*, processo pelo qual o indivíduo *pensa* o processo que executa e constrói algum tipo de teoria que justifique os resultados obtidos (Fialho, 1999)¹.

Segundo Piaget (1984) “O principal objetivo da educação é criar homens que sejam capazes de fazer novas coisas e não simplesmente repetir o que outras gerações fizeram; homens que sejam criativos, inventores e descobridores. O segundo objetivo da educação é formar mentes que possam ser críticas, que possam analisar e não aceitar tudo que se lhes é oferecido”.

Precisamos então, investir no progresso da tecnologia educacional, criar e disponibilizar ferramentas que possam auxiliar no processo de ensino-aprendizagem, pois enquanto as crianças selvagens formavam seus primeiros conceitos brincando com barro, as crianças da era industrial faziam o mesmo empilhando blocos e as crianças do futuro, certamente, irão afiar suas capacidades conceituais num teclado.

A rápida evolução do conhecimento humano faz com que, diferentemente de tempos remotos, a cada dia se torna essencial ensinar nas escolas o *aprender a aprender*. A velocidade de novas descobertas é tal que um profissional que não se atualize, estará desatualizado tão logo receba seu diploma. Segundo Barreto (1997) a partir disto podemos salientar os seguintes pontos:

- Na escola, para lutar contra a obsolescência, na impossibilidade de aprender o que ainda não foi inventado, os alunos devem, prioritariamente, *aprender como aprender*.

¹ FIALHO, F.A.P. (1999) – **Uma Introdução à Engenharia do Conhecimento – A Compreensão**. Gênises.

- Durante toda a vida deve-se estar apto a seguir uma formação contínua, capaz de fazer mudar, até mesmo de especialidade, se for preciso.

E segundo o mesmo autor é aí que o computador tem seu lugar: ajudando a desenvolver a capacidade de aprender a aprender e personalizando a transmissão de conhecimentos no processo de aprendizado contínuo, e isto deve ser feito considerando que os autores do processo de ensino existem em um determinado momento, em uma determinada sociedade como ilustrado na figura 2.1. abaixo:

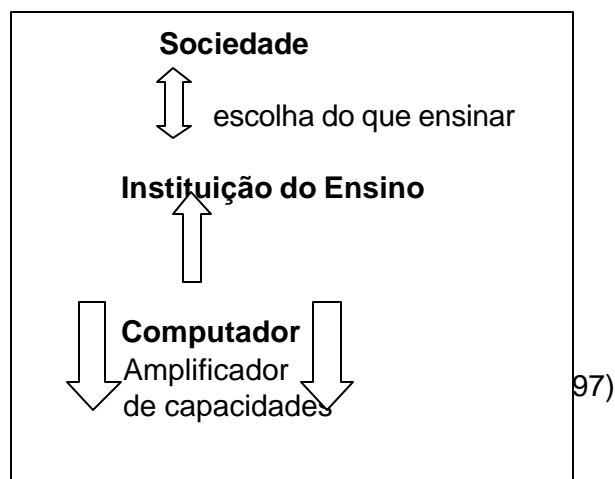


Figura 2.1: Imersão dos agentes de ensino na Sociedade
Adaptada de Barretos (1997).

O estabelecimento de ensino tem por responsabilidade estar continuamente atento às mudanças na sociedade, de modo a responder a suas necessidades. Por outro lado, os membros de um estabelecimento de ensino são também membros desta mesma sociedade, devendo portanto ter um lugar que seja compatível com sua responsabilidade em formar novas gerações ou aperfeiçoar esta.

Por outro lado, a existência do computador na instituição deve servir para amplificar as capacidades dos alunos, professores e do próprio estabelecimento de ensino melhorando sua interação.

Na sociedade do conhecimento, as pessoas precisam aprender como aprender. Na verdade, na sociedade do conhecimento as matérias podem ser menos importantes que a capacidade dos estudantes para continuar aprendendo e que a sua motivação para fazê-lo (Drucker, 1995). A afirmativa nos leva a inferir que o

profissional oriundo de uma instituição de ensino superior, com mais razão do que qualquer outro, terá que estudar durante toda a vida para se manter atualizado e membro da sociedade do conhecimento.

Reinhardt (1995), afirma que o emprego dos recursos oferecidos pela informática podem:

- Aumentar a taxa de retenção dos conhecimentos adquiridos e colaborar com a melhor qualidade do rendimento escolar;
- Reduzir o tédio e, em consequência, os casos de mau comportamento dos alunos;
- Apoiar uma seqüência progressiva de exercícios práticos, individualizados ou em projetos específicos.

Mendes (1995) também relata algumas características e alcance educativo da informática na escola:

- Os computadores podem auxiliar o aluno a executar e elaborar tarefas de acordo com seu nível de interesse e desenvolvimento intelectual;
- Jogos e linguagens podem auxiliar no aprendizado de conceitos abstratos;
- O recurso pode organizar e metodizar o trabalho, gerando uma melhor qualidade de rendimento;
- Destaca o elemento afetivo, já que o aspecto motivacional é inerente à relação do aluno com o microcomputador.

Para a obtenção dos benefícios acima descritos, Niquini (1996) identificou o uso da informática em três ramos básicos:

- Utilização de programas (*softwares*) educacionais, como instrumento de ensino ligado a uma matéria específica, através de produto elaborado com este fim;
- Sistematização de pesquisa, funcionando como livro didático eletrônico (dicionários e enciclopédias);
- Utilização de *software* para a fixação de conteúdos, constituindo-se em uma alternativa lúdica às formas tradicionais e insípidas de ensinar.

Podemos complementar tal afirmativa constatando que as redes de computadores podem estender as formas de emprego, oferecendo acesso à bibliotecas e a bancos de dados geograficamente distantes, lembrando que o uso da internet na educação atualmente está bastante difundido.

Não podemos temer que o computador irá substituir o homem, pois, este é fruto da inteligência do homem, portanto, o computador deve ser encarado como uma ferramenta capaz de auxiliá-lo nos mais diversos processos, entre eles o ensino-aprendizagem.

Neste contexto, acreditando nas características e na obtenção dos benefícios do uso do computador na educação, desenvolvemos este trabalho. Para tanto, utilizou-se o computador para implementar um protótipo de um modelo informático, seguindo alguns estudos sobre o desenvolvimento de *software* Educativo, com o objetivo de o utilizar como uma ferramenta que possa contribuir no processo de ensino-aprendizagem em conteúdos específicos de Matemática.

2.4. O Papel do Professor Frente às Novas Tecnologias

Vivemos um momento caracterizado pela velocidade das mudanças. Mal conseguimos acomodar uma transformação, já surge outra gerando a desestabilização. Segundo Lévy (1996) "Certamente nunca antes as mudanças das técnicas, da economia e dos costumes foram tão rápidas e desestabilizantes".

Com os avanços da tecnologia, abrem-se novas perspectivas na área educacional e conseqüentemente surge um novo paradigma sobre o papel do professor frente à esta realidade.

PAPERT (1994), propõe algumas reflexões a partir da seguinte situação:

“Imagine um grupo de viajantes do tempo de um século anterior, entre eles um grupo de cirurgiões e outro de professores primários, cada qual ansioso para ver o quanto as coisas mudaram em sua profissão em cem anos ou mais no futuro. Imagine o espanto dos cirurgiões entrando num centro cirúrgico de um hospital moderno. Embora pudessem

entender que algum tipo de cirurgia estava ocorrendo e pudessem até mesmo ser capazes de adivinhar o órgão-alvo, na maioria dos casos seriam incapazes de imaginar o que o cirurgião estava tentando fazer ou qual a finalidade dos vários aparelhos estranhos que ele e sua equipe cirúrgica estavam utilizando. Os rituais de anti-sepsia e anestesia, os aparelhos eletrônicos com seus sinais de alarme e orientação e até mesmo as intensas luzes, tão familiares às platéias de televisão, seriam completamente estranhos para eles. Os professores viajantes do tempo responderiam de uma forma muito diferente a uma sala de aula de primeiro grau moderna. Eles poderiam sentir-se intrigados com relação a alguns poucos objetos estranhos. Poderiam perceber que algumas técnicas-padrão mudaram - e provavelmente discordariam entre si quanto a se as mudanças que observaram foram para melhor ou para pior - mas perceberiam plenamente a finalidade da maior parte do que se estava tentando fazer e poderiam, com bastante facilidade, assumir a classe.”

A partir desta situação, vislumbramos a necessidade de uma reforma na educação, visando torná-la mais adequada aos novos tempos e, sobretudo, adaptada à nova realidade social. Entretanto, parece que a educação prefere um movimento de resistência; reluta em transformar-se e refugia-se em aspectos tradicionais. Seus instrumentos continuam a ser: carteiras enfileiradas, quadro-negro, giz, um professor reproduzidor, temeroso quanto as inovações e um educando receptivo aos novos desafios.

O novo século já é algo presente, vivemos um momento histórico para toda a humanidade. Dentro de um processo mundial de globalização, inicia-se a preparação para os desafios da *Nova Era*. Nesta fase, “ter poder” significa “ter domínio” sobre informações. O cidadão do novo milênio precisa ser hábil na busca, acesso, seleção e aplicação das informações.

Agora, na era dois mil, quais as perspectivas para o papel do professor?

A existência de novas tecnologias, o fato de se ter hoje um acesso maior a estas no ambiente escolar não é uma garantia de boa qualidade pedagógica e de uma nova abordagem educacional.

Moraes (1996), acredita que as coisas não mudam em educação, principalmente, pelas dificuldades enfrentadas por todos aqueles que nela exercem as suas atividades profissionais, ao tentarem se adaptar a uma nova cultura de trabalho que, por sua vez, requer, mais do que nunca, uma profunda revisão na maneira de

ensinar e aprender. Embora quase todos percebam que o mundo ao redor está se transformando de forma bastante acelerada, entretanto, a grande maioria dos professores ainda continua privilegiando a “velha” maneira com que foram ensinados, reforçando o velho ensino, afastando o aprendiz do processo de construção do conhecimento, conservando, assim, um modelo de sociedade que produz seres incompetentes, incapazes de criar, pensar, construir e reconstruir o conhecimento.

**Propõe-se uma educação centrada no
“sujeito coletivo” que reconhece a importância do outro, a
existência de processos coletivos de construção do saber
e a relevância de se criar ambientes de aprendizagem que
favoreçam o desenvolvimento do conhecimento
interdisciplinar, da intuição e da criatividade**

A abordagem pedagógica emergente abandona a abordagem tradicional, que enfatiza a transmissão, a linguagem, a cópia da cópia, na qual conteúdos e informações são passados diretamente do professor para o aluno, mediante um processo reprodutivo. Na nova situação educacional, dá-se ênfase a construção realizada pelo indivíduo, através de uma pedagogia ativa, criativa, dinâmica, encorajadora, apoiada na descoberta, na investigação e no diálogo.

No paradigma tradicional, o professor tem um compromisso com o passado, com as coisas que não podem ser esquecidas. No paradigma emergente, o professor tem um compromisso com o futuro, no presente da sala de aula. De uma relação professor-aluno vertical, autoritária, subserviente, de concordância, queremos construir uma nova relação, mais horizontal, recíproca, dialética e verdadeira, na qual o professor além de ensinar, aprende, e o educando além de aprender, ensina (Moraes, 1996).

Segundo Tajra (1998) “os professores comumente buscam justificativas como: a minha escola ainda não tem computador, os cursos que fiz não abordavam informática na educação, entre outras... e poucos são os professores que percebem que o ponto de partida de qualquer mudança está num processo interno de sensibilização para uma nova realidade”.

Como o novo geralmente gera insegurança, percebe-se que muitos dos professores assumem uma posição cômoda frente às novas tecnologias. Isto pode ser

explicado a partir de diversos fatores, porém sabemos que esta nova postura exige uma preparação e uma atualização destes professores.

O pensar sobre o professor e a sua formação necessita considerar todo o volume de modificações que se transfiguram na sociedade e como ele pode apropriar-se delas sem perder sua identidade enquanto educador. A formação do professor não deve ficar delimitada pelo espaço físico da escola, mas sim conquistar outros locais de ação direta, como os veiculados pelas tecnologias e mídias eletrônicas, implicando no domínio destes recursos possíveis de uso na ação educativa

Na exploração dos computadores como recursos de aprendizagem, o Professor deve observar nos *software* as concepções pedagógicas que possuem. Ao perceber e reconhecer ele pode, em muitos casos, ter condições de reconstruir com uma nova abordagem, um novo ambiente de aprendizagem, ou uma nova maneira de mediar o conhecimento. Isso implica numa preparação do indivíduo no que diz respeito a usabilidade dos recursos tecnológicos disponíveis, não só o instrumentalizando, mas fazendo com que se aproprie do processo de utilização do mesmo. O pensar sobre o recurso e o que fazer com ele, explorando, assim, o melhor que cada um pode oferecer para criar ambientes propícios para a aprendizagem. Mas isto somente é possível quando a imersão do indivíduo não ocorre apenas externamente. Esta postura do educador já deve estar internalizada ou já em processo.

As constantes mudanças em todos os campos do conhecimento exigem um sujeito capaz de integrar-se ao movimento emergente com capacidade de agir criticamente e, usar a criatividade, enquanto elemento de participação e inovação.

O acesso à informação hoje é muito amplo, mas o adequado manejo desta é ainda uma situação crítica. A educação, em seu papel institucional, deve incorporar esta nova ótica cultural e fazer no ato pedagógico uma leitura capaz de possibilitar à sociedade a condução consciente dos rumos deste processo tecnológico.

No desempenho desta tarefa social, a educação tem na figura do professor, o agente mediador das gerações que se unem para compreender os novos meios de relações entre o saber e o homem. Cabe ao professor uma ação integradora

e promotora de ações, no sentido de favorecer aos educandos perspectivas de uso da tecnologia na busca de melhor qualidade de vida.

O papel do professor traça novos perfis. Ser professor na sociedade tecnológica é ser sobretudo, um estimulador do aprender a aprender.

2.5. A Matemática e a Tecnologia

Para muitos a Matemática tem sido considerada como uma ciência sem capacidade de renovação e com pouca utilidade na vida profissional. Ainda há muitos que a mistificam, e constantemente ouvimos frases como “nem todos têm jeito para a Matemática”.

"(...) queremos mudar porque não acreditamos que aprender Matemática seja coisa para uns poucos; não acreditamos que uma sociedade justa possa ser construída enquanto tanta gente fica impedida de entender tantas idéias matemáticas que aparecem o tempo todo, desde nas compras a prazo e na inflação, até os vários tipos de dados estatísticos e as escalas dos mapas" (Lins, 1995, apud Basso, 1999).

Defendemos que a Matemática e o aprendizado desta, por parte dos estudantes, devem fazer parte de um projeto maior de transformação pedagógica e política (Frankenstein, 1989 apud Rosseto & Basso, 1999). A transformação da sociedade não se dá exclusivamente através da Escola, mas esta pode contribuir neste processo.

Ao mesmo tempo, as novas tecnologias têm favorecido surpreendentes representações do conhecimento. A análise e a adaptação às novas necessidades educativas requerem um suporte teórico capaz de proporcionar meios e condições para estimular o constante avanço e adequar as novas tecnologias ao desenvolvimento dos indivíduos. Uma síntese dos diferentes pontos de vista e as diferentes abordagens usadas por pesquisadores na área de educação matemática no estudo das relações entre novas tecnologias e o aprendizado em Matemática é uma tarefa difícil (Boieri, Chiappini & Fasano, 1996, apud Basso, 1999).

Podem ser observadas, no entanto, a ênfase de duas tendências gerais:

- Noções básicas da Ciência da Computação e atividades de programação no currículo de Matemática;
- Uma segunda abordagem nas pesquisas é a que considera o computador como um auxiliar, uma ferramenta para o aprendizado de Matemática.

O uso da tecnologia da informação no currículo de Matemática está relacionado com a introdução de noções fundamentais da Ciência da Computação em atividade de programação. Tal abordagem relaciona-se com a possibilidade de trabalhar com importantes noções como variáveis, linguagem formal e algoritmos, e que, freqüentemente se apresentam com significados diferenciados na Computação e na Matemática. A introdução de noções de computação nas atividades de programação procura integrar Informática e Matemática. Podemos citar o uso do *BASIC* em escolas secundárias, em alguns países, com o objetivo de possibilitar ao usuário noções de linguagem de programação, capacidades e limitações dos computadores, estrutura de dados, significado de variáveis em Ciência da Computação e na Matemática, conceito e construção de algoritmos numéricos (Regianni, 1989 apud Basso 1999). Outra linguagem usada é o LOGO, que segundo Bossuet (1985) “ É uma teoria do conhecimento, na convergência da epistemologia genética de Piaget com as pesquisas informáticas sobre Inteligência Artificial; uma linguagem de educação, pensada em termos de redução pedagógica de uma linguagem de programação; um material que permite ao usuário testar a força de suas idéias tentando”.

Citamos também o AABC, um ambiente computacional cujo objetivo é servir como ferramenta de auxílio-aprendizagem de programação de computadores, desde a iniciação até níveis mais avançados (Moreira, 1999).

Na Segunda abordagem de considerar o computador como um auxiliar, uma ferramenta para o aprendizado de Matemática, busca-se promover a aprendizagem nesta disciplina através do uso de *software*, planilhas eletrônicas, manipuladores simbólicos ou ainda pacotes específicos para determinados conteúdos curriculares. Em nível de 3º grau, tem sido muito difundido o uso de *software* de computação algébrica como *Maple*, *Derive*, *Matlab* e *Mathematica*. Estes *software* não contemplam uma abordagem pedagógica, mas o professor através de uma

metodologia coerente, tem usado como uma ferramenta auxiliar nas disciplinas de cálculo e álgebra. A maioria destes *software* contemplam uma visualização gráfica muito eficiente. O usuário pode explorar visualmente os conceitos de domínio, imagem, intervalo de crescimento e decrescimento, ponto de máximo e de mínimo de uma função, por exemplo. Diversos Professores já vêm usando estes recursos computacionais na Universidade Federal de Santa Catarina (Duarte & Eger, 1995; Eger 1998; Gonçalves & Paladini, 1998; Paladini et. al., 1998; Moreira, 1999; Taneja, 1997;). Encontramos trabalhos realizados também em outras universidades, como na UNICAMP- Universidade de Campinas que tem usado o *software* Mathematica nas aulas de cálculo(ver Cálculo com Aplicações, 2000).

Em nível de segundo grau, encontramos o uso do *software* Excel nas disciplinas de Estatística. Na Escola Técnica Federal de Santa Catarina, o professor de Matemática, que ministrava aulas de estatística para os alunos de cursos técnicos, usava freqüentemente a ferramenta Excel em suas atividades. Outros *software* são utilizados pelas escolas da rede municipal e estadual (Moreira, 1999).

Pelo fato de trabalhar no grupo GEIAAM, gostaria de mencionar o desenvolvimento de alguns protótipos de modelos computacionais em nível de primeiro, segundo e terceiro grau(Paladini, 2000).

As pesquisas em sistemas inteligentes têm produzido e certamente continuarão proporcionando um campo de visão para os problemas relacionados com aprendizagem e instrução. Por isso estes sistemas devem continuar sendo pesquisados ativamente.

O desenvolvimento de *software* educacional inteligente, que são programas de computador com propósitos educacionais e que incorporam técnicas de Inteligência Artificial, atualmente requer uma grande quantidade de esforço concentrado em uma diversidade de conhecimentos e técnicas.

No próximo capítulo abordaremos alguns aspectos de Inteligência Artificial relacionados com o desenvolvimento de nosso trabalho.

3. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

3.1. Introdução

Segundo Russel & Norvig (1995), “A Inteligência Artificial (IA), busca entender e construir entidades inteligentes, sendo que uma das razões de seu estudo é aprender mais sobre nós mesmos. Outra, é que a construção de entidades inteligentes são interessantes e úteis”. Por 2000 anos, os filósofos tentaram

compreender como o ver, o aprender, o recordar, e o raciocinar podia ser realizado. Nos anos 50 passou-se à prática com a criação do computador, as pesquisas se desenvolveram em torno da mente com bases teóricas e experiências reais.

Na década de 50 chegou-se a pensar que os novos “supercerébrs eletrônicos” tendiam a um potencial ilimitado de inteligência. Como serviu para criar entidades inteligentes o computador também tem sido uma ferramenta para provar teorias sobre a inteligência, das quais muitas fracassaram (Russel & Norvig, 1995). Formalmente a IA foi criada em 1956, quando seu nome foi cunhado, embora esse trabalho demorou aproximadamente cinco anos.

Segundo Fialho (1999), “as ciências cognitivas e a IA começaram a ser estudadas, mais ou menos ao mesmo tempo, e o casamento entre ambas permitiu que diversos formalismos relativos à representação do conhecimento e aos mecanismos inerentes ao processo de aquisição desses fossem utilizados como modelo para a psicologia”.

Atualmente a IA engloba uma grande variedade de subcampos, desde áreas de propósitos gerais, tais como percepções e raciocínio lógico, até campos específicos de tarefas tais como: jogar xadrez, provar teoremas matemáticos, escrever poesias e diagnosticar doenças. Frequentemente, cientistas de várias áreas movem-se gradualmente na Inteligência Artificial, onde encontram as ferramentas e o vocabulário para sistematizar e automatizar as tarefas intelectuais em que têm-se ocupado durante boa parte de suas vidas. Similarmente, os cientistas da IA podem escolher e aplicar seus métodos em algumas áreas que tenham a ver com o esforço do intelecto humano (Russel & Norvig, 1995).

No decorrer de sua história, muitas definições surgiram para o campo de Inteligência Artificial. De acordo com Russel & Norvig (1995), as definições são organizadas em quatro categorias: Sistemas que pensam como humanos; Sistemas que pensam racionalmente; Sistemas que agem como humanos e Sistemas que agem racionalmente.

Os mesmos autores, afirmam que um sistema é dito racional se faz a coisa certa. Esta abordagem dita racionalista envolve uma combinação de Matemática e Engenharia. Os sistemas que agem como humanos são ilustrados pelo Teste de Turing. Em 1950, Alan Turing propôs um teste para oferecer uma definição satisfatória operacional de inteligência. Definiu o comportamento inteligente como a habilidade de executar tarefas cognitivas, com desempenho suficiente para enganar um interrogador, num teste no qual um computador deveria ser interrogado por um humano via um teletipo.

A seguir apresentamos algumas definições relativas a cada uma das categorias:

- *Sistemas que pensam como os humanos*: Nesta categoria encontramos uma abordagem de modelagem cognitiva, de como

funciona a mente humana, através da introspecção e da psicologia experimental.

É o caso do sistema *General Problem Solver (GPS)* criado por Newell e Simon (1961). Para estes não era suficiente que seu programa resolvesse corretamente os problemas propostos, mas o que interessava era seguir as etapas dos passos de raciocínio e compará-las com as etapas realizadas por humanos ao resolver o mesmo problema. Esta atitude foi fortemente contrastada com outros investigadores da época, como o caso de Wang (1960) (apud Russel & Norvig, 1995), para o qual o que importava era a obtenção de respostas corretas independente de como os humanos as obteriam.

Segundo esta abordagem destacamos as definições de IA:

“O novo esforço excitante de fazer os computadores pensar...máquinas com mentes, no sentido completo e literal” (Haugeland, 1985 apud Russel & Norvig, 1995).

“A automação de atividades que associamos com o pensamento humano, atividades como a tomada de decisão, resolução de problemas, aprendizado...”(Bellman, 1978 apud Russel & Norvig, 1995).

- *Sistemas que pensam racionalmente*: Abordagem com leis do pensamento, como de Aristóteles: pensamento certo, silogismos e lógica. Estes sistemas possuem obstáculos, devido a dificuldade de formalizar o conhecimento e estabelecer diferenças entre teoria e prática.

Definições de IA referentes a esta abordagem:

“O estudo das faculdades mentais através de modelos computacionais”
(Charniak & Mcdermott, 1985 apud Russel & Norvig, 1995).

“O estudo das operações que fazem possível perceber, raciocinar e atuar”

(Winston, 1992 apud Russel & Norvig, 1995).

- *Sistemas que atuam como humanos*- Nesta abordagem o computador é visto com as seguintes capacidades: processamento de linguagem natural, representação de conhecimento, raciocínio automático e aprendizado de máquina. Podemos destacar aqui o Teste de Turing (Turing , 1950).

Seguem algumas definições:

“A arte de criar máquinas que realizam funções que requerem inteligência quando realizadas por humanos” (Kurzweil, 1990 apud Russel & Norvig, 1995).

“O estudo de como fazer os computadores executarem coisas as quais, no momento, as pessoas são melhores” (Rich & Knight, 1991).

- *Sistemas que atuam racionalmente* – Nesta categoria encontramos a abordagem de agentes racionais. Atuar racionalmente é alcançar seus objetivos de acordo com as suas crenças.

Seguem algumas definições:

“Um campo de estudo que tenta explicar e simular o comportamento inteligente em termos de processos computacionais”(Schalkoff, 1990 apud Russel & Norvig, 1995);

“ O ramo da ciência da computação que está preocupada com a automação do comportamento inteligente”(Luger & Stubblefield, 1993 apud Russel & Norvig, 1995).

Segundo Koehler (1998), “O objetivo da IA é representar o comportamento inteligente através de modelos computacionais. Comportamento fundamentado: no conhecimento e na aprendizagem. O conhecimento é sua principal matéria prima, representado por muitos

formalismos. A aprendizagem também tem despertado muito o interesse da comunidade de IA”.

3.2. O Estado da Arte da Inteligência Artificial

Existem duas linhas de pesquisa para a construção de sistemas inteligentes: a *linha conexionista* e a *linha simbólica*.

A *linha conexionista* visa à modelagem da inteligência humana através da simulação dos componentes do cérebro, isto é, de seus neurônios, e de suas interligações. Os pioneiros dessa corrente foram McCulloch e Pitts (1943), Hebb (1949), Rosenblatt e Widrow (ver Bittencourt, 1999). Em 1943, surgiu a representação e formalização matemática dos neurônios artificiais propostas pelo neuropsicólogo McCulloch e o lógico Pitts, o que deu origem as redes neuronais. Um primeiro modelo de rede neuronal, isto é, um conjunto de neurônios interligados, foi proposto por Rosenblatt. Este modelo, chamado *Perceptron*, teve suas limitações demonstradas por Minsky e Papert (Minsky & Papert, 1969), onde as propriedades matemáticas de redes artificiais de neurônios são analisadas. Apesar das pesquisas nesta área não terem parado, foi apenas na década de 80 que Hopfield conseguiu recuperar a credibilidade da utilização das redes neuronais. O advento dos microprocessadores, pequenos e baratos, tornou praticável a implementação de máquinas de conexão compostas de milhares de microprocessadores, o que, aliado à solução de alguns problemas teóricos importantes, deu um novo impulso às pesquisas na área.

A *linha simbólica* dá ênfase aos processos cognitivos, ou seja, a forma como o ser humano raciocina. Um dos seus objetivos é encontrar uma explicação para comportamentos inteligentes baseada em aspectos psicológicos e algorítmicos. Os pioneiros dessa corrente foram McCarthy, Minsky, Newell e Simon (ver Bittencourt, 1999). Os princípios dessa linha de pesquisa são apresentados no artigo *Physical symbol system* de Newell (Newell, 1980 apud Bittencourt, 1999). As primeiras modelagens da inteligência surgiram na década de 50 e tiveram como base as “regras de produção” e a “lógica dos predicados”. A formalização da lógica facilitou

o processo de representação dos conhecimentos a serem utilizados pelos programas de computador. Inicialmente, esses conhecimentos se restringiram a esquemas de raciocínios para jogos, aplicações matemáticas e simuladores.

O sucesso dos Sistemas Especialistas (SE), a partir da década de setenta, estabeleceu a manipulação simbólica de um grande número de fatos especializados sobre um domínio restrito como o paradigma da construção de sistemas inteligentes do tipo simbólico.

Na Inteligência Artificial Simbólica o comportamento inteligente global é simulado, sem considerar os mecanismos responsáveis por este comportamento (Barreto, 1997). Tem-se a separação entre inferência (ou motor de inferência) e a base de conhecimento. A base de conhecimento refere-se ao conhecimento sobre o problema e o motor de inferência à maneira pela qual tiram-se conclusões baseadas em fatos conhecidos.

A elaboração do presente trabalho está inserido nesta fundamentação teórica (Simbólica). Portanto, iremos nos deter em explicar melhor esta abordagem. Para facilitar a apresentação e compreensão, vamos dividir a história da IA simbólica em “épocas” conforme proposto em relatórios internos do MIT (*Massachusetts Institut of Technology*).

a) *Clássica (1956-1970)*

Objetivo: Simular a inteligência humana.

Métodos: Solucionadores gerais de problemas e lógica.

Motivo do fracasso: subestimação da complexidade dos problemas.

Inicialmente a pesquisa em manipulação de símbolos se concentrou no desenvolvimento de formalismos gerais capazes de resolver qualquer tipos de problemas. Um exemplo deste tipo de pesquisa é o General Problem Solver (GPS) projetado por Newell e Ernst (Newell, 1969). Estes esforços iniciais ajudaram a estabelecer os fundamentos teóricos dos sistemas de símbolos e

forneceram à IA uma série de técnicas de programação voltadas à manipulação simbólica, por exemplo, as técnicas de busca heurística. Os sistemas desenvolvidos nesta época tinham como meta principal, a demonstração da técnica utilizada, e não a solução de um problema real. Esta situação levou a dois tipos diferentes de solução: (i) uso de métodos formais de inferência mais fracos do que a lógica de primeira ordem, que garantisse certa eficiência aos programas, por exemplo, lógicas multi-valores e linguagem terminológicas; e (ii) desenvolveram métodos heurísticos e lógicos não convencionais para permitir a representação de crenças, incoerências e incompletudes, por exemplo, lógica modal, lógica de exceções e lógica nebulosa.

b) *Romântica (1970 – 1980)*

Objetivo: simular a inteligência humana em situações pré determinadas.

Métodos: formalismos de representação de conhecimento adaptados ao tipo de problema.

Motivo do fracasso: subestimação da quantidade de conhecimento necessária para tratar mesmo o problema mais simples em nível de senso comum.

Durante a década de setenta, a IA estava praticamente restrita ao ambiente acadêmico. Os objetivos da pesquisa eram, principalmente, a construção de teorias e o desenvolvimento de programas que verificassem estas teorias para alguns poucos exemplos.

Uma mudança importante ocorreu ao longo desta década em relação aos critérios acadêmicos de julgamentos em IA, tendo ocorrido uma crescente exigência de formalização matemática. O programa em si passou a ser a parte menos importante; a análise formal da metodologia, incluindo decidibilidade, completude e complexidade, além de uma semântica bem estruturada, passou a ser o ponto fundamental (Hayes, 1977 & Mcdermott, 1978, apud Russel & Norvig, 1995).

Nesta época, aparecem os primeiros SE's, dentre estes: o DENDRAL, o primeiro programa especialista baseado em conhecimento, que tinha como objetivo detectar a estrutura molecular de um componente orgânico, sendo de grande ajuda na química e medicina.

O sistema especialista mais freqüentemente citado é o MYCIN, desenvolvido por uma equipe de médicos e especialistas em IA na Universidade de Stanford. O MYCIN contém o conhecimento dos mais destacados especialistas no campo de doenças infecciosas. Foi projetado para auxiliar no diagnóstico e tratamento de meningite (inflamação das membranas que envolvem o cérebro e a medula espinhal) e bacteriemia (infecção bacteriana no sangue).

A importância do domínio do conhecimento era também aparente na área de compreender a linguagem natural, com o desenvolvimento do sistema SHRDLU de Winograd, na década de setenta (Russel & Norvig, 1995).

Na Universidade de Yale, a lingüística girava em torno das investigações de IA desenvolvidas por Roger Schank. Schank e seus estudantes construíram uma série dos programas (Skank & Abelson, 1977; Schank & Riesbeck, 1981; Dyer, 1983, apud Russel & Norvig, 1995) que tinham como objetivo a compreensão da linguagem natural. O foco de atenção não estava na linguagem propriamente dita, mas nos problemas vinculados a representação e no armazenamento do conhecimento necessário para a sua compreensão. Entre os problemas encontrava-se a representação de situações estereotipadas, a organização humana da memória e a compreensão de planos e metas.

William Woods (1973) (apud Russel & Norvig, 1995), construiu o sistema LUNAR, que permitiu que o geólogo fizesse a pergunta em inglês sobre as amostras de rocha trazidas pela missão Apollo, da lua. LUNAR foi o primeiro programa a utilizar linguagem natural, que foi usado por outras pessoas. Desde então, muitos programas em linguagem natural foram usados como resultados das relações com bases de dados.

c) *Moderna (1980-1990)*

Objetivo: simular o comportamento de um especialista humano ao resolver problemas em um domínio específico.

Métodos: sistemas de regras, representação da incerteza, conexionismo.

Motivo do fracasso: subestimação da complexidade do problema de aquisição de conhecimento.

A tecnologia dos SE's disseminou-se rapidamente e foi responsável por mais um dos episódios de promessas não cumpridas pela IA: o sucesso dos primeiros SE's chamou a atenção dos empresários, que partiram em busca de um produto comercializável que utilizasse esta tecnologia. No entanto, um SE não era um produto, visto que na visão dos empresários, um produto não deveria ser um sistema específico para um dado problema, mas algo que fosse implementado uma única vez e vendido em 100.000 unidades, por exemplo, como uma ferramenta para Construção de Sistemas Especialistas (CSE). Com isto foram colocados no mercado uma grande quantidade de CSE's que prometiam solucionar o problema de construção de SE's. A consequência foi uma grande insatisfação por parte dos usuários, pois, apesar de uma ferramenta de programação adequada ajudar muito a construir um sistema complexo, fazer mudanças na base de conhecimento continuava sendo o problema mais importante.

Um dos motivos do fracasso dos CSE's foi a pouca ênfase à aquisição do conhecimento, uma das partes difíceis do desenvolvimento de um SE. Contudo, houve nesta época, trabalhos descrevendo as potencialidades e as limitações da nova tecnologia (ver Waterman, 1987).

Atualmente os CSE's são considerados como parte de uma tecnologia de desenvolvimento de *software* estabelecida, sendo objeto de diversas conferências internacionais e submetidas a avaliações rigorosas de desempenho (Stylianou et. al., 1992).

Entre os benefícios associados ao desenvolvimento de SE's podemos citar: distribuição de conhecimento especializado; memória institucional; flexibilidade no fornecimento de serviços (consultas médicas, jurídicas, técnicas, etc.); facilidade na operação de equipamentos; maior confiabilidade de operação; possibilidade de tratar situações a partir de conhecimento incompletos ou incertos; treinamentos, etc.

Em 1981, os japoneses anunciaram o projeto " quinta geração ", no qual em 10 anos planejaram construir computadores inteligentes com funcionamento em Prolog. A idéia era: com capacidade para efetuar milhões de inferências por segundo, os computadores seriam capazes de inferir grandes regras. Propuseram até, conseguir a compreensão da linguagem natural de ampla escala, entre outros objetivos ambiciosos.

O projeto da quinta geração ressuscitou o interesse na IA e, aproveitando o temor de uma possível dominação japonesa, investigadores e empresas obtiveram apoio para uma inversão semelhante nos Estados Unidos. Foi fundada a *Microelectronic e Computer Technology Corporation (CCM)* um consórcio de pesquisa para opor-se ao projeto japonês. Em ambos os casos, a IA era parte de um grande esforço, incluindo a pesquisa do projeto de “microplaqueta” e da “interface humana”.

Na florescente indústria da IA figuravam companhias como: *Carnegie Group, Inference, Intellicorp e Teknowledge*, os quais ofereciam ferramentas de *software* necessários para construir sistemas especialistas, assim como companhias de *hardware* tais como *Lisp Machines, Inc., Texas Instruments, Symbolics e Xerox*, onde se construíam estações de trabalhos otimizadas para desenvolvimento de programas em Lisp (Russel & Norvig, 1995).

Podemos ressaltar que o desconhecimento dos princípios e mecanismos que fundamentam a inteligência humana, por um lado, e dos limites práticos de processamento dos computadores, levou pesquisadores em IA a fazerem periodicamente promessas exageradas, causando decepção quanto às perspectivas da mesma. Podemos ilustrar como exemplo, que foram necessários 39 (trinta e nove) anos para que o programa “*Deep Blue*”, desenvolvido pela IBM, vencesse uma partida contra o campeão mundial (Gary Kasparov, em fevereiro de 1996) e mesmo assim o programa perdeu o torneio (3 vitórias de Kasparov, 2 empates e 1 vitória do *Deep Blue*), sendo que em 1957 Simon e Newell, afirmavam que em 10 anos o campeão mundial de xadrez seria o computador.

Embora o padrão de previsões exageradas e conseqüentes decepções tenha se repetido na história da IA, a partir da década de 80 o campo atinge uma certa maturidade, e os caminhos começam a se tornar mais claros.

Segundo Schank (1991), “Os programas de IA devem aprender com seus usuários, e devem tratar de problemas reais que realmente sirvam para um propósito”. O desenvolvimento de tais programas, segundo o mesmo, terá as seguintes conseqüências benéficas para o futuro da IA: os programadores serão obrigados a levar em conta as características dos usuários; a interação com os

usuários permitirá a verificação da adequação da linguagem pelos programas ; e estes programas “de verdade” servirão como modelos para trabalhar no futuro.

3.3. Áreas de Aplicação da Inteligência Artificial

Atualmente as principais áreas de pesquisa em IA são:

- Processamento de linguagem Natural – É o estudo voltado para a construção de programas capazes de compreender a linguagem natural (interpretação) e geração de textos. A implementação desta linguagem em computador, seja de forma escrita (mais simples), seja de forma falada, é bastante difícil. Grandes avanços já foram feitos nesta área. Em alguns países já existem tradutores automáticos de uma língua para outra (Rabuske,1995), mas persistem os problemas no tocante à linguagem figurada, dupla interpretação e outros.
- Reconhecimento de Padrões – É uma das áreas de pesquisa mais avançadas da IA. A capacidade de reconhecimento de padrões permite ao programa reconhecer a fala em linguagem natural, os caracteres digitados e a escrita. Os *scanners*, por exemplo, utilizam programas de reconhecimento óptico desenvolvidos por pesquisas em IA.
- Visão Computador – Busca desenvolver formas do computador trabalhar com a visão bidimensional e tridimensional.
- Programação de Jogos – É o estudo voltado para a construção de programas de jogos envolvendo raciocínio.
- Robótica – É o campo de estudos voltados para desenvolver meios de construir máquinas que possam interagir com o meio (ver, ouvir e reagir aos estímulos sensoriais).

- Aprendizado – É constituída por programas de IA que conseguem aprender certos fatos por meio da experiência, desde que esse conhecimento possa ser representado de acordo com o formalismo adotado pelo programa.
- Sistemas Especialistas- São sistemas que fornecem conclusões peritas acerca de assuntos especializados (Rabuske,1995). Segundo Durkin (1994), “Sistema Especialista é um programa computacional desenvolvido para modelar a habilidade de resolução de problemas de um especialista humano”.

Como o nosso trabalho está inserido dentro do contexto de SE, veremos mais profundamente este tema no próximo capítulo.

3.4. Aplicações da Inteligência Artificial em Educação

Quando se menciona a aplicação da Inteligência Artificial em educação e treinamento, imagina-se uma aplicação em Instrução Assistida por Computador(CAI- *Computer Assisted Instuction*), ou Educação Assistida por Computador(CAE- *Computer Assisted Education*), ou Aprendizado Assistido por Computador (CAL- *Computer Assisted Learning*). Neste caso tais sistemas tornariam-se “Inteligentes”, caracterizando os Sistemas Tutoriais Inteligentes (ITS- *Intelligent Tutorial System*).

A aplicação de computadores em educação vem disseminando-se nos últimos anos devido ao dramático progresso da informática, havendo várias vantagens em sua utilização em instrução/ensino (Curilem,1998):

- Maior capacidade, velocidade e confiabilidade na execução de instruções e cálculos;
- Possibilidade de processar dados e conhecimento (e portanto experiências);
- Permitem a utilização de interfaces muito interativas (com vídeo, gráficos, som, simulações), facilitando a comunicação com os alunos;

- Permitem a ajuda de um número maior de estudantes, possibilitando diversificar as estratégias de ensino e individualizar o processo.

Uma pergunta bastante razoável surge: “Por quê aplicar Inteligência Artificial nas áreas de educação e treinamento”?

De acordo com Curilem (1998), há vários motivos:

- Busca de ferramentas mais poderosas para a construção de sistemas educacionais;
- Oportunidade de desenvolver e testar novas técnicas e novos modelos, aplicando ferramentas de ensino inovadoras que cumprem funções de explicação, diagnóstico, etc., esperadas em um sistema de instrução;
- Capacidade da Inteligência Artificial de modelar conhecimento. O sistema pode resolver problemas que o próprio aprendiz tem que resolver (o sistema consegue “entrar” no problema junto com o aluno, discutindo os passos intermediários) e baseia-se no conhecimento do domínio a ser ensinado;
- Possibilidade de produção de interações bidirecionais entre o usuário e o sistema, que são especialmente importantes na obtenção de habilidades para a resolução de problemas complexos (justamente os de aprendizado mais difícil).

Talvez uma das melhores razões apontadas para pesquisas em Sistemas Tutoriais Inteligentes esteja na citação a seguir:

“Uma das principais motivações para pesquisas na área de ITS é o potencial que representam nos sistemas educacionais, visto que se trata de uma instrução individualizada, equivalente a ter um professor particular para o aluno, adaptando-se aos conhecimentos e necessidades detectados dinamicamente num determinado aluno. Simula-se, assim, o comportamento de um bom professor. Portanto, o projeto e desenvolvimento de programas de ITS reúne Ciência da Computação, Psicologia Cognitiva e Pesquisa Educacional” (Pozo,1991).

Hoje, particularmente na educação, está ocorrendo a necessidade de repensar a construção dos *software* educacionais, especialmente no que diz respeito a adaptabilidade das estratégias de ensino ao tipo e necessidade do aluno, e no que se refere a avaliação do desempenho do aluno no processo de ensino aprendizagem, levando em considerações fatores motivacionais e emocionais. Observa-se que uma das mais recentes preocupações é a interação homem-máquina, por este motivo constata-se a preocupação em construir *software* mais amigáveis.

3.5. A Afetividade na Informática

Antes de falarmos sobre a afetividade na informática, veremos o que alguns autores falam sobre a afetividade.

O conceito afetividade engloba todo o domínio das emoções, incluindo sentimentos, interesses, desejos, tendências, valores e, principalmente, o fato de experimentar sensações. O afeto apresenta tanto aspectos subjetivos como amor, raiva, angústia e depressão, como aspectos expressivos como sorrisos, gritos e lágrimas. Para Marvin Minsky (apud Sabbatini, 1999) “Emoção é somente uma forma diferente de pensar (...) nos ajuda a nos comportarmos mais eficientemente em algumas situações”.

Termos e conceitos como afeto, emoção, cognição e aprendizagem são estudados em seus vários aspectos, em ciências como a Filosofia, a Psicologia, a Educação e até, mais recentemente, em Inteligência Artificial. Estes conceitos e tantos outros associados a eles estão sendo estudados de forma mais global na nova ciência que chamamos de Ciência da Cognição.

Vygotsky, em seus estudos sobre afetividade, critica a separação que muitas vezes é feita na psicologia tradicional entre os aspectos intelectuais e afetivos. Para ele, que preferia adotar o termo funções mentais à cognição, não há como, de maneira simples, compreender pensamento, memória, percepção e sensação isoladamente; os aspectos intelectuais e afetivos devem ser considerados como unidade (ver Oliveira, 1992).

Vygotsky menciona que o pensamento é originado pela motivação, incluindo nesta as inclinações, necessidades, interesses, impulsos, afeto e emoção. Neste contexto estaria a razão última do pensamento e, deste modo, para compreender por completo o pensamento humano seria necessário compreender sua base afetivo volitiva. Com suas próprias palavras: “A análise em unidade indica o caminho para a solução desses problemas de importância vital. Demonstra a existência de um sistema dinâmico de significados em que o afetivo e o intelectual se unem (...) Permite-nos ainda seguir a trajetória que vai das necessidades e impulsos de uma pessoa até a direção específica tomada por seus pensamentos, e o caminho inverso, a partir de seus pensamentos até o seu comportamento e a sua atividade” (ver Oliveira, 1992).

Jean Piaget é um dos autores mais referenciados quando se trata do tema afetividade. Ele descreve, em vários de seus livros, como se dá o desenvolvimento cognitivo e afetivo do ser humano, desde o nascimento até a fase adulta, centrando-se principalmente na infância. Fica claro que, em sua opinião, a afetividade influencia a construção do conhecimento de maneira bastante significativa, e por isso ele dedicou muito de seu tempo a estudar como se processam as relações entre os indivíduos.

Em sua teoria, Piaget considera o desenvolvimento intelectual sendo composto por dois componentes, um cognitivo e outro afetivo. Para ele a afetividade nada mais é do que o conjunto de todos os movimentos mentais conscientes e inconscientes, ou ainda, a energia necessária para o desenvolvimento cognitivo. Como ele próprio diz, “A afetividade é a energética, a forma é a inteligência”, ou seja, a afetividade é a força motriz que impulsiona as ações, e a inteligência (ou razão) está a seu serviço, é a estratégia de ação. Mas deve ficar claro que é a inteligência que regula essa vazão energética, de modo que ela jamais está ausente.

Assim, podemos dizer que, tanto para Vigotsky quanto para Piaget, não existe afetividade sem inteligência nem inteligência sem afetividade. E é por isso que não se pode dizer simplesmente que inteligência é aquilo que se mede através dos testes de QI. Deve-se sim estudar o que atualmente denomina-se de Inteligência Emocional, que foi definida por Salovey e Mayer (apud Shapiro, 1998), “como um subconjunto da inteligência social que envolve a capacidade de acompanhar

sentimentos e emoções próprios e dos outros, discernir entre eles e usar estas informações para orientar os pensamentos e as ações”.

3.5.1 Inteligência Artificial e a afetividade

Atualmente ouvimos frases como: “Computadores com bom senso e emoção”. Ficção ou realidade? Basta apenas lembrar, antes de responder a questão, se há algum tempo atrás imaginávamos estar conectados ao mundo, ter acesso em segundos a uma bagagem de informação muito grande e a comunicação com outras pessoas através de *mails*, *chats*, etc.

Segundo Marvin Minsky (apud Sardilli & Cantafio, 1995) essa possibilidade pode tornar-se real em poucos anos. Para ele, é um desperdício o que já se gastou até agora na criação de "robôs idiotas, que exercem apenas funções estáticas". Computadores mais inteligentes já estariam em funcionamento, se os recursos tivessem sido mais bem utilizados. Também diz que emoção é mais difícil e complicada do que senso comum e razão, talvez porque as pessoas têm trabalhado nos problemas errados, além do fator da má tradição na ciência da computação, que diz que quando você faz um programa quer que o computador execute de forma perfeita. O mesmo lembra que o cérebro, para realizar uma determinada tarefa, tenta várias possibilidades, se uma não der certo ele tenta outra. Os computadores feitos até hoje foram concebidos para não errar em hipótese alguma.

Minsky, considera de suma importância que os computadores tenham emoções e afirma que existem diferentes "emoções" ocupando as várias instâncias do *hardware*, comparado ao cérebro humano. Dotar os computadores de emoções, como um cérebro, será particularmente importante na navegação pela Internet. A facilidade de realizar pesquisas na rede será muito grande quando o computador tiver critérios para saber, em cada *home page*, o que pode estar ligado ao assunto pesquisado pelo usuário.

A incorporação dos conceitos e aspectos emocionais para a programação de computadores não está na ordem de tornar as máquinas mais inteligentes, ou no sentido de humanizá-las, mas sim na idéia de funcionalidade que as emoções podem trazer. Segundo Varela (Bercht & Viccari,1999), “a função da adaptação do homem não é ele se adequar ao ambiente, mas, a função da adaptabilidade humana é de tornar o ambiente adaptável ao homem”.

Levar em conta os fatores motivacionais e emocionais nos computadores não é impossível, para Minsky. Segundo o mesmo, quando os estudiosos entenderem a relação entre pensamentos e memória, aí então será possível tal implementação.

Freud foi um dos primeiros cientistas computacionais, pois estudou a memória. Foi o primeiro a propor o papel das emoções na personalidade e no comportamento. De acordo com o mesmo, a mente é organizada como um sanduíche (superego, ego e id) que poderia ser um bom modelo para um programa de computador que fosse capaz de ter personalidade, conhecimento e emoções; percepção social, restrições, etc. (Bercht & Viccari,1999).

Os pesquisadores da Inteligência Artificial fazem seus trabalhos tentando modelar ou adaptar os sistemas biológicos nas máquinas. A combinação da inteligência humana e da explosão da potência do computador está gerando possibilidades de criar ferramentas que se adaptem cada vez mais ao homem. Os estudos e pesquisas sobre a afetividade são abordados em diferentes enfoques, sendo que alguns destes serão descritos a seguir:

- Psicologia Cognitiva: sistemas raciocinadores que levem em conta a afetividade, especificamente as emoções e motivação.
- Modelagem e desenvolvimento de sistemas que integrem a natureza adaptativa e funções das emoções. Novas tecnologias integradas a estas novas abordagens estão levando diversos pesquisadores a desenvolver Sistemas Tutoriais Inteligentes orientados nestes aspectos. Estão sendo feitas modelagens de agentes pedagógicos estruturados em base de considerações afetivas e motivacionais, em

trabalho de interação e cooperação com fatores de desempenho. O conhecimento é considerado como algo socialmente construído através da ação, da comunicação e da reflexão por parte do aluno.

- Sistemas artificiais que possam desenvolver a identificação de estados emocionais através da interação e comunicação com um agente humano.
- Robótica: integrando a máquina com as assim denominadas emoções da máquina, os *emotrons*.

A Inteligência Artificial está focalizando a biologia humana em seu sentido mais amplo. Podemos citar como exemplo, as redes de pilhas artificiais do cérebro que podem aprender e reconhecer testes padrões. Já as redes neuronais estão fazendo previsões na área financeira sobre como investir. Na medicina, ajuda aos médicos para diagnosticar o câncer. Pesquisas apontam o nascimento de coisas estranhas como os robôs que trabalham nas equipes, as máquinas que evoluem e as criaturas virtuais que aprendem, envelhecem, produzem e morrem (New Scientist, 1999).

Hoje, os biólogos estudam a evolução em mundos virtuais. Os computadores são protegidos dos vírus maléficos por sistemas imunes artificiais e, em Oxford, um coração feito de milhões de pilhas de *software* está ensinando aos profissionais da área da saúde coisas sobre a medicina que nenhum coração vivo poderia ter feito.

Podemos apostar na idéia de Minsky, quando este nos fala que as ciências computacionais mudarão nossas vidas, mas não por causa dos computadores e sim porque nos ajudarão a entender nosso próprio cérebro e aprender a natureza do conhecimento. E se soubermos utilizá-los de uma maneira adequada eles nós ajudarão muito, destacando aqui uma atenção especial para a educação, servindo como uma ferramenta auxiliar na construção do conhecimento. Como Papert nos diz, através do computador a criança pode se estruturar dentro de novas lógicas e perceber assim novas formas de raciocínio ou novos caminhos para chegar as soluções.

A nova visão que integra a informática e a afetividade é bastante complexa no sentido em que lida com um fator altamente subjetivo e que ainda não é possível modelar computacionalmente. Esta dificuldade do ser humano em lidar com situações novas, principalmente por causa das constantes inovações tecnológicas, faz com que reflitamos com as palavras de Capodieci (1995) “Existe uma tensão em cada indivíduo que o impele a uma condição ideal de bem estar em que tudo acaba segundo os próprios desejos e a própria vontade. É sobre esta tendência que se inserem as descobertas tecnológicas e científicas da informática”.

Finalizamos este capítulo salientando que em nosso trabalho a IA é utilizada no contexto educacional.

Para definirmos em que campos a IA pode ser usada no ensino, devemos considerar quais são os agentes envolvidos no processo. Segundo Barreto (1997), os agentes são:

Que ensinar? A matéria

Quem deve aprender? O aluno.

Quem rege o processo de ensino? O professor.

Para cada um destes agentes corresponde um nível de uso da IA. Assim, estes níveis são: o módulo da matéria, o módulo do aluno e das estratégias de ensino. Cada um destes níveis de possibilidade do uso da IA, corresponde à técnicas particulares, e necessidades freqüentes diferentes, interagindo com diversos campos de conhecimento. Este assunto, estará melhor explanado no próximo capítulo, onde veremos uma das aplicações mais significativas da Inteligência Artificial no ensino – o desenvolvimento de Sistemas Especialistas.

4. SISTEMAS ESPECIALISTAS

4.1. Introdução

Uma das aplicações que se destacam no campo da inteligência artificial é a construção dos sistemas especialistas (SE). Estes são programas de computador

planejados para adquirir e disponibilizar o conhecimento operacional de um especialista humano.

Os SE surgiram na década de setenta, sendo que o objetivo dos cientistas da Inteligência Artificial era desenvolver programas de computador que pudessem em algum sentido "pensar", isto é, resolver problemas de uma maneira que seriam considerados inteligentes, se fossem feitos pelo homem. Os SE são frutos de mais de vinte anos de pesquisa, e seu uso tem se difundido por vários países e contemplado diversas áreas, entre as quais podemos citar interpretação de dados, simulação, diagnóstico, projeto, planejamento, monitoramento, reparo, instrução e controle.

A *interpretação* consiste na análise de dados para determinar seu significado. Exemplos de interpretação são processamento de imagens, análise de medidas vindas de sensores de massa espectrográfica, etc.

A *simulação* consiste em prever conseqüências de dadas situações. Muitas vezes estes sistemas utilizam modelos de simulação para gerar cenários que podem ocorrer a partir de um fato particular inicial. Exemplos: previsão de tempo, demografia, bolsa de valores.

O *diagnóstico* é o processo de classificar uma situação a partir de suas características, ou seja, determinar a doença através dos sintomas do paciente, localizar falhas nos circuitos elétricos, etc.. Podemos encontrar muitos exemplos referentes à medicina e ao diagnóstico de falhas em máquinas, equipamentos eletrônicos e "software".

O *projeto* é o desenvolvimento da especificação de objetos baseando-se num conjunto de restrições que deve ser satisfeito. Estes objetos podem ser tanto objetos concretos (*layout* de circuitos integrados, computadores) como abstratos (programas de computadores).

O *planejamento* é o processo de determinar uma seqüência de ações a serem realizadas para se alcançar um objetivo. Exemplos: planejamento da série de reações químicas aplicada em grupos de átomos para sintetizar um composto orgânico complexo, planejamento estratégico militar.

O *monitoramento* é o processo de observar o comportamento de um sistema e compará-lo com o comportamento esperado. Sistema de controle de tráfego aéreo é um exemplo de sistema de monitoramento.

Sistemas de *reparo* seguem um plano para administrar alguma solução prescrita. Estes sistemas usualmente requerem facilidades de diagnóstico, e planejamento para configurar o contexto de reparo .

A *instrução* é o processo de ensinar estudantes para que sejam eliminadas deficiências em seu conhecimento. Sistemas de instrução desenvolvem um modelo de o quê o estudante conhece e como o conhecimento é aplicado para resolver o problema. Foram desenvolvidos sistemas para o ensino de linguagens de programação, consertos eletrônicos e diagnósticos médicos.

O *controle* consiste em gerenciar comportamentos de sistemas. Porém, um sistema de controle deve ter uma combinação de tarefas: monitoramento, diagnóstico, depuração, planejamento, e simulação. Exemplos: controle de tratamento pós-cirúrgico de pacientes em uma UTI e gerenciamento de manufatura.

Cada área apresenta particularidades que determinam o grau de dificuldade para construir sistemas aplicáveis a cada uma delas. A construção de sistemas que envolvem outras classes de problemas, além da sua própria, torna-se mais complexa, implicando na resolução de outros tipos de problemas para alcançar seus objetivos.

Em Singapura, desde 1980, tem-se utilizado sistemas especialistas em diversas áreas. Podemos citar como um dos importantes sistemas especialistas o *Intelligent Fuzzy Logic Tutor*, no setor de educação.

No Japão, tem-se desenvolvido um grande número de sistemas especialistas para diagnósticos, planejamento, escalonamento e para indústrias pesadas. Aplicações de lógica difusa estão se multiplicando, principalmente na área de eletrodomésticos.

Na Alemanha, os sistemas especialistas são utilizados principalmente para as indústrias pesadas e o uso da lógica difusa está crescendo rapidamente.

Nos Estados Unidos existem várias tendências no uso dos sistemas especialistas, como por exemplo: o movimento contínuo em direção à integração e aos

sistemas híbridos, a ênfase para o problema de solução de negócios, necessidade de fornecer suporte de alto nível para pesquisa em Inteligência Artificial e o uso de metodologias estruturadas para desenvolvimento de sistemas especialistas.

No Brasil o uso de sistemas especialistas encontra-se em crescimento em diversas áreas. Dentre os sistemas desenvolvidos pode-se citar: Análise de crédito bancário, Análise de hepatopatias crônicas, Análise química qualitativa de minerais, na educação (Paladini, 2000) e há também uma tendência a desenvolver-se sistemas especialistas híbridos (Pacheco, 1996).

4.2. Características de um Sistema Especialista

Uma das características importantes nos Sistemas Especialistas é a separação do conhecimento dos métodos gerais que são usados para manipular este conhecimento. Esta característica é relevante se a aplicação é voltada ao ensino, uma vez que cada domínio (área de aplicação) tem sua própria terminologia, relações e procedimentos. Se os aspectos relacionados ao domínio podem ser formulados independentemente, então o desenvolvimento completo de um sistema de ensino pode ser bastante simplificado (Kemp, 1992).

A característica mais vantajosa de um SE é o alto nível de experiência utilizado na solução de problemas. Esta experiência foi resgatada do especialista e armazenada na base de conhecimento. Para representar o desempenho de especialistas humanos, o SE deve possuir não somente um conjunto de informações mas, também, a habilidade de utilizá-las na resolução de problemas de forma criativa e eficiente. Esta habilidade representa uma série de idéias e regras intuitivas que o especialista utiliza para resolver os problemas, e sua aplicação possibilita, de uma maneira mais econômica, a chegada à soluções aceitáveis, embora nem sempre sejam ótimas.

A flexibilidade do sistema também é importante. O SE pode explicar em detalhes como um novo fato conduz a mudanças e explicar o porque de determinada

conclusão, permitindo ao usuário entender o relacionamento destes com a solução, avaliar os efeitos de novas estratégias ou procedimentos aplicados à solução.

A habilidade de prover treinamento é mais uma característica dos SEs. Eles podem ser projetados para fornecer este treinamento desde que contenham conhecimento necessário e capacidade para explicar os processos de raciocínio.

Os SE representam conhecimento de maneira simbólica. Pode-se usar símbolos para representar uma variedade de tipos de conhecimentos, como fatos, concepções e regras. Esta área é estudada formalmente como Representação do Conhecimento.

O conjunto destas características forma um mecanismo muito atraente na implementação de sistemas especialistas voltados à educação, pois, possibilitam ao usuário encontrar explanação sobre suas dúvidas, saber onde encontra-se o erro ao navegar pelo sistema, além de possibilitar uma fixação do conteúdo. Assim sendo, temos mais uma ferramenta que pode contribuir na aprendizagem do aluno.

4.3. Estrutura de um Sistema Especialista

Antes de analisarmos a estrutura de um sistema especialista, veremos como um especialista resolve um problema. Segundo Durkin (1994), “um especialista é a pessoa que tem um conhecimento especializado ou perícia (*expertise*) numa certa área”. No campo de SE este conhecimento é chamado de domínio do conhecimento. A palavra domínio é usado para enfatizar que o conhecimento pertence a um problema específico. Um especialista armazena o domínio de conhecimento em sua memória de longo prazo (MLP).

Quando o especialista fornece conselho a alguém, primeiramente obtemos fatos sobre o problema e armazenamos na memória de curto prazo (MCP). Então raciocinamos sobre este combinando os fatos da MCP com o conhecimento da MLP. Usando este processo, inferimos a informação nova do problema e chegamos eventualmente na conclusão sobre o mesmo. A figura abaixo (figura 4.1a) ilustra este processo.

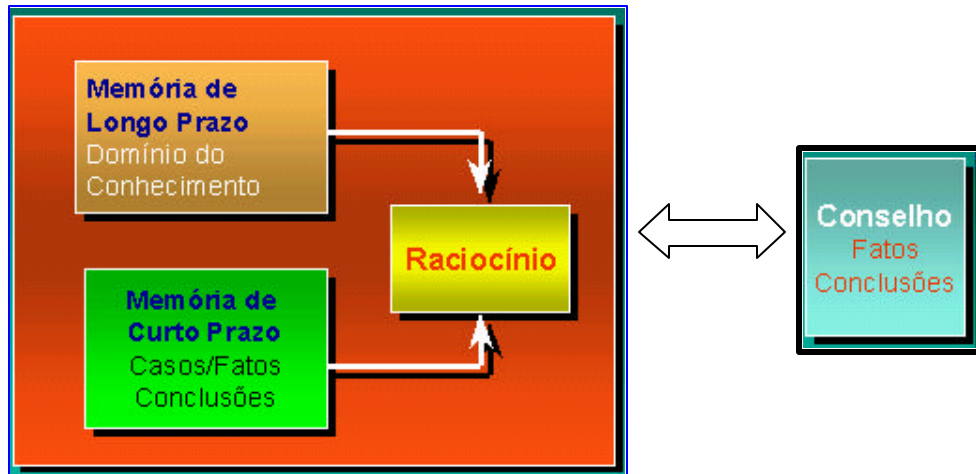


Figura 4.1a: Resolução de problemas por Especialista Humano

Fonte: Durkin (1994)

Para exemplificarmos este processo, consideramos o problema do diagnóstico de um automóvel. Assumiremos que o seu carro está com problema. Então você procura um mecânico de autos (especialista). Com anos de experiências de seu trabalho este armazenou na MLP os diagnósticos de uma variedade de problemas com carros. Suponhamos que você informou ao mecânico “o carro não dá partida”. O mecânico armazena esta informação em sua MCP e começa a raciocinar com ela. Usando a informação fornecida a ele, junto com seu conhecimento do domínio, este infere que o “problema pode estar na parte elétrica”. E então adiciona esta opinião a sua MCP e continua a raciocinar sobre o problema. Se o teste de bateria for comprovado, o mecânico tem que explicar sua conclusão.

Os SE resolvem os problemas usando um processo que é muito similar aos métodos usados por um especialista humano, e esta estrutura pode ser visualizada na figura a seguir (figura 4.1b).

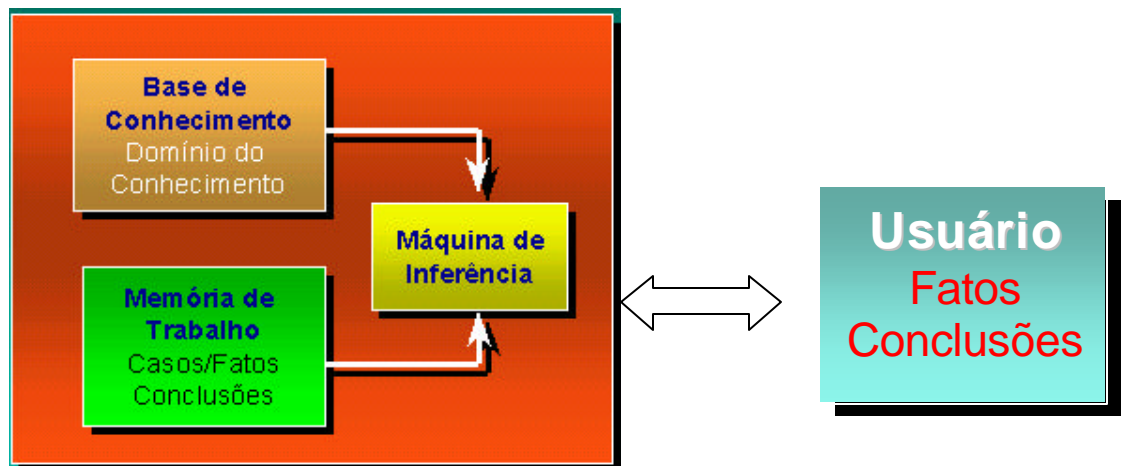


Figura 4.1b: Resolução de problemas por Sistemas Especialistas

Fonte: Durkin (1994)

4.3.1. Base de Conhecimento

Um SE armazena o domínio de conhecimento de um especialista no módulo conhecido como **Base de Conhecimento**. Esta contém geralmente fatos que são conhecimento estático do sistema e regras que são o conhecimento dinâmico do sistema. Este é um modelo para MLP mostrado na figura 4.1a.

A base de conhecimento é a parte de um SE que contém o domínio do conhecimento (Durkin, 1994). Portanto, este conhecimento precisa ser organizado de uma maneira adequada para que a máquina de inferência consiga tratá-lo convenientemente. O conhecimento em um sistema especialista consiste de fatos e regras. As regras possuem uma estrutura lógica do tipo Se (if) Então (Then).

Para exemplificar, usaremos uma regra utilizada no protótipo Mr. Math 2000.

Se o usuário acertou uma questão fácil

Então este recebe um ponto.

Um dos problemas mais sérios, e ao mesmo tempo muito comum, encontrado na implementação de Sistemas Especialistas, é que usualmente parece impossível fornecer um conhecimento completo sobre o qual o sistema vai operar. Portanto, o nível de desempenho de um sistema especialista está relacionado ao tamanho e a qualidade de sua base de conhecimento.

4.3.2. Memória de Trabalho

É a parte do sistema que contém os fatos sobre o problema que são inferidos durante a sessão de consulta (Durkin, 1994).

Durante a consulta com o SE o usuário entra com informação de um problema atual na memória de trabalho. Este sistema relaciona esta informação com o conhecimento contido na base de conhecimento para inferir novos fatos. Estes novos fatos são jogados na memória de trabalho num processo contínuo. Eventualmente o sistema alcança algumas conclusões que também entram na memória de trabalho.

4.3.3 A Máquina de Inferência

A máquina de inferência está relacionada com o raciocínio humano.

Segundo Minsky (1986), “... o conhecimento é útil somente quando podemos explorá-lo para ajudar a alcançarmos nossos objetivos”. Nos sistemas especialistas, a máquina de inferência é o processador do sistema que faz o casamento dos fatos, contidos na memória de trabalho, com o domínio do conhecimento contido na base de conhecimento, para inferir uma conclusão (Durkin, 1994).

A máquina de inferência, de certo modo, tenta imitar os tipos de pensamento que o especialista humano emprega quando resolve um problema, ou seja, ele pode começar com uma conclusão e procurar uma evidência que a comprove que consiste no encadeamento para trás (*backward chaining*), ou pode iniciar com uma evidência para chegar a uma conclusão, denominado encadeamento para frente (*forward chaining*).

4.3.4. Mecanismo de Explicação

É o mecanismo que permite responder ao usuário às perguntas do tipo *porque* e *como*. Este é um aspecto muito importante dos SE, pois, permite justificativas que apresentem ao usuário a solução do problema ou conclusões a que se chegou de modo claro e explicativo.

4.3.5. A Interface com o Usuário

A interface com o usuário visa facilitar a comunicação entre o sistema especialista e o usuário. Permite a interação com o sistema através da entrada de fatos e dados e através da saída em forma de perguntas, conclusões e explicações.

Muitos princípios baseados nas teorias cognitivas têm sido propostos para projetos de interface, como resultado de pesquisas na área de interação homem-máquina. Uma das considerações principais no projeto de qualquer interface homem-máquina deve ser a facilidade de uso, reduzindo ao máximo a carga cognitiva sobre o usuário.

A estrutura do sistema especialista serve perfeitamente para ser adaptada a construção de sistemas tutoriais, proporcionando um grande potencial para a criação de novos ambientes educacionais (Chaiben, 1999). Um Sistema Tutorial Inteligente, poderia ser definido como um programa computacional que utiliza técnicas de Inteligência Artificial para ajudar as pessoas a aprender os conceitos relativos a uma determinada especialidade (Nievola,1995). O sistema GUIDON, por exemplo, é um sistema tutorial especialista para o ensino de diagnóstico de doenças infecciosas do sangue, que foi desenvolvido a partir da base de conhecimento já formada do MYCIN, ou seja, é um sistema especialista adaptado ao ensino(Clancey,1987).

Portanto, um sistema tutorial não necessita somente do conhecimento de seu domínio, mas também da perspectiva sobre este conhecimento que permita transmiti-lo ao estudante adequadamente (Rickel ,1989).

4.4. Pessoas Envolvidas na Construção de Sistemas

Especialistas

Os principais componentes envolvidos na construção de um Sistema Especialista são: O Especialista, o Engenheiro do Conhecimento, a ferramenta para construção do SE e o usuário .

O *Especialista* é uma pessoa capaz de produzir boas soluções para problemas em um campo específico. O especialista utiliza estratégias para tornar a pesquisa de uma solução mais eficiente e o SE modela estas estratégias. Podemos destacar algumas qualificações necessárias ao Especialista: domínio do conhecimento, comunicação do conhecimento, tempo disponível. Embora o SE geralmente modele um ou mais especialistas, ele pode também conter conhecimento especialista de outras fontes, como livros, artigos, etc.

O *Engenheiro do Conhecimento* é uma pessoa, geralmente com algum conhecimento em computação e IA, capaz de construir um SE, mas também pode ser um psicólogo, um diplomata , um pesquisador entre outros. O engenheiro do conhecimento entrevista o especialista, organiza o conhecimento, decide como ele deve ser representado e pode ajudar programadores na construção do sistema.

A *ferramenta* é uma linguagem de programação usada pelo Engenheiro de Conhecimento ou programador para construção do SE. Esta ferramenta difere das linguagens de programação convencionais por prover maneiras mais adequadas para representar conceitos complexos e de alto nível. No modelo desenvolvido neste trabalho foi utilizada a *shell* Kappa. A descrição da mesma se encontra em anexo (ver em Anexo I).

O *usuário* é o humano que utiliza o SE.

4.5. Representação do Conhecimento

A Representação do Conhecimento consiste de métodos usados para modelar os conhecimentos de especialistas em algum campo, e colocá-los de maneira acessível na base do conhecimento de um SE para serem acessados pelo usuário. Ou seja, é uma combinação de estruturas de dados e procedimentos interpretativos, que se usados corretamente em um programa terão uma conduta inteligente.

Psicólogos Cognitivistas têm elaborado várias teorias para explicar como os humanos resolvem problemas. Estes trabalhos descrevem como o conhecimento humano é comumente usado, como é mentalmente organizado e como é utilizado de maneira eficiente para resolver problemas. Pesquisadores da IA têm usado os resultados destes trabalhos para estudar e desenvolver técnicas para melhor representar os diferentes tipos de conhecimento no computador (Durkin,1994).

Não há uma única teoria para explicar a organização do conhecimento humano ou a melhor técnica para estruturar os dados em um computador convencional. Uma das maiores responsabilidades do Engenheiro do Conhecimento é escolher a melhor técnica de representação que se adapte à aplicação.

A maioria dos pesquisadores de IA assume que *o que* precisa ser representado é conhecido a priori. O trabalho desses pesquisadores é justamente imaginar *como* codificar a informação em uma estrutura de dados e procedimentos do sistema. Para chegar a uma solução o pesquisador deve, de antemão, saber qual a espécie de conhecimento envolvido no problema. Isso é necessário, para que a representação de conhecimento seja completa, concisa, transparente e computacionalmente eficiente para ser tratada.

Conforme Durkin (1994), as formas de representação de conhecimento mais comumente usados em IA são as seguintes: Objeto-Atributo-Valor (O-A-V), Regras, Redes Semânticas, Frames e Lógica.

Em teorias cognitivas um fato é uma forma de conhecimento declarativo, ou seja, ele provém de algum entendimento de um evento ou problema. Em SE, fatos

são usados para ajudar descrever partes do Frame, Rede Semânticas ou Regras. Eles também podem ser usados para descrever as relações entre estruturas complexas do conhecimento. Em IA e SE, um fato é sempre referenciado como uma proposição, que é uma sentença que assume o valor de verdadeira ou falsa. Um fato muitas vezes pode ser usado como uma propriedade particular a um objeto. Por exemplo, a sentença “o usuário acertou a questão 1” pode ser verdadeira ou falsa. Este tipo de fato é conhecido como O-A-V. Este também pode estar presente em proposições mais complexas, como por exemplo, “A idade do usuário é 13 anos”. Podemos representar esta sentença em uma estrutura do tipo objeto (usuário), atributo (idade) e valor (13).

Para Harmon (1985), neste esquema os objetos podem ser entidades físicas (porta, transistor) ou conceituais (empréstimo bancário, venda). Atributos são características ou propriedades associadas aos objetos (tamanho, cor e forma para objetos físicos, taxa e imposto para empréstimo). O valor especifica a natureza de um atributo numa situação determinada (cor da maçã é vermelha).

O formalismo de Regras é muito conhecido, sendo um dos mais utilizado em SEs. Segundo Durkin (1994), Regra é uma estrutura de conhecimento que relata alguma informação conhecida para outra informação que pode ser concluída ou inferida se conhecida. Esta associa uma dada informação para alguma ação. Esta nova informação pode ser o acerto de uma outra informação ou algum outro procedimento. Em geral, as regras descrevem como se resolvem os problemas. A estrutura lógica conecta um ou mais antecedentes (também chamados premissas) contendo a parte SE (*if*) para uma ou mais conseqüências (ou conclusões) contendo a parte Então (*then*).

As Regras provêm um modo formal de representar recomendações, diretivas ou estratégias. Muitas vezes são apropriadas quando o domínio do conhecimento resulta de associações empíricas desenvolvidas através de anos de experiência em resolução de problemas na área.

As Regras apresentam como vantagens a sua simplicidade sintática e seu apelo intuitivo. Entretanto, não provêm facilidades de representação de estruturas mais complexas. Em particular, o seu poder de expressividade é inadequado para descrição de objetos e relações entre eles. Além disso, SE que utilizam apenas Regras de Produção como formalismo de representação do conhecimento tendem a

apresentar um baixo desempenho quando o número de regras torna-se grande (Komosinski , 1990).

No formalismo de Redes Semânticas o conhecimento é representado utilizando-se uma estrutura de rede. Criada por Quillian (1968), foi desenvolvida como um modelo explicitamente psicológico da memória associativa humana, e tornou-se um método padrão de representação para IA e SE. Uma Rede Semântica consiste de nós conectados por ligações denominadas arcos que descrevem as relações entre estes nós. Os nós representam objetos, conceitos e eventos; os arcos podem ser definidos numa variedade de modos, dependendo do tipo de conhecimento a ser representado. Uma característica chave da Rede Semântica é que importantes associações podem ser feitas explicitamente ou sucintamente: fatos relevantes sobre um objeto ou conceito podem ser inferidos dos nós com os quais eles estão ligados, sem uma busca através da ampla base de dados. São um modo usual para representar conhecimento em domínios que usam estruturas bem estabelecidas para simplificar resolução de problemas.

Uma extensão natural de Redes Semânticas é um *Schema*, primeiro proposto por Barlett (1932). Um *Schema* é uma unidade de conhecimento que contém informações estereotipadas sobre algum conceito. Os *designers* de SE usaram esta idéia para representar o conhecimento em um sistema especialista, mas usualmente referem-se ao *Schema* como um Frame proposto por Minsky (1975), que definiu como uma estrutura de dados para codificar em computador informações típicas sobre algum conceito.

Um Frame é organizado de maneira muito parecida com uma Rede Semântica, sendo uma rede de nós e relações organizados numa hierarquia, onde os nós do topo representam conceitos gerais e os nós mais baixos representam instâncias mais específicas destes conceitos. Isto parece uma rede, mas em um sistema de Frame o conceito de nós é definido por uma coleção de atributos e valores destes atributos, onde os atributos são chamados *slots*. Cada *slot* tem um número qualquer de procedimentos anexados a si, que são executados automaticamente quando a informação contida no *slot* é recuperada ou alterada.

Sistema baseado em Frames é um programa de computador que processa informações de um problema específico contido na memória de trabalho

com um conjunto de Frames contidos na base de conhecimento, usando um mecanismo de inferência para obter novas informações. A estrutura da representação do conhecimento em Frames é organizada hierarquicamente em classes, subclasses e instâncias.

Uma classe é uma coleção de objetos que compartilham algumas propriedades comuns, contendo informações genéricas.

Subclasses são classes que representam subconjuntos de classes de nível mais alto.

Instância é um objeto específico de uma classe de objetos. Pode herdar características do Frame classe.

As propriedades (*slot*) são as principais características ou atributos de algum conceito ou objeto. Os valores destes *slots* podem ser numéricos, *strings* (palavra) ou *booleanos* (Verdadeiro ou Falso)

A herança é o processo pelo qual as características dos frames-pai são assumidas pelos seus frames-filhos, sendo uma das principais características dos sistemas baseados em Frames. Podemos criar um frame-classe que contenha todas as características genéricas de alguma classe de objetos, não precisando codificar explicitamente as características para cada instância. Um Frame-filho herdará valores de propriedade de seus pais ao menos que estes valores sejam deliberadamente alterados no Frame. Se for esquecido de realizar a mudança no Frame poderá provocar conclusões não desejadas.

Uma característica interessante e muito discutida de processamento baseado em Frames é a habilidade de um Frame determinar se ele próprio é aplicável em uma dada situação. Um Frame é selecionado para auxiliar no processo de entendimento da situação corrente (diálogo, cena, problema) e este Frame tenta se unificar com os dados para descobrir se é ou não aplicável. Se não for, ele transfere o controle para outro Frame mais apropriado.

A Lógica é a forma de representação mais antiga. Nos últimos anos esta tem sido investigada e estudada. A mais freqüentemente usada em SE tem sido a lógica proposicional e o cálculo de predicados. Ambas as técnicas utilizam símbolos para representar o conhecimento e operadores aplicados aos símbolos para

produzirem raciocínio lógico. Por exemplo, para representar o conhecimento contido em sentenças do tipo "Todos os pássaros tem asas.", sob o prisma da lógica formal, a sentença citada anteriormente tomaria a seguinte forma "x Pássaro(x) Tem Asas(x)". Que se lê: para cada objeto x no mundo, se for pássaro então terá asas. A vantagem da representação formal é a existência de um conjunto de regras, chamadas regras de inferência, onde fatos conhecidos como verdadeiros são usados para derivar outros fatos que serão verdadeiros também. É preciso salientar, também, que deve haver uma regra de inferência específica que permitirá fazer uma tal dedução baseada na sintaxe das sentenças e que novos fatos derivados através de aplicações destas regras de inferência são sempre verdade durante o tempo que os fatos originais forem verdade.

Considerando os aspectos descritos em cada tipo de representação do conhecimento, podemos perceber que sistemas baseados em um único formalismo de representação do conhecimento podem limitar o tipo de informação que pode ser representado e tendem a ficar ineficientes a medida que cresce a quantidade e os tipos de informações que precisam ser armazenadas, principalmente se a base de conhecimento for grande. Assim, SE com formas de representação do conhecimento híbridas podem ser vistos como uma solução adequada, pois podem combinar as vantagens dos formalismos por ele utilizados. Para desenvolvimento do modelo computacional em questão, utilizou-se a representação de conhecimento de Regras e Frames, já que este foi desenvolvido numa *shell* que apresenta as duas arquiteturas descritas anteriormente. Existem diversos exemplos de sistemas que usam a mesma combinação. Os sistemas CENTAUR, KEE, KEOPS, são exemplos deste enfoque híbrido (Cunha, 1995).

4.6. Sistemas Especialista do ponto de vista Educacional

Muitos dos sistemas especialistas tem pouca utilidade direta na área educacional, porque não foram projetados para ensinar. Isto pode ser explicado

principalmente com relação a: ausência de qualquer estratégia educacional, incapacidade de comparar o que o estudante conhece com o conhecimento do especialista, incapacidade de determinar o que fazer quando o conhecimento do estudante difere do conhecimento do especialista (Trollip, 1991).

Mas como citado anteriormente percebemos que a estrutura do sistema especialista serve perfeitamente para ser adaptada para a construção de sistemas tutoriais inteligentes. Podemos modelar na base do conhecimento a experiência do especialista (professor) e através da interação possibilitar ao usuário entrar em contato com esta base, oferecer mecanismos de explanação do conteúdo além de armazenar as dificuldades encontradas pelos usuários para um posterior *feedback*. Um dos objetivos principais é captar o conhecimento necessário que permita aos especialistas compor uma interação educacional, de modo que este conhecimento seja utilizado. Portanto, é de suma importância que estes sistemas apresentem interações dinâmicas.

Em pesquisas recentes os sistemas especialistas que abrangem a área educacional têm sido denominados como Sistemas Tutoriais Inteligentes (ITS- *Intelligent Tuutorial Systems*). Os ITS são programas de computador com propósitos educacionais e que incorporam técnicas de IA, geralmente utilizando-se da tecnologia educacional. Os ITS têm sido desenvolvidos de várias formas estruturais. Wenger (1987), sugere que a principal função dos ITS é agir como um “veículo de comunicação”. Mas independente do paradigma utilizado, um dos objetivos principais é comunicar o conhecimento e ou as estratégias para o estudante resolver problemas dentro de um determinado domínio.

Segundo Jonassen & Wang (1993), para um ITS ser considerado “inteligente” deve satisfazer os seguintes itens:

1. O conteúdo do tema ou especialidade deve ser codificado de modo que o sistema possa acessar as informações, fazer inferências ou resolver problemas.
2. O sistema deve ser capaz de avaliar a aquisição deste conhecimento pelo estudante.
3. As estratégias tutoriais devem ser projetadas para reduzir a discrepância entre o conhecimento do especialista e o conhecimento do estudante.

Apesar de não existir uma concordância geral da estrutura básica dos ITS, a maior parte dos pesquisadores distingue quatro módulos :

Módulo especialista: possui o domínio do conhecimento do tópico a ser ensinado. É o objeto da comunicação.

Módulo Estudante: usado para avaliar e ou registrar o conhecimento do estudante, levantar hipóteses sobre seus conceitos e estratégias de raciocínio.

Módulo Pedagógico- Representa os métodos e técnicas didáticas utilizadas no processo da comunicação de conhecimento. Este módulo também é chamado tutorial, pois, decide qual estratégia instrucional deve ser aplicada em um determinado momento.

Módulo Interface- É a maneira como a comunicação será realizada entre o sistema e o usuário.

Segundo Park (1988) “o desenvolvimento de um ITS requer uma abordagem sistemática para integrar os vários tipos de especialidades dentro de um único sistema. O sistema monitora a performance do estudante e tenta apurar o conhecimento que este detém. Este processo denominado de diagnóstico é realizado pela comparação do estado do conhecimento atual do usuário com o conhecimento contemplado no módulo especialista. Os resultados desta comparação são enviados para o módulo pedagógico, onde as decisões são tomadas sobre como e de que forma a informação será transmitida através da *interface* para o usuário”.

O módulo Especialista

O módulo especialista é fundamentalmente a base de conhecimento, onde estão contidos os conhecimentos sobre o conteúdo específico. Esta base de conhecimento contém os elementos para que o estudante aprenda o conhecimento do domínio e os procedimentos necessários para que ele possa acessá-los na resolução dos problemas. A base de conhecimento deve ser organizada numa arquitetura que permita um trabalho flexível para o processo ensino–aprendizagem (Nievola, 1995).

Várias abordagens para modelar o especialista e representar seu conhecimento têm sido estudadas. A aquisição do conhecimento necessário requer

muitas horas de colaboração entre o projetista e o professor. Um modelo mais real do especialista poderá facilitar a comunicação do conhecimento. Entretanto, devemos tomar cuidado com a complexidade de informações, na maioria das vezes, pode não ser necessário para uma aprendizagem eficaz. Um dos grandes desafios dos ITS é fornecer uma boa representação do seu domínio, suficientes para o nível desejado de compreensão e, portanto, proporcionar flexibilidade no ensino.

Módulo Estudante

Este módulo deve contemplar o sistema armazenando informações sobre o usuário, ou seja, contemplar os aspectos do conhecimento e do comportamento do usuário que tragam conseqüências para o seu desempenho e aprendizagem. Sendo esta a base para a avaliação das suas respostas e para a seleção de um novo tópico a tratar.

Segundo Jonassen & Wang (1993), “a chave para um ensino personalizado e inteligente em um sistema tutorial é, sem dúvida, o conhecimento que o sistema deve ter de seu próprio usuário”. A dimensão mais significativa de um ITS é sua capacidade para modelar o conhecimento do estudante.

A modelagem do estudante é uma das áreas mais difíceis nas pesquisas de ITS, pois este módulo deveria incluir uma representação explícita de todos os aspectos do comportamento e conhecimentos do estudante que se relacionam ao aprendizado. A construção de um módulo como este é bastante complexa. Os meios de comunicação em um computador, quando comparados com a capacidade das pessoas em armazenar e combinar informações, se tornam bastante restritos quando se trata de armazenar informações envolvendo fatores emocionais.

Módulo Pedagógico

O objetivo principal do módulo é coordenar as informações sobre o domínio, módulo estudante e o módulo interface a fim de decidir sobre o gerenciamento instrucional. A adaptação da instrução implica em uma escolha didática, que pode ser em nível global ou local (Wenger, 1987). Isto inclui orientação no

desempenho de suas atividades, explicações dos fenômenos e processos e decisões sobre quais informações serão oferecidas com intuito de suprir a deficiência do estudante. Muitas vezes não é necessário retomar todo o assunto, mas sim é suficiente uma ajuda local, seja esta realizada através de ajuda, dicas e ou outras estratégias.

Existem diversas abordagens pedagógicas em vigência, mas a maioria dos sistemas tendem a implementar somente uma. Por isto, estes sistemas não oferecem um rico repertório de maneiras de expor um determinado assunto. Por exemplo, um professor não tem somente uma técnica de explicar um determinado assunto, ele expõe de várias maneiras para atrair o seu público e tornar a aula interessante. Esta deficiência nos sistemas, em parte, deve-se ao fato de que as pesquisas se concentram mais nos problemas de representação de conhecimento e diagnósticos, ao invés dos processos pedagógicos envolvidos no ato de ensinar.

Devemos salientar que o processo de aprendizagem depende de uma grande variedade de fatores. Segundo Wenger (1987) “as decisões pedagógicas que são tomadas no contexto de um ambiente educacional são responsáveis pelo grau de controle sobre a atividade e sobre a interação contemplados pelo sistema tutorial e pelo estudante”. A ordem e a maneira como o conteúdo de um determinado domínio é transmitido podem produzir experiências de aprendizagem diferenciadas de estudante para estudante. Decorre, então, a necessidade de contemplar o sistema não apenas com uma única abordagem pedagógica.

Módulo interface

Este módulo é responsável pela comunicação entre o sistema e o usuário. Na Engenharia de *software*, a interface do usuário tem sido uma preocupação importante dos projetistas quando estão discutindo a criação de um sistema, pois, conforme Hix & Hartson (1993) “para os usuários, a *interface* é o próprio sistema”.

Muitos princípios baseados nas teorias cognitivas têm sido propostos para projetos de interfaces. Devemos salientar que a interface não é somente importante para a entrada de dados e saída de informações. Ela também complementa dados importantes sobre o processo da aprendizagem. Neste processo o estudante não aprenderá somente o conteúdo, mas também deverá aprender como utilizar o sistema. Segundo Shneiderman (1992), “a facilidade de uso deve ser uma das considerações principais no projetos das interfaces, pois, uma interface consistente, ajudará a reduzir a carga cognitiva sobre o estudante”.

Descrivendo os módulos podemos perceber que construir protótipos de modelos informáticos com uma arquitetura similar aos ITS não é uma tarefa simples. No entanto, esta não é uma visão pessimista, pois a arte de ensinar é uma tarefa difícil e o fato de projetar um ITS requer uma grande compreensão das várias dimensões envolvidas no processo. Mas se analisarmos a história da

tecnologia inserida no âmbito educacional, percebemos que no decorrer do tempo a preocupação dos pesquisadores é a aprendizagem dos alunos. Infelizmente o processo nem sempre é rápido e barato, muitas vezes envolve anos de pesquisas que nem sempre surtem o efeito esperado. Existem ainda vários problemas relacionados ao desenvolvimento dos ITS. Podemos citar como exemplos, a falta de um paradigma estabelecido para descrever o processo de aquisição de conhecimento, a incapacidade de um sistema gerar um raciocínio pedagógico inteiramente autônomo, os altos custos entre outros.

Cabe a nós educadores aproveitar as pesquisas já realizadas e fundamentadas e adaptá-las ao nosso cotidiano, com intuito de utilizar modelos informáticos que possam contribuir na aprendizagem do aluno.

4.6.1. Exemplos de Programas de Ensino Usando Inteligência Artificial

Atualmente existe uma quantidade significativa de programas de ensino com computador, alguns usando em maior ou menor grau, técnicas de IA. Aqui citaremos apenas alguns exemplos:

- *EXCHECK*, foi desenvolvido em 1967, na área de Lógica e Teoria de Conjuntos. Foi precursor da modelação qualitativa. Possui um ambiente reativo com aviso-reage a resposta do aluno com uma mensagem instrucional. (Suppes, 1967 Apud Pozzo, 1996).
- *QUADRATIC*, desenvolvido em 1978, na área de subtração aritmética. Apresentava como características a construção de um modelo do estudante que incluía conceitos errôneos comuns aos aprendizes. Possui um ambiente reativo com aviso (Brown & Burton, 1978 apud Pozzo, 1996). A principal contribuição deste trabalho foi a de conter a possibilidade de imitar um professor que melhora com o tempo. Isto é feito por técnicas exploratórias que permitem ao sistema mudar sua estratégia pedagógica e adotar aquela que parece dar os melhores resultados.
- *APLUSIX*, desenvolvido em 1988, na área de manipulação algébrica. É um sistema especialista com um módulo pedagógico, módulo do estudante e uma

interface ergonômica. Utiliza regras para representação do conhecimento (Nicaud & Vivet, 1988 apud Pozo,1996).

- **WEST - 1979**

O domínio escolhido para este propósito foi o jogo educacional para computador chamado “How the WEST was won”, desenvolvido para o projeto PLATO Elementary Mathematics Project. O propósito do jogo é exercitar técnicas de aritmética. Para acompanhar todas as necessidades do programa: determinar o que o estudante conhece, quando interromper, e o que dizer, Burton e Brown adicionaram um componente ao sistema e o denominaram “*Coach*”, porque ele agia como um “treinador”, observando e auxiliando o jogador a melhorar (Wenger, 1987).

- *INTEGRATION foi desenvolvido como uma tese de doutorado de Kimball em 1973 (apud Barreto, 1997). A principal contribuição deste trabalho foi a integração do conhecimento a ser transmitido com um modelo do estudante de modo a dirigir a sequência do que vai ser ensinado: integração simbólica. O programa contém uma sequência de exemplos formando uma base de problemas. Assim, o programa escolhe a sequência que acredita adequada em função das respostas dos estudantes.*

- *PLATO* foi desenvolvido pela Universidade de Illinois nos anos 70. A idéia básica é a de oferecer um ambiente interativo para criar e executar lições no domínio das ciências exatas incluindo experiências simuladas (Barreto,1997).

- ***BUGGY* foi desenvolvido por Brown e Burton (apud Barreto,1997), trabalha no domínio das operações aritméticas básicas. Foi possível utilizar conceitos de IA, para criar um modelo psicológico dos erros dos alunos. O programa supõe que quando um aluno comete erro, este erro raramente é de natureza aleatória, e sim é devido a uma falsa concepção. Tendo sido possível tirar como ensinamento que o modelo conceitual de erros dos alunos, num caso menos específico, é tarefa extremamente árdua.**

- *WURSOR* é um programa para guiar o jogador de Wumpus. Ele contém um módulo para orientar jogadas e ensinar a jogar. Os jogos podem funcionar de modo totalmente independente da parte de ensino (Barreto, 1997)
- LOGO é uma linguagem de programação que favorece o aprendizado por exploração por descoberta. Baseada na individualização, ele propõe micromundos em *software* e *hardware* estruturados, no interior dos quais os utilizadores podem tentar aplicar modelos de pensamento ou descobrir outros novos (Bossuet, 1985).

Mais recentemente encontramos referências como:

- Um Sistema Especialista para o estudo de Técnicas Utilizadas para Resolver Problemas de Programação Linear (Pereira & Stange, 1995).
- Sistemas Especialistas- Um recurso didático para o ensino da Matemática (Paladini et. al., 1995).
- TAL 1.0 – um sistema de apoio ao estudo de semelhança de triângulos (Zuchi, Paladini.C & Paladini. E, 1996);
- MATRIX 97- um sistema para o estudo de Matrizes (Zuchi & Paladini, 1997).

O desenvolvimento e utilização de pequenos sistemas especialistas, voltados para a resolução de problemas, pode constituir-se em importante apoio para a aprendizagem de alguns conteúdos da matemática. De fato, uma das grandes dificuldades apresentadas pelos alunos desta disciplina refere-se à falta de raciocínio lógico dedutivo que lhes permita analisar uma situação matemática e identificar o que é preciso para solucioná-la.

As técnicas de IA, proporcionando a possibilidade de dispor de computadores mais autônomos, evidentemente modifica o tipo de interação homem-máquina.

A atividade lúdica é freqüentemente considerada como característica de inteligência e não é de nos surpreender que esta tenha seu campo de atividade em IA. Os jogos envolveram as faculdades intelectuais do homem desde que a civilização

existiu, e estes foram uma das primeiras aplicações da IA, como o primeiro programa de xadrez que foi escrito em 1950 por Claude Shannon e Alan Turing (Barreto, 1997).

Neste trabalho, também procuramos inserir as técnicas de IA num ambiente lúdico, o RPG (*Role Playing Game*).

5. RPG – ROLE PLAYING GAME

5.1. Histórico

O RPG surgiu em 1973, nos Estados Unidos, através do jogo *Dungeons & Dragons* (D&D), uma ambientação de fantasias, roupas ou simulação do modo de vida medieval livremente inspirado na obra de Tolkien ². A escolha da ambientação do D&D, deve-se ao gosto pessoal de seus autores, Dave Arneson e Gary Gygax (Arneson & Gygax, 1973 apud Andrade, 1999) que durante os jogos-testes, perceberam que a fantasia medieval agradava bastante. O jogo se tornou um grande sucesso num curtíssimo espaço de tempo. Seu sucesso no mercado americano foi grande. Hoje, ainda permanece em filmes como por exemplo, no filme E.T., de Steven Spielberg um grande sucesso cinematográfico. Na primeira cena deste filme ET, aparece um grupo de adolescentes jogando e no desenrolar da história, os personagens do filme voltam a se referir ao jogo, comparando a mecânica do jogo aos acontecimentos no filme (Andrade ³, 1999).

No início dos anos 80 começaram a surgir outros jogos importantes com as mesmas características do RPG e só no início dos anos 90, nos EUA, é que o RPG começou a ser reconhecido como um tipo de atividade cultural, conseguindo vencer preconceitos do tipo "é jogo do demônio". Sendo um jogo diferente, com uma estrutura e uma proposta bem distinta dos outros jogos, não foi difícil para o RPG ganhar uma

² Escritor inglês do gênero fantasia, sendo a trilogia de O Senhor dos Anéis a sua obra mais famosa

³ Editor, jornalista e autor de RPG

imagem negativa nos setores conservadores da sociedade americana. Afinal, tudo que é diferente tende a causar uma reação inicial negativa.

Na Europa, Austrália, América do Sul, Japão, tal preconceito foi diluído. A Inglaterra foi o primeiro país a criar uma editora própria de RPG. Hoje em dia já se tem notícia de jogos com origem na Suécia, França, Bélgica, Espanha, Alemanha e Brasil.

No Brasil, o RPG chegou em meados da década de 80, em inglês, quando já havia outros RPGs no mercado. Mas ele só começou a se tornar realmente conhecido e a ser editado em português nos anos 90. Juntamente com os primeiros RPGs traduzidos foram surgindo os primeiros criados no Brasil, desenvolvidos inteiramente por autores brasileiros. O primeiro RPG brasileiro foi o *Tagmar*, em 1991, um jogo de fantasia medieval também inspirado nas obras de Tolkien. Um ano depois surgiu *O Desafio dos Bandeirantes*, com o mérito de ser o primeiro RPG a desenvolver uma ambientação nacional, inspirado na cultura brasileira. Desde então, outros jogos nacionais foram lançados no mercado: um de espionagem, um de humor e outro de ficção científica (Andrade, 1999).

5.2. Definição de Role Playing Game

Um *Role Playing game* (RPG) é um jogo onde cada participante faz o papel de um personagem, tomando parte de uma aventura imaginária. O tipo de aventura é definido por um árbitro denominado Mestre. O Mestre define o cenário e o papel dos “personagens incidentais” que os personagens encontrarão durante sua aventura (Jackson, 1994). Não há necessidade de tabuleiro para o RPG, ele é jogado verbalmente. O Mestre descreve a situação e diz aos jogadores o que seus personagens vivem, vêem e ouvem. Os jogadores então descrevem o que eles estão fazendo para vencer o desafio. O Mestre descreve o resultado conseguido com estas ações e assim por diante. Dependendo da situação, o Mestre pode decidir arbitrariamente o que acontece. Com o intuito de conseguir a melhor aventura, o mestre faz referência a uma regra específica do jogo para decidir o que é possível, ou então lança dados para conseguir um resultado aleatório, o que, vez por outra, pode ser interessante.

Parte do objetivo do RPG é fazer com que o jogador enfrente a situação como seu personagem o faria. O RPG proporciona ao jogador fazer o papel de um implacável samurai japonês, ou, um padre sensato, ou, um garoto de rua fazendo clandestinamente sua primeira viagem espacial ou qualquer outra pessoa.

Numa dada situação, o objetivo deste jogo é que cada um destes personagens reagisse de maneira diferente (Jackson, 1994).

Para o mesmo autor, um RPG bem jogado ensina cooperação entre os jogadores e amplia seus horizontes, ressaltando que o jogo não é algo puramente educacional, é também uma forma criativa de entretenimento.

Uma das características do RPG, é que a platéia participa do processo de criação, enquanto nas demais etapas esta é passiva. Enquanto outros tipos de diversão são produzidos em série para agradar a maior audiência possível, cada aventura do RPG é uma jóia distinta, lapidada por aqueles que tomaram parte nela. O Mestre fornece o material bruto, mas o polimento é dado pelos próprios jogadores(Jackson,1994).

Segundo Marcatto (1999), “um dado importante com relação ao RPG é que ele não é necessariamente competitivo. Na maioria das situações, o grupo terá ou não, conseguido realizar seu intento conjuntamente, dependendo do quanto eles cooperaram entre si. Portanto, quanto mais trabalharem em conjunto, mais fascinante pode ser a aventura. Para preparar uma aventura, o mestre pode basear-se em aventuras já prontas ou criar novas, usando imaginação, pesquisa em livros de ficção, filmes e peças de teatro. O jogador elabora seu personagem através de regras adequadas ao tipo de aventura a ser vivida, e dirige suas ações durante o jogo. Esta flexibilidade traz possibilidades ilimitadas à história”.

5.3.O RPG e a Socialização

O RPG se destaca por ter a fantasia como seu principal instrumento. O jogador tem a oportunidade de viver diferentes personagens, viver em diferentes mundos, em diferentes realidades. E é isso que faz dele um jogo com possibilidades

incomuns. Segundo Freud (1911), “A fantasia é fundamental para o desenvolvimento do pensamento, para o relacionamento do homem com a realidade”. O RPG permite ao jogador exercitar sua fantasia e torná-la aceitável em seu meio, o que confere ao jogo o papel de elemento socializante. No momento em que o jogador começa a vivenciar seu personagem na história e sentir-se aceito, suas inibições são despidas, e isto favorecerá certamente sua socialização.

A capacidade de integração do RPG começa na própria estrutura do jogo: é jogado em grupo, sendo que não é voltado para a competição, mas sim para a cooperação entre seus participantes (Andrade,1999).

O RPG é um jogo que transcorre apoiado no diálogo e troca de idéias, tornando-se um importante elemento de comunicação. Jogá-lo favorece, naturalmente, ao jogador desenvolver suas capacidades de comunicação, bem como expressão de pensamentos. O jogador do RPG acaba sendo impulsionado para novas experiências, novas relações, da mesma forma que navega por novos mundos. De acordo com Andrade (1999), devemos lembrar que a fantasia funciona como uma regressão tática da mente, visando uma melhor adaptação posterior à realidade. E de fato, apesar de o jogador se desligar da realidade, enquanto se deixa levar pela fantasia das sessões de jogo, este exercício constante da imaginação lhe proporciona instrumentos poderosos na interação com a realidade.

Os grupos de RPG acabam sendo construídos em torno de suas afinidades. Geralmente, um grupo de RPG costuma ouvir o mesmo tipo de música, filme, ou ter um conjunto de referências mais ou menos similares.

Também existem outros tipos de integração tal como: forma de encarar ou trabalhar com a fantasia e após experimentar na fantasia, diversas realidades, várias maneiras de ser, inúmeras situações e experiências, o jogador está munido de um rico repertório de ações, pensamentos, reações e emoções. A realidade para ele não se apresentará como algo linear, de certo ou errado, mas como um universo de múltiplas possibilidades do que é ou não possível.

Segundo Andrade (1999), devemos levar em consideração as limitações do RPG. Dentre elas se destaca como uma das principais o fato de algum participante não gostar de jogar. Um jogador descontente é logo identificado, e perturba o

desenvolvimento da história. Você pode por exemplo, não gostar muito de futebol, mas pode se dizer torcedor de um determinado time, no intuito de se considerar mais sociável ou também participar de um determinado jogo de cartas para acompanhar seus amigos, porém não jogará RPG por muito tempo. Quem não está disposto a expor suas fantasias certamente não conseguirá participar do processo de interação com outros jogadores num jogo de RPG.

Não existe uma fórmula padrão para jogar RPG, sendo suficiente o interesse de jogar. A diversão não está em vencer ou derrotar outros jogadores, mas em utilizar a inteligência e a imaginação para, em cooperação com os demais participantes, buscar alternativas que permitam encontrar as melhores respostas para as situações propostas pela aventura. É um exercício de diálogo, de decisão em grupo, de consenso (Marcatto, 1999).

Dentro de uma sociedade que se mostra cada vez mais complexa devido, por exemplo, ao desenvolvimento tecnológico, não seria exagero supor que o jogador de RPG está, a princípio, mais apto para agir nesta sociedade (Andrade, 1999).

5.4. RPG e Educação

A escola é uma instituição que resiste às mudanças, porém, estamos vivendo na "era da informação", que requer significativas revisões no sistema educacional. O acesso às informações cada vez mais fácil e imediato talvez seja o responsável por um certo colapso da educação. Os jovens, e cada vez mais as crianças, têm acesso ao mundo de forma mais real e objetiva através dos meios de comunicação do que pelos métodos tradicionais de educação (Andrade, 1999). As transformações sociais se processam rapidamente e a mudança tornou-se a regra. Na escola tradicional o aluno é um elemento passivo, um mero receptor dos pacotes de informações preparados pelo sistema educacional, onde há poucas oportunidades

para a simulação de eventos naturais ou imaginários, tanto para aumentar a compreensão de conceitos complexos quanto para estimular a imaginação. Todavia, hoje a realidade é bem diferente como nos relata, por exemplo, o artigo intitulado “*Melhores que os Pais*” (Revista Veja, 16/12/98), onde os professores foram os primeiros a acusar a nova onda. Estes, estão lidando com crianças que vão para a sala de aula aos sete, oito ou nove anos de idade com conhecimentos, interesses e curiosidades que muitas vezes eles próprios não estão inteirados. “O garoto surge com conceitos detalhados sobre a Idade Média, meio ambiente e dúvidas intrigantes sobre equações matemáticas de que ele precisava para a programação de seu computador”. Os educadores sentem que sua clientela está achando a escola tradicional, com suas etapas rígidas e seus ensinamentos compartimentados, uma estrutura um tanto superada. É o que Elvira Souza Lima⁴ afirma “Já deu para sentir que para acompanhar esta garotada a educação no Brasil e no mundo terá de mudar radicalmente nos próximos anos”, e Gerald Edlman⁵ fala “em certa medida seus filhos não são seus filhos, eles são filhos da tecnologia da informação, quem faz a cabeça deles, mais do que os pais, são os estímulos do mundo moderno”.

O que os especialistas estão detectando é um movimento para cima da média do desempenho das crianças. O psicólogo Howard Gardner sustenta que coexistem na mente humana as habilidades lingüísticas, corporais, lógico - matemáticas, musicais e interpessoais (a facilidade de relacionamento), intrapessoais (o autoconhecimento), espaciais e as naturalísticas (que seria a capacidade da pessoa se relacionar com a natureza). Para Gardner “As escolas que têm métodos para desenvolver todas essas áreas estão se saindo melhor com as crianças hoje”.

Uma cartilha distribuída nos Estados Unidos pela SkyLight, editora especializada em obras sobre Inteligências múltiplas, sugere que as escolas tentem estimular todas as áreas do cérebro da criança quando estiverem ensinando um tópico qualquer. A revolução das crianças está mudando escolas também no Brasil. Empresas multinacionais patrocinam um projeto chamado Júnior Achievement.

⁴ Elvira Souza Lima, uma brasileira que há oito anos pesquisa o cérebro infantil e novos métodos de educação na universidade de Stanford, EUA.

⁵ Gerald Edlman, neurocientista americano, ganhador do prêmio Nobel.

Uma vez por semana, os funcionários das empresas vão a escola falar sobre o mundo dos negócios. As crianças são desafiadas a criar um produto, desde a concepção da embalagem até a propaganda. Depois tentam vendê-lo a outras crianças que participam de atividades semelhantes em escolas de outros países. O exercício é apenas uma simulação de como funciona o comércio no mundo real, mas em alguns casos, os garotos conseguem efetivamente exportar seus produtos (Revista Veja, 12/98).

Desta forma, a fantasia surge como importante instrumento de representação do mundo real. Segundo Hartmann (1939) “embora a fantasia implique sempre um desvio inicial de um situação real, pode também ser uma preparação para a realidade e acarretar um melhor domínio da mesma”. Ora, o RPG tem um potencial informativo de primeira grandeza. Através de uma ambientação histórica, é possível passar inúmeros conceitos de determinada cultura, ou mesmo conceitos geográficos e científicos. Através de uma ambientação de ficção científica, é possível passar conceitos de física e química e biologia por exemplo (Andrade, 1999).

Nos Estados Unidos, há seis anos o criador do D&D, Dave Arneson, vem trabalhando com RPG nas escolas. Segundo ele, sempre que os diretores e os pais dos alunos decidem ouvir atentamente o seu projeto, ele é aprovado. E até hoje tem obtido sucesso(em palestra na VII RPG Rio).

“Há jogos de RPG pela internet, mas também em clubes, em mesas ou grandes espaços com os participantes fantasiados. Além de desenvolver a imaginação esses jogos acrescentam uma montanha de novos conhecimentos às crianças e jovens. Eles aprendem como eram as armas da Idade Média, princípio de projetos científicos como a nanotecnologia⁶, a nascente indústria de micro robôs, teorias de física que permitem planejar viagens no tempo e no espaço e, óbvio, aprendem inglês. A aluna Elisa Maria Curci Grec, de quinze anos, lê tudo que lhe cai na mão, fala sem parar, carrega uma multidão de gente para os jogos de RPG que organiza e tem uma agenda de telefones de tirar o fôlego. É daquelas pessoinhas que parecem conhecer todo mundo. Ela estuda numa escola estadual de São Paulo, onde

⁶ (nano significa muito pequeno pois $1 \text{ nano} = 10^{-9} \text{ m}$) é uma das tecnologias com um maior potencial. rata-se de engenharia molecular, manipulação atômica e molecular de modo a se criarem aparelhos com precisão atômica

RPG é apenas uma sigla para a maioria dos professores. A esperteza de Elisa, sua modernidade, sua capacidade de comunicação não foram adquiridas na escola, mas na intensa vida social que ela tem no mundo dos jogos (Revista Veja, 12/98).

Não é de hoje que se procuram novos instrumentos para auxiliar na aprendizagem escolar. Muitas dessas tentativas estão voltadas ao universo lúdico ou da fantasia. O RPG se caracteriza, sem dúvida como forte instrumento pedagógico. Ao mesmo tempo ele fornece um espaço para o aluno manifestar suas fantasias, sendo uma fonte infindável de informações (Marcatto, 1999)

Nas palavras do mesmo, o RPG pedagógico é uma ferramenta para a criação de simulações práticas, vivenciais em sala de aula, incentivando a criatividade, a participação, a leitura e a pesquisa. O RPG é adaptável a qualquer matéria ou conteúdos didáticos, para crianças, adolescentes ou adultos.

O RPG desperta o interesse pela leitura e pesquisa. De fato, depois de se aventurar pelos jogos, muitos dos jogadores sentem-se empolgados em criar suas próprias histórias, passando de um simples personagem ao Mestre do Jogo. Como esta tarefa não é simples, pois exige muita dedicação do mesmo, este deverá pesquisar sobre sistemas de jogos, roteiros, regras e informações que contemplam sua história.

Muito mais rico que estudar tradicionalmente fatos históricos da escravidão no Brasil, tal como “Zumbi e o Quilombo dos Palmares”, é poder “estar na pele” dos personagens que fizeram a história. Ao invés de estudar teoricamente, numa aula de Física, as fórmulas da queda Livre e do movimento curvilíneo, os alunos poderão compreendê-las melhor, em uma batalha simulada entre países sob o comando dos vários grupos de colegas de classe. Se a matéria é Química, o aluno poderá pesquisar, por exemplo, as várias técnicas de fracionamento de misturas para abrir portas com “fechaduras químicas”, assim poder sair de um labirinto criado por um misterioso alquimista. Enigmas e charadas matemáticas irão trazer mais animação e entusiasmo se fizerem parte de uma aventura num mundo dominado por poderosos computadores” (Marcatto, 1999).

Podemos observar que nos exemplos citados acima, a ambientação pode ser desde o período Medieval até o período da Cibernética, e

assim, a criação dos personagens fica a critério do ambiente onde a aventura vai acontecer.

5.5. RPG em sala de aula

O jogo é uma função da vida, mas não é passível de definição exata em termos lógicos, biológicos ou estéticos. O jogo não é vida corrente nem vida real, mas antes possibilita uma evasão da vida real para uma esfera temporária de atividade com orientação própria. O isolamento e a limitação no espaço e no tempo geram mundos temporários dentro do mundo habitual, dedicados à prática de uma atividade especial. O jogo introduz na confusão da vida e na imperfeição do mundo, um perfeição temporária e limitada: ele cria ordem (Huizinga, 1938 apud Fernandes, et. al., 1995).

Os Jogos podem ser empregados em uma variedade de propósitos dentro do contexto de aprendizado. Um dos usos básicos e mais importantes é a possibilidade de se construir auto-confiança, outro, é o incremento da motivação. Talvez seu uso para conduzir o aprendizado seja a aceitação mais abrangente de todos os seus propósitos, sendo um método eficaz que possibilita práticas significativas daquilo que está sendo aprendido. Até mesmo o mais simplório dos jogos pode ser empregado para proporcionar informações factuais e praticar habilidades, conferindo destreza e competência (Fernandes et. al.,1995). A aula que se transforma em jogo é mais agradável, divertida e produtiva. Envolve completamente o aluno com o tema (Marcatto, 1999).

Com o RPG podemos criar simulações que exigiriam muitos recursos, ou até, seriam impossíveis, na realidade. Por exemplo, se o assunto for um vulcão em erupção, poderemos pedir aos alunos que reúnem o material que puderem sobre vulcões, tais como: relatos, fotos, informações sobre temperaturas, denominações técnicas de várias fases e componentes de uma erupção, histórico de conseqüência. É importante informar aos alunos que tudo isso será usado numa viagem de fantasia ao interior de um vulcão (Marcatto, 1999).

Segundo o mesmo autor, um grande problema para o educador é demonstrar a importância de conteúdos que não tenham aplicação imediata, mas que contribuem para a formação geral do aluno, tornando-o mais capacitado para conteúdos complexos e para a própria vida”. Isto pode ser superado demonstrando-se a utilidade de um determinado conteúdo, através da inserção do aluno numa situação da qual só sairá bem se souber usá-lo

Com uma simulação, o RPG, poderá demonstrar mais facilmente o que será útil na aplicação do conteúdo. O aluno estudará para obter maior ganho de resultados.

Como interessar seus alunos na guerra de secessão americana, se nem parte da nossa história faz? Uma alternativa é fazer uma preleção sobre a importância da história, das vantagens de aumentarmos nossa cultura geral, de conhecermos a cultura e eventos significativos da história de outros povos. Para tanto, pode-se resumir tudo isto, através de uma aventura em que parte da classe seja sulista e parte nortista. O RPG possibilita a vivência do conteúdo.

Encontramos várias aplicações de RPG na educação, em diversas matérias, sendo que todas estas aventuras são protótipos e devem ser adaptadas a cada aplicação. Estas aventuras estão disponíveis na internet e todo o material é fornecido por Alfeu Marcatto, conforme quadro I.

Matéria	Aventura	Objetivo
Biologia	Circulação sangüínea	estimula o aluno a criar modelos de circulação sangüínea.
Cidadania e Participação	O julgamento	simula um julgamento em que o réu é o poder público e o reclamante é um cidadão.
Educação ambiental	Inversão térmica	Estimula o aluno à tomada de consciência de problemas ambientais e formulação de propostas de pequenas ações no âmbito individual.
Educação Artística	Reciclagem de Papel	Atividades individual de desenho, pintura e fabricação de papel através de reciclagem.
Educação Física	Os Gladiadores	Conjunto de exercícios físicos.
Educação Religiosa	Uma Reunião do Outro Mundo	Debate a tolerância, o respeito às diferenças individuais de crenças e valores.
Educação Sexual	Fazendo Amizades	Primeiro passo num programa de educação sexual.
Física	Ataque Aéreo	Treina a solução de equações de queda livre, de primeiro grau, segundo grau e sistema de equações.
Geografia	Vulcões e Regiões Vulcânicas	Estimula a pesquisa e debate sobre vulcões e regiões vulcânicas.
História	Palmares, um Sonho de Liberdade	Os alunos se tornam escravos buscando a liberdade em Palmares.
Informática	O seqüestro	Treina o uso dos comandos básicos do DOS- programa de instalação incluso.
Línguas	Intercâmbio Cultural	Treina conversação elementar.

Matemática	Corrida das Frações	Treina frações em vários graus de complexidade.
Português	Os Preservadores da Memória	Estimula a leitura e interpretação de textos.
Psicologia	Consciência	Demonstra e exercita o uso da consciência.
Química	Fracionamento de Misturas	Exercita o uso de processos de fracionamentos de misturas.
Saúde	A Procura de H	Um amigo dos personagens descobre ser portador do HIV e desaparece. Informa métodos de contágio e estimula a atenção para os doentes.

Fonte: Marcatto (1999)

6. DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO MR. MATH 2000

6.1. Introdução

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (1997) “ (...) A matemática é componente importante na construção da cidadania, na medida em que a sociedade utiliza, cada vez mais, de conhecimentos científicos e recursos tecnológicos, dos quais os cidadãos devem se apropriar. A aprendizagem em Matemática está ligada à compreensão, isto é, à apreensão do significado; aprender o significado de um objeto ou acontecimento pressupõe vê-lo em suas relações com outros objetos e acontecimentos. Recursos didáticos como jogos, livros, vídeos, calculadora, computadores e outros materiais têm um papel importante no processo de ensino e aprendizagem. Contudo, eles precisam estar integrados a situações que levem ao exercício da análise e da reflexão, em última instância, a base da atividade matemática”.

Com base nos princípios citados acima, desenvolvemos o protótipo **Mr. Math 2000** utilizando o computador como um recurso pedagógico, visando o processo de ensino aprendizagem. O embasamento teórico do modelo encontra seus alicerces na Inteligência Artificial e RPG, bem como no princípio básico de que o aluno deve participar ativamente da construção de seu conhecimento.

O modelo não contempla apenas um conteúdo específico de Matemática, mas está inserido dentro de alguns tópicos de conteúdo em nível do ensino fundamental da mesma, distribuídos através de problemas contextualizados em um ambiente lúdico.

A decisão de contemplar vários conteúdos de Matemática em nível de ensino fundamental é justificada por dois fatores: como um dos objetivos do protótipo é atuar como um diagnóstico para o professor do ensino médio verificar onde se encontram as maiores dificuldades, devemos abranger os conteúdos ministrados neste nível. A outra justificativa é proveniente dos conteúdos de Matemática estar inseridos em um ambiente lúdico. Estes conteúdos, se apresentam na forma de situações problemas e a contemplação de vários assuntos permite a estes se adequarem melhor à história.

A importância da resolução de problemas como suporte de construção de idéias matemáticas tem sido defendida por vários autores. A resolução de problemas apresenta-se, assim, como um dos componentes do contexto favorável à construção de conhecimento matemático.

Segundo Teodoro (1992) “estudos recentes, quer em resolução de problemas, quer em construtivismo, apontam a importância do contexto: parte do significado de qualquer conceito é sempre herdado do contexto em que foi utilizado”.

Ao colocar o foco na resolução de problemas, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (1997), “o ponto de partida da atividade matemática não é a definição, mas o problema. No processo de ensino aprendizagem, conceitos idéias e métodos matemáticos, devem ser abordados mediante a exploração de problemas, ou seja, de situações em que os alunos precisem desenvolver algum tipo de estratégia para resolvê-las”.

Com a integração entre situações problemas e jogo esperamos criar um ambiente motivador para a aprendizagem.

“Além de ser um objeto sociocultural em que a Matemática está presente, o jogo é uma atividade natural no desenvolvimento dos processos psicológicos básicos; supõe um “fazer sem obrigação externa e imposta”, embora demande exigências, normas e controle. No jogo, mediante a articulação entre o conhecido e o imaginado, desenvolve-se o autoconhecimento - até onde se pode chegar - e o conhecimento dos outros - o que se pode esperar e em que circunstâncias. Nos jogos com regras, denominado de estágio mais avançado, as crianças aprendem a lidar com situações mais complexas e passam a compreender que as regras podem ser combinações arbitrárias que os jogadores definem; percebem também que só podem jogar em função da jogada do outro. Os jogos com regras têm um aspecto importante, pois neles o fazer e o compreender constituem faces de uma mesma moeda”

(Parâmetros Curriculares Nacionais, 1997).

Desde que os computadores passaram a ser utilizados em matemática, diversos *software* tem sido desenvolvido com o objetivo de potencializar os processos de aprendizagem. A importância de criar um ambiente interativo para o ensino-aprendizagem de situações problemas torna-a um domínio particularmente apropriado para explorar as potencialidades do computador.

6.2. Objetivos do Modelo

- Estimular o raciocínio do usuário, através da resolução de problemas;
- Proporcionar ao usuário uma ambientação lúdica;
- Detectar alguns tópicos de Matemática em que o usuário apresente dificuldades.

O Modelo será capaz de:

- Possibilitar ajuda na resolução do problema;
- Detectar possíveis deficiências do usuário nos tópicos por este navegados;
- Motivar o usuário para o estudo de Matemática.

O protótipo **Mr. Math 2000** pode ser utilizado como uma ferramenta para o aluno desenvolver a sua capacidade de raciocínio em resolução de problemas em nível fundamental. Também servirá para o professor diagnosticar os tópicos onde deve ocorrer uma revisão do conteúdo.

O público alvo deste modelo é constituído por alunos que estão completando o ensino fundamental e os que estão iniciando o ensino médio. Isto não quer dizer que outros alunos não possam utilizar, mas, os iniciantes do ensino fundamental podem encontrar certas dificuldades, em virtude dos tópicos aqui abordados não terem sido ainda estudados por eles. Usuários que já concluíram o ensino fundamental serão bem aceitos, pois, dos tópicos já trabalhados poderão fazer uma análise de seus conhecimentos matemáticos.

6.3. Estrutura do Modelo

Na figura abaixo apresentamos a estrutura do modelo computacional Mr. Math 2000.

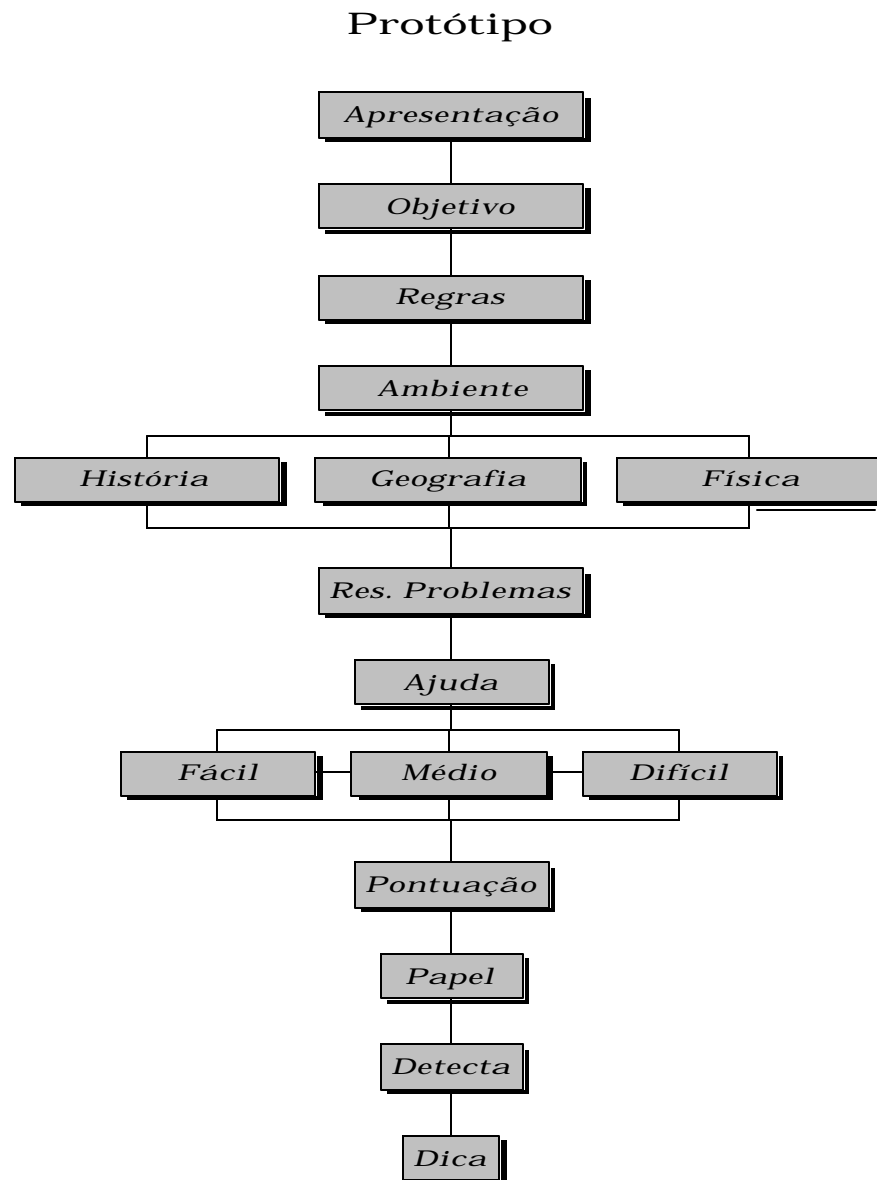


Figura 6.1: Estrutura do modelo

A estrutura deste modelo, visa através de um ambiente lúdico, regido por regras, colocar o usuário frente a situações problemas que envolvem conhecimentos matemáticos, detectar as dificuldades encontradas na resoluções destes e com base nisto, dar um *feedback* ao usuário visando uma melhor aprendizagem destes conteúdos. A seguir, detalharemos como se processam estes propósitos.

6.4. Descrição do Modelo

Inicialmente, o modelo é apresentado ao usuário: nome, autoria, conforme figura 6.2, a seguir.

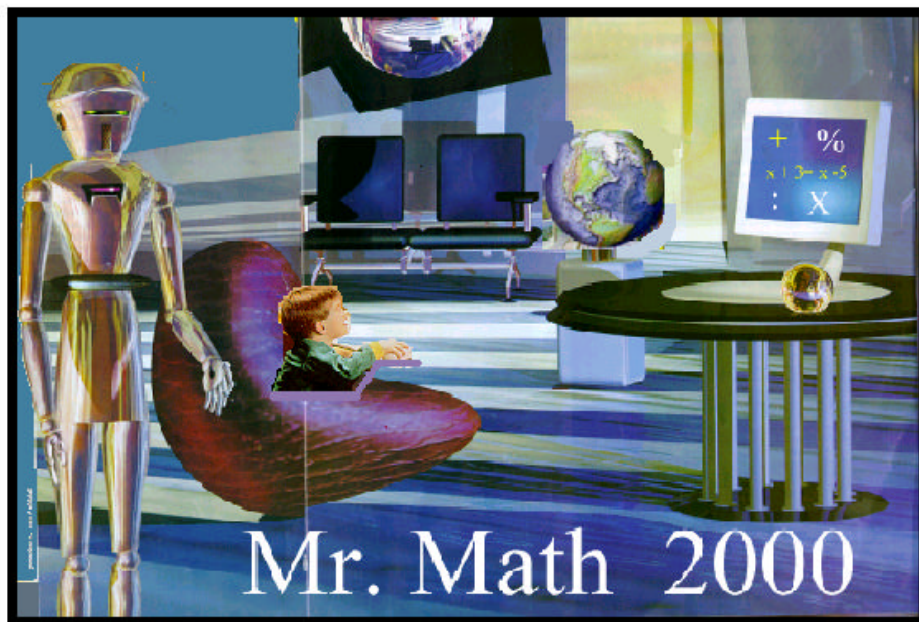


Figura 6.2 Tela inicial do Protótipo Mr. Math 2000

A seguir, os objetivos do modelo estão descritos através de um enredo histórico com contextualização do cenário onde ocorre a aventura, bem como os requisitos necessários para fazer parte desta aventura. Um exemplo de tela é apresentado na figura 6.3.

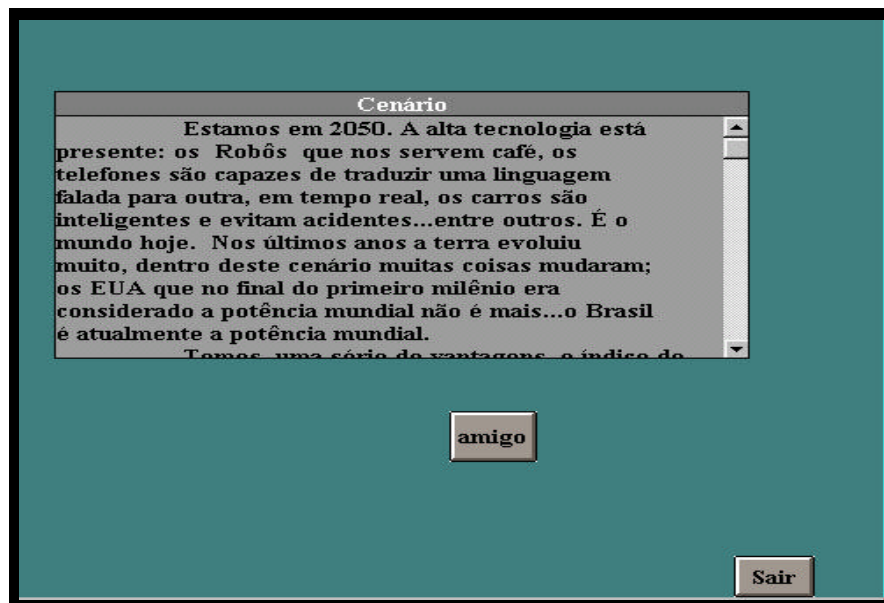


Figura 6.3: Tela explicativa do cenário

São, então, apresentados as regras, tarefas, recompensas e dicas (ver figura 6.4)

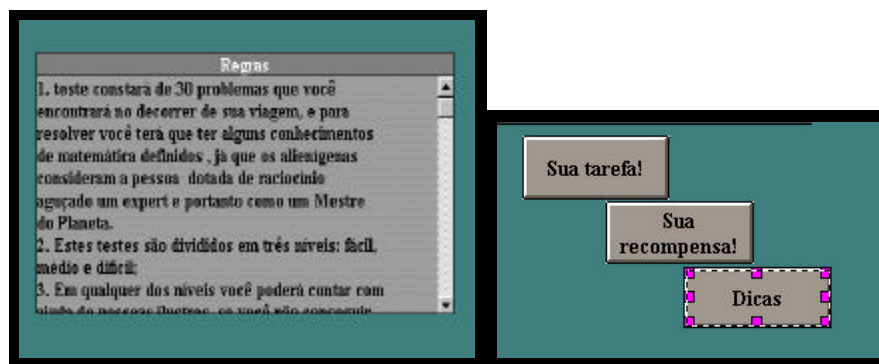


Figura 6.4: Tela de Regras, tarefas, recompensa e dicas.

A aventura contemplada pelo protótipo é do gênero futurista. O objetivo do jogo é reconquistar a terra, pois, esta foi invadida por alienígenas e a única maneira de recuperar parte ou toda, é encontrar uma pessoa que seja submetida a um teste determinado pelo alienígena mestre. Este teste envolve resoluções de problemas matemáticos, já que estes consideram a MATEMÁTICA uma grande potência de inteligência. Resolvendo corretamente os problemas propostos durante a aventura o

usuário conseguirá encontrar as peças necessárias para a construção de um robô capaz de expulsar os alienígenas e retomar a terra ou parte desta.

Os problemas matemáticos estão inseridos em vários contextos, podendo abranger áreas como física (ver figura 6.5a), geografia (ver figura 6.5b) entre outras. Os problemas estão classificados em fácil, médio e difícil, sendo que durante a aventura, um dispositivo indicará o nível do problema a ser solucionado (ver figuras 6.5a e 6.5b).

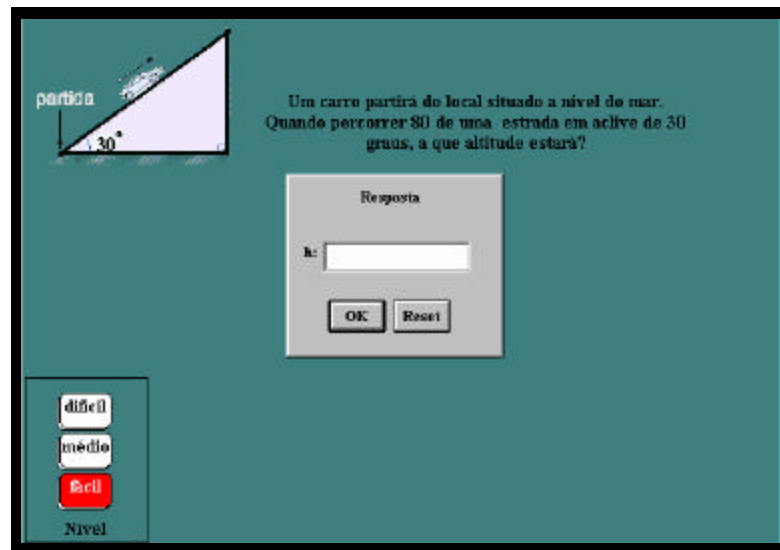


Figura 6.5a: Tela de situações-problemas.

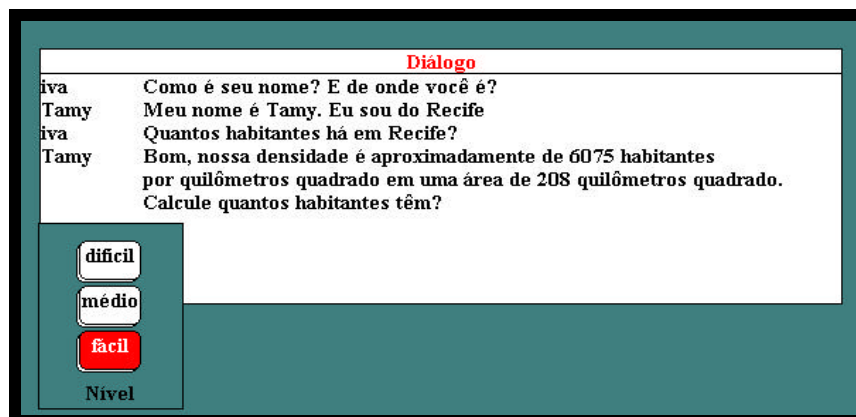


Figura 6.5b: Tela de situações-problemas.

Na borda superior do sistema o usuário encontrará os seguintes *menus*: Ajuda, Regras e Dica (ver figura 6.6).

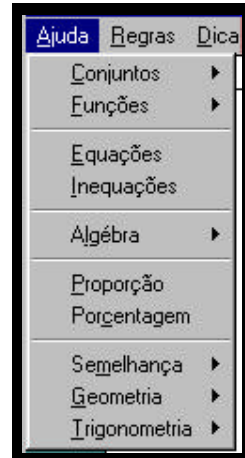


Figura 6.6: Tela de ajuda ao usuário

Ao navegar pela aventura, encontramos à disposição do usuário, com livre acesso, um banco de Ajuda sobre os conteúdos de Matemática em nível de ensino fundamental aqui abordados tais como: definições, propriedades e ou exemplos (ver figura 6.7). O usuário pode navegar livremente sobre os tópicos deste banco, sem sair da tela onde se encontra, também pode selecionar um tópico e não sendo o adequado pode procurar outro, sem sair desta.

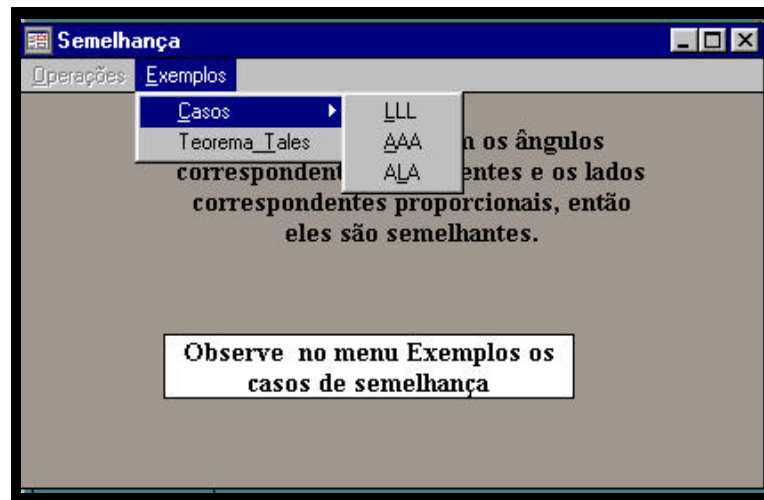


Figura 6.7: Tela de ajuda ao usuário

As Regras do jogo também ficam a disposição do usuário, e sempre que precisar ele pode consultá-las (ver figura 6.8).

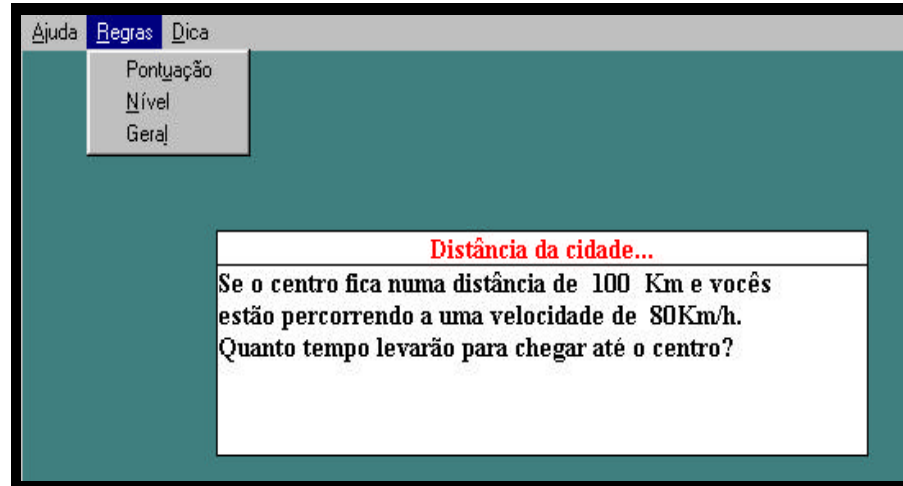


Figura 6.8: Tela ilustrativa de Regras

O menu Dica, somente fica ativado, quando o usuário não souber resolver o problema em questão e solicitar ajuda, caso contrário, enviará apenas uma mensagem ao usuário, alertando-o que o mesmo deve antes tentar resolver o problema, ou seja, o banco de ajuda fica sempre disponível, mas a dica do problema em questão somente será ativada, após o usuário ter resolvido de maneira errada (ver figura 6.9).

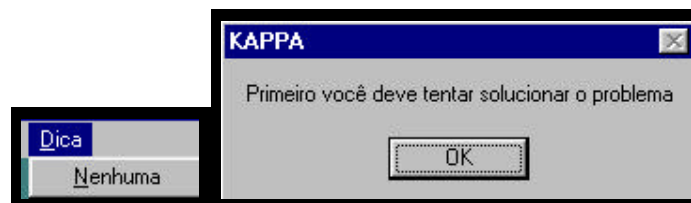


Figura 6.9: Tela ilustrativa de mensagem ao usuário.

Ao tentar solucionar os desafios encontrados durante a aventura, duas situações podem ocorrer: a resposta pode estar correta ou não. Se a resposta estiver correta o modelo envia uma mensagem de êxito e prossegue a aventura (ver figura 6.10a). Caso contrário duas situações podem ocorrer: o usuário pode prosseguir sem encontrar a resposta certa, sendo que o sistema armazena em sua base que o mesmo errou e resolveu prosseguir, ou ele pode aceitar ajuda (ver figura 6.10b).

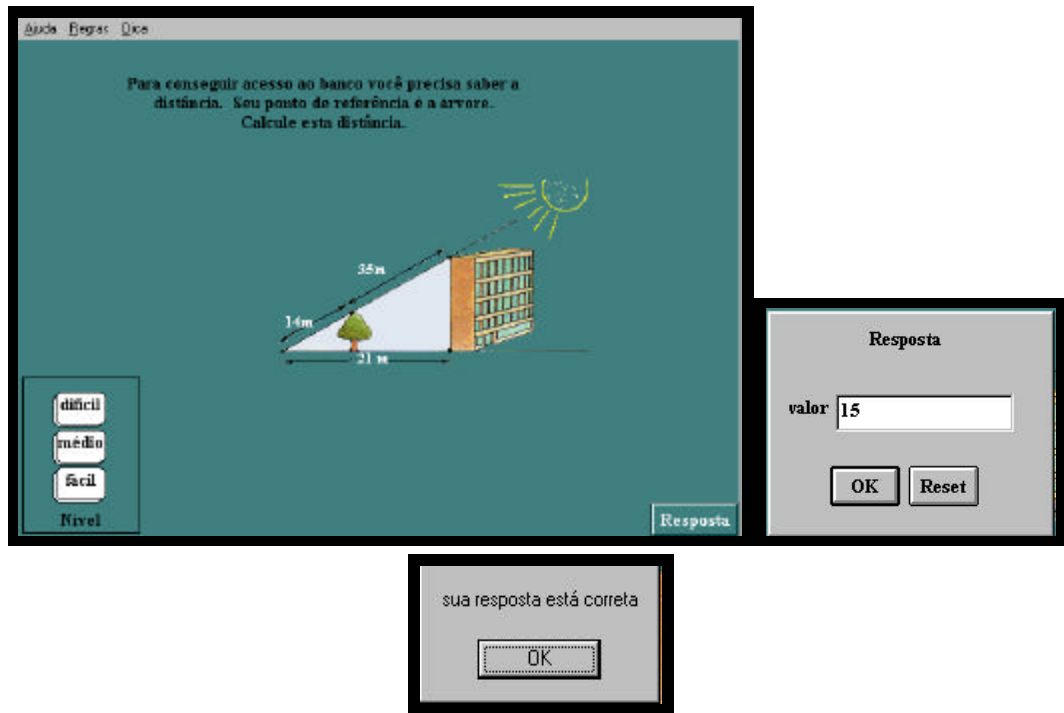


Figura 6.10 a: Tela ilustrativa de entrada de dados.



Figura 6.10 b: Tela ilustrativa de ajuda solicitada

Se o usuário selecionar ajuda, o *menu* Dica é ativado, ficando disponível ao usuário a dica a respeito do problema em questão. Então, de posse desta, o usuário pode resolver o problema (ver figura 6.11).

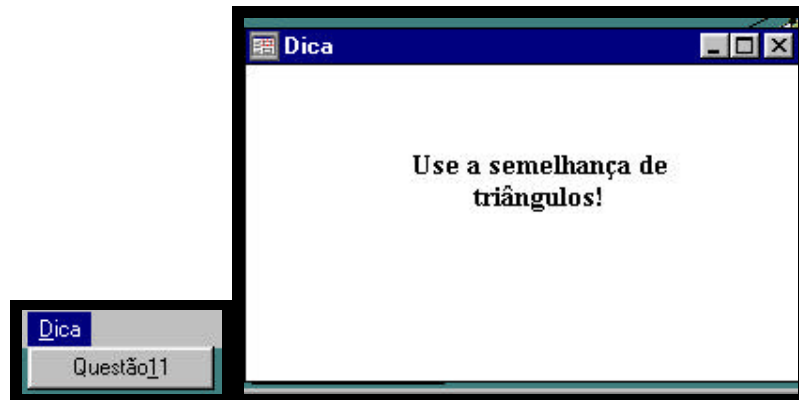


Figura 6.11: Tela ilustrativa de resposta da dica

Caso, mesmo com a dica dada o usuário não conseguir obter êxito na resolução do problema em questão, o protótipo solicita ao usuário para identificar onde este encontrou dificuldades (ver figura 6.12) armazenando esta informação.

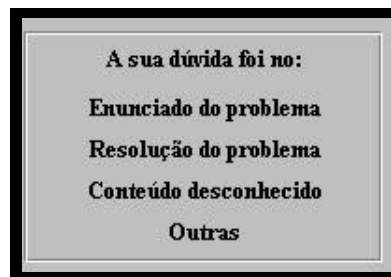


Figura 6.12: Tela ilustrativa do tipo de dúvida do usuário.

A cada nível de problema, corresponde uma pontuação. Se o usuário resolver prosseguir sem resolver o problema não receberá pontos; se pedir ajuda e acertar marca pontos. Esta situação é apresentada ao usuário nas regras iniciais.

Todos os passos do usuário ficam armazenados no modelo. Ao final da aventura o mesmo pode conferir sua atuação através dos *menus*: Resultado, Explicar, Gráfico e Sugestões (ver figura 6.13).



Figura 6.13: Tela ilustrativa do diagnóstico do modelo.

Com o *menu* "Resultado" o usuário pode solicitar informações tais como: acertos, pontos e atuação. O campo "acertos" possibilita ao usuário identificar

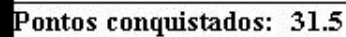
quantas questões acertou no decorrer da aventura, sendo que esta informação está separada por nível, ou seja, informa ao mesmo quantas questões acertou de cada nível (ver figura 6.14). Se o campo selecionado for “pontos”, este informa a somatória dos pontos obtidos durante toda a aventura (ver figura 6.15). E se a opção for “atuação”, o usuário recebe uma mensagem informando-o o percentual da terra conquistada, dependendo de seu desempenho durante a aventura .



The image shows a software interface with two main components. On the left is a selection menu titled "Selecione o resultado de:" with three options: "acertos", "pontos", and "atuação". On the right is a table titled "Diagnóstico" with two columns: "N." and "NÍVEL". The table contains three rows of data.

Diagnóstico	
N.	NÍVEL
8	Fácil
10	Médio
10	difícil

Figura 6.14: Tela ilustrativa do acertos dos problemas.



A small rectangular box with a black border containing the text "Pontos conquistados: 31.5".

Figura 6.15: Tela ilustrativa do total de pontos atingidos.

O *menu* “Explicar”, tem como objetivo explicar o *porquê* dos resultados obtidos nos itens anteriores, ou seja, se o usuário, por acaso tiver alguma dúvida, ele pode recorrer ao *menu* “Explicar” para tentar saná-las, pois, neste ficam registrados todos os passos feitos pelo usuário durante a navegação. Esta é uma importante características dos SE: explicar as respostas armazenadas pelo mesmo. Aqui o modelo apresenta os acertos, pontos e atuação do usuário (ver figura 6.16).

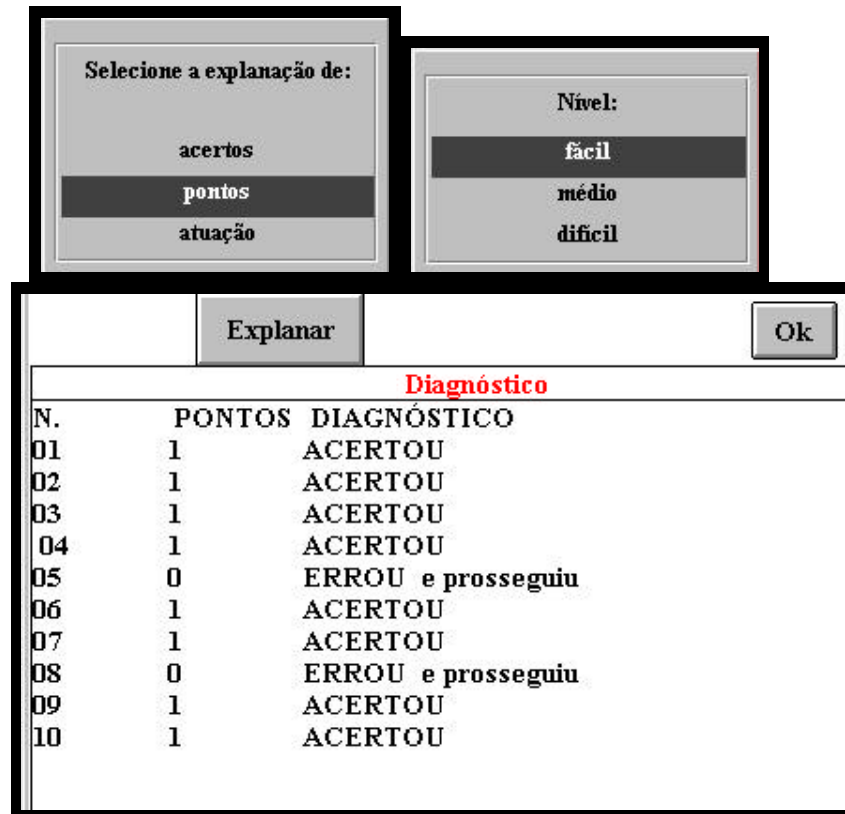


Figura 6.16: Tela ilustrativa da explicação dos pontos..

Esta explicação se encontra disponível no final da aventura. Através de botões o usuário pode selecionar o resultado dos pontos e sua atuação. O usuário pode navegar por todos os menus disponíveis: Resultado, Explicar, Gráfico e Sugestões. Ele pode solicitar as informações à respeito de sua atuação quantas vezes achar necessário. Se por acaso ele já navegou pela explicação de pontos, mas gostaria de retornar, isto é possível graças a interface projetada para o modelo, com o intuito de não sobrecarregar a tela, mas deixar sempre a disposição do usuário tais dados.

O menu “Gráfico” informa através de um gráfico o desempenho do usuário durante a aventura. É um gráfico bidimensional: cada um dos 30 problemas relacionados com a sua respectiva pontuação. Neste, o usuário pode fazer uma análise de seu desempenho, se foi constante, crescente ou decrescente. Aqui o modelo explora conceitos de funções (ver figura 6.17).

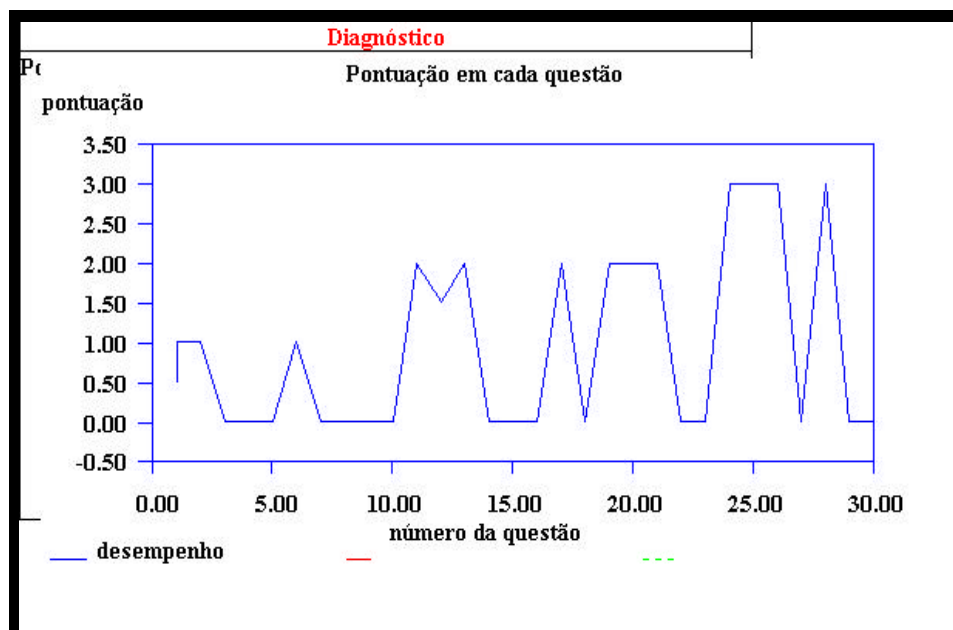


Figura 6.17: Tela ilustrativa do desempenho do usuário através do gráfico.

O *menu* “Sugestões”, como o próprio nome diz, informa ao usuário quais são os conteúdos que precisam de maior dedicação, se for o caso. Se a atuação for ótima recomenda níveis mais complexos. Este *menu* está diretamente ligado com os demais, pois, é em função destes que poderá dar a melhor e mais coerente sugestão. Observamos que este item auxilia o usuário (aluno) especificando onde deve sanar suas dúvidas e o usuário (professor) no sentido de diagnosticar onde se encontram as maiores dificuldades apresentadas pelo aluno, e neste sentido focar a revisão do conteúdo (ver figura 6.18).

Resultado	Explicar	gráfico	sugestões
Diagnóstico			
<p>Você precisa rever a teoria de CONJUNTOS Rever SEMELHANÇA DE TRIÂNGULOS Rever POTÊNCIA Rever SISTEMAS DE EQUAÇÕES Rever EQUAÇÕES Rever PROPORÇÃO Rever ÁLGEBRA Rever LÓGICA Rever TRIGONOMETRIA Rever INEQUAÇÕES DO PRIMEIRO GRAU</p>			

Figura 6.18: Tela ilustrativa de sugestões.

6.4.1. Proposta de utilização do protótipo

Inicialmente o professor explicita os objetivos e os resultados que deseja obter através da navegação pelo modelo. Para tanto, solicita aos alunos que trabalhem no ambiente lápis/papel interagindo com o modelo e paralelamente registrem as atividades desenvolvidas. Cabe ao professor conduzir o aluno a tomar uma decisão quando este está inseguro. Porém, a ajuda do professor deve ser dosada, permitindo ao aluno navegar livremente pelo modelo. Duas propostas são apresentadas e a escolha depende do objetivo do professor. A primeira, tem como objetivo analisar os conhecimentos dos alunos ao final do ensino fundamental. Neste caso o modelo deve ser aplicado no final da oitava série. A Segunda, através de um diagnóstico, apontar que conteúdos devem ser revisados. Ainda é importante que o professor analise os registros dos alunos para detectar possíveis erros, corrigindo-os e, desta forma, caracterizando um *feedback*.

6.5. Uma Análise do Desenvolvimento do Modelo

No decorrer deste trabalho, utilizamos uma metodologia de estudo e desta nasceu uma nova ferramenta que acreditamos auxiliar no processo de ensino-aprendizagem de Matemática. Neste momento, apresentamos uma análise do modelo para identificá-lo com os estudos feitos antes de sua concepção, e mostrar como estes estão inseridos no modelo em questão.

Dos estudos dos sistemas de ensino por computador, especificamente os Sistemas Tutoriais Inteligentes, vimos que o módulo especialista, módulo tutor, módulo do estudante e módulo interface fazem parte da estrutura do mesmo.

Desde a fase do embasamento teórico até a implementação do modelo, muitos ajustes ocorreram em cada um destes módulos. Queremos apresentar algumas das dificuldades apresentadas na implementação do protótipo, surgidas durante o processo:

- No que se refere a base de conhecimento, como abordamos vários tópicos referentes ao ensino fundamental de Matemática, muitas vezes tivemos que revisar e encontrar alternativas de reduzir o volume destes, com o objetivo de não comprometer a agilidade do modelo.
- No módulo tutor queremos deixar claro que é um módulo bastante complexo e ainda é alvo de estudo de pesquisadores, já que o objetivo do mesmo é fornecer um suporte às diferentes estratégias pedagógicas. Isto é uma tarefa árdua, pois, podemos contemplar algumas destas, mas com certeza muitas estratégias que diferentes especialistas utilizam para resolver um determinado problema não estarão contempladas no modelo. Outra preocupação é que a quantidade de informação pode comprometer o modelo. Como o objetivo deste, neste módulo é auxiliar o usuário, acreditamos que as estratégias são viáveis.
- Como os problemas estão inseridos em um ambiente lúdico, muitas vezes recorre-se a imagens e movimentos, e isto, infelizmente a *shell* utilizada na implementação do protótipo não contempla, para isto foram utilizados outros recursos e inseridos no ambiente, tendo sempre o cuidado com o volume do protótipo.

A estrutura interna implementada no modelo pode ser vista na figura 6.20. Alguns módulos são comuns às diversas aplicações desenvolvidas na *shell* e outros foram criados para nosso trabalho. Estes módulos contemplam:

- Conteúdo: módulo especialista.
 - Usuário: módulo do estudante
 - Menu: módulo do tutor.

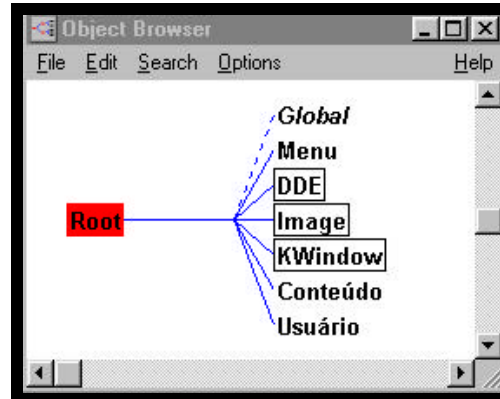


Figura 6.20 : Estrutura interna do protótipo

O módulo especialista (Conteúdo) possui o conhecimento dos itens contemplados pelo modelo (ver figura 6.21). Na organização deste conhecimento utilizamos a estrutura contemplada pelo Sistema Especialista que utiliza a representação do conhecimento baseado na combinação de regras e frames, visando com a integração de ambas a possibilidade de uma melhor execução do sistema. A *shell* utilizada na implementação do modelo possibilita estes tipos de representações de conhecimentos.

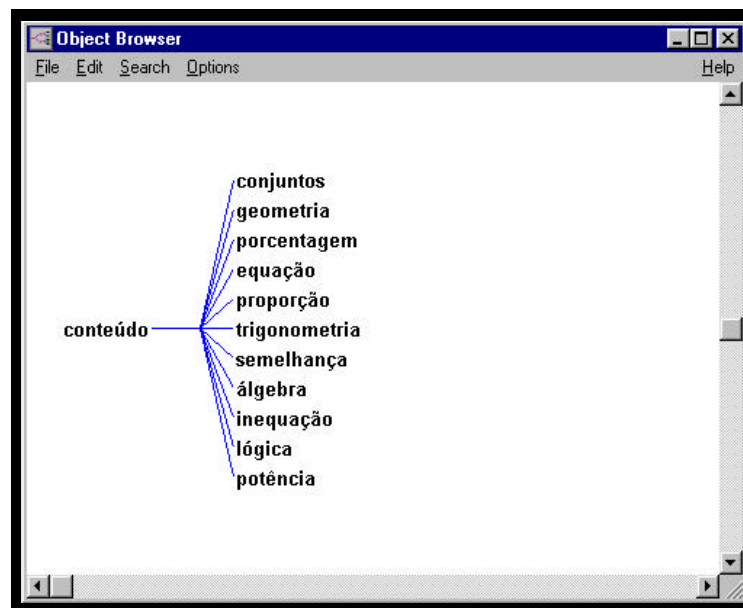


Figura 6.21: Tela ilustrativa das subclasses do módulo conteúdo.

Neste módulo são contempladas as respostas dos problemas propostos na aventura. Tendo em sua base de conhecimento os dados disponíveis sobre o problema em questão, este aguarda a informação do usuário para fazer a inferência e retornar com uma mensagem. Se o usuário obtiver sucesso, esta informação será armazenada na subclasse (nome do usuário que estiver navegando pelo sistema) que, a título de exemplo, denominaremos Iva, que é parente da classe “usuário” (ver figura 6.22) herdando, portanto, propriedades da classe mãe. Estas propriedades, são os denominados *slots* usados na *shell* KAPPA, que neste caso são as informações como: idade, série, pontuação, dificuldades, explanação entre outras. Cada uma destas vai assumindo valores durante a aventura. Como estas informações são importantes para todo o usuário que navegar pelo modelo, então foram criadas na classe mãe “usuário”. Esta informação fica disponível no módulo do estudante, para que no final da aventura o modelo possa fazer o diagnóstico. Caso a resposta do usuário não seja correta, este tem a opção de chamar o módulo tutor, solicitando ajuda, o qual apresenta dicas de resolução específica ao problema. Outro recurso disponível é a ajuda. Neste ramo o modelo disponibiliza acesso ao conteúdo a que está subordinado o problema, bem como exemplos similares (ver figura 6.11 e figura 6.7, respectivamente).

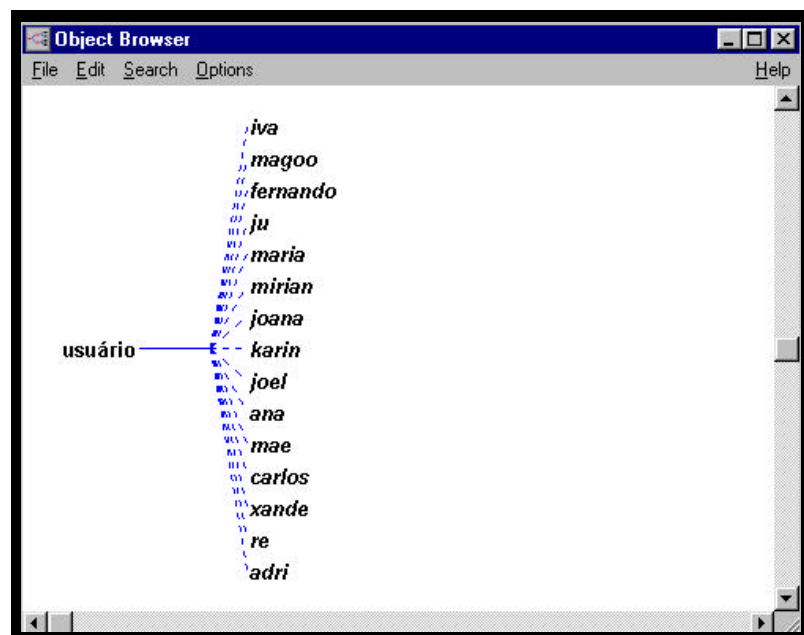


Figura 6.22: Tela ilustrativa das instâncias da classe usuário.

O módulo estudante (usuário) tem como objetivo armazenar as informações solicitadas durante a navegação, tais como: dados pessoais, desempenho, falhas e observações do usuário caso aconteçam. A representação de conhecimento utilizada neste, foi a mesma descrita no módulo especialista. Neste módulo, todos os passos do usuário são armazenado e o mesmo tem acesso a estas informações na avaliação final do processo, e ainda pode complementar com a explanação da mesma (ver figura 6.16).

O módulo tutor, aqui determinado a classe (menu), já existente dentro da *shell*, foi devido aos atributos que favoreciam o desempenho da mesma, bem como, a flexibilidade de uso. O usuário pode usar por exemplo, opções de teclado ou *mouse*. Outra vantagem, foi utilizar janelas na interface, possibilitando ao usuário navegar pela opção de ajuda disponibilizada através deste, sem comprometer o desenvolvimento de sua aventura, ou seja, uma nova tela surge sem sair daquela em que o usuário está trabalhando (ver figura 6.8). As estratégia utilizadas neste, foram opções de ajuda e dicas de conteúdo no contexto do problema, conforme descrito no modelo especialista acima. Outra situação em que percebemos a atuação do tutor é no final do processo, por exemplo, quando sugere ao usuário quais são os conteúdos que precisam de uma maior dedicação (ver figura 6.17).

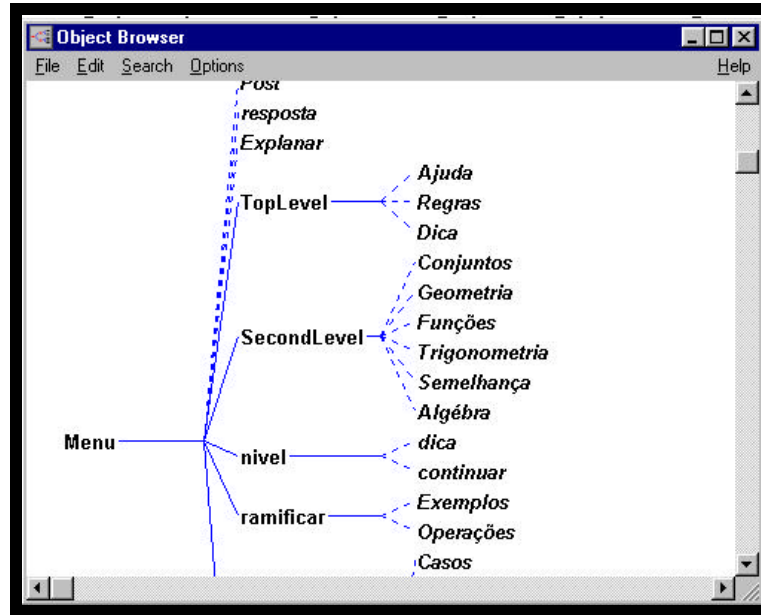


Figura 6.23: Tela ilustrativa do módulo tutor do protótipo

O módulo *interface* é o que fica de fato visível ao olhos do usuário e como a *shell* utilizada apresenta uma interface amigável e de fácil navegação, o modelo possibilita ao usuário um desenvolvimento tranqüilo de suas atividades.

Podemos observar que estes módulos não são isolados, eles apresentam comunicações entre si, ou seja, um depende do outro, por exemplo: o módulo tutor que é responsável por orientar o usuário depende das informações contidas no módulo estudante que por sua vez está diretamente ligado com o módulo especialista. E através da programação interna de todos estes o resultado aparece como o módulo *interface*.

A representação do conhecimento contemplada neste modelo, utilizou-se da estrutura de Frames e Regras, implementadas na *shell* KAPPA, que possibilita este tipo de estrutura. As regras possuem a parte Se (*if*) onde estão contidas as premissas e a parte Então (*Then*) onde estão contempladas as conclusões. Uma das características importantes dos SE é possibilitar na base de conhecimento, através das regras, inferências de novos conhecimentos, ou seja, elas não são regras isoladas, pois, a conclusão de uma passa a ser premissa da outra, ou seja, estão constituindo um ciclo da representação do conhecimento (ver figura 6.24).

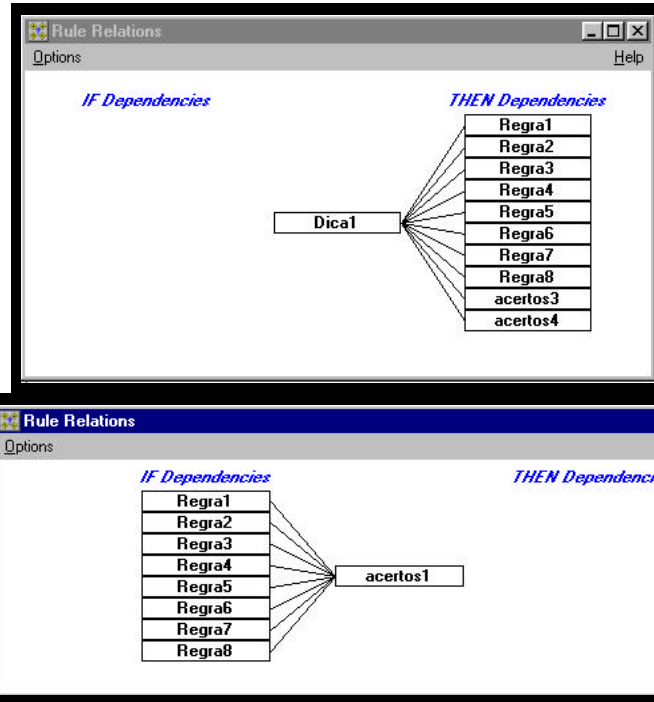


Figura 6.24: Tela ilustrativa da dependência das regras dentro do modelo.

Observa-se na base de conhecimento, como as regras estão integradas (escritas em linguagem natural):

Se o número da questão for menor que 11

Então a questão é de nível fácil

Se a questão é de nível fácil

Então o valor da questão pode ser 1 ou 0.5

Se o valor da questão é 1

Então o usuário acertou a questão

Se o valor da questão é 0.5

Então o usuário pediu ajuda e acertou

Se o usuário pediu ajuda e acertou

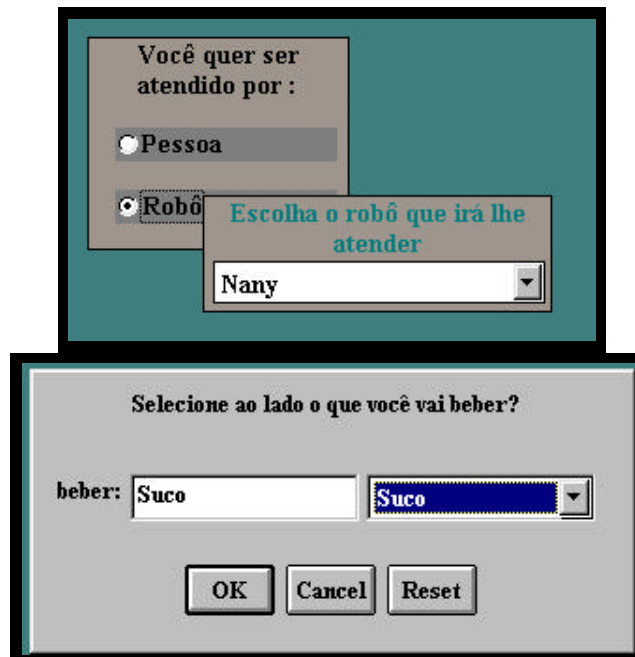
Então com a dica do sistema ele foi capaz de resolver o problema.

Todas estas regras estão descritas no protótipo em linguagem *Kal*.

No que se refere ao ambiente lúdico utilizado, nos apoiamos nas técnicas de RPG. Através dos estudos desenvolvidos, foi possível inseri-las dentro do contexto matemático.

A história foi criada pela autora com o auxílio de pessoas que contribuíram muito, no sentido de dar dicas, escolher ambientes onde aconteceria a história, características de personagens entre outras. Esta foi de gênero futurista e encontra-se resumida na descrição do modelo (ver item 6.4).

O final da estória depende do desempenho do usuário e das escolhas feitas por este durante a aventura (ver figura 6.25). Salientamos que, uma das características do RPG é não estabelecer um final comum para a estória, portanto, dependendo da atuação de cada usuário, este terá um determinado final. Alguns dos problemas encontrados durante a aventura, também são aleatórios. Por isso o problema a ser resolvido no decorrer da aventura depende da escolha feita pelo mesmo.



The image displays two screenshots of a user interface. The top screenshot shows a dialog box with the title "Você quer ser atendido por :". It contains two radio buttons: "Pessoa" (unselected) and "Robô" (selected). A tooltip over the "Robô" button says "Escolha o robô que irá lhe atender". Below the radio buttons is a dropdown menu with "Nany" selected. The bottom screenshot shows a dialog box with the title "Selecione ao lado o que você vai beber?". It has a text input field containing "Suco" and a dropdown menu also showing "Suco". At the bottom are three buttons: "OK", "Cancel", and "Reset".

Figura 625: Tela ilustrativa da opção do usuário

Nosso interesse não foi utilizar todas as técnicas de RPG, mesmo porque não era simplesmente um jogo que queríamos implementar, e muito menos não temos “experiência” suficiente para tal. Nesta aventura, não encontramos combates violentos, nem armas de fogo, como costumamos ver em muitos jogos, esta não era nossa filosofia. Apenas nos subsidiamos nas técnicas que poderiam contribuir para o processo de ensino-aprendizagem, tentando expor nosso conteúdo de uma maneira mais dinâmica e atraente, e nestes aspectos o embasamento teórico nos foi muito útil.

Nos, enquanto “mediadores” do processo ensino-aprendizagem, estamos sempre pesquisando maneiras e estratégias com objetivo de viabilizar de uma melhor forma a construção do conhecimento de nossos alunos, pois, queremos um ensino voltado a formação, para o cotidiano do mesmo. Como nos diz Einstein (1981):

“Não basta ensinar a o homem uma especialidade. Porque se tornará assim uma máquina utilizável, mas não uma personalidade. É necessário que adquira um sentimento, um senso prático daquilo que vale a pena ser apreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto. (...) é preciso, enfim, tendo em vista a realização de uma educação, desenvolver o espírito crítico na inteligência do jovem. (...) O ensino deveria ser assim: quem o receba o recolha como um dom inestimável, mas nunca como uma obrigação penosa.

(Einstein, 1981 apud Bazzo, 1998).

Outro fator que vale a pena ressaltar é que desde a elaboração do modelo no papel até sua implementação várias mudanças ocorreram, e mesmo após implementado encontra-se em processo de revisão com o objetivo de melhorar e oferecer um produto de qualidade.

6.6. Experimento do Modelo Computacional Mr. Math 2000

Com o objetivo de verificar alguns aspectos no contexto de: ergonomia, funcionalidade e aprendizagem foram realizadas aplicações práticas. A experimentação ocorreu em duas situações distintas: uma delas foi a utilização do modelo por uma turma de 20 (vinte) alunos da primeira série do ensino médio de um colégio público; a outra foi feita por 6 (seis) professores de Matemática. A aplicação com os alunos foi monitorada pela autora e pelo professor da mesma turma. A navegação realizada pelos professores foi individualizada.

Na primeira situação, os alunos navegaram livremente pelo sistema, alguns sozinhos, outros em duplas. Os alunos trabalharam em paralelo no ambiente lápis/papel, resolvendo os problemas propostos pela aventura contemplada no modelo. É relevante salientar que ocorreu a troca de informações entre os alunos desta turma, sendo que muitos problemas foram resolvidos em conjunto. Quando ocorria alguma dúvida a presença do professor era solicitada.

Durante a realização da tarefa, observou-se que:

- Muitos alunos tinham pouco ou nenhuma familiaridade com o computador, dado este confirmado após a realização do questionário de satisfação.
- Os alunos apresentaram muitas dificuldades na resolução dos problemas propostos durante a aventura. Segundo o professor da turma, “a maioria dos alunos desta turma estavam há muito tempo sem estudar”.
- Devido as dificuldades de conteúdo apresentadas, os alunos navegaram freqüentemente pelas dicas e ajuda disponíveis no modelo.
- Alguns usuários, não conseguiram chegar ao final da aventura.

Após a navegação, foi entregue aos alunos um questionário de satisfação (ver anexo 2) com o intuito de avaliar o modelo. Este questionário abordava questões: gerais (experiência com computadores, grau de instrução...), *interface* (cor, fonte, telas...), avaliação do produto (erro de entrada de dados, armazenamento e resposta) e avaliação do contexto (aprendizagem, objetivos e conteúdo).

Dentre as respostas fornecidas, pôde-se verificar que 67 % (sessenta e sete por cento) não usavam o computador e os outros 33 % (trinta e três por cento) estavam freqüentando algum curso de computação. Cores, tamanho de fonte e disposição de botões 92 % (noventa e dois por cento) responderam que estava ótimo ou bom. Quadros e janelas 75 % (setenta e cinco por cento) responderam que estava ótimo ou bom; quanto à simplicidade e clareza da linguagem e, a disposição dos textos 83 % (oitenta e três por cento) responderam que estava ótimo ou bom.

Nenhum dos alunos que finalizaram a tarefa encontrou erro de armazenagem das ações realizadas pelos mesmos.

No que se refere à aprendizagem, 83 % (oitenta e três por cento) responderam que o modelo auxiliou na aprendizagem e que a disposição do conteúdo em um ambiente lúdico também contribuiu; com relação ao diagnóstico final dado pelo modelo, apenas um aluno respondeu que não estava coerente com suas dificuldades; quanto as dificuldades de conteúdo apresentada no decorrer da aventura 54 % (cinquenta e quatro por cento) responderam que foi devido a erro na resolução algébrica e a conteúdo desconhecido. Destaca-se que, em uma pergunta de múltipla escolha, 50 % (cinquenta por cento) dos alunos consideraram que a utilização do modelo trouxe novos conhecimentos sobre tópicos da matemática, 33 % (trinta e três por cento) acharam que a mesma “aguçou o raciocínio lógico e 8% (oito por cento) responderam que “constituiu uma orientação que ajudou a resolver os problemas matemáticos”.

Na segunda experimentação do modelo, os 6 (seis) usuários, professores de Matemática, navegaram livremente pelo modelo. Para estes, foi solicitado que verbalizassem e/ou redigissem os problemas e dificuldades encontradas no decorrer da navegação. Estes também preencheram o questionário de satisfação.

Dentre as respostas fornecidas por estes usuários, pôde-se verificar que os mesmo faziam uso freqüente de computador em sala de aula, principalmente de *softwares* matemáticos como: *Mathematica*, *Mapple*, *Derive* e *Matlab*. Quanto as cores, disposição dos textos e botões, quadros e janelas todos responderam que estava ótimo ou bom; quanto à simplicidade e clareza da linguagem 83 % (oitenta e três por cento) responderam que estava ótimo ou bom.

Nenhum dos usuários encontrou erro de armazenagem das ações realizadas pelos mesmos. 50 % (cinquenta por cento) dos usuários detectaram erro de ortografia e 100 % (cem por cento) sugeriram revisão dos textos da ambientação da estória ou no enunciado dos problemas.

Na opinião 83 %(oitenta e três por cento) destes usuários este modelo pode contribuir no processo de ensino-aprendizagem permitindo a “fixação de conhecimentos sobre matemática básica” e “constituindo orientação que ajuda a resolver problemas matemáticos”. Inclusive 25 % (vinte e cinco por cento) destes afirmaram que o modelo “aguçou o seu raciocínio lógico”.

Das constatações feitas em ambas as situações percebemos que o modelo atingiu um índice significativo no que diz respeito a *interface*, e avaliação contextual.

Outra constatação importante foi que, apesar dos alunos terem pouca familiaridade com o computador e, sendo a primeira aula realizada em laboratório de informática, muitos deles mostraram-se entusiasmados e solicitaram a realização de mais aulas deste tipo.

Observou-se na questão de múltipla escolha que os professores concordam que o modelo promove uma revisão dos conteúdos em nível fundamental e, entre os alunos ficou evidente que não possibilitou somente uma revisão, mas que para 50 % (cinquenta por cento) trouxe novos conhecimentos, o que comprova alguns dos objetivos do modelo.

Algumas deficiências ficaram evidentes, principalmente na entrada de dados, por isso, elas servirão de embasamento para mudanças, visando o melhoramento do modelo.

7. CONCLUSÕES

Neste trabalho mostramos o desenvolvimento de uma aplicação prática de Inteligência Artificial em um ambiente de ensino mediado pelo computador. Neste, o conhecimento é distribuído por diferentes domínios e as interações entre eles são numerosas. O desenvolvimento de um Software Educacional é resultado da busca de novas metodologias a serem aplicadas no ensino de Matemática visando a aprendizagem. Desta forma estes sistemas devem apresentar meios que despertem nos alunos suas capacidades de: raciocínio, criação, interesse e motivação.

Foi desenvolvido o protótipo Mr. Math 2000 usando características da IA e implementado usando um ambiente para o desenvolvimento de sistemas especialistas, *shell* KAPPA, que permite a programação orientada a objetos. A estrutura dada ao protótipo com diferentes *menus*, trabalhando em ambiente *Windows*, possibilita ao usuário uma boa interação com o protótipo. O usuário tem liberdade para solicitar ajuda, usando recursos disponíveis neste, sem sair do ramo onde se encontra, podendo optar pelo *mouse* ou via teclado. Desta forma, nossa proposta de tornar o ambiente com uma *interface* mais flexível, foi mantida, nos preocupando em viabilizar recursos onde os usuários possam navegar segundo seus estilos individuais. A avaliação da *interface* pelos usuários atingiu índices muitos altos de adequabilidade. Ainda, ressaltamos a dificuldade de implementar tais recursos, devido a deficiência de flexibilidade da *shell* nestes aspectos.

Apresentamos uma proposta metodológica para utilização de sistemas especialistas como apoio pedagógico no ensino de Matemática. São levantados pontos fundamentais para o uso desta ferramenta de maneira eficiente em aulas ministradas em laboratório computacional. As etapas metodológicas apresentadas provocam a produção de questões, que devem ser respondidas

pelo professor. Isto evidentemente produzirá reflexões, as quais vão propiciar ao professor efetivar uma aula utilizando recursos tecnológicos atuais.

Também verificamos através da experimentação realizada que o uso de modelos computacionais que possam auxiliar o ensino de Matemática constitui-se em uma metodologia motivadora no processo de aprendizagem. Os alunos se mostram bastante motivados e mesmo muitos deles não tendo nenhuma familiaridade com o computador conseguem navegar pelo sistema e desenvolverem as tarefas.

O modelo pode contribuir de maneira significativa no processo de revisão de conteúdo em nível fundamental, já que dispõe de um banco de ajuda sobre conteúdo afim. É importante salientar que o usuário pode navegar por este banco sem precisar entrar na aventura.

Algumas questões ainda ficam em aberto, entre estas: Será possível estruturar e implementar várias estratégias pedagógicas numa máquina? Será possível contemplar situações de conhecimentos de diferentes especialistas em um programa? Mas acreditamos ser este uma ponte marcante no trabalho, pois são os desafios impostos que não nos deixam ficar acomodados e nos projetam em busca de novas pesquisas, com o intuito de complementar e melhorar o mesmo.

O modelo Mr. Math 2000 é um sistema que certamente contribuirá de maneira significativa no processo de revisão de conteúdos de Matemática de ensino fundamental. O diagnóstico realizado pelo modelo possibilita ao professor promover o *feedback* do conteúdo onde se encontram as maiores dificuldades detectadas pelo sistema. O modelo também apresenta recursos para motivar o usuário a buscar novos conhecimentos.

O modelo deve ser submetido a outras fases preliminares de avaliações. E após revisado, será então validado.

Ressaltamos que a experiência adquirida com o desenvolvimento de ferramentas que possam contribuir para o ensino de Matemática, em particular o desenvolvimento de pequenos sistemas especialistas, gera grande expectativa e motivação para a continuidade do presente trabalho.

Dentre as recomendações para trabalhos futuro, destacamos:

- Ampliação do protótipo com a incorporação de novos problemas, proporcionando ao usuário diferentes aventuras durante sua navegação pelo protótipo.

- Revisão da biblioteca de referência e apoio aos estudantes;
- Avaliar o uso da Internet como meio de comunicação para expansão do sistema.
- Desenvolvimento de uma metodologia para a validação deste tipo de *software*.
 - Estudos sobre a ferramenta, no sentido de tornar o ambiente mais dinâmico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, F. (1999)- **RPG e Educação**. [Online] disponível na internet via <http://www.marlin.com.br/~akrito/akrito/rpgtese.htm>. Arquivo capturado em 18/03/1999.

BARLETT, F.C. (1932) – **Remembering**. Cambridge:CUP, 1932.

BARR, A. & FEIGENBAUM, E. A. (1986)- **The Handebook of Artificial Intelligence**. Addison-Wesley Publishing Company, INC, 1986. Volume 1. 409 p.

BARRETO, J. M. (1997) - **Inteligência Artificial no Limiar do Século XX** Florianópolis: ppp Edições, 1997. 291 p.

BASSO, M.V.A. (1999)- Educação Tecnológica e/na Educação Matemática Aplicações da Matemática na Sala de Aula. [Online] disponível na internet via <http://mathematikos.psico.ufrgs.br/edutecem.html>. Arquivo capturado em 20/10/1999.

BAZZO, W. A. (1998) – **Ciência, Tecnologia e sociedade: e o contexto da educação tecnológica**. Florianópolis: edição da UFSC, 1998. 319 p.

BERCHT, M. & VICCARI, M. (1999) - **Emoções e Afetividade**. [Online] disponível na internet via <http://penta.ufrgs.br/pgie/workshop/afetividade.html>. Arquivo capturado em 25/08/1999.

BITTENCOURT, G. (1996) - **Inteligência Artificial: ferramentas e teorias**. UFSC-LCMF Laboratório de Controle e Microinformática. Florianópolis, 1996.

BITTENCOURT, G. (1999) - **Breve história da Inteligência Artificial**. [Online] disponível na internet via <http://www.das.ufsc.br/gia/history/history.html>. Arquivo capturado em 25 /03/ 1999.

BOSSUET, G. (1985) - **O Computador na escola: sistema LOGO**. Trad. de Leda Mariza Vieira Fischer. Porto Alegre, Artes Médicas, 1985. 182 p.

- CÁLCULO COM APLICAÇÕES (2000) –[Online] disponível na internet via <http://www.ime.unicamp.br/~calculo/paeg/historico.html>. Arquivo capturado em 04/04/2000.
- CALIGIORNE, D.O. (1998)- **Perspectivas tecnológicas** - ano 1 - 08/1998 - Belo Horizonte. [Online] disponível na internet via <http://www.datasort.com.br/pedago.html>. Arquivo capturado em 22/03/99.
- CAPODIECI, S. (1995) - **O novo mito da caverna, ou ilusão e estado “como se estivessem” entre informática e psicopatologia**. In PELUSO, A Informática e Afetividade. São Paulo: Edusc, 1995.
- CHARNIAK, E. & McDERMOTT, D. (1985) - **Introduction to Artificial Intelligence**. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts.1985.
- CHAIBEN, H. (1999) – **Inteligência Artificial na Educação**. [Online]. Arquivo disponível via <http://www.cce.ufpr.br/~hamilton/iaed/iaed.htm>. arquivo capturado em 25/03/99.
- CHAVES, E. O. C. & SETZER W.W. (1988) - **O uso de computadores em escolas: Fundamentos e críticas**. São Paulo: Scipione,1988.
- CLANCEY, W.J.(1987) - **Knowledge-Based Tutoring: The GUIDON Program**. The MIT Press,1987.
- COELHO, P. (1994)- **Maktub**. Rio de Janeiro: Rocco, 1994. 191p.
- CUNHA, F.S. (1995) - **Um Sistema Especialista Para Previdência Privada**. Florianópolis, 1995. Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção).Universidade Federal de Santa Catarina.[Online]disponível na internet via <http://www.eps.ufsc.br/disserta/cunha/indice/index.htm#index>. Arquivo capturado em 18/10/1999.
- CURILEM, G. M (1998)- **Pesquisa sobre Metodologias de Projeto de Sistemas Tutores Inteligentes**. [Online]disponível via internet <http://www.gpeb.ufsc.br/lim/resumodem.html#gloriac>. Arquivo capturado em 10/02/2000.
- DANTAS H.(1992) - **A afetividade e a construção do sujeito na psicogenética de Wallon**. In PIAGET, VYGOTSKY, WALLON - Teorias psicogenéticas em discussão. 8a. edição. São Paulo: Summus Editorial,1992.
- DOLL Jr., W. E. (1997) - **Currículo: uma perspectiva pós-moderna**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- DRUCKER, Peter F. (1995)- **Sociedade pós-capitalista**. São Paulo: Pioneira, 1995.
- DUARTE, M.G & EGER, R. C.S. (1995)- **Cálculo e Álgebra Linear com Derive**. Editora da UFSC. Florianópolis, 1995. 168p.

DURKIN, J. (1994) - **Expert Systems** - Design And Developement - Printece Hall ,1994.800p.

EGER, R.C.S (1998)- Informatização das Disciplinas de Cálculo e Álgebra nas Engenharias: A importância do Desenvolvimento de Sequencias Didáticas no Planejamento destas Aulas. XXI Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional. [Anais] Volume I, nº 378,Brasil,1998.

FASCIANI, R. (1995) - **Novas tecnologias informáticas, nas media e relações afetivas.** In PELUSO, A. Informática e Afetividade. São Paulo: Edusc, 1995.

FERNANDES, L.D. et. al.- (1995) - Jogos no Computador e a Formação de Recursos Humanos na Indústria. **VI Simpósio Brasileiro De Informática Na Educação (SBIE).** Florianópolis, 1995- [Anais]. p. 01-14.

FREIRE, M.; GROSSI, E. P. (org) (1995) - **Paixão de Aprender.** Rio de Janeiro: Vozes, 1995. 262p.

FREUD, S. (1911) - **Formulações sobre os dois princípios do fundamento mental.** Edição standard brasileira das obras psicológicas completas de Sigmund Freud, vol XII. Imago Editora, Rio de Janeiro, 1969.

GONÇALVES, M. B.; da CONCEIÇÃO,K. (1998) - Um sistema de introdução ao estudo da derivada. XXI Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional. [Anais] Volume I, p227,Brasil,1998.

GONÇALVES,M.B. & PALADINI ,C.R.L. (1998)- Informatização das disciplinas de cálculo e geometria analítica vias engenharias: a importância do desenvolvimento de seqüências didáticas no planejamento das aulas. **XXVI Congresso Brasileiro de ensino de Engenharia.** [Anais em CD Rom].Volume VI,2647-2662,Brasil,1998.

HARMON, P. (1985)- **Expert Systems: Artificial Intelligence in Business.** New York: J. Wiley, 1985.

HIX, D. & HARTSON, H.R.(1993) - **Developing User Interfaces.** John Wiley & Sons, Inc.,1993.

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA AO ENSINO DE MATEMÁTICA
Relatório do GEIAAM - dezembro de 1996.

JACKSON, S. (1994) - **GURPS: Generic universal roleplaying system:** módulo básico / Steve Jackson; tradução de Douglas Quinta Reis; revisão Cynthia Monegaglia Fink. 2ª Edição. São Paulo: Devir, 1994.

JONASSEN, D.H. & WANG, S.M (1993) - **The Physics Tutor: Integrating Hypertext**

- and Expert Systems**, Journal of Educational Technology Systems, Vol. 22(1), 1993.
- KEMP, R. (1992)- **Intelligent Computer Assisted Instruction: A Knowledge-Based Perspective**. The Australian Computer Journal, Vol. 24 nº 3, 1992.
- KOEHLER, C (1998)- **Uma abordagem probabilística para sistemas especialistas**. Florianópolis,1998. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação).Universidade Federal de Santa Catarina.
- KOMOSINSKI, L.J. (1990)- **Uma Linguagem Centrada em Frames para Desenvolvimento de Sistemas Baseados no Conhecimento**. Florianópolis, 1990. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Santa Catarina.
- LA TAILLE, Y. de. (1992) - **Desenvolvimento do juízo moral e afetividade na teoria de Jean Piaget**. In PIAGET, VYGOTSKY, WALLON - Teorias psicogenéticas em discussão. 8ª edição. São Paulo: Summus Editorial, 1992.
- LÉVY, P. (1993) - **As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática**. Rio de Janeiro: ed. 34, 1993.
- LÉVY, P. (1996)- **O que é Virtual?**. São Paulo: Edição 34. Tradução de Paulo Neves.1996. 160 p.
- LIMA, C.M. & LABIDI, S. (1999)- **Introdução à Inteligência Artificial**. [Online] disponível na internet via <http://www.elo.com.br/~cynthia/ia.html>. Arquivo capturado em 25 /03/1999.
- LIMA, L. O .(1984) - **A construção do Homem segundo Piaget** - Uma teoria da educação. 2ª. edição. São Paulo: Summus Editorial, 1984.
- MAGALHÃES, P. (1998) - **A Caminho de Uma Nova Espécie Humana**. [Online] disponível na internet via <http://homepage.esoterica.pt/~jpnyta/portran/novaesp.htm>. Arquivo capturado em 10/08/1999.
- MARCATTO,A.(1999)- **Educação**. [Online] disponível na Internet via <http://www.hitnet.com.br/alfmarc>. Arquivo capturado em 18 /03/1999.
- MARTIN, M.B & LOCH, M. (1999) – **Escola e Computador**. Florianópolis, 1999. Monografia (apresentada ao curso de Pedagogia, na matéria Pesquisa e Prática Pedagógica IV). Universidade Federal de Santa Catarina disponível via <http://www.ced.ufsc.br/~a9718734/>. Arquivo capturado em 20/12/1999.
- MENDES, M. H. (1995)- **A Informática na Escda**. Jornal Psicopedagogia, Goiânia, ano I, nº. 2, maio/jun. 1995.

- MINSKY, M. L.& PAPERT, S. (1969) - **Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry**. Cambridge: MIT, Press, 1969.
- MINSKY, M. (1975)- **A Framework for Representing Knowledge**. The Psychology of Computer Vision. Patrick Henry Winston, edição: New York: McGraw-Hill Book Company, 1975.
- MINSKY, M. (1986) - **The Society of Mind**. Simon & Schuster, Inc, New York, 1986.
- MORAES, M. C. (1996) - **O Paradigma Educacional Emergente**: implicações na formação do professor e nas práticas pedagógicas. Em Aberto, Brasília, ano 16, n. 70, abr/jun, 1996.
- MORAES, M. C. (1997)- **Informática Educativa no Brasil: Uma História Viva, Algumas Lições Aprendidas**. [Online] disponível na internet via <http://www.edutecnet.com.br/edmcand.htm>. Arquivo capturado em 20/09/1999.
- MORAN, José Manuel (1999) - **Novas Tecnologias e o Reencantamento do Mundo**. [Online] disponível na internet via <http://www.eca.usp.br/prof/moran/tec.htm>. Arquivo capturado em 20/09/1999.
- MOREIRA, R.M. (1999)- **O Uso de Computadores no Ensino da Matemática**. Florianópolis, 1999. Monografia (Graduação em Matemática).Universidade Federal de Santa Catarina.
- NEWELL, A.(1969) - **GPS: A Case Study in Generality and Problem Solving**. Academy Press, New York, 1969.
- NEW SCIENTIST (1999)- **AI and A-Life** - a collection of articles about things such as neural networks,intelligent robots, virtual worlds –[Online] disponível na internet via http://dir.yahoo.com/Science/Artificial_Life/. Arquivo capturado em 29/09/1999.
- NIQUINI, D. P. (1996)- **Informática na Educação, implicações didáticas pedagógicas e construção do conhecimento**. Brasília: Universidade Católica de Brasília, 1996.
- NIEVOLLA, J. (1995) –**Um ICAI para Emergências em Traumologia**. Florianópolis, 1995. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção).Universidade Federal de Santa Catarina.

OLIVEIRA, G. T.B. (1998) **Informatização de Conteúdo de Ensino e Aprendizagem de Matemática Utilizando Sistemas Especialistas**. Florianópolis, 1998. Dissertação(Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina.

OLIVEIRA, M. K. de. (1992) - **O problema da afetividade em Vygotsky**. In PIAGET, VYGOTSKY, WALLON - Teorias psicogenéticas em discussão. 8ª edição. São Paulo: Summus Editorial, 1992.

OLIVEIRA, M. K. de. (1995) - **Vygotsky: Aprendizado e desenvolvimento, um processo sócio-histórico**. São Paulo: Scipione, 1995.

PACHECO, R.C.S. (1995) - **A Hybrid Intelligent System for Diagnosing and Solving Financial Problem of Small Retail Firms**. Florianópolis,1995.(Doutorado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina Florianópolis.

PALADINI, C.R.L. et. al. (1995) - Sistemas Especialistas- Um Recurso Didático para o Ensino de Matemática. **VI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)**. [Anais] Florianópolis, 1995, p. 351-361.

PALADINI, C.R.L. (2000) -**Grupo de Estudos de Inteligência Artificial Aplicada à Matemática**. [Online] disponível na internet via WWW. URL: <http://www.mtm.ufsc.br/~cleide/GEIAAM/>.

PALDÊS, R. A (1999) - **O Uso da Internet no Ensino Superior de Graduação: Estudo de Caso de Uma Universidade Pública Brasileira**. Brasília, 1999. Dissertação (mestrado em Educação)Universidade Católica de Brasília. [Online]disponível na internet via <http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Launchpad/5606/portugues/paginic.html#D>. Arquivo capturado em 25/10/1999.

PAPERT, S. (1994) - **A Máquina das Crianças: repensando a escola na era da informática**. Tradução de Sandra Costa. Porto Alegre: Artes Médicas,1994. 210 p.

PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS (1997) –Matemática. Secretária de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF. 142 p.

PARK,O.(1988) **Functional Characteristics of Intelligent Computer-Assisted Instruction: Intelligent Features**. Educational Technology, June 1988.

PIAGET, J. (1984)- **Para Onde Vai a Educação?**. Tradução de Ivette Braga. 8ª Edição. Editora José Olympio. Rio de Janeiro, 1984.

PONCE, A. (1986) - **Educação e Luta de Classes**. São Paulo: Cortez: autores associados, 1986.

- POZO, A. T. R. (1991)- **Sistema inteligente para treinamento do controle da infecção hospitalar**. Florianópolis, 1991. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina.
- POZO, A.T. R.(1996)- **Um Sistema de Ensino Inteligente via Sociedade de Multi-Agentes aplicado ao Diagnóstico de Epilepsia**. Florianópolis, 1996. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina.
- QUILLIAN, M. R. (1968) -**Semantic Memory**. In MINSKY, M., “Semantic Information Processing”, The MIT Press, Cambridge, pp. 227-270, 1968.
- PRIGOGINE, I. (1996) - **Dos relógios às nuvens**; In Dora Fried (org) Novos paradigmas, culturas e subjetividade. Porto Alegre: Artes Médicas,1996.
- RABUSKE, R. (1995) – **A Inteligência Artificial**, Florianópolis: Ed. da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 1995.
- REINHARDT, A. (1995)- **Novas Formas de Aprender**. Byte Brasil, São Paulo, v. 4, nº. 3, março de 1995.
- Revista Veja. Artigo **MELHORES QUE OS PAIS**. Editora Abril. Edição 1577 ano 31- nº 50. (16/12/98) 159-168.
- RICCIO, V. – **Computador e criança: um novo desafio educativo**. In PELUSO, A Informática e Afetividade. São Paulo: Edusc, 1995.
- RICH, E. & KNIGHT, K. (1991) - **Artificial Intelligence**. McGraw-Hill, New York, second edition.
- RICKEL, J.W. (1989)- **Intelligent Computer-Aided Instruction: A Survey Organized Around System Components**. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 19, nº 1, 1989.
- ROSSETO, R. P. & BASSO, M.V. A. (1999) – **Uma proposta de Educação Matemática para a Escola cidadã**. [Online] disponível na internet via <http://mathematikos.psico.ufrgs.br/ecidada.html>. Arquivo capturado em 20/10/1999.
- RUSSEL, S.J & NORVING, P. (1995) –**Artificial Intelligence: a modern approach**. Prentice-Hall, Inc. 1995.
- SABBATINI, R. M. E. (1999) - **A Mente, Inteligência Artificial e Emoções** - Entrevista com Marvin Minsky. [Online] disponível via internet <http://www.epub.org.br/cm/n07/opiniao/minsky/minsky.htm>. Arquivo capturado em 23/08/99.
- SARDILLI, S.; CANTAFIO, L.(1995) **Do Golem aos autômatos modernos**. In

- PELUSO, A Informática e Afetividade. São Paulo: Edusc, 1995.
- SCHALKOFF, R. J. (1990) - **Artificial Intelligence: An Engineering Approach**. McGraw-Hill, New York, 1990.
- SCHANK, R. C. (1991) – **Where's the AI ?** The Magazine, 12:38-49, dezembro 1991.
- SHNEIDERMAN, B. (1992)- **Designing The User Interfaces: Strategies for Effective Human Computer Interaction**, Addison-Wesley, 1992.
- SHAPIRO, L. E. (1998) - **Inteligência Emocional** - Uma nova vida para seu filho. Rio de Janeiro: Campus, 1998.
- SIBOLDI, G .& SALVO, M. de (1995)- **A evolução da informática e as relações afetivas do indivíduo**. In PELUSO, A Informática e Afetividade. São Paulo: Edusc, 1995.
- SOUZA, M. R. S. (1999) - **A questão afetiva se bem entendida ajudará seu filho para que tenha êxito na escola**. [Online] disponível: <http://www.nib.unicamp.br/svol/artigo53.htm>. 25/08/99.
- STYLIANOU, A.C. et. al. (1992)- **Selection criteria for experts systems shells** - a socio-technical framework, Communications of the ACM, vol. 35, nº 10, october 1992.
- TAJRA, S. F. (1998)- **Informática na Educação: professor na atualidade**. São Paulo: Érica, 1998.
- TANEJA, I. J (1997)- **MAPLE V: Uma Abordagem Computacional no Ensino de Cálculo**. Editora da UFSC. Florianópolis, 1997. 330p.
- TANEJA ,I.J (1998) - Aplicações de Software Maple V no Ensino de Álgebra Linear. Atas do **XXI Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional**. [CD Rom] p.209, Brasil, 1998.
- TEODORO, V.D. (1992) - **Educação e Computadores**. GEP, Lisboa, 1992.
- TROLLIP, S.R. & ALESSI, S.M. (1991)-**Computer - Based Instruction , Methods and Development**. Second Edition, Prentice Hall, INC, 1991.
- TURING, A. M. (1950) - **Computing machinery and intelligence**. Mind, 59:433-460.
- VALENTE, J.A. (1993) - **O professor no ambiente Logo: formação e atuação**. José Armando Valente (org). Campinas: UNICAMP, 1993.
- ZUCHI, PALADINI.C & PALADINI. E. (1996)- Tal 1.0 - Um Sistema de Apoio ao Estudo de Semelhança de Triângulos. VI Seminário Catarinense de Iniciação*

ZUCHI, I. & PALADINI, C.R.L (1997)- **Matrix 97- Um Sistema para o Estudo de Matrizes**. Florianópolis, 1997. Monografia (Graduação em Matemática). Universidade Federal de Santa Catarina.

WATERMAN, D.A. (1987) - **A Guide to Expert Systems**. Addison-Wesley Publishing Company. 1987. 418 p.

WENGER, E. (1987) - **Artificial Intelligence and Tutoring Systems**, Morgan Kaufmann Publishers, Inc. 1987.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ALMEIDA, M.A. F. & BARRETO, S. Q (1999) - **Ensino com Computador e a Utilização de Conceitos de Inteligência Artificial**. [Online] disponível na internet via <http://www.eps.ufsc.br/disciplinas/fialho/aprenant/>. Arquivo capturado em 09/06/1999.

GENARO, S. (1986) - **Sistemas Especialistas: o conhecimento artificial** - Rio de Janeiro; São Paulo: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.; 1986.

GIOVANNI, J. R. (1985)- **A Conquista da Matemática: Teoria, aplicação: 8ª-série**. São Paulo: FTD. 192 p.

KAPPA (1992) - **Reference Manual. IntelliCorp**, Inc. Publication Number: KAP1.2-RM-MSW-2; April 1992.

KAPPA – PC Quick Start. Version 2.0. IntelliCorp, Inc. June, 1992. 163 p.

KAPPA **User's Guide**. IntelliCorp, Inc. May, 1991- Publication Number: KAP1.2 -UG-MSW2-1.

LEMOS, D. (1996)- **A Utilização de Sistemas Especialistas para o Diagnóstico do uso do Solo e Seus Limites de Ocupação**. Florianópolis, 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina .

LEVENI, R. I & DRANG, D. E & EDELSON, B. (1988) – **Inteligência Artificial e Sistemas Especialistas: Aplicações e exemplos práticos**. São Paulo: McGraw – Hill, 1988. 256p.

MORI, I. & ONAGA, D.S (1991) – **Para Aprender Matemática**. 8ª-série. São Paulo, Editora Saraiva, 3ª edição. 248 p.

MORI, I. & ONAGA, D.S (1997) – **Matemática: idéias e desafios**. 8^a-série. São Paulo, Editora Saraiva, 3^a edição. 128 p.

MORI, I. & ONAGA, D.S (1996) – **Matemática: idéias e desafios**. 7^a-série. São Paulo, Editora Saraiva, 1^a edição. 256 p.

MORI, I. & ONAGA, D.S (1997) – **Matemática: idéias e desafios**. 6^a-série. São Paulo, Editora Saraiva, 2^a edição. 256 p.

REIS, I. (1996)- **Fundamentos da Matemática**. 8^a-série. São Paulo, Editora Moderna, 1^a edição. 261 p.

VENTURELI, S. (1999) – **História do Computador**. [Online] Disponível na Internet via <http://www.unb.br/vis/art/historia.htm>. Arquivo capturado em 22/06/1999.

Shell Kappa

O sistema de desenvolvimento de aplicações, KAPPA, é uma concha para construir *software* que simulam sistemas complexos, além de propiciar facilidades para representar o conhecimento sobre estes sistemas.

A seguir, são apresentadas algumas características e propriedades da *shell* KAPPA.

Estrutura da Shell KAPPA

A *Shell* KAPPA proporciona muitas ferramentas para construir um Sistema Especialista. Diferente de muitas ferramentas chamadas “espertos” (*expert systems tool*), KAPPA, proporciona muito mais que regras. Nela os componentes do domínio do Sistema são apresentados por estruturas chamadas objetos. Os objetos podem ser: Classes ou Instâncias.

Estes podem representar conceitos ou algo concreto. Uma classe é um objeto mais geral, enquanto uma instância é um item mais específico. Uma subclasse é um sub-conjunto de uma classe, sendo que as instâncias não possuem subclasses.

As relações entre os objetos podem ser representadas encadeando-os em uma estrutura chamada hierarquia. Parente é o nome da classe que está diretamente acima da subclasse na hierarquia. Antecessor e descendente descrevem indiretamente as relações entre classes, subclasses e instâncias.

Cada objeto, classe ou instância, possui *slots*, que são entidades que descrevem atributos deste objeto, bem como uma coleção de objetos. Estes adicionam detalhes, estruturas, listas de atributos e propriedades. Cada uma destas descrições é representada por um *slot* e pelo valor de um *slot* que pode ser um número, um texto, um valor booleano (verdadeiro ou falso) ou até mesmo um outro objeto.

Pode-se assim especificar as propriedades gerais apenas uma vez em uma classe apropriada, pois os *slots* podem ser herdados. Esse mecanismo proporciona vantagens, pois a base de conhecimento torna-se mais fácil de ser criada e manipulada, além disso, o conhecimento é mais facilmente armazenado, pois as propriedades gerais são declaradas em apenas uma classe e aplicadas a todos os seus descendentes.

Usando as opções de *slot(slot option)*, pode-se proporcionar informações mais detalhadas sobre os objetos e, portanto, criar uma aplicação mais precisa. Limites para os tipos de valores que o usuário poderá entrar podem ser designados. O valor de um objeto pode ser especificado como sendo o valor de outro objeto.

Através da hereditariedade, os valores dos objetos abaixo na hierarquia, são herdados mais rápido e este recurso favorece também possíveis mudanças desses valores.

Tipos de Raciocínios

O raciocínio usado para resolver os problemas propostos pode ser:

- para frente (*forward*) ou
- para trás (*backward*).

No raciocínio para frente o Sistema vai testando as regras selecionadas e conforme forem satisfeitas, vai produzindo os resultados. Neste caso não é necessário o estabelecimento de uma meta (*goal*). Este tipo de raciocínio é usado para determinar conseqüências de um novo fato. O raciocínio para trás, por sua vez, exige o estabelecimento de uma meta, e ele é bastante usado para responder questões propostas.

Na *Shell* KAPPA, a estrutura do domínio é representada criando objetos que se correspondem com os objetos (conceituais ou concretos) do domínio.

Os processos do domínio são representados de três formas distintas:

- Métodos;
- Funções; e
- Regras de produção.

Todas elas escritas em linguagem *Kal*, que é a linguagem própria de programação da *Shell* KAPPA.

Os métodos especificam como um objeto pode se comportar. Esta técnica de armazenar o comportamento de um objeto é um dos atributos da Programação orientada ao objeto.

A segunda aproximação da representação dos processos em KAPPA envolve funções. KAPPA fornece uma biblioteca com mais de 240 funções que auxiliam na manipulação da base de conhecimento. As funções podem estender um simples operador numérico a uma função lógica. Usando *Kal*, pode-se construir novas funções que favoreçam possíveis situações específicas.

A terceira aproximação envolve regras para representar as etapas do processo. Uma regra especifica as condições que devem ser satisfeitas para que a inferência seja aplicada. Elas podem especificar, também, interações complexas entre os componentes do sistema.

O raciocínio baseado em regras é usado para resolver muitos problemas que possuem afirmações condicionadas. As são da forma *se/então* (*if/then*), onde na parte *se* estão contidas as premissas e na parte *então* as conclusões. Elas são manipuladas por uma máquina de inferência que compara premissas de uma regra com conclusões de outra. São usadas variáveis, para as regras mais geralmente aplicadas. Estas variáveis podem ser criadas juntamente com as regras, ou podem vir de objetos e *slots* que estão sendo aplicados. A sintaxe para métodos, funções e regras é idêntica.

Além destas ferramentas, KAPPA proporciona uma rica e poderosa *interface* para o desenvolvimento das aplicações. Esta *interface* consiste em ferramentas para a visualização e modificação de vários elementos em KAPPA. O sistema apresenta vários recursos necessários para que o usuário, ou programador, entre com os dados, formule questões e dê respostas. A *interface* com o usuário é a parte do sistema que administra esta troca de informações.

Há duas razões diferentes para usar a interface com o usuário:

- A primeira é para o programador que constrói a aplicação. As ferramentas são proporcionadas em KAPPA para o desenvolvimento das aplicações.

Nessas *interfaces*, a linguagem *Kal* proporciona um modo conveniente de modificar a base de conhecimento e fazer perguntas sobre ela.

- A segunda razão para usar a *interface* KAPPA é que ela auxilia ao usuário do sistema, no alcance de suas metas. KAPPA possibilita ao programador construir estas *interfaces* que facilitam o acesso do usuário a aplicação completa, mostrando somente os detalhes que interessam ao usuário.

Como a *shell* KAPPA desenvolve-se em ambiente *Windows*, “janela” é componente básica da *interface* KAPPA. Essas janelas são áreas de

separação onde aparecem textos ou gravuras. O *menu* é uma janela especial que contém a lista de opções que podem ser escolhidas. Estas opções aparecem na forma de textos ou gravuras chamadas ícones. É possível criar gráficos usando imagens na janela *Session*.

Como falou-se anteriormente, a linguagem *Kal* é um caminho rápido para acessar a capacidade da *shell*, usando a *interface*. Ela ajuda a adicionar novas informações na base de conhecimento. Pode-se usá-la para criar ou remover um objeto ou *slot*, criar ou remover uma ligação entre dois objetos, etc. Pode ajudar também a fazer perguntas sobre o armazenamento de informações na base de conhecimento.

KAPPA proporciona um mecanismo para definir expressões similares ao da programação com linguagem clássica. Estas expressões devem seguir a forma da linguagem *Kal*. Pode-se escrever e entrar diretamente no *Kal interpreter* com uma expressão escrita na linguagem *Kal*. O tipo de programação que KAPPA utiliza (Programação orientada ao objeto), permite a associação de comportamentos com objetos, através do armazenamento de métodos no próprio objeto. Ela também prevê uma *interface* uniforme que será disparada a diferentes objetos, com diferentes comportamentos. Esta programação é mais eficiente do que regras para expressar procedimentos definidos.

MR. MATH 2000

Questionário de Satisfação

Bloco I – Questões Gerais

- 1) Você usa sistematicamente os recursos computacionais?
- Sim
 - Não

Em caso afirmativo, assinale, indicando os "fins" (podem ser múltiplas escolhas)

- Profissionais (por exemplo, trabalha com computador)
- Educacionais (por exemplo, usa para realizar tarefas de aulas)

- Recreações (jogos, etc)
- Outros
(citar)_____

Assinale os programas que você domina:

- Word
- Excel
- PowerPoint
- outros

2) Qual seu nível de instrução?

- 1º grau
- 2º grau (série)_____
- 3º grau incompleto (_____ curso e fase)_____
- 3º grau completo (curso? É professor?)_____

3) Você utiliza ou sabe utilizar algum *software* matemático?

- Sim
 - Não
Quais?_____
- _____
- _____

Bloco II - Quanto a Interface do protótipo

1) Uso de cores:

- Ótimo
 - Bom
 - Regular
 - Ruim
- sugestões

2) Uso de quadros e janelas:

- Ótimo
- Bom
- Regular
- Ruim

sugestões

3) Disposição dos textos:

- Ótimo
- Bom
- Regular
- Ruim

sugestões

4) Disposições de botões:

- Ótimo
- Bom
- Regular
- Ruim

sugestões

5) Tamanho e cor da fonte:

- Ótimo
- Bom
- Regular
- Ruim

sugestões

6) Simplicidade e clareza da linguagem coloquial utilizada:

- Ótimo
- Bom
- Regular
- Ruim

sugestões

Bloco III-Avaliação do Produto

1) O software disponibiliza ao usuário opções de ajuda?

- Sim
- Não
- Parcialmente

2)As opções de "dicas" ajudaram você a resolver os problemas:

- Sim
- Não
- Parcialmente

3) O banco de *ajuda* e *dicas* disponível neste protótipo está adequada?

- Sim
- Não
- Parcialmente

4) O protótipo apresenta flexibilidade quanto a navegação?

- Sim
- Não
- Parcialmente

5) O protótipo contempla entrada de dados?

- Sim
- Não
- Parcialmente

6) Você encontrou algum erro proveniente de entrada de dados?

- Sim
- Não

Onde? _____

7)Você encontrou algum erro nas respostas dos problemas propostos durante a aventura?

- Sim
- Não

Onde _____ ?

8) Você encontrou algum erro de ortografia ?

- Sim
- Não

Onde _____ ?

9) Você identificou algum erro na armazenagem das ações realizadas (pontuação, identificação de ajuda, etc) no decorrer de sua navegação?

- Sim (citar erro)_____
- Não

10) A história contemplada no protótipo motivou-o a resolver os problemas propostos.

- Sim
- Não
- Parcialmente

Bloco IV - Avaliação do Contexto

1) O protótipo pode facilmente ser integrado no conteúdo curricular para auxiliar a aprendizagem da Matemática ?

- Sim
- Não
- parcialmente

2) O Protótipo é adequado ao público alvo (alunos que estão concluindo o ensino fundamental e alunos iniciantes do ensino médio)?

- Sim
- Não
- Parcialmente

3) O protótipo apresenta recursos e estratégias dinâmicas que possam contribuir para a aprendizagem do aluno?

- Sim
- Não
- Parcialmente

4) O protótipo é interativo?

- Sim
- Não
- parcialmente

5) Você como aluno, acha que o uso do protótipo ajuda na aprendizagem dos tópicos de matemática em nível fundamental?

- Sim
- Não

Justificativa _____

6) Você acha que os conteúdos dispostos através de problemas inseridos em um ambiente lúdico podem contribuir para a aprendizagem do aluno:

- Sim
- Não
- Parcialmente

