

Tese de Doutorado

**SISTEMA INTELIGENTE PARA
AUXÍLIO AO ENSINO EM
TRAUMATOLOGIA CRÂNIO-
ENCEFÁLICA**

DOUTORANDO: JÚLIO CESAR NIEVOLA

ORIENTADOR: PROF. DSC. WALTER CELSO DE LIMA

UFSC

1995

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

**SISTEMA INTELIGENTE DE
AUXÍLIO AO ENSINO EM
TRAUMATOLOGIA CRÂNIO-
ENCEFÁLICA**

**TESE SUBMETIDA A UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA PARA A
OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

JÚLIO CESAR NIEVOLA

FLORIANÓPOLIS, AGOSTO DE 1995.

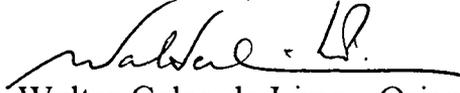
**SISTEMA INTELIGENTE PARA AUXÍLIO AO ENSINO
EM TRAUMATOLOGIA CRÂNIO-ENCEFÁLICA**

JÚLIO CESAR NIEVOLA

ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO
DO TÍTULO DE

DOUTOR EM ENGENHARIA ELÉTRICA

ESPECIALIDADE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO



Walter Celso de Lima - Orientador



Ênio Valmor Kassick - Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA



Prof. DSc Walter Celso de Lima - Presidente



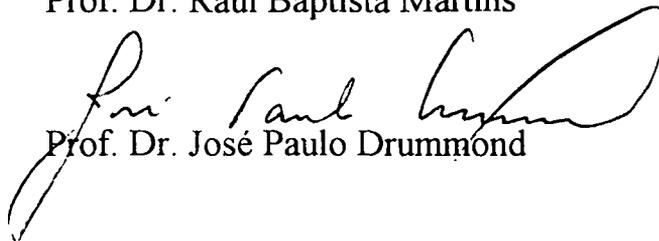
Prof. Dr. Flávio Bortolozzi



Prof. DSc Jorge Muniz Barreto



Prof. Dr. Raul Baptista Martins



Prof. Dr. José Paulo Drummond

`A meus pais pelo constante apoio
em todos os momentos

II. Sumário

I. Título	ii
II. Oferecimentos	iv
III. Sumário	v
IV. Resumo	viii
V. Abstract	ix

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

I.1. Visão Geral do Trabalho	2
I.2. Motivação	4
I.3. Justificativa	15
I.4. Estado da arte	21
I.5. Objetivos de um ICAI	
I.5.1 Geral	34
I.5.2 Específicos	34
I.5.3 Proposição	38

CAPÍTULO II - DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE UM ICAI

II.1. Blocos de um SIAE

II.1.1.	Descrição Sucinta dos Sistemas	40
II.1.2	Modelo do Aluno	43
II.1.3.	Sistema Especialista	44
II.1.4.	Módulo Tutor	45
II.1.5.	Etapas Gerais de uma Sessão	53

II.2. Características Pedagógicas de um ICAI

II.2.1.	Características Gerais de Tutoriais	55
II.2.2.	Características Gerais de Simulação	56
II.2.3.	Características Gerais de Testes	57

CAPÍTULO III - METODOLOGIA

III.1. Do Sistema

III.1.1.	Início de Sessão	59
III.1.2.	Estrutura da Base de Conhecimentos	64
III.1.3.	Modelo do Estudante	65
III.1.4.	Sistema Especialista	66

III.2. Fases da Sessão

III.2.1.	Introdução	69
III.2.2.	Nível 1	70
III.2.3.	Nível 2	72
III.2.4.	Nível 3	73

CAPÍTULO IV - RESULTADOS

IV.1. Resultados da Avaliação	76	
IV.1.1	Controle das Ações	76
IV.1.2	Complexidade ES x Módulo Tutor	80
IV.1.3	Níveis de Auxílio	81
IV.1.4	Ítems da Proposta Original	81
IV.1.5	Avaliação da Base de Conhecimentos	82
IV.2. O Sistema em Uso	84	

CAPÍTULO V - DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

V.1. Conclusões	100
V.2. Trabalhos Futuros	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105

III. Resumo

O trabalho concentra-se no estudo e na especificação de um protótipo básico de um ICAI ("Intelligent Computer-Aided Instruction" - Instrução Inteligente Auxiliada por Computador) para Emergência Hospitalar, a fim de possibilitar o treinamento de residentes para atender pacientes em ambiente hospitalar, a ser utilizado em Hospitais Universitários ou Hospitais-Escola.

O estudante ou médico a ser treinado, antes de manipular diretamente pacientes no Serviço de Atendimento de Emergência, exercita seus conhecimentos em um sistema simulador. Para tanto, o instrutor fornece ao sistema alguns dados iniciais, simulando os dados de um paciente hipotético, que será objeto de atendimento pelo residente. O estudante passa, então, a tomar os procedimentos que julgar necessários para determinar o encaminhamento que deve ser dado ao paciente, a fim de livrá-lo da condição de risco (ou determinar que não existe tal condição). O sistema simula dinamicamente o comportamento do paciente, tal como seria o caso de atendimento real, ou seja, a resposta é qualitativa, podendo existir uma evolução dinâmica do quadro clínico do paciente em função do problema apresentado pelo mesmo, das atitudes tomadas pelo médico que o está atendendo e também do próprio tempo levado para se determinar a disfunção e as providências a serem tomadas.

No trabalho propõe-se que tutores, além de determinar uma estratégia ótima global de resolução do problema proposto ao aluno, também tenham condições de verificar se as atitudes tomadas localmente pelo aluno são aceitáveis. Considera-se que o tutor tem como função também determinar como o aluno pode prosseguir, a cada momento, a fim de atingir o objetivo geral proposto pelo sistema tutor.

IV. Abstract

This work holds the study and specification of a basic prototype of an ICAI (Intelligent Computer Aided Instruction) to Emergency Medical Service, that aims to help medicine students in taking care of patients in such an environment, to be used in Universities Hospital.

Before working directly with patients in Emergency Medical Services, the student uses his knowledge in the simulated system. The instructor gives to the system some initial data, in order to simulate the data of a hypothetical patient, which will be the reason of the work of the physician. Then, the student takes the procedures he presumes necessary to determine what must be done with the patient, in order to deliver him from the risk condition (or to determine that this condition doesn't exist). The system simulates dynamically the patients' behavior, such it would be in a real situation of emergency service, i. e., the answer will be qualitative, being an evolution of the clinic situation of the patient in function of the diagnosis, the procedures taken by the physician and the time necessary to determine the diagnosis.

The work proposes that tutorial systems must determine the best global strategy of resolution of a problem that is posed to a student and also be able to verify if the attitudes taken locally by the student are acceptable. Another feature of a tutor system is to determine how the student can reach the main goal proposed by the tutor, considering each effort he takes in order to do that.

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

- I.1. VISÃO GERAL DO TRABALHO
- I.2. MOTIVAÇÃO
- I.3. JUSTIFICATIVA
- I.4. ESTADO DA ARTE
- I.5. OBJETIVOS DE UM ICAI
 - I.5.1 GERAL
 - I.5.2 ESPECÍFICOS
 - I.5.3 PROPOSIÇÃO

L.1 - VISÃO GERAL DO TRABALHO

O trabalho aqui apresentado consiste na discussão das características necessárias ao desenvolvimento de tutores, considerando estes elementos como ferramentas auxiliares ao ensino em determinada área, ou seja, é mais um elemento que auxilia o professor a atingir o seu objetivo, qual seja o de fazer com que um aluno aprenda sobre determinado tema com uma maior eficiência e maior eficácia [HAY95].

Foi escolhido para tanto uma aplicação dentro da Área Médica, em particular Traumatismos Crânioencefálicos, porque a mesma apresenta um conjunto de conhecimentos básicos que se adapta muito bem à tarefa. Além disso, a quantidade de conhecimento a ser representada e repassada ao aluno não é muito grande, o que permite a determinação do desempenho do sistema a ser criado em termos de seu próprio objetivo, qual seja, o de fazer com que um aluno absorva os conhecimentos da área considerada. Caso se optasse por uma área com um grande conjunto de conhecimentos, correr-se-ia o risco de, em uma avaliação que mostrasse incompatibilidades com os objetivos propostos, não se conseguir determinar se os problemas ocorrem na estruturação do sistema tutor ou se o problema reside na própria aquisição e representação do conhecimento, itens estes primeiros e essenciais para a criação do tutor. Por estes motivos optou-se pela área citada, onde as conclusões a serem obtidas eliminam o problema indicado.

Quando da criação de um sistema tutor deve-se inicialmente decidir se far-se-á uso de um modelo adaptativo ou não para representar o conhecimento do aluno. O modelo adaptativo é aquele no qual se faz uso principalmente de Redes Neurais, as quais devem ir modelando os pontos que se verifica serem de domínio do estudante e aqueles nos quais ele tem um desempenho deficiente para se determinar quais pontos devem ser reforçados ou corrigidos. Para tanto é necessário se realizar um trabalho de reconhecimento de padrões, tarefa esta que neste domínio ainda hoje é uma conjectura, apesar do potencial desta abordagem. A segunda possibilidade consiste em se criar um modelo não adaptativo do aluno, o qual cria de maneira dinâmica uma árvore de arborescência com o conhecimento a ser repassado ao aluno e determina a cada momento quais ações são possíveis e procura colocar o aluno novamente no caminho correto em caso de uma ação que não seja adequada, obedecendo ao princípio pedagógico segundo o qual a realimentação deve ocorrer o mais cedo possível. O presente trabalho utiliza-se da segunda abordagem e contribui com uma proposta de como criar a árvore de arborescência, bem como determinar as condições para que o aluno possa ter uma operação flexível, podendo tomar as atitudes que considerar corretas, mesmo que

não ótimas, mas ainda assim atingindo o comportamento que possa ser considerado ótimo de um ponto de vista global em termos de atendimento de um paciente com Traumatismo Crânioencefálico, bem como considerações a respeito de sistemas simulados que utilizem esta abordagem e tenha uma evolução temporal.

No Capítulo I discutem-se os motivos para a utilização de sistemas computacionais como elementos auxiliares ao ensino, bem como é apresentada uma visão geral dos sistemas mais conhecidos e coloca-se a proposta de quais características devem ser observadas quando da criação de tais sistemas.

No Capítulo II são apresentados os blocos constituintes de sistemas tutoriais inteligentes (STI) e é comentado quais as características que cada um dos mesmos deve apresentar, através de uma revisão da literatura pertinente, tanto segundo uma visão da área de informática quando do ponto de vista pedagógico.

A Metodologia de criação do sistema tutor proposto é apresentada no Capítulo III sob o ponto de vista das estruturas utilizadas e da forma como uma sessão é desenvolvida. A seguir são comentados os aspectos que representam a contribuição do presente trabalho ao desenvolvimento de tutores, bem como são apresentados alguns momentos de uma sessão típica no Capítulo IV.

As principais observações a respeito do sistema desenvolvido estão apresentadas no Capítulo V, junto com uma indicação de trabalhos que podem ser desenvolvidos a partir do trabalho atual.

1.2 - MOTIVAÇÕES PARA O USO DE COMPUTADORES NO ENSINO

1.1.1 JUSTIFICATIVA DE PROGRAMAS AMPLOS E EXPERIÊNCIAS ATUAIS

O uso de sistemas computacionais para o auxílio ao ensino tornou-se uma prática pedagógica cientificamente aceitável a partir do trabalho de Carbonell [CAR70], o qual mostrou a viabilidade de tais sistemas, tendo em vista a sua facilidade de uso e principalmente o potencial que se abre com o uso dos mesmos, permitindo que se criem programas adaptáveis às características do aluno [BAR76] [BUS86]. Tal aceitabilidade tornou-se visível a partir da segunda metade da década de 1980, quando surgiram no mercado diversos pacotes para ensino, desde sistemas simples, com perguntas e respostas até sistemas mais sofisticados, onde procura-se determinar, não somente o nível de compreensão do aluno, mas também o seu raciocínio ao longo de uma sessão [DED87] [GRA92] [BRA84].

Por trás desta expansão estão presentes várias justificativas, sendo as mais visíveis as seguintes [HAW90]:

- Justificativa Social;
- Justificativa Vocacional;
- Justificativa Pedagógica;
- Justificativa Catalítica.

A *Justificativa Social* implica que, devido à presença maciça de computadores em todos os ambientes e sua influência crescente, é necessário que as pessoas em geral, e em particular os estudantes, tenham consciência da capacidade dos mesmos e não tenham medo de sua utilização e do potencial representado pelos mesmos. Para tanto, seria necessário que os governos providenciassem igual oportunidade de acesso de tal ferramenta a todos os cidadãos, bem como os meios para a sua utilização. Questiona-se, entretanto, se esta é uma característica de qualquer governo que se conheça. Outro ponto duvidoso sobre esta justificativa decorre do fato de não se ter certeza se busca-se utilizar a máquina para fins elevados ou trata-se apenas de uma estratégia para se justificar o baixo nível de ensino atualmente encontrado na maioria das escolas.

A *Justificativa Vocacional* baseia-se no fato de que uma parcela dos estudantes tornar-se-á utilitária de sistemas computacionais, senão como programadora, pelo menos como usuária de programas finais (utilitários, sistemas operacionais, etc.) [SIM93] [BES84], e que o contato com os computadores desde cedo a torna mais habituada e mais capacitada às funções que ela desempenhará durante a sua vida profissional. Entretanto, já foi postulado que a Escola não é o local adequado para o treinamento vocacional, e sim o momento de se fazerem descobertas que sejam úteis na formação do indivíduo, enquanto ser pensante, ou seja, a *Justificativa Vocacional* não considera a formação do indivíduo como um todo.

A presença de vários softwares em uso na área educacional é a base da *Justificativa Pedagógica*, ou seja, considera-se que o computador pode ser utilizado como uma ferramenta de auxílio ao ensino. Ela foi proposta em [BUS86]:

"... we want... to enrich the existing curriculum and improve the way in which it is delivered, by using computers as sophisticated educational tools which can extend traditional ways of presenting information to children and offer new opportunities through techniques (such as simulation), possible only with computers..."

Entretanto, mesmo que não seja entusiástica demais esta expectativa, ela só se torna viável se o recursos suficientes foram encontrados.

Com o uso de computadores o ensino, a eficiência administrativa e a gerencial podem ser melhoradas e os alunos aprenderem a se tornar independentes dos professores e a raciocinarem, aos invés de memorizarem fatos, tendo como resultado uma melhoria global no desempenho [ARO84]. Desta forma, encontra-se para o computador nas escolas uma *Justificativa Catalítica*. Entretanto, isto só se tornaria prático se todas as escolas, de todos os locais, independente de localização ou camada social atendida, tivessem condições de implementar sistemas baseados em computadores. Porém, deve-se lembrar que uma escola deve formar cidadãos conscientes, que sejam capazes de questionamentos, e que o uso puro e simples de sistemas computacionais em nada colaborará para tanto, haja visto que o computador segue o conjunto de conhecimentos que lhe for repassado e não o contrário, não tendo condições de atuar como elemento formador da consciência, em contraposição aos sistemas tradicionais.

Além destas quatro justificativas principais, que possuem as críticas rapidamente enunciadas, encontra-se um conjunto de outros motivos pelos quais é desejável a utilização maciça dos computadores como elementos auxiliares, senão principais, do processo ensino-aprendizagem, quais sejam:

- Justificativa da Indústria de Tecnologia de Informação;
- Justificativa do Custo/Benefício;
- Justificativa de Necessidades Específicas;

Segundo a *Justificativa da Indústria de Tecnologia de Informação* o uso intensivo de tais computadores fortalece a indústria de tecnologia de informação nacional, seja em termos de hardware, seja em termos de software. Observa-se, contudo, que os defensores de tais idéias estão concentrados justamente nas indústrias que fornecem tais equipamentos e serviços, ou seja, não há muita isenção em tais argumentos [BER93].

Uma abordagem dada ao problema da utilização ou não em massa dos computadores como elementos de auxílio ao ensino consiste na *Justificativa do Custo/Benefício*. Segundo seus defensores, os sistemas computacionais não somente podem substituir os professores atualmente, como também apresentam uma relação custo/benefício mais favorável em relação à abordagem atual [THO94]. Eles esquecem-se, entretanto, do papel social e humanizante do ensino, para o qual até hoje não se encontrou nenhuma forma de simulação ou substituição (e provavelmente não se encontre tão cedo).

Finalmente tem-se a *Justificativa de Necessidades Específicas* segundo a qual crianças e pessoas com necessidades especiais, entre elas aquelas com dificuldades moderadas e severas de aprendizagem, e aquelas sensorial ou fisicamente comprometidas, poderiam se beneficiar deste tipo de sistema. Coloca-se que, mesmo nestes casos, a criança ou pessoa com necessidades especiais precisa de um contato cuidadoso e paciente, além da tecnologia, mas como se pode fazer uso de tais sistemas como elemento de apoio, juntamente com especialistas humanos, tal proposta mantém-se válida.

Vários países já iniciaram programas, numa primeira etapa, para utilização dos computadores como elemento auxiliar do ensino. Como exemplo, tem-se o Paquistão, a Índia, países do sudeste asiático, Fiji e Trinidad, Quênia, Bahrein, Botswana, Jamaica, Jordânia, Egito, Lesoto, Nigéria, Tunísia. Cada país iniciou o programa baseado em uma das justificativas já citadas como primordial. Observa-

se da lista, entretanto, que tais programas estão sendo implantados em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento. Vários países do Primeiro Mundo desenvolveram planos que abrangem todo um grupo de estudantes, além de fornecer suporte e tecnologia aos países do Segundo e Terceiro Mundo que lhe são dependentes, indicando claramente que esta é uma possibilidade muito positiva, e que pode ser implementada em seus países. Um dos trabalhos neste sentido foi feito na Inglaterra, com uma abordagem na qual se procura investigar como podem ser desenvolvidos programas educacionais que sejam efetivos, através do CBURC (Computer Board for Universities and Research Councils), o qual estabeleceu no seu relatório o CTI (Computers in Teaching Initiative). A intenção, segundo especialistas [GAR90] [FOR88], era:

"... The programme was not first and foremost a mechanism for generating large amounts of new educational software, although the development and nationwide dissemination of such material has emerged as a much valued by-product of the programme. The ethos of the CTI ... was to create new teaching experiences for academics, new learning opportunities for students, to reflect upon the value and effects of such experiences and opportunities, and, through effective outreach, to communicate successes to peer in other institutions and other disciplines..."

1.1.2 CARACTERÍSTICAS E DESAFIOS DOS SISTEMAS COMPUTADORIZADOS

A aprendizagem baseada em computador teve um grande crescimento, [CUE86] [ELI91] [FIS86] baseada em três desenvolvimentos:

- Linguagens autorais [KOF75] [RAM93] [DIE94] [BOY92] [MAR88] [NIC88];
- Linguagens de programação de alto nível de aplicação geral [DAV86] [GEN85] [KOW79] [VER86] [WEB83] [WEI86] [STE86] [HOP79]; e
- Uso de microcomputadores, que tornou mais facilmente disponível toda a potência computacional [COL87] [DEM87] [GEV83] [JAK87] [KEY92b] [LIM88a] [LIM88b] [MON87] [OLS82] [PAI86] [SAK85].

Estes desenvolvimentos ocorreram quase que simultaneamente, embora o primeiro tenha ocorrido na área educacional, enquanto que os outros dois se deram

na própria Ciência da Computação. Entretanto, pode-se dizer que o desempenho de tais sistemas foi muito limitado, tendo em vista que os sistemas apresentavam dificuldades de interfaceamento, ou seja, os professores que tinham interesse na utilização de tais sistemas não conseguiam trabalhar com os mesmos, devido à necessidade de se conhecer vários aspectos da Ciência da Computação, e os desenvolvedores destes sistemas não tinham ferramentas e técnicas que os permitissem obter o conhecimento a ser expresso e representá-lo adequadamente [CRA88] [COS74] [DES91] [DUB85] [DUT85] [DUR91] [BRO82b] [BUC84] [BUR79].

O antecessor direto dos ICAI's foi o CAI ("Computer-Aided Instruction" - Instrução Auxiliada por Computador), cuja perspectiva, como uma técnica de treinamento para empregados, deixou muitas organizações excitadas [ALE87] [GAR90]. Através do uso dos CAI's esperava-se um aumento na eficiência e na efetividade instrucional, benefícios estes que incluíam [GIS93]:

- Os estudantes aprenderiam mais rapidamente e mais confortavelmente [KAC86] [LAN89] [LAN92] [VEE93];
- Os estudantes teriam à mão materiais mais ricos e problemas mais complexos [GAI85b] [GOM81] [KNA91] [REN89] [HAN93];
- Haveria uma melhora na medida do progresso do estudante [HOL88] [RUS84] [SUY86] [ELS93].

Posteriormente, outros fatores passaram a ser verificados, tais como a atitude do estudante, a aptidão e a experiência computacional, que podem influenciar o grau de sucesso dos CAI's. Tais características não eram novas, já que desde que a tecnologia computacional tornou-se disponível, passou-se a utilizar os computadores na educação, como o projeto PLATO ("Programmed Logic for Automation Teaching Operators" - Lógica Programada para a Automação do Ensino de Operadores), iniciado no começo da década de 60, bem como o sistema TICCIT ("Time-Shared, Interactive, Computer-Controlled, Information Television" - Televisão Informativa, Interativa, com Compartilhamento de Tempo, Controlada por Computador), em existência desde o final da década de 60.

Uma representação pictórica dos fatores que afetam a eficácia dos CAI's, conforme considerados então, é apresentada na Fig. 01, bem como a decomposição dos mesmos fatores na Tabela 01.

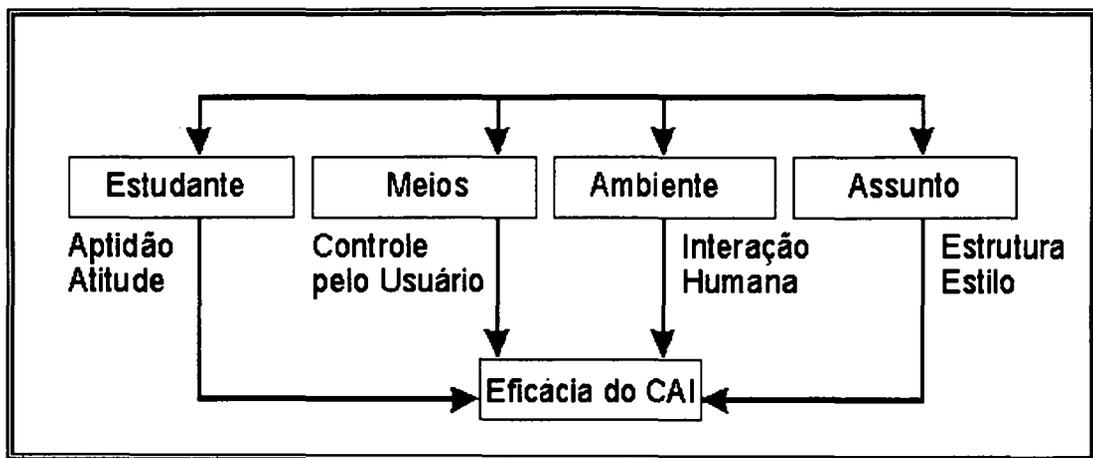


Figura 01

Tabela 01¹

Estudante	Meios	Ambiente	Assunto
<ul style="list-style-type: none"> • Estilo de aprendizagem • Aptidão para o tema • Inteligência • Conhecimento prévio do tema • Conhecimento prévio de computadores • Idade • Anos de educação formal 	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidade própria • Grau de interação • Uso de auto-vídeo • Sofisticação dos exemplos 	<ul style="list-style-type: none"> • Grau de interação humana • Estudantes em cada grupo instrucional • Nível da condução da instrução pelo professor • Lugar da instrução • Turma 	<ul style="list-style-type: none"> • Conteúdo técnico • Estruturado ou não estruturado • Tema específico

A partir daí foram colocadas várias indagações, tentando determinar os elementos de influência no desempenho de sistemas CAI, bem como formuladas várias hipóteses[MAT89]. Algumas destas questões:

Meio: Como e por quê os sistemas educacionais disponíveis diferem de forma tão significativa em sua eficácia?

¹ Tabela extraída de [MAT89].

Ambiente: Como os fatores ambientais afetam a eficácia relativa dos CAI's?

Estudante: Como e por quê as características do estudante afetam a performance dos CAI's?

Assunto: Como o tema da instrução afeta a eficácia dos CAI's?

Observa-se que tais perguntas são as mesmas que podem ser feitas quando se usam os métodos tradicionais de ensino. Desta forma, torna-se mais interessante determinar em que medida os sistemas computadorizados de ensino apresentam um comportamento mais adequado ou não em relação aos métodos tradicionais. Portanto, as perguntas anteriormente formuladas poderiam ser reescritas como:

Meio1: Como e em que áreas os sistemas educacionais computadorizados se mostram mais eficazes que os sistemas tradicionais?

Ambientel: Como os fatores ambientais afetam os sistemas tradicionais e os sistemas computadorizados?

Estudantel: Como e por quê as características do estudante afetam favoravelmente ou desfavoravelmente os sistemas computadorizados de ensino em relação àqueles tradicionais?

Assunto1: De que forma a seleção do tema afeta positiva ou negativamente os CAI's em relação aos sistemas tradicionais?

Considerou-se que tais questões são muito difíceis, não se tendo por vezes uma resposta, já que além dos próprios fatores, deve-se considerar que existe uma interação entre os mesmos, o que dificulta sobremaneira o problema. Um conjunto de relações e exemplos das mesmas está na Tabela 02.

Para se determinar a eficácia foram feitas medidas em relação a alguns aspectos que se acreditavam ter importância para o ensino, entre os quais:

- Sucesso: através de testes de aprendizagem de conceitos;
- Retenção: através de testes similares após algum tempo;
- Atitude do estudante: através da verificação dos sentimentos do estudante sobre a experiência educacional.

Tabela 02²

Relação	Exemplo
Estudante-Assunto	Exposição prévia e atratividade do tópico
Estudante-Ambiente	Alguns estudantes preferem a intervenção humana ou alguns trabalham em duplas
Estudante-Meio	Alguns estudantes obtém novos efeitos, outros preferem uma tecnologia conhecida
Tema-Ambiente	Alguns tópicos, tais como treinamento gerencial, são mais efetivos se acompanhados de discussão em grupo do que tópicos estruturais como estatística
Tema-Meio	Treinamento gerencial presta-se mais adequadamente a vídeodiscos interativos devido a tais efeitos, enquanto outros, como estatístico, não
Meio-Ambiente	Um pacote de vídeodisco interativo pode não ser tão efetivo quando visto em grupos em vez de individualmente
Estudante-Assunto-Meio	Gerentes podem preferir treinamento gerencial através de vídeodisco interativo, enquanto programadores podem preferir aprender Lotus 1-2-3® a partir de disquetes tutoriais
Estudante-Assunto-Ambiente	Treinamento gerencial pode ser melhor aprendido por gerentes se acompanhado por discussão de grupo, enquanto programadores aprendem individualmente Lotus 1-2-3®
Estudante-Ambiente-Meio	Treinamento gerencial é mais efetivo através de vídeodisco interativo acompanhado de discussão em grupo, enquanto que para a estatística o melhor é aprendizagem individual em disquetes tutoriais
Estudante-Tópico-Ambiente-Meio	O mais efetivo para gerentes é o uso de vídeodiscos acompanhado de discussão em grupo, enquanto que para programadores, aprendendo estatística, o melhor é a aprendizagem individual pelo uso de disquetes tutoriais

² Tabela extraída de [MAT89].

Para medida de eficiência educacional foram adotados basicamente dois conceitos:

- Tempo: através da verificação da redução do tempo educacional necessário;
- Custo: através da verificação relação custo/benefício.

Entretanto, vários problemas, relacionados na Tabela 03, foram verificados com a utilização de tais sistemas.

Tabela03³

1. Tempo	O tempo necessário na pesquisa em CAI's é normalmente medido em anos
2. Custo	Investimento significativo em hardware e software podem ser necessários
3. Logística	O local, tempo e solicitação de voluntários pode requerer gerenciamento e experiência
4. Isolamento de efeitos variáveis	A identificação de variáveis importantes é extremamente difícil e é obtida a partir de teorias explícitas ou implícitas. O efeito das variáveis é usualmente difícil de isolar e freqüentemente requer o uso de projetos experimentais envolvendo um grande número de assuntos
5. Efeitos do conteúdo do projeto	O efeito do estilo na instrução requer considerações especiais no projeto experimental
6. Seleção de tópicos	Identificar um tópico de instrução que seja de interesse do estudante e prontamente disponível para estudo em CAI é um desafio
7. Desvios do projeto	Controlar desvios criados pela insipiência dos meios usados, estilo educacional, etc. podem complicar ainda mais o projeto experimental

Há que se observar que os pontos criticados por Matta (Tabela 02 e 03) são unilaterais, ou seja, ele apresenta críticas ao uso de computadores no ensino mas não considera que tais dificuldades também surgem em sistemas tradicionais de ensino, senão vejamos (os números referem-se aos números da tabela 03):

³ Tabela extraída de [MAT89].

1. Assim como o tempo para se desenvolver um sistema computadorizado de ensino é elevado, também o é o tempo necessário para formar um professor, haja visto que além dos cursos de primeiro e segundo grau, ele também deve ser treinado em termos pedagógicos e na disciplina específica que pretende ministrar, portanto o sistema tradicional envolve um tempo que está na faixa de décadas;
2. A formação de um professor, com todas as habilidades que dele são exigidas, incorre num custo elevado, não somente para a sua formação, onde ele adquire a capacidade de ensinar, como também envolve um custo agregado correspondente ao seu salário e materiais de que ele necessita no exercício da profissão;
3. Os professores precisam de disponibilidade, além de local e tempo para preparar e desenvolver as suas tarefas e de um gerenciamento das mesmas, situação esta que não ocorre em sistemas computadorizados de ensino, ou seja, após a criação dos mesmos, estes estarão disponíveis 24 horas por dia em qualquer local necessário (desde que haja um computador);
4. Um professor em sala de aula também precisa desenvolver suas habilidades para reconhecer os diversos fatores que influem no desempenho dos alunos em geral e de cada um deles em particular. Tal aprendizado por parte do professor também é complexo e exige um tempo elevado até se atingir um nível adequado (professor experiente, capaz de reconhecer as necessidades e capacidades de cada um de seus alunos) [YAZ88];
5. A fim de atender um aluno adequadamente, o professor deve dispor de formas alternativas de apresentação do conteúdo a ser ministrado. Para tanto ele deve dispor de tempo e treinamento, a fim de preparar os diversos materiais em suas várias formas de abordagem possíveis, a fim de obter maior eficácia;
6. Há necessidade de, para cada tópico a ser ministrado, determinar quais as ferramentas das quais se fará uso. Em função do tipo do conteúdo a ser ensinado, uma aula expositiva ou uma discussão em grupo, ou o uso de retroprojetor, diapositivos etc., é a ferramenta mais indicada para atingir o objetivo. Desta forma, para cada tópico o professor tem necessidade de verificar qual a forma mais adequada para o ensino;
7. Devido às particularidades de cada aluno, um mesmo material não funcionará da mesma forma para todo um grupo. Controlar a evolução

de cada aluno dentro do grupo, verificando os seus desvios em relação ao proposto e adotando formas de corrigir o seu comportamento até que o mesmo consiga chegar a um nível satisfatório é algo que se exige do professor frente à sua tarefa de ensinar.

Desta forma observa-se que o uso de sistema computadorizado, no auxílio ao ensino, apresenta um conjunto de dificuldades, mas estas não são exclusividade dos mesmos, ou seja, tais dificuldades também estão presentes nas formas tradicionais de ensino. Portanto, considera-se não somente conveniente o uso de computadores, como também desejável na medida em que ele se tornar mais uma ferramenta disponível e que, usada com os devidos cuidados, conduz a um aprendizado não somente mais agradável como também mais eficaz.

1.3 JUSTIFICATIVA

A especialidade médica de politraumatismos, pela sua metodologia de decisão, apresenta uma estrutura que possibilita o uso de técnicas de inteligência artificial na forma de sistemas especialistas [GAI85a] [GRA87] [GUP85] [HAL86] [HAM78] [HAR85] [HAR86] [KUL88].

Durante o curso de Medicina, o aluno recebe treinamento para trabalhar com diversas situações com as quais ele poderá se deparar quando de sua vida profissional. Durante a Residência, ele passa a trabalhar, como estagiário, na especialidade que pretende se dedicar. Aqueles que tem seu interesse na área de Traumatologia passam a prestar plantão na Emergência Hospitalar e usam os conhecimentos anteriormente obtidos no curso [LIM87] [SHA87].

Como o elemento de trabalho do aluno de Medicina é o ser humano, sua tarefa é muito complexa e muito delicada, tendo em vista o fato de que qualquer erro no comportamento do aprendiz pode trazer não somente sérios prejuízos a uma vida humana, como também a morte [WAT92]. Diante deste fato, torna-se altamente aconselhável que o aluno tenha condições de exercitar seus conhecimentos de outra forma, antes de um caso real, sem os riscos inerentes aos casos práticos que surgem na área de Emergência Hospitalar de qualquer hospital [BAK85] [EFS79] [NIE88a] [NIE88b] [PAP92].

Além do problema considerado acima, o aprendiz desta área se depara com o fato de que cada uma das atitudes que por ele devem ser tomadas, o sejam dentro de prazos máximos pré-definidos em função de vários fatores, quais sejam, o estado do paciente no momento considerado, das ações tomadas anteriormente pelo próprio médico, do tempo gasto para tomar cada uma das decisões, do próprio problema apresentado pelo paciente [BAK80] [BUI85] [CAS89] [PAG92c]. Ou seja, o sistema deve apresentar uma evolução em função do tempo e deve-se ter acesso às variáveis internas a cada momento [ESO83] [FRE80] [HAY88a] [LAU84] [LOO88] [SHA76].

Um médico bem treinado pode fazer com as possibilidades de recuperação de um paciente que dê entrada na Emergência de um Hospital sejam muito maiores [CALI85] [MYK91] [MIL87]. Vários estudos realizados já nas décadas de 1970 e 1980 mostraram que muitos dos pacientes poderiam ter suas vidas salvas caso tivessem recebido um tratamento emergencial adequado, conforme indicado na tabela 04.

Tabela 04

Investigadores	Ano	Região	Arquivos estudados ⁴	Somente mortes?	Cuidado Pré-Hospital?	Sistemas corporais	Etiologia da injúria	Mortes evitáveis ⁵
Zolinger	1985	Columbus, Ohio	C, A	Não	Não	Todos	Trânsito	NA
Root and Christensen	1957	Oakland, Calif.	C, A	Não	Não	Abdômem	Trânsito	NA
Van Wagoner	1961	USA (militar)	C, A	Sim	Não	Todos	Todos	199/606
Perry & McClellan	1964	St. Paul	C, A	Sim	Não	Todos	Trânsito	NE
Fitts et all	1964	Filadélfia	C, A	Sim	Sim	Todos	Todos	51/950
Waffer et all	1964	Califórnia	A	Sim	Não	Todos	Trânsito	304/782
Frey et all	1969	Washenaw County, Michigan	C, A	Sim	Sim	Todos	Trânsito	28/159
Bruse r	1970	Winnipeg, Ontario	C, A	Sim	Sim	Todos	Trânsito	25/119

⁴ C = Clínicos; A = Autópsia

⁵ Mortes Evitáveis inclui mortes que podem ser prevenidas, pacientes que podiam ser salvos e mortes inaceitáveis. NA indica não aplicável, NE indica não especificado.

Tabela 04 (cont.)

Inves- tiga- dores	Ano	Re- gião	Ar- quivo s estu- dados	So- mente mor- tes?	Cui- dado Pré- Hos- pital?	Siste- mas corpo- rais	Eti- ologia da injúria	Mor- tes evitá- veis
Per- rine et all	1971	Ver- mont	C, A	Sim	Sim	Todos	Trân- sito	37/ 163
Bruse r	1970	Win- nipeg, On- tario	C, A	Sim	Sim	Todos	Trân- sito	25/ 119
Per- rine et all	1971	Ver- mont	C, A	Sim	Sim	Todos	Trân- sito	37/ 163
Ger- tner et all	1972	Balti- more	C, A	Sim	Não	Abdô- mem	Trân- sito	17/ 33
Wa- ters and Wells	1973	Jack- son- ville	C, A	Sim	Sim	Todos	Trân- sito	3/117
Trun- key and Lim	1974	San Fran- cisco	C, A	Sim	Sim	Todos	Todos	19/ 155
Moy- lan et all	1976	South Cen- tral Wis- con- sin	C, A	Não	Não	Todos	Todos	12/57
Hou- tchens	1977	Utah, Neva- da and Wyo- ming	C, A	Sim	Não	Todos	Todos	NE

Tabela 04 (cont.)

Inves- tiga- dores	Ano	Re- gião	Ar- quivo s estu- dados	So- mente mor- tes?	Cui- dado Pré- Hos- pital?	Siste- mas corpo- rais	Etio- logia da injúria	Mor- tes evitá- veis
Foley et all	1977	Ver- mont	C, A	Sim	Sim	Abdô- mem	Trân- sito	11/43
Det- mer et all	1977	Wis- consin	C, A	Não	Não	Todos	Todos	55/ 151
West et all	1979	San Fran- cisco Coun- ty	C, A	Sim	Não	Todos	Trân- sito	1/92
West et all	1979	Oran- ge Coun- ty, Cali- fórnia	A	Sim	Não	Todos	Trân- sito	39/90
Neu- man et all	1982	San Diego Coun- ty	A	Sim	Não	Todos	Todos	20/ 177
Trun- key	1982	Área de San Fran- cisco	A	Sim	Não	Todos	Trân- sito	129/ 302
West (an- tes)	1982	Oran- ge Coun- ty, Cali- fórnia	A	Sim	Não	Não- CNS	Trân- sito	15/21

Tabela 04 (cont.)

Inves- tiga- dores	Ano	Re- gião	Ar- quivo s estu- dados	So- mente mor- tes?	Cui- dado Pré- Hos- pital?	Siste- mas corpo- rais	Eti- ologia da injúria	Mor- tes evitá- veis
West et all (de- pois)	1983	Oran- ge Coun- ty, Cali- fórnia	A	Sim	Não	Não- CNS	Trân- sito	6/29
Certo et all	1983	Ver- mont	C, A	Sim	Não	Não- CNS	Trân- sito	10/45
Mc- Koy and Bell	1983	St. Louis	C, A	Sim	Não	Todos	Todos	5/118
Lowe et all	1983	Nor- th- west Ore- gon	C, A	Não	Sim	Todos	Trân- sito	34/ 135
Otos- son and Kran- tz	1984	Suéci- a	C, A	Sim	Sim	Todos	Trân- sito	3/158
Rame- nofsk y et all	1984	Mobi- le, Ala- bama	C, A	Sim	Sim	Todos	Todos	53/ 100
Cales (an- tes)	1984	Oran- ge Coun- ty, Cali- fórnia	C, A	Sim	Sim	Todos	Trân- sito	20/58

Tabela 04 (cont.)

Inves- tiga- dores	Ano	Re- gião	Ar- quivo s estu- dados	So- mente mor- tes?	Cui- dado Pré- Hos- pital?	Siste- mas corpo- rais	Etio- logia da injúria	Mor- tes evitá- veis
Cales (de- pois)	1984	Oran- ge Coun- ty, Cali- fornia	C, A	Sim	Sim	Todos	Trân- sito	9/60

Observando-se os dados da Tabela 04 vemos que existem alguns elementos em comum. Os dados são referentes às décadas de 1970 e 1980 em sua maioria, quando verificou-se que o número de mortes causados por acidentes de trânsito cresceu muito em relação aos anos anteriores, devido principalmente ao aumento da velocidade desenvolvida pelos veículos e ao maior número de veículos nas estradas e vias urbanas. Baseados em dados obtidos na Primeira e Segunda Guerras Mundiais os encarregados pelos atendimentos de emergência sabiam que um dos fatores fundamentais da evolução do estado de um paciente de traumatismo consiste nos cuidados dispensados na *Hora de Ouro*, como é chamada a primeira hora após o acidente, isto porque as atitudes tomadas neste primeiro momento influenciam de maneira decisiva a evolução do estado do paciente, positivamente ou negativamente.

No Brasil tem-se situação semelhante ocorrendo a partir da década de 1980, porém mais grave devido às próprias condições das pistas. Portanto, a partir desta data começaram a ser desenvolvidos sistemas de atendimentos a vítimas de traumas, dando-se especial atenção aos cuidados iniciais, surgindo inclusive vários grupos especializados nesta fase do atendimento em várias cidades do País.

Portanto, faz-se necessário o treinamento de médicos e paramédicos para que os pacientes tenham melhores condições de sobrevivência. Existem já vários equipamentos auxiliares em tal fase e a criação de um sistema computadorizado para treinamento das equipes tem sua justificativa nos fatos citados.

I.4 ESTADO DA ARTE

Aqui serão apresentados alguns dos ICAI's mais conhecidos, bem como uma diferenciação básica entre ICAI e CBI no item I.4.1. A seguir no item I.4.2 far-se-á um resumo dos procedimentos médicos, quando do atendimento inicial de um paciente traumatizado.

I.4.1 SISTEMAS DE AUXÍLIO AO ENSINO

Programas computacionais que utilizam técnicas de Inteligência Artificial para ajudar as pessoas a aprenderem são chamados de ICAI's ou sistemas tutoriais inteligentes [KEA87].

Tal campo é frequentemente considerado como uma subárea da ciência cognitiva e o projeto e desenvolvimento de tais programas residem na interseção de três áreas:

- ciência de computação;
- psicologia cognitiva;
- pesquisa educacional.

Uma vista aprofundada da educação reconhece a importância de compreender a "condição humana"; ela reconhece que alguém mais frequentemente obtém falhas (ou falhas parciais) que sucesso. É importante para o processo educacional trabalhar preparando as pessoas para se depararem com falhas parciais e para sugerir formas de fazer algo a respeito disto - tentar alternativas corrigindo os procedimentos que resultaram em falhas.

O uso de outras disciplinas (incluindo, em particular, aquelas da ciência da computação) sugere que há duas abordagens sistemáticas para traduzir a teoria educacional em prática de larga escala [DUR87] [DWY74], baseando-se nas abordagens para resolução de problemas.

A primeira pode ser chamada de abordagem algorítmica. Esta abordagem é orientada de forma a obter seqüências pré-determinadas de atividades para atingir objetivos mensuráveis pré-determinados. O método sugere iniciar especificando a saída (frequentemente na forma em que os educadores chamam "objetivos comportamentais"), e então projetar um procedimento para produzir

esta saída. A abordagem algorítmica tem o mérito de dar estrutura e precisão ao que poderia ser um processo vago e de encapsular esta precisão de uma forma reprodutível. Além disso, a forma reprodutível possui, teoricamente, a lógica e detalhe necessários, se é desejável que pessoas (ou computadores) possam ser treinados (ou programados) para replicar o sistema exatamente [BRO73] [HAJ87] [JON88] [GAS82] [BLI92].

A segunda abordagem é empregar procedimentos abertos. Isto significa que nem a saída nem um algoritmo são completamente especificados. Ao invés disso, a direção e o controle são obtidos aplicando "estratégias genéricas". Estratégia genérica significa um procedimento local para indicar os objetivos globais: um princípio ou linha mestra que ajuda alguém a tomar decisões e fazer descobertas, mas deixa em aberto a questão do universo no qual ela vai operar. Uma estratégia genérica assume que há muitos procedimentos disponíveis: sua função é as vezes sugerir novas direções, as vezes sugerir um retorno. Seu real poder, entretanto, reside em sugerir formas de redefinir o estado atual do procedimento sendo usado como o estado inicial de um novo procedimento. Dispositivos genéricos não dizem a alguém o que fazer; eles dizem como aprender o que fazer [CAS87b] [FER87] [HAY85] [HAY88b] [HIL91] [KEA88] [KEM91] [MAI85] [MYE86] [NII88].

Os ICAI's podem seguir diversos paradigmas, sendo os mais conhecidos os seguintes [DUC89]:

- Diálogos com iniciativa mista;
- Método do treinador;
- Tutores de diagnóstico;
- Microuniversos;
- Sistemas especialistas articulados.

O primeiro paradigma é o de *diálogos com iniciativa mista*, o qual foi o paradigma original. O programa busca manter com o estudante uma conversação e tenta ensiná-lo através do método socrático de descoberta guiada [STE77], também denominado de Maiêutica. Este paradigma aplica-se melhor a tarefas de aprendizagem procedurais ou conceituais. Exemplos da aplicação de tal paradigma são os sistemas SCHOLAR [CAR70] e SOPHIE [BRO82a], onde neste último,

apesar de ocorrer a simulação de circuitos elétricos, o aluno tem um relacionamento conversacional com o sistema, caracterizando o paradigma.

O método do treinador constitui-se num segundo paradigma. O treinador observa o desempenho do estudante e fornece informações que o ajudarão a obter um melhor desempenho [JOH90]. O método do treinador é mais indicado para programas do tipo solucionador de problemas e tem como exemplos os sistemas WEST [BUR79], TRIP, Wumpus Advisor [GOL79].

O terceiro paradigma, dos tutores de diagnóstico, constitui-se de programas dirigidos por um "catálogo de erros", o qual identifica os enganos que o estudante pode ter na resolução de um problema. Eles são de mais fácil implementação para problemas que tenham soluções muito bem determinadas. Como exemplos deste paradigma temos os sistemas BUGGY [NWA93] e PROUST [JOH84].

O conceito de microuniverso constitui o quarto paradigma. Ele envolve o desenvolvimento de uma técnica computacional que permita ao estudante explorar o domínio do problema. Microuniversos são o paradigma mais próximo da tradicional instrução baseada em computador (CBI - "computer-based instruction"). Exemplo de microuniverso é o trabalho de Papert com LOGO [PAP86] [PAP94].

Como quinto paradigma temos os sistemas especialistas articulados, cujo primeiro exemplo é o sistema GUIDON [CLA87] ou seja, sistemas especialistas que permitem acompanhar todo o processo de tomada de decisões [BEN85] [ORW92] [CHI89]. No paradigma dos sistemas especialistas articulados procura-se utilizar todo o sistema já desenvolvido e acrescentar-lhe um conjunto de funções que o adaptem ao seu uso no ensino. Na década de 1970 foi desenvolvido o sistema MYCIN [BUC84] para o diagnóstico de enfermidade do sangue, que se tornou um marco em Inteligência Artificial, já que foi o primeiro sistema que criou o conceito de se separar o conhecimento do mecanismo que dele faz uso, ou seja, criou a idéia de Base de Conhecimentos e de Máquina de Inferência como elementos separados. A partir dele foram criados vários outros sistemas, entre os quais GUIDON, que procurou utilizar a Base de Conhecimentos e a Máquina de Inferência já disponíveis e acrescentar um conjunto de funções que o adaptaram ao uso no ensino. Para tanto, além de explicar como chegou a uma conclusão e o porquê de solicitar um determinado dado, ele também dava acesso ao aluno a questões que permitissem ampliar o seu conhecimento dentro da área de interesse.

As principais diferenças entre os sistemas CBI (Computer-Based Instruction) e ICAI estão indicadas na Tabela 05 [PAR87] [PAR88] [HEN92], a seguir comentadas (os números referem-se ao ítem da Tabela 05).

Tabela 05⁶

ITEM	CBI	ICAI
1. Objetivo dos Construtores	Desenvolvimento de sistemas educacionalmente eficazes e efetivos	Exploração das técnicas de IA em instrução
2. Base Teórica	Teorias de aprendizagem e princípios educacionais	Ciência cognitiva
3. Estrutura e processo do sistema	Estrutura estática orientada por frames; processos com iniciativa do sistema pré-especificados	Estrutura dinâmica orientada pelo processo e processos com iniciativa mista, gerativo
4. Princípios educacionais	Vários princípios, incluindo exposição, descoberta e abordagens combinadas	Principalmente enfoque para descoberta
5. Métodos de estruturação do conhecimento	Principalmente análise de tarefas para identificação de subtarefas e conteúdo dos elementos	Técnicas de representação de conhecimento de IA para organização do conhecimento em uma estrutura de dados
6. Modelamento do estudante	Julgamento binário das respostas do estudante; procedimentos sensitivos a respostas pré-especificadas; métodos quantitativos	Avaliação qualitativa das respostas do estudante
7. Formatos instrucionais	Vários: tutorial (exposição), prática, jogos, simulações	Principalmente tutorial (inquisição) e jogos
8. Área de trabalho	Virtualmente qualquer área	Limitado a áreas bem estruturadas

⁶ Tabela extraída de [KEA87]

Tabela 05 (cont.)

ITEM	CBI	ICAI
9. Métodos e critérios de avaliação	Avaliação formativa e somativa; eficiência e eficácia instrucional	Principalmente correção técnica; desempenho funcional do sistema
10. Hardware e software	Maioria do hardware de aplicação geral; linguagens de aplicação geral, linguagens autorais e sistemas autorais	Hardware específico de aplicações em IA; principalmente Lisp e Prolog

1. Enquanto que os sistemas CBI surgiram com a finalidade de se aplicar os computadores como elemento de auxílio ao ensino, os ICAI's tiveram sua origem em pesquisas que procuravam determinar até que ponto as técnicas de IA (métodos de busca, separação do conhecimento do método de realizar inferências, formas de representação do conhecimento) poderiam ser utilizadas em tal área.

2. Os CBI baseiam-se nas teorias que procuram determinar a maneira mais eficiente e eficaz de transmitir o conhecimento de um agente A para um agente B. Já os ICAI's utilizam todo o arcabouço obtido pela Ciência Cognitiva, a qual pretende também conhecer como este conhecimento é armazenado, como ele pode ser manipulado e o estudo dos níveis de conhecimento.

3. A grande diferença em termos de estruturação entre os CBI's e os ICAI's se deve ao fato de que este considera que o conhecimento a ser repassado ao aluno está sujeito a mudanças e, portanto, propõe estruturas dinâmicas para permitir alterações ao longo do tempo e de novas descobertas que possam ocorrer, enquanto que naqueles o conhecimento é considerado como um elemento previamente determinado e, portanto, estático. Da mesma forma os processos que são encontrados em CBI's procuram considerar todas as formas de perguntas que possam surgir por parte do aluno, utilizando para tanto processos com comportamentos pré-determinados, enquanto que os ICAI's trabalham com processos em que a iniciativa é mista, ou seja, não se consegue prever todas as formas de interação do aluno com o sistema, ficando a cargo do mesmo o gerenciamento de situações novas que possam surgir.

4. Quando se segue uma linha em que se buscam prever as ações do aluno deve-se seguir alguns métodos que trabalhem com tal situação, habilitando a um controle mais rigoroso das ações a serem desempenhadas, tal como acontece com os CBI. Já os ICAI's, por sua natureza, propiciam a criação de ambientes nos quais o

estudante possui uma maior liberdade de ação, devido às técnicas por eles empregadas.

5. Os ICAI's se baseiam em formas de representação do conhecimento utilizadas em IA (regras de produção, frames, redes semânticas etc.) enquanto que os CBI procuram representar o conhecimento utilizando-se de estruturas mais tradicionais na área de informática, realizando a identificação das tarefas e sua subdivisão segundo o conteúdo a ser trabalhado em unidades precisas.

6. Devido às suas próprias características, os CBI trabalham com respostas absolutas, ou seja, o estudante tem opções corretas e incorretas, quantificando-se o seu desempenho com índices numéricos, situação que não ocorre nos ICAI's, onde as respostas em sua maioria não são binárias, mas admitem várias possibilidades, sendo indicado, portanto, uma avaliação qualitativa das mesmas.

7. Os formatos instrucionais utilizados em CBI's são aqueles nos quais o sistema é quem basicamente tem o comando das ações enquanto que nos ICAI's a iniciativa é mista, podendo o estudante em certos momentos determinar como a sessão terá continuidade.

8. Como em todas as aplicações de IA, os ICAI's tem sua área de trabalho focalizadas em temas bem definidos, já que uma característica do conhecimento é ser vasto mesmo em áreas simples relativamente pequenas, o que é um elemento que caracteriza sua aplicação.

9. A avaliação dos CBI's está baseada na melhoria do desempenho dos alunos. Já no caso dos ICAI's interessam a solução do problema proposto e também aspectos, tais como se o aluno encontrou a melhor solução e em quanto tempo .

10. Os CBI's são criados com ferramentas tradicionais e usam vários elementos que podem ser utilizados muitas vezes pelos próprios professores. Já os ICAI's envolvem a obtenção especializada do conhecimento e para o seu desenvolvimento exigem um hardware mais exigente bem como softwares mais especializados.

Alguns Sistemas Instrucionais Inteligentes [Fle1984] estão listados na Tabela 06.

Tabela 06⁷

SISTEMA	AREA DE TRABALHO	BASE DE CONHECIMENTO	MODELO DO ESTUDANTE	MODELO DO TUTOR
SCHOLAR [CAR70]	Geografia	Rede Semântica	Sobreposição com pesos	Gerenciar diálogo socrático
WHY [STE79]	Causas das chuvas	Scripts	Identificador de enganos	Diálogo socrático
INTEGRATE [KIM82]	Integração simbólica	Regras	Sobreposição	Ambiente reativo com aviso
SOPHIE [BRO82a]	Eletrônica	Rede semântica com simulador de circuito	Sobreposição	Ambiente reativo com interações dirigidas
WEST [BUR79]	Expressões aritméticas	Regras	Sobreposição	Ambiente reativo com treinador
BUGGY [BRO76]	Subtração	Rede procedural	Identificador de enganos	Ambiente reativo com aviso
WUSOR [GOL79]	Relações lógicas	Grafo genético: rede	Sobreposição com pesos de familiaridade	Ambiente reativo com treinador
EXCHECK [SUP81]	Lógica e teoria dos conjuntos	Regras com interpretador lógico	Sobreposição	Ambiente reativo com aviso
BIP [BAR76]	Programação em BASIC	Regras	Sobreposição	Ambiente reativo com rede curricular e aviso
SPADE [MIL82]	Programação em LOGO	Regras	Sobreposição	Ambiente reativo com treinador

⁷ Tabela adaptada do livro de J.D. Fletcher[FLE84].

Tabela 06 (cont.)

ALGEBRA [LAN83]	Álgebra aplicada	Regras	Sobreposição	Ambiente reativo com treinador
LMS [SLE82]	Procedimentos algébricos	Regras e mal-regras ⁸	Diagnóstico baseado em regras	Ambiente reativo (sem função tutora)
QUADRATIC [O'S82]	Equações quadráticas	Regras	Sobreposição	Ambiente reativo com aviso
GUIDON [CLA79]	Distúrbios infecciosos	Regras	Sobreposição com aplicação de probabilidade	Ambiente reativo com interações estruturais
PROUST [JOH84]	Programação em PASCAL	Rede semântica	Identificador de enganos	Ambiente reativo com aviso (sem função tutora)
STEAMER [HOL84]	Propulsão naval	Modelo de dispositivo (rede procedural)	Sobreposição dentro do modelo do dispositivo (sem função modeladora do estudante)	Ambiente reativo com aviso (sem função tutora)
Micro-SEARCH [SLE87]	Resolução de tarefas não-determinísticas	Regras	Sobreposição	Ambiente reativo
KBSimulador [CHI89]	Doenças cardiovasculares	Regras	Sobreposição	Diálogo de iniciativa mista

⁸ Mal-regras são regras usadas no modelo de erros, indicando um raciocínio incorreto em um ponto.

Tabela 06 (cont.)

SISTEMA	ÁREA DE TRABALHO	BASE DE CONHECIMENTO	MODELO DO ESTUDANTE	MODELO DO TUTOR
INFER [SLE90]	Álgebra do segundo grau	Regras e mal-regras	Identificador de enganos	Ambiente reativo
MALGEN [SLE90]	Álgebra do segundo grau	Regras e mal-regras	Identificador de enganos	Ambiente reativo
STASEL [PAY92]	Princípios de estilo sintático em inglês	Frames	Diagnóstico baseado em regras	Ambiente reativo com aviso (sem função tutora)

Conforme comentado anteriormente, pode-se observar pela Tabela 06 que os ICAI's trabalham fornecendo, em sua maioria, um ambiente dentro do qual o aluno fica imerso e tem liberdade de se deslocar, procurando determinar a solução do problema proposto. Observa-se também que a maioria das aplicações consiste em áreas bem localizadas, onde se pode representar o conhecimento de forma relativamente precisa. Ainda assim, a maioria das aplicações envolve temas simples (matemática elementar, lógica, programação).

Na seqüência serão descritos os procedimentos básicos que se espera de um médico em uma situação de Emergência Hospitalar, o que constitui a área de aplicação do presente trabalho.

1.4.2 EMERGÊNCIA MÉDICA

Quando um paciente chega ao Setor de Emergência, considera-se como primeira hipótese que o paciente está correndo risco de vida [CON82], ou seja, as atitudes a serem tomadas são dirigidas no sentido de se retirar o paciente da condição de risco, ou então determinar que tal condição não existe e encaminhá-lo para o atendimento adequado ao seu estado [TSC87] [WES79] [WES83] [WES88] [CLA88]. Conforme o caso, ele é encaminhado ao Setor de Queimados, ao de tratamento coronário, ao de politraumatizados etc.

Uma das possibilidades é o de encaminhamento ao setor de Traumatismos e, no caso de traumatismos crânio-encefálicos, o procedimento a ser adotado já está padronizado na maioria dos hospitais [MAC88] [MAN90]. Um exemplo, é o que foi adotado para o estudo em questão, utilizado no Hospital Celso Ramos, de Florianópolis. A seguir far-se-á um resumo do mesmo.

A lesão primária do cérebro, que ocorre no momento do ferimento, não pode ser revertida pela intervenção terapêutica. Pode-se prevenir os insultos secundários ao cérebro, os quais resultam, em geral, de hipóxia e hipovolemia, situações estas que devem ser tratadas agressiva e prontamente. Desta forma, o tratamento de emergência do Traumatismo Crânio-Encefálico (TCE) objetiva basicamente o suporte cardíco-pulmonar. O tratamento neuro-cirúrgico posterior visa a remoção das lesões expansivas intracranianas e o tratamento da pressão intracranial elevada.

Deve-se ter em mente que o TCE por si só não provoca choque (exceto nas fases tardias e terminais de morte cerebral, quando a falência medular leva à paralisação da respiração e à hipotensão arterial irreversível). Portanto, em qualquer paciente vítima de TCE que se apresenta com hipotensão deve-se considerar a existência de hipovolemia e investigar hemorragias internas e externas [NET86] [EVA81].

A avaliação de um paciente com TCE deve ser contínua e freqüente, especialmente nas primeiras 48 horas, período em que pode haver desenvolvimento de hematomas extradural ou subdural agudo [BAK86]. Nos pacientes com quadro mais grave, esta avaliação deverá ser feita de 30 em 30 minutos ou de 60 em 60 minutos [ALM80]. Realizam-se exames periódicos de:

- Estado de consciência e motricidade dos membros;
- Tamanho e reação pupilar;
- Movimentos extraoculares.

A padronização dos elementos de consciência e motricidade é dada utilizando-se a Escala de Coma de Glasgow [MIL83]:

- Abertura dos olhos:
 - ◆ Espontânea: 4 pontos;
 - ◆ Ao comando: 3 pontos;
 - ◆ À dor: 2 pontos;
 - ◆ Não aberta: 1 ponto.

- Melhor Resposta Verbal:
 - ◆ Orientado: 5 pontos;
 - ◆ Confuso: 4 pontos;
 - ◆ Palavras: 3 pontos;
 - ◆ Sons: 2 pontos;
 - ◆ Não responde: 1 ponto.

- Melhor Resposta Motora:
 - ◆ Obedece: 6 pontos;
 - ◆ Localiza dor: 5 pontos;
 - ◆ Flexão normal: 4 pontos;
 - ◆ Decorticação: 3 pontos;
 - ◆ Descerebração: 2 pontos;
 - ◆ Não responde: 1 ponto.

Decorticação: Flexão do braço e extensão da perna. Indica lesão mesencefálica ou da região superior do tronco cerebral. *Descerebração*: Extensão e rotação interna do braço e extensão da perna. Indica lesão pontina e lesão grave cerebral. Não significa lesão irreversível cerebral, podendo reverter após drenagem de hematomas.

As pupilas medem 3 a 4 mm e reagem à luz direta e indiretamente. Deve-se observar o aumento unilateral da pupila (anisocoria) e a perda de reflexo à luz (compressão do nervo óculo-motor ou de mesencefalo).

Os movimentos extraoculares normalmente são conjugados. Se o paciente está acordado, pede-se a ele que olhe para a mão esquerda, para a direita, para cima, para baixo. Se o paciente está em coma pesquisa-se o reflexo óculo-cefálico (rotação da cabeça provoca desvio conjugado dos olhos para o lado oposto). Esta manobra não pode ser usada se há suspeita de lesão de coluna cervical, pesquisando-se então o reflexo óculo-vestibular (instilação de água fria no ouvido direito ou esquerdo provoca desvio conjugado dos olhos para o lado estimulado). Estes movimentos oculares indicam integridade das conexões do tronco cerebral, sendo que a ausência deles ou movimentos desconjugados indicam a existência de lesão do tronco cerebral.

Pode-se identificar quatro graus de gravidade de um TCE, cada um deles com planos diagnósticos e terapêuticos específicos:

- *Grupo I - Disfunção do Tronco Cerebral:* Requer tratamento imediato. A compressão do tronco cerebral resulta do desvio do cérebro, secundário a uma massa intracraniana (geralmente hematoma epi- ou subdural). À medida que o cérebro é desviado pela lesão expansiva, o unco (face medial do lobo temporal) se desloca medialmente e comprime a parte superior do tronco cerebral (cérebro médio) na fosseta tentorial. Esta seqüência constitui a herniação transtentorial (ou uncal) caracterizada pela tríade: reflexo pupilar anormal à luz, depressão da consciência e sinais motores assimétricos. A alteração pupilar é o “sine qua non” da herniação, sendo fiel localizador em 95% dos casos, isto é, a dilatação pupilar ocorre ipsilateral à lesão expansiva. As disfunções motoras (impotência funcional do braço e perna) são contralaterais à lesão expansiva, e não são sinais localizadores tão precisos, já que somente 80% a 85% dos pacientes apresentarão impotência funcional nos membros ou postura nos membros contralaterais à lesão, com uma hemiparesia “falso localizadora” ipsilateral à lesão expansiva nos casos restantes. Para estes pacientes, enquadrados no Grupo I a presença do Neurocirurgião se faz imediata;
- *Grupo II - Déficit Focal:* Os pacientes com déficit neurológico focal (motores, visuais ou de fala), na ausência de sinais de compressão do tronco cerebral (principalmente dilatação pupilar), devem ser avaliados por um estudo intracraniano (tomografia computadorizada ou angiografia cerebral);
- *Grupo III - Déficit não-Focal:* Os pacientes que não apresentam nenhum déficit neurológico focal, mas que mostrarem nível de consciência deprimido, devem ser mantidos sob observação neurológica cuidadosa para verificar a evolução. Se não apresentarem melhora no decorrer de várias horas ou ocorrer deterioração, devem ser submetidos a tomografia computadorizada ou angiografia cerebral. Deve-se lembrar que os pacientes idosos, já com certo grau de atrofia cerebral, suportam hematomas intracranianos sem déficit focal até que a lesão se torne muito grande;
- *Grupo IV - Exame Neurológico Normal:* De maneira geral, quando há fratura craniana e perda de consciência por mais de 2 ou 3 minutos, deve-se manter o paciente internado para observação. Todo paciente, vítima de TCE, por mais leve que este tenha sido, deve ser orientado quanto aos sinais ou sintomas neurológicos de lesão encefálica, caso ele seja liberado para ir para casa.

A seguir temos uma lista com a seqüência dos procedimentos que são tomados quando da chegada de um paciente com Traumatismo Crânioencefálico no Hospital Celso Ramos:

Triagem - Traumatismo Crânio-Encefálico:

- TCE com Afundamento Aberto
 - ◆ Sem perda da massa encefálica
 - * Limpeza abundante;
 - * Sutura do ferimento;
 - * Comunicar a Neurocirurgia.
 - ◆ Com perda da massa encefálica
 - * Limpeza;
 - * Curativo oclusivo;
 - * Comunicar a Neurocirurgia com urgência
- TCE com Perda de Consciência
 - ◆ Com fratura
 - * Internação em Serviço de Neurocirurgia por período não inferior a 24-36 horas.
 - ◆ Sem fratura
 - * Internação em Serviço de Neurocirurgia por período não inferior a 24-36 horas.
- TCE sem Perda da Consciência
 - ◆ Com fratura
 - Internação em Serviço de Neurocirurgia por período não inferior a 24-36 horas.
 - ◆ Sem fratura
 - * Alta com orientação para retorno caso apareçam sintomas como:
 - ⇒ Sonolência;
 - ⇒ Convulsões etc.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVOS GERAIS

O objetivo geral de um ICAI normalmente é estabelecido como sendo a especificação e implementação de um Sistema Inteligente de Apoio ao Ensino (SIAE) para auxílio à docência e/ou ao treinamento em uma determinada especialidade [MAT89].

Tais sistemas pretendem a integração de métodos de representação de conhecimento, bases de dados, processamento semântico dinâmico (quando for o caso), considerando a evolução natural do sistema representado.

Os SIAE's tem em vista:

- Entrada dos dados iniciais, cuja evolução é objeto de trabalho do aluno, pelo instrutor [FEU64];
- Relacionamento conversacional com o aprendiz [BER85] [WOO79], ou seja, um sistema amigável ("user friendly"), que opere, para o usuário numa forma de simulação qualitativa [BAR87] [BAR88a] [BAR88b] [BOB84], isto é, o processamento trabalhará com termos semânticos [NIE88c] [NIE89a] [OJE89], com terminologia da especialidade [FOX79] [MOR88];
- O estado representado pelo sistema, deve possuir uma evolução dinâmica no tempo, em resposta às ações tomadas pelo aprendiz e em função da condição inicial fornecida [HOL84] [NIE90a];
- Acesso ao estado instantâneo do paciente simulado, na condição que seria possível obter no caso real, isto é, os dados do sistema são parcialmente observáveis, ou seja, não se tem acesso a todos os sinais e sintomas do paciente, tal como aconteceria num caso real [NIE90c] [WOO84].

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para a definição dos objetivos específicos é importante fazer uma análise geral da estrutura básica de um ICAI. A figura 02 apresenta os três principais módulos utilizados em tais sistemas: módulo especialista (ou solucionador de problemas), modelamento do estudante e módulo tutor [FLE84].

O módulo especialista tem como função ensinar ao aprendiz um domínio do conhecimento. Para tanto, ele deve conter todos os fatos, baseados em regras, necessários ao trabalho da área considerada e poder manipulá-los, a fim de determinar se o procedimento tomado pelo aluno é aceitável ou não e em que medida ele se aproxima da melhor solução ou melhor opção dentre as disponíveis [BRO82a] [OLS87] [KOW92]. A base de conhecimentos deve ser organizada em uma arquitetura que permita um trabalho flexível para o processo ensino-aprendizagem [PAP84] [RIS88]. Para tanto, dispõe-se dos vários métodos de organização do conhecimento usados em IA: redes semânticas ("semantic networks"), sistemas de produção ("rule production") [DAV80], representação procedural ("procedural representation"), quadros ("frames") e papéis ("scripts"). O modelo do estudante [SLE90] é utilizado para representar o conhecimento atual do aprendiz, a fim de que se possa determinar como está o processo ensino-aprendizagem, facilitando e auxiliando na escolha dos métodos a serem utilizados durante o mesmo, e procurando também descobrir o porquê das falhas do aluno [BRO76], tarefa esta que é de grande valia no sentido de determinar a melhor maneira de corrigi-las e aumentar a eficiência das sessões.

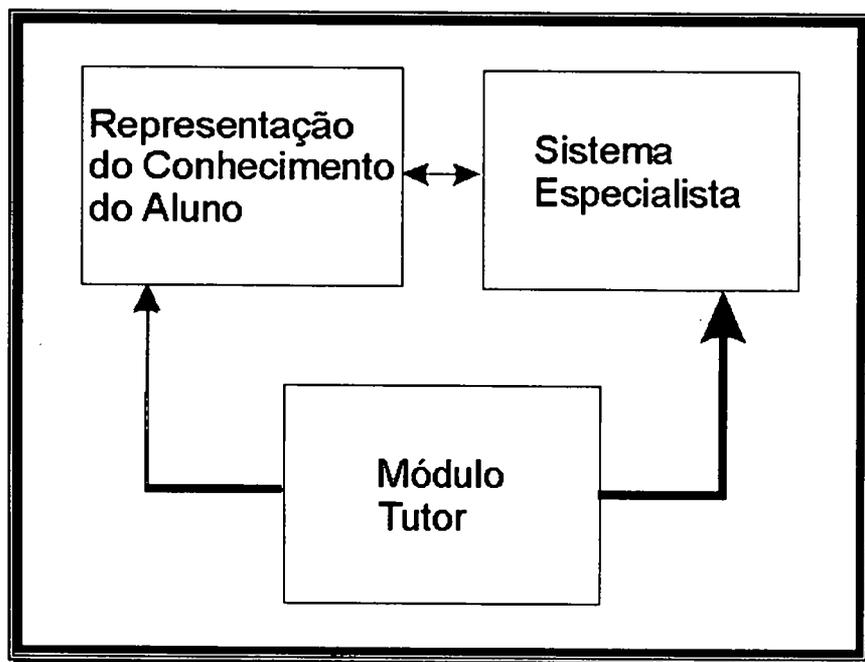


Figura 02

O módulo tutor é o encarregado pedagógico do sistema [VAS92]. Ele verifica as respostas do estudante para determinar qual o melhor método a ser utilizado na seqüência e como fazê-lo. Ele trabalha em conjunto com os dois módulos anteriores, comparando o comportamento do aluno com os resultados fornecidos pelo sistema especialista e determinando em que grau o processo está atingindo suas metas.

Em um ICAI, o desempenho do estudante é avaliado comparando-o com o desempenho de um especialista simulado pelo sistema. A diferença entre o desempenho do estudante e o desempenho do especialista é utilizada para inferir as causas do problema do aprendiz (ou de seus erros) e suas necessidades de aprendizagem [BIE78]. O processo interativo entre o computador e o estudante (incluindo a apresentação de explicações para corrigir os erros do estudante) é determinado por regras tutoriais [VAS90].

Na figura 03 apresenta-se a estrutura geral do SIAE proposto, cuja implementação, utilizando as técnicas de Inteligência Artificial, pretende a codificação dos conhecimentos e o raciocínio do especialista em traumatismos crânioencefálicos, para criar uma ferramenta computacional "inteligente" para apoio ao ensino.

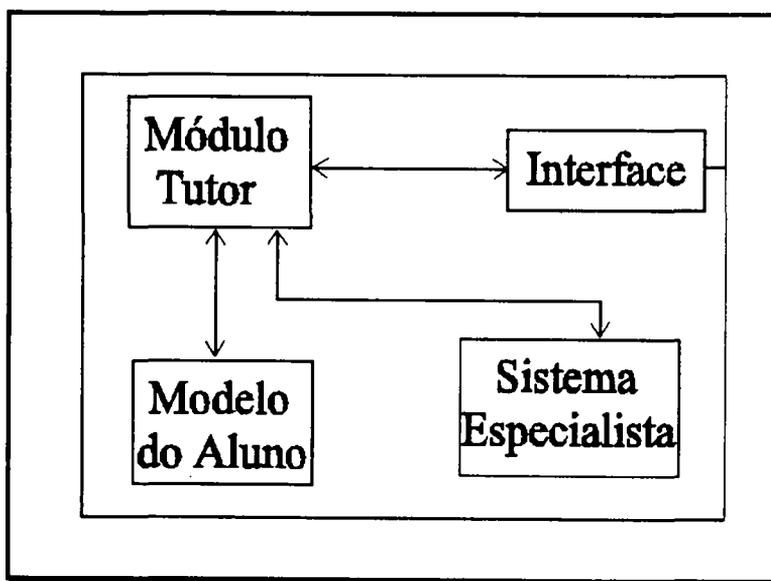


Figura 03

Um Sistema Inteligente de Apoio ao Ensino deve, então, observar alguns pontos essenciais:

- Integração de princípios instrucionais em estratégias instrucionais dependentes do domínio e outras independentes do domínio [TCH88]. Isto significa procurar criar um sistema no qual se utilize uma abordagem onde se sigam os princípios pedagógicos, que por si só são genéricos, independentes da aplicação, ao mesmo tempo que se faça uso de características próprias da situação tratada para se melhorar o desempenho de tal sistema;

- A aplicação de técnicas de Inteligência Artificial em ICAI's deve visar a eficiência e a eficácia educacional [PER90] [RAG87] [TEN87a] [TEN87b]. Ao contrário da idéia inicial segundo a qual o objetivo de um ICAI era determinar até que ponto o conhecimento obtido em IA poderia ser utilizado num ambiente educacional, hoje busca-se criar sistemas utilizando-se para tanto da experiência lá adquirida e usando-a para que alunos possam ter um acompanhamento mais individualizado, atendendo às características individuais;
- Envolvimento maior de psicólogos educacionais e de especialistas do domínio, visando a se criar um tutor no qual o aluno aprenda de forma agradável o tema a ser tratado, tendo em vista que nesta situação os resultados da aprendizagem, além de poderem ser alcançados mais rapidamente, também são mais duradouros, e que se tenha um sistema tecnicamente correto em termos da área de interesse;
- Aplicação de métodos de análise de tarefas para facilitar a análise da estrutura do domínio de conhecimento [FER88], ou seja, o conhecimento a ser trabalhado deve estar organizado de maneira que possibilite a evolução dentro do tema, aumentando gradualmente o nível de complexidade. Isto só pode ser feito se num primeiro momento for determinado como tal conhecimento está estruturado e como ele pode ser melhor organizado, a fim de permitir tal gradação;
- Considerar os vários estágios da aprendizagem, tendo em vista que cada aluno, além de possuir seu próprio ritmo de aprendizagem, também passa por várias etapas, adquirindo inicialmente os conceitos básicos, para depois começar a compreender os relacionamentos que existem entre os mesmos e então começar a formar uma visão geral da área;
- Deve existir um componente para medida e avaliação e o sistema deve ser validado a partir de métodos de avaliação formativa e somativa. Além do aluno ser avaliado em função do seu resultado final, deve-se considerar como ele evolui ao longo do treinamento, sendo que uma forma de se validar o sistema constitui-se na própria avaliação do aluno, pois este é o objetivo final da existência do tutor.

1.5.3 PROPOSTA

A proposta do presente trabalho é:

- Determinar os principais fatores que influenciam no processo ensino-aprendizagem quando da utilização do computador como ferramenta de apoio em tal processo;
- Caracterizar os procedimentos a serem observados quando da criação de um sistema para o auxílio ao ensino na Área Médica, em Traumatismos Crânio-Encefálicos;
- Em função das características observadas de tal sistema, que leva em conta as particularidades de tal especialidade, bem como as características desejáveis de um ICAI, verificar o desempenho do mesmo e tecer considerações a respeito do uso de sistemas automatizados no auxílio ao ensino em função dos módulos utilizados.

CAPÍTULO II - DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE UM ICAI

II.1. BLOCOS DE UM SIAE

II.1.1 DESCRIÇÃO SUCINTA DOS SISTEMAS

II.1.2 MODELO DO ALUNO

II.1.3 SISTEMA ESPECIALISTA

II.1.4 MÓDULO TUTOR

II.1.5 ETAPAS GERAIS DE UMA SESSÃO

II.2. CARACTERÍSTICAS PEDAGÓGICAS DE ICAI'S

*II.2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DE
TUTORIAIS*

*II.2.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DE
SIMULAÇÃO*

*II.2.3 CARACTERÍSTICAS GERAIS DE
TESTES*

II.1 BLOCOS DE UM SIAE

II.1.1 DESCRIÇÃO SUCINTA DOS SISTEMAS

Uma representação sucinta dos sistemas está representada na figura 04 adiante. Nela pode-se observar os principais elementos componentes do sistema [RIC89].

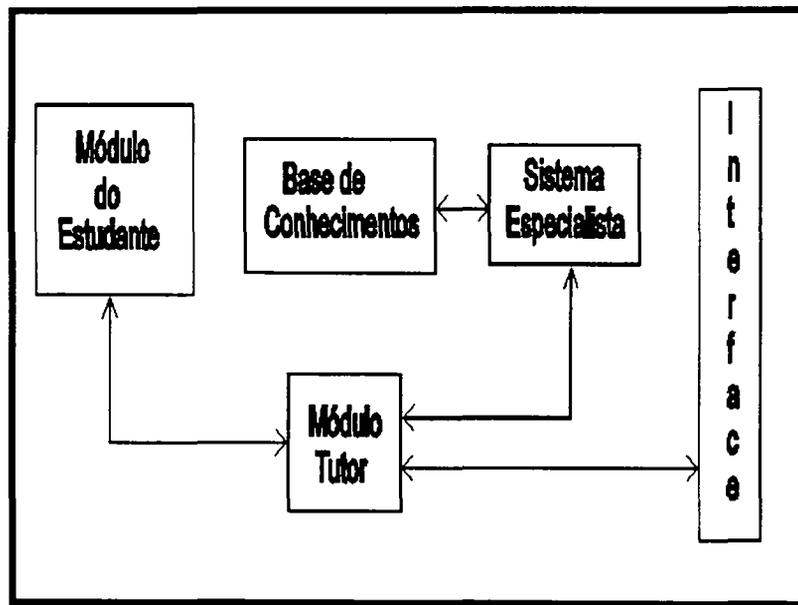


Figura 04

A *Interface* tem como função principal providenciar a adequação entre o conhecimento e procedimentos compilados e a forma visual com a qual o estudante irá trabalhar, fazendo a conversão entre os ambientes, atentando para detalhes que tornem o uso do sistema não somente fácil como também produtivo, procurando, na medida do possível, aproximar-se da situação real que se pretende simular.

A *Base de Conhecimentos* contém o conhecimento da área em questão e para tanto pode-se utilizar uma representação particular [CHE92] [GOL79], se esta for mais conveniente, devido às características particulares do problema ou então se optar por qualquer uma das várias formas de representação do conhecimento padrão, quais sejam:

- *Regras de Produção* do tipo Se X Então Y, onde podemos ter como premissa (X) uma conjunção ou disjunção de proposições e como conclusão (Y) também uma conjunção ou disjunção de proposições [LUG93]. As Regras de Produção são a forma de representação do conhecimento mais utilizada em Inteligência

Artificial para a criação de Sistemas Especialistas, devido à sua naturalidade, ou seja, os especialistas tem muita facilidade em colocar o seu conhecimento neste formato, além de que o mesmo é bastante flexível, ou seja, não existem dificuldades em se retirar, incluir ou alterar regras já existentes, devido ao fato de cada regra ser independente das demais. Constitui-se na forma preferida quando se constrói um ICAI baseado no paradigma dos Sistemas Especialistas Articulados;

- *Redes Semânticas* que são compostas por nós e arcos [RIC91]. Os nós representam conceitos ou elementos físicos e os arcos indicam relações que existem entre os nós, as quais podem ser de qualquer tipo. Numa versão simplificada das Redes Semânticas os arcos podem ser somente de dois tipos: nós do tipo É-UM e nós do tipo TEM, onde a primeira relação indica que temos uma classe e sua subclasse, enquanto que a segunda relação indica uma relação de propriedade entre elementos da rede. As Redes Semânticas são uma das formas mais potentes de representação do conhecimento, mas apresentam dificuldades no momento de se criar um mecanismo que manipule o conhecimento assim expresso. Temos um exemplo de Rede Semântica na Figura 05;

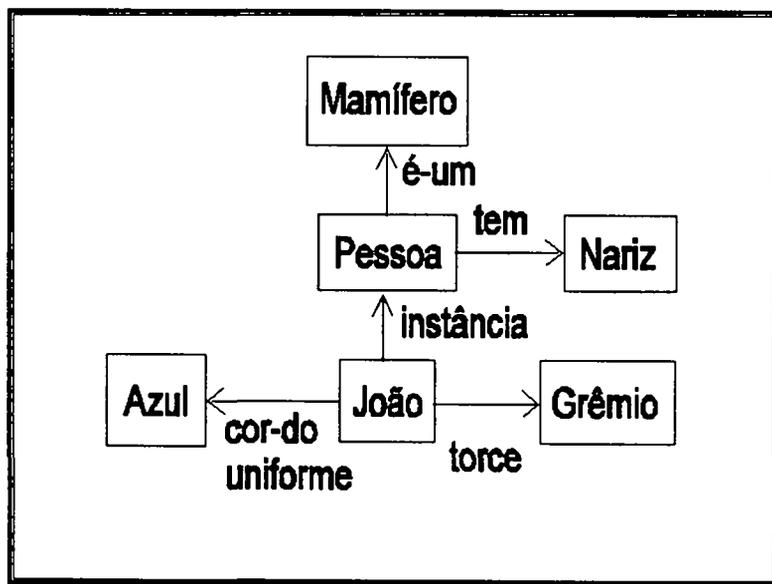


Figura 05

- *Frames* constituem-se numa forma de representação do conhecimento onde agrupam-se os elementos em classes e subclasses até se chegar às instâncias [WOS92]. Cada um dos frames compõe-se de divisões (“slots”) que contém as características e propriedades da classe ou instância em questão. É uma maneira bastante organizada e hierarquizada de se representar conhecimento, exigindo, portanto, tal característica do conhecimento a ser representado. Por isto, se

houver muitas exceções, torna-se difícil a utilização de frames. Um exemplo de frame está indicado na Figura 06;

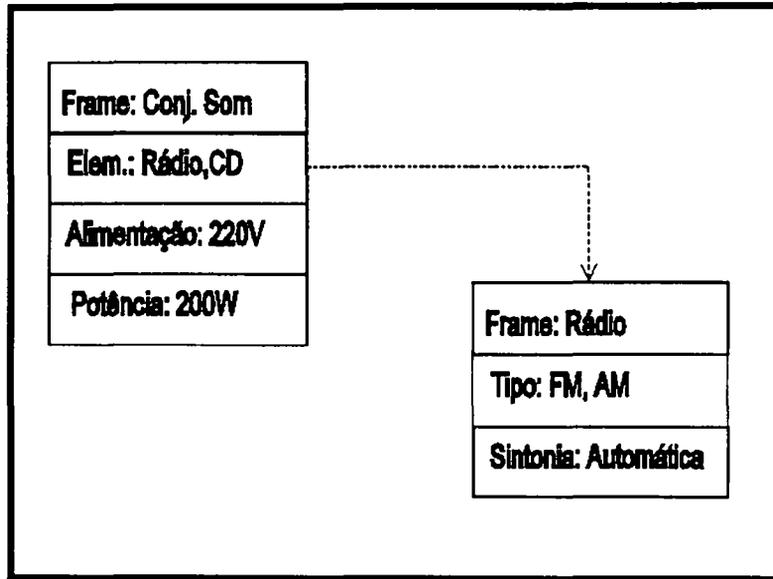


Figura 06

O *Sistema Especialista* desempenha o papel do especialista no tema, tendo condições de conduzir o aprendiz através de uma sessão completa de resolução do problema sob consideração, possibilitando ao mesmo o acompanhamento de todos os passos, utilizando-se para tanto do conhecimento explícito, formalizado, quanto do conhecimento empírico que se obtém após anos de experiência, o que torna o seu desempenho muito superior àquele obtido nos manuais e livros. Este conhecimento empírico é denominado de *heurística*. Porém, o Sistema Especialista a ser usado em um Sistema de Auxílio ao Ensino deve trabalhar passo a passo, fornecendo as respostas parciais, bem como aceitar que o estudante tome uma nova atitude, haja visto que um aluno pode adotar um procedimento não convencional, mas que também seja correto e o sistema deve aceitar tal condição, não a considerando como um erro.

O *Módulo do Aluno* tem como função principal manter um registro das condições do aluno frente ao tema tratado. Uma das abordagens possíveis é se adotar a posição de que o conhecimento do aluno vai crescendo ao longo do tempo, sendo que as informações a respeito de tal progresso são armazenadas neste módulo. Neste sentido, o Módulo do Aluno pode ser encarado como uma base de conhecimentos do aprendiz, onde se armazenam na forma mais conveniente (regras de produção, frames etc.) os conhecimentos obtidos pelo mesmo. Em função da velocidade de crescimento da mesma, pode-se depreender se a técnica empregada para ensinar é adequada ou não ao aluno em questão. Uma segunda possibilidade para este módulo consiste em se manter uma lista dos

possíveis erros do aluno, o que permite, não só determinar a melhora no seu desempenho, como também facilita determinar quais são seus pontos fracos [GAR89] [RAY87].

O *Módulo Tutor* é o encarregado pedagógico do sistema. Ele define quando e quais atitudes devem ser tomadas durante uma sessão. Em função do comportamento do aprendiz, ele determina se o mesmo está atingindo os objetivos estipulados e, em função do conteúdo do Módulo do Aluno, este módulo tem condições de determinar a linha de raciocínio adotada.

II. 1.2 *MODELO DO ALUNO*

Os dois principais pontos a serem solucionados pelo sistema são [SEL79] [SEL88]:

- quando interromper a atividade do estudante de resolução do problema;
- o que dizer, uma vez interrompida a atividade.

Em geral, soluções para estes problemas requerem técnicas para determinar o que o estudante deve saber (procedimentos para construir um modelo de diagnostico), bem como explicitar princípios tutoriais sobre interrupção e correção. Estes, por sua vez, requerem uma teoria de como o estudante forma abstrações, como ele aprende, e quando ele esta apto a ser mais receptivo a uma correção. Infelizmente, há poucas teorias psicológicas, se é que existem, precisas o suficiente para sugerir algo mais que precaução [FRE90].

O sistema somente sabe que o aluno não fez o melhor movimento [STE79] [TAI84]. A partir desta informação negativa, ele deve determinar porque não, isto é, o movimento em si não manifesta um sintoma ou um erro, mas a ausência de outro movimento o faz.

Quando o estudante faz um movimento não ótimo (determinado por comparação com o movimento do especialista), o sistema usa um componente avaliador de cada conteúdo para criar uma lista de conteúdos nos quais o estudante esta fraco. Com a lista de melhores movimentos do especialista, o sistema invoca um reconhecedor de conteúdos para determinar quais conteúdos são ilustrados pelos melhores movimentos. Destas duas listas (os conteúdos "fracos" e os conteúdos do "melhor movimento") o sistema seleciona um conteúdo e um bom movimento que o ilustra, (isto é, cria um exemplo do mesmo) e decide, com base em outros princípios tutoriais, se deve ou não interromper. Se o sistema decide interromper, o conteúdo selecionado e os exemplo são passados para os geradores

de explicação, os quais produzem a realimentação para o estudante [GIS92] [ZAD65] [ZAD81].

II. 1.3 SISTEMA ESPECIALISTA

O sistema deve se restringir a inferir a intenção do estudante, a partir das atitudes do mesmo no contexto do jogo ou da resolução do problema [BOB86] [WEI84]. Isto pode ser difícil. Apenas porque um estudante não usa um certo procedimento, enquanto resolve um problema não significa que ele não conheça o procedimento. Pode ser, por exemplo, que aquele procedimento não tenha sido necessário porque não foi criada nenhuma situação que requeira o seu uso. Embora isto pareça óbvio, ele coloca um sério problema de diagnóstico, durante a criação do modelo diferencial, o qual indica os desvios no procedimento do estudante em relação àqueles do especialista.

O processo de construir um modelo diferencial requer duas subtarefas. A primeira é avaliar a qualidade da atitude do estudante em cada momento, ou "movimento" em relação ao conjunto de possíveis alternativas de "movimentos" que um especialista pode ter exatamente nas mesmas circunstâncias. A segunda tarefa é determinar os itens que entraram na seleção e composição do movimento do estudante, bem como em cada um dos melhores movimentos do especialista [BOU87].

A representação do domínio do especialista, em um computador, pode se dar em uma de duas formas. Uma delas é a de "caixa de vidro" ou modelo articulado. O modelo é conhecido como articulado porque cada decisão tomada na resolução do problema pode, em princípio, ser explicada em termos que coincidem (em algum nível de abstração) com aquelas de um solucionador humano de problemas [BOU81]. Em contraste com o especialista articulado, existe o especialista "caixa preta", o qual tem uma estrutura de dados e processamento algorítmicos que não mimetizam aqueles usados pelo especialista humano.

Dentro da estrutura de diagnóstico de problemas por um treinador, o especialista "caixa de vidro" parece ser mais útil, já que ele pode ser usado, tanto para a avaliação do processo (gerando os movimentos ótimos), quanto para a determinação do porque de cada movimento.

Como a implementação de um especialista "caixa preta" não é limitada pelos algoritmos humanos, ele pode ser considerado, potencialmente, mais eficiente e, portanto, mais útil para a avaliação de cada movimento do estudante. Entretanto, os procedimentos que ele usa para gerar um movimento ótimo não são análogos aos do estudante, motivo pelo qual ele não pode ser usado

diretamente para a tarefa de determinação dos procedimentos. Isto aumenta a possibilidade de combinar um eficiente e robusto especialista "caixa preta", para avaliação, com um menos eficiente especialista "caixa de vidro" para determinação dos procedimentos.

O conteúdo embute importantes conceitos subjacentes ao comportamento do estudante e define o espaço de conceitos a que o sistema pode ter acesso. Cada conteúdo é representado em duas partes: um elemento para reconhecer e um para avaliar. Os reconhecedores são direcionados pelos dados ("*data-driven*"), a partir do contexto local do estudante e dos movimentos do especialista. Os avaliadores são direcionados pelos objetivos ("*goal-directed*"), ou seja, determinam os pontos fracos do estudante.

Se há dois conteúdos, ambos aplicáveis a uma certa situação, qual deve ser tomado? Neste caso pode ser útil uma ordenação relativa da importância ou das ligações pré-requisitos sobre o espaço dos conteúdos [COR88]. Dois princípios podem guiar esta decisão. O primeiro é o da estratégia de foco, a qual assegura que se tudo for igual, o conteúdo escolhido é aquele que mais recentemente tenha sido discutido. O princípio alternativo é o da estratégia de largura, o qual assegura que se tudo é igual, o conteúdo selecionado é aquele que não tenha sido recentemente discutido. Um simples mecanismo de agenda permite uma estrutura pura do tipo foco ou largura. A escolha mais comum é a estratégia de largura, porque ela previne que um de dois conteúdos interdependentes bloqueie ao outro [SHO84] [SIS92] [SLA90].

Uma vez que a decisão tenha sido tomada para tutorar um conteúdo particular, com um exemplo em particular, o sistema ainda deve decidir como expressar o conteúdo ao estudante. Este é o problema da explicação. Além de dizer as coisas que o estudante não sabe, postulados conversacionais ditam que as coisas que o estudante já sabe não devem ser ditas [WOO84].

II.1.4 MÓDULO TUTOR

Distingue-se dois tipos de princípios: aqueles para estruturar o ambiente em si e aqueles para guiar o sistema no ambiente. Neste ambiente, o melhor para o estudante é descobrir por si o máximo da estrutura de uma situação, tanto quanto possível. Toda vez que o sistema diz ao estudante algo, ele lhe está roubando a oportunidade de descobrir por si. Muitos tutores humanos interrompem muito freqüentemente, em geral por falta de tempo ou de paciência, e eles podem estar impedindo no estudante o desenvolvimento de importantes conceitos, os quais permitiriam ao estudante detectar e usar seus próprios erros.

A idéia principal do comentários do sistema é que eles devem ser relevantes e memoráveis. Os conteúdos são usados no processo de diagnóstico para identificar, em qualquer momento em particular, o que é relevante. Os exemplos fornecem instâncias concretas destes conceitos abstratos. Temos a seguir alguns princípios para sistemas gerais, enunciados por Clancey [CLA87].

- Princípio 1: Antes de fornecer "sugestões", esteja seguro de que o conteúdo usado é um no qual o estudante está fraco.
- Princípio 2: Quando ilustrando um conteúdo, use somente um exemplo (ou movimento alternativo) no qual o resultado ou seqüência daquele movimento seja dramaticamente superior ao feito pelo estudante.
- Princípio 3: Após dar instrução ao estudante, permita-lhe incorporar o conteúdo imediatamente, dando-lhe chance de repetir.
- Princípio 4: Se um estudante está quase perdendo, interrompa-o e tutorie-o somente com movimentos que o impeçam de perder.
- Princípio 5: Não dê instruções em dois movimentos seguidos, independente do que acontecer.
- Princípio 6: Não dê instruções antes que o estudante tenha condições de descobrir por si o que esta acontecendo.
- Princípio 7: Não faça apenas críticas quando o sistema interrompe. Se o estudante fez um movimento excelente, identifique porque foi e congratule-o.
- Princípio 8: Após dar instruções ao estudante, ofereça-lhe a chance de refazer o movimento, mas não o obrigue a tal.
- Princípio 9: Faça com que o sistema especialista sempre tenha um desempenho ótimo.
- Princípio 10: Se o estudante solicita ajuda, providencie estruturando as "sugestões" em vários níveis. Por exemplo:
 1. Sugestão 1 - Isole o ponto fraco e enderece diretamente o mesmo;

2. Sugestão 2 (O QUE) - Delineie qual o espaço de possíveis movimentos neste ponto do problema;
 3. Sugestão 3 (POR QUE) - Selecione o movimento ótimo e diga-lhe porque é ótimo;
 4. Sugestão 4 (COMO) - Descreva como fazer o movimento ótimo [JOH84].
- Princípio 11: Se o estudante está cometendo erros de forma consistente, ajuste o nível da sessão.
 - Princípio 12: Se o estudante comete um erro potencialmente leve, esqueça-o. Mas, forneça comentário explicativo no caso em que não foi apenas leve.

A performance pode ser aumentada, adicionando vários níveis tais como: um "nível de suporte" para justificar regras individuais e um "nível de abstração" para organizar as regras em padrões. Um sistema pode ser projetado para estudantes bem motivados e que tenham capacidade de um diálogo sério com iniciativa mista. Várias características tornam o sistema flexível, tal que os estudantes podem usar seu julgamento para controlar o nível e detalhe da discussão. Estas características incluem capacidade para requisitar:

- uma lista de descrições de todos os dados relevantes para um objetivo particular;
- uma árvore de subobjetivos para um objetivo;
- uma sugestão relevante para o objetivo atual;
- um sumário conciso de todas as evidências já discutidas para um objetivo (dados e regras que foram mencionados no diálogo);
- discussão de um objetivo (a ser escolhido pelo estudante);
- conclusão de uma discussão, finalizando a coleção de evidências para um objetivo, e indicando conclusões que o estudante pode inferir.

O procedimento para discutir uma regra de domínio inclui um passo que indica para "considerar a menção de regras relacionadas com aquela já discutida". Desta forma, um passo de um procedimento de discurso específica, de forma esquemática, QUANDO um tipo de comentário pode ser apropriado. SE

tomar uma opção (ou seja, há uma regra "interessante" para mencionar?) e O QUE dizer exatamente (o discurso para mencionar a regra), serão determinados dinamicamente pelas regras de tutoramento, cujas pré-condições referem-se ao modelo do estudante e de foco (referidos em conjunto como modelo de comunicação) [WEX70] [WIL94].

Regras tutoriais são geralmente invocadas como um pacote para obter algum objetivo tutorial [HOW92]. Pacotes destas regras são de dois tipos:

- Regras para acumular crença. Dois exemplos são: atualizando o modelo de comunicação e determinando o quão "interessante" um tópico é. Geralmente, um pacote de regras deste tipo é aplicado exaustivamente;
- Regras para selecionar um procedimento de discurso como segue. Geralmente, um pacote deste tipo pára de tentar aplicar regras quando a primeira obtém sucesso. O conhecimento referenciado, na parte ação de uma regra deste tipo, consiste de código estilizado, assim como os passos de um procedimento de discurso. Um passo pode chamar:
 1. um pacote de regras de tutoramento, ou seja, selecionar um formato de questão para apresentar uma dada regra de domínio;
 2. um procedimento de discurso, ou seja, discutir seqüencialmente cada pré-condição de uma regra de domínio;
 3. uma função primitiva, ou seja, aceitar uma questão de um estudante, realizar buscas etc.

A seguir tem-se sugestão de regras de tutoramento:

- Regras para selecionar padrões de discurso:
 1. Guiando discussão de uma regra de domínio;
 2. Respondendo a uma hipótese do estudante;
 3. Escolhendo formatos de questões.
- Regras para escolher o domínio do conhecimento:
 1. Providenciando orientação para buscar objetivos;
 2. Medindo interesse de regras de domínio.
- Regras para manter o modelo de comunicação:
 1. Atualizando o modelo de sobreposição quando regras de domínio disparam;

2. Atualizando o modelo de sobreposição durante a avaliação de uma hipótese;
3. Criando um caso syllabus, conforme será explicado mais adiante.

O meta-conhecimento da representação e aplicação das regras de domínio desempenha um importante papel nas regras de tutoramento. Alguns usos são:

- Examinar a regra (se ela foi tentada na consulta) e determinar os subobjetivos necessários de serem obtidos, antes que ela possa ser aplicada: se a regra falhar, determinar todas as formas possíveis que poderiam ser determinadas (talvez mais que uma condição seja falsa);
- Examinar o estado de aplicação da regra durante uma interação tutorial (o que mais precisa ser feito antes que ela possa ser aplicada?) e escolher um método apropriado de apresentação;
- Gerar questões diferentes para o estudante;
- Usar a regra (e variações dela) para compreender uma hipótese do estudante;
- Sumariar argumentos usando a regra, extraindo o ponto chave que ela possui.

Conforme o estudante recebe dados, as d-regras, que foram disparadas durante a consulta e que estão associadas, são executadas em cadeia de ação avante ("forward chaining"). Sabe-se, a cada momento, a conclusão que o especialista chegaria baseado nas evidências disponíveis ao estudante. Faz-se uso do conhecimento acerca do histórico e competência do estudante para formar hipóteses sobre quais conclusões do especialista o estudante conhece. Isto foi chamado de modelo de sobreposição do estudante, por Goldstein, porque o conhecimento do estudante é modelado em termos de um subconjunto e de variações da base de regras do especialista [JAC84].

Regras tutoriais especiais para atualizar o modelo de sobreposição são invocadas se o programa especialista aplica com sucesso uma regra de domínio [CLA79]. Estas regras tutoriais devem decidir se o estudante alcançou a mesma conclusão. Esta decisão é baseada sobre:

- a complexidade inerente da regra de domínio (isto é, algumas regras são definições triviais, outras envolvem interações);

- se o tutor acredita que o estudante sabe como obter os subobjetivos que aparecem na regra de domínio (fatores que requerem a aplicação de regras);
- o histórico do estudante (isto é, ano de escola medica, interno etc.);
- evidência conseguida em interações prévias com o estudante.

Syllabus é um tipo de regra que deve dar um sentido global do valor da discussão de tópicos particulares, especialmente como a profundidade da ênfase agirá sobre a compreensão do estudante da solução do problema. *Syllabus* é derivado do seguinte:

- do modelo do estudante - em que pontos o estudante necessita de instrução?;
- interesses confessos do estudante - talvez o caso seja escolhido a partir de características que o estudante quer conhece melhor;
- importância intrínseca de tópicos - que papel a informação desempenha na compreensão da solução do problema?;
- importância extrínseca de tópicos - dado o universo de casos, quão interessante é o tópico?.

A estrutura chamada de "script" [SCH77] [BUM88] tem como algumas de suas características:

- São estruturas de conhecimento genéricas, representando informação acerca de classes de fenômenos;
- Representam uma seqüência parcialmente ordenada de eventos, ligadas por conectores temporais ou causais;
- Tem uma estrutura hierarquicamente embutida, com subscritos expandidos sobre o conteúdo de scripts de eventos maiores;
- Tem um conjunto de papéis que serão limitados a entidades particulares, quando o script é aplicado a um caso particular.

As partes de uma representação funcional são:

- Um conjunto de atores, cada um com um papel no processo global;

- Um conjunto de fatores que afetam o processo. Todos os fatores são atributos de vários atores;
- Uma descrição do resultado do processo. O resultado é sempre uma alteração no valor de algum fator;
- Uma descrição da relação funcional que ocorre entre os fatores e o resultado. Há espaço para complexidade e sutileza na descrição de relações funcionais (isto é, incluindo conceitos de limite, descontinuidades etc.), mas um esquema descritivo simples pode permitir relações positivas e inversas.

Esta representação é genérica em dois aspectos. Ela pode ser parcialmente especificada assinalando valores aos atributos dos atores. Regras de inferência que fazem uso da informação acerca dos atributos relevantes e relações funcionais podem ser construídas para verificar (em um certo nível de aproximação) se os valores assinalados aos fatores e aos resultados são consistentes.

A segunda forma em que esta representação pode ser especificada é determinando os atores. Todas as informações do processo sobre relações funcionais e propriedades podem ser determinadas para o caso particular .

Uma perspectiva funcional difere da visão de um script de várias maneiras. Antes de tudo, ela é não linear e interativa, em lugar de ordenada e seqüencial. Relações funcionais positivas ou inversas funcionam em ambas as direções, enquanto "acrécimo" e "decrécimo" seriam codificados como diferentes em uma representação tipo roteiro ("script"). Além disso, relações causais são implícitas e indefinidas em uma visão funcional, em vez de explicitamente estabelecidas em uma estrutura de "script".

A organização em script governa o seqüenciamento de tópicos maiores, enquanto uma perspectiva funcional descreve as características dominantes de uma microestrutura interagindo.

Tutores discutem tópicos em uma ordem racional, normalmente seguindo discussão de um processo com a discussão de um processo temporal ou causalmente adjacente, ou com uma discussão de subprocessos componentes. O ponto básico de uma estrutura em script orientada pelos objetivos foi detalhado em Stevens & Collins [STE77]. Cada passo em uma seqüência de nível superior será argüida. Passos errados ou faltantes farão o tutor alterar o nível de análise para um nível abaixo, ao subcript relevante, a fim de encontrar a fonte e corrigir o erro. Se

um estudante compreende todos os passos maiores no script, o tutor pode se mover ao nível de subscript e examinar o conhecimento em maior profundidade, ou pode propor um caso específico e pedir ao estudante para aplicar o esquema geral a esta nova instância.

Uma estrutura de conhecimento em scripts indica-se para descrever algumas das maiores características organizacionais dos diálogos tutoriais. Entretanto, um exame mais detalhado da interação revela que o tutor prova o estudante com muitos aspectos diferentes de conhecimento. Quando o estudante comete um erro, o tutor as vezes o corrigirá, mas em muitos casos solicitará outras questões até que a dificuldade subjacente ao erro seja isolada. Algumas das microestruturas destes diálogos parecem ser governadas por uma perspectiva funcional, o que sugere fontes possíveis de erro no modelo funcional do estudante.

Os tutores gastam uma boa parte de seu tempo diagnosticando incorreções conceituais de erros, manifestados nos diálogos. Muito da experiência do professor como corretor de erros depende do conhecimento acerca dos tipos conceituais de erros que os estudantes tem, das manifestações destes erros e dos métodos para corrigí-los. Portanto, um importante componente de qualquer sistema de ensino é um método de representar, diagnosticar e corrigir erros.

Deve-se observar que:

- Um particular erro conceitual é freqüentemente partilhado por vários estudantes;
- Um particular erro conceitual é freqüentemente manifestado em muitas formas diferentes.

Os elementos comuns de erros são muito abstratos; diagnosticar erros não pode depender da identificação apenas de palavras chaves ou características superficiais. O tutor deve ter estruturas de conhecimento genéricas pré-armazenadas e procedimentos para mapear estes erros superficiais, na profundidade de nível de representação. Isto, obviamente, não é uma tarefa simples [HAR88] [WIN90].

Os erros estão ainda relativamente escondidos, refletindo os níveis profundos de incorreções no conhecimento. A razão maior para acreditar nisto é que os erros em si parecem seguir padrões. Os padrões parecem ser melhor explicados como o resultado de problemas profundos no conhecimento do estudante. Às vezes, estes problemas mais profundos são devidos à aplicação de

uma metáfora incorreta na compreensão de um processo; outras vezes o padrão reflete relações faltantes ou incorretas entre processos, tal como a noção de processo inverso ou a idéia de realimentação positiva. Um segundo tipo de padrão é aquele que surge devido a falta de generalizações acerca das relações entre processos.

II.1.5 ETAPAS GERAIS DE UMA SESSÃO

A aprendizagem se dá ao longo de várias sessões, ao longo das quais o estudante vai evoluindo e (espera-se) aumentando o seu nível de conhecimento sobre o tema, ou então melhorando o seu desempenho frente à situação. Em cada sessão existe uma série de etapas pelas quais o estudante passa, conforme se observa na figura 07.

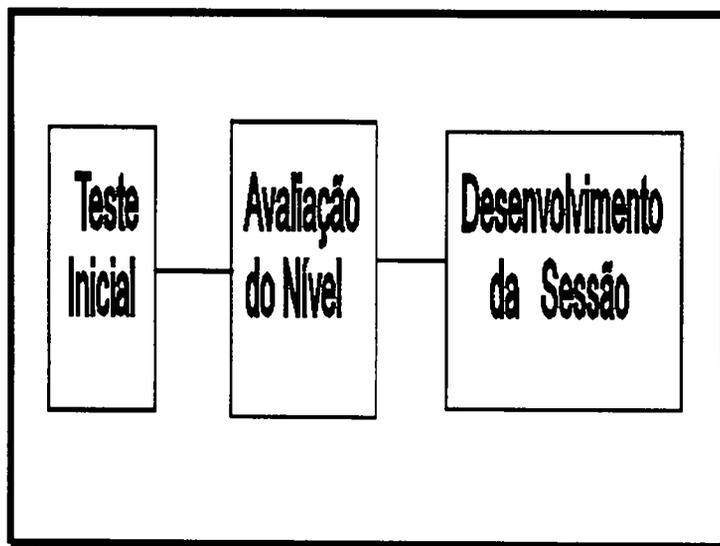


Figura 07

No começo do processo de aprendizagem realiza-se um teste, a fim de se verificar o nível de conhecimento que o aluno já possui. Assim, pode-se adequar o tipo de problema aos conhecimentos prévios e evita-se que um certo aluno receba um problema muito simples, o que tornaria o processo muito monótono. Também através da avaliação inicial, pode-se determinar o nível de auxílio que o estudante irá necessitar [HAY87] [HEG90].

O teste é então avaliado em relação a testes anteriores, verificando-se se o conhecimento teve um acréscimo. Há que se considerar que diversos fatores influenciam no desempenho e, portanto, o resultado de tal teste, assim como da sessão como um todo, não pode ser tomado como um indicador absoluto [ADL86].

Após isto, o aprendiz tem acesso ao sistema, podendo recomeçar uma sessão inteiramente nova ou continuar a partir do ponto onde havia abandonado na última vez em que praticou seus conhecimentos. O sistema deve possuir condições de, automaticamente, decidir por uma outra opção, determinado pelo Módulo Tutor.

Durante a sessão, o estudante deve ter liberdade de tomar as ações que achar conveniente e, em função da correção ou não das mesmas, o sistema realiza a crítica, cuja finalidade é fazer com que os esforços envidados pelo aluno sejam direcionados na correta solução do problema, ou seja, o sistema pode, a critério, interromper a sessão e fornecer auxílio em um nível determinado em função da estratégia adotada.

Ao final da sessão normalmente tem-se uma reavaliação global do desempenho do aluno, que determina quais os pontos que passaram a ser então dominados, de tal forma que se possua ao fim de cada sessão uma visão atualizada do conhecimento do aluno e de sua evolução ao longo de várias sessões [TAB85] [TON80] [WAT79] [ZAN88].

II.2 CARACTERÍSTICAS PEDAGÓGICAS NOS SIAE'S

Na seqüência estão listadas algumas recomendações obtidas a partir de sistemas desenvolvidas para várias áreas, com respeito ao uso de tutoriais e suas características, bem como do caso particular das simulações em tutoriais. Apresentam-se também algumas considerações sobre os testes que podem ser realizados, além da seqüência de projeto de Sistemas Informatizados de Auxílio ao Ensino. Tais indicações prendem-se aos princípios educacionais e pedagógicos, não levando em consideração as características políticas necessárias para a implantação de tais sistemas em larga escala.

II.2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DE TUTORIAIS

Segundo o “The American Heritage Dictionary of the English Language” [THE92], temos como definições para um tutorial:

“Something that provides special, often individual instruction, especially: *a.* A book or class that provides instruction in a particular area. *b.* Computer Science. A program that instructs the user of a system or software package by simulating the capabilities of the system or software.”

Com relação à introdução: Na tela inicial do sistema deve-se apresentar clara e brevemente quais os objetivos a serem atingidos, fornecendo as indicações básicas necessárias para que o aprendiz tenha condições de alcançá-lo. Dar condições ou fornecer ao estudante uma forma de ligar os objetivos previstos com os seus conhecimentos prévios.

Com relação ao controle da sessão: Permitir que o aprendiz tenha o controle da sessão, sendo maior esta liberdade para adultos do que para crianças. Em cada momento deve-se ter acesso tanto às etapas seguintes quanto às anteriores para uma revisão dos passos até então realizados [ATT86]. O aprendiz deve ter acesso a todos os meios disponíveis para executar as suas tarefas (mouse, menus etc.). Deve ser permitido ao aprendiz fazer uma pausa temporária na sessão e retornar posteriormente ao ponto em que estava, sempre que possível.

Com relação à motivação: Um dos principais pontos na utilização de tutoriais consiste em conseguir a atenção do aprendiz. Para tanto deve-se tornar o conteúdo e sua apresentação o mais motivante possível. Deve-se buscar a motivação tanto a nível macro (ou seja, em termos de estratégias) quanto a nível micro (com relação às características da lição). Para tanto, busca-se criar um ambiente que seja

envolvente, despertando a curiosidade do utilizador, mas mantendo a atenção no fato de que o conteúdo deve ser aprendido, não se limitando a usar o ambiente como elemento chamativo, fornecendo, através das lições, oportunidade para sucesso e satisfação através de objetivos apropriados, reforçamento e imparcialidade.

Com relação às questões e respostas: Deve-se buscar formular questões com frequência e sobre pontos importantes, perguntas estas que tenham respostas econômicas, ou seja, diretas e precisas sempre que possível. A fim de permitir uma recuperação imediata, sempre que houver erro, dar uma nova chance de responder à questão, fornecendo auxílio em nível adequado. Quando da formulação de questões, escolher se é de memória ou de compreensão em função do item em consideração.

Com relação à realimentação acerca das respostas: Se o conteúdo da resposta está correto, dar uma afirmação positiva. Quando o formato da resposta estiver incorreto, indicar e permitir uma segunda resposta. Se o conteúdo da resposta está incorreto, fornecer realimentação corretiva.

Com relação ao seqüenciamento dos segmentos da lição: Criar uma seqüência hierárquica ou baseada em dificuldade, permitindo que ocorram saltos em função do desempenho, os quais são controlados pelo próprio aprendiz, controle este maior em função de uma maior maturidade do mesmo.

11.2.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DE SIMULAÇÕES

Segundo o “The American Heritage Dictionary of the English Language” [THE92], temos como sendo simulação:

- “1. The act or process of simulating.
2. An imitation; a sham.
3. Assumption of a false appearance.
4. Imitation or representation, as of a potential situation or in experimental testing. *or:* Representation of the operation or features of one process or system through the use of another: computer simulation of an in-flight emergency.”

É altamente indicado o uso de simulações computadorizadas em lugar de experiências reais quando estas forem inseguras, caras, muito complexas ou logisticamente difíceis. Para tanto, deixar claro quais são os objetivos, incluindo a aplicação educacional da simulação, bem como os rumos possíveis, permitindo o

retorno a um ponto anterior em qualquer momento, com o detalhamento necessário para exprimir a informação a ser transmitida.

Um ponto muito importante consiste em se deixar claro a aplicação da simulação, ou seja, se ela tem a função de ensinar acerca de algo ou então ensinar como fazer algo. Em ambos os casos deve-se compreender completamente o fenômeno antes de tentar desenvolver uma simulação educacional.

O modelo utilizado deve ser adequado ao nível do estudante: principiantes trabalham com modelos de baixa fidelidade, a qual cresce conforme o estudante vai progredindo. Em qualquer dos casos providenciar realimentação: realimentação imediata (independente da fidelidade) para iniciantes e realimentação natural (independente da urgência) para estudantes avançados, assegurando-se de que o estudante saiba o que fazer em qualquer momento.

11.2.3 TESTES

Antes da realização de testes é necessário fornecer indicações precisas, indicando a aplicação do teste, bem como suas limitações. É interessante também que se forneça uma oportunidade para o aprendiz praticar e que possa decidir quanto iniciar o teste, deixando explícitas as limitações de tempo.

Durante o teste é importante que o formato das questões seja consistente sem (muitas) variações, com capacidade de alterar as respostas, não penalizando erros de formato. A cada instante disponibilizar a informação acerca do tempo restante, e assegurando-se que a realimentação é consistente com a aplicação do teste, fornecendo ao estudante uma forma de fazer comentários.

Os resultados do teste devem ser fornecidos imediatamente, com realimentação detalhada, armazenando todos os dados necessários, ao mesmo tempo em que se previne acesso não autorizado aos resultados e aos dados, através de medidas de segurança.

CAPÍTULO III - SISTEMA

III.1. PROPOSTA DE SISTEMA

III.1.1 INÍCIO DE SESSÃO

III.1.2 ESTRUTURA DA BASE DE CONHECIMENTOS

III.1.3 MODELO DO ESTUDANTE

III.1.4 SISTEMA ESPECIALISTA

III.2. FASES DA SESSÃO

III.2.1 INTRODUÇÃO

III.2.2 NÍVEL 1

III.2.3 NÍVEL 2

III.2.4 NÍVEL 3

III.1 PROPOSTA DE SISTEMA

III.1.1 INÍCIO DE SESSÃO

Após realizar as disciplinas normais, o aluno do curso de Medicina deve prestar um período de exercício prático da profissão, denominado Residência. Esta transição caracteriza de forma dramática a mudança teoria-prática na vida do futuro médico [BAM85], especialmente aqueles que desejam se dedicar a área de trabalho em emergência, e em particular em Traumatologia.

Visando diminuir a amplitude deste choque, tanto para o aluno quanto para os pacientes que são objeto do tratamento, o desenvolvimento de um sistema para auxílio ao ensino na área médica de Traumatologia, especialidade Traumatismos Crânio-Encefálicos é de grande utilidade

A seguir tem-se a proposta de um Sistema Inteligente para o Auxílio ao Ensino em Traumatologia Crânio-Encefálica (SIAETCE). A figura 08 apresenta o diagrama do fluxo inicial do sistema, que será a seguir descrito em termos de sua especificação e de algumas das estruturas utilizadas na sua implementação, observando-se que não foi completada a avaliação do sistema. Dados de tal avaliação somente estarão disponíveis após o sistema ter sido utilizado por um número significativo de alunos, que permita ter resultados estatisticamente significativos.

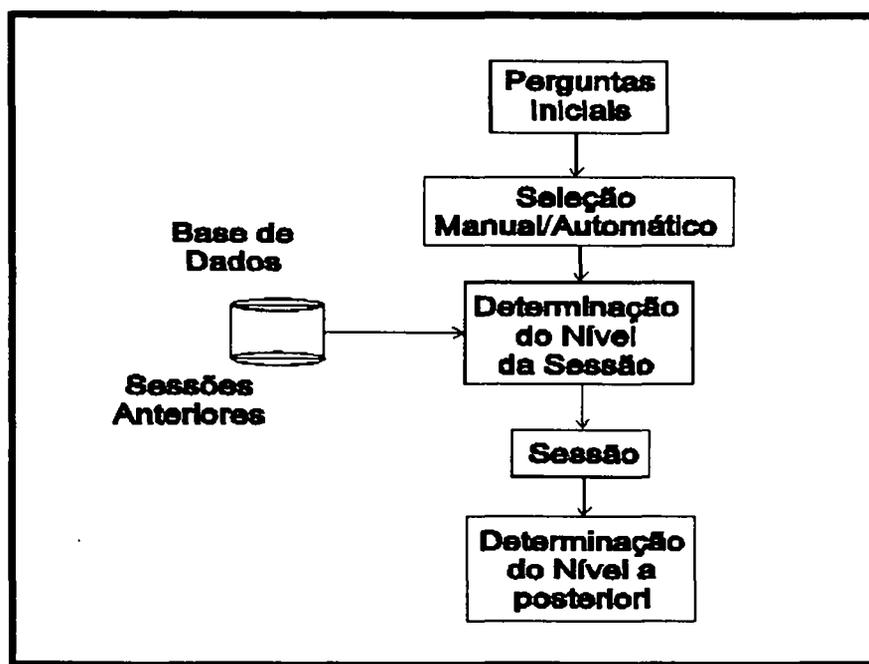


Figura 08

Ao ser dado início à sessão, o sistema deve tentar estabelecer o nível de conhecimento do aluno, a fim de que a interação seja a mais produtiva possível. Se o aluno não possuir conhecimento nenhum ou muito pouco conhecimento do tema e ficar totalmente livre para tomar as atitudes que lhe parecerem mais propícias para o momento, então provavelmente ele procederá ao acaso, efetivando ações a esmo, que muitas vezes não terão efeito apreciável, o que não contribui em muito para o crescimento do seu conhecimento. Algumas técnicas pedagógicas dizem que tal procedimento é muitas vezes mais adequado, haja visto que o aluno aprenderá no seu próprio ritmo e terá toda a liberdade de verificar o que cada ação causa em cada momento. Esta idéia, apesar de louvável, não é prática em sistemas de treinamento onde se tem um objetivo muito específico a ser atingido, além de que quando ele for trabalhar em casos práticos, tal situação não se apresentará; pelo contrário, no dia a dia, no Setor de Emergência de um Hospital, o Residente se vê frente a uma situação na qual ele deve proceder com vistas a retirar o paciente da situação de urgência no menor espaço de tempo possível, tendo em conta que tal situação pode representar a diferença entre a vida e a morte do mesmo.

Feitas as perguntas o sistema solicita se a escolha de um caso (paciente-tipo) será feita manual ou automaticamente. Normalmente pode-se proceder à escolha automática, na qual o próprio sistema escolherá, em função dos possíveis diagnósticos possíveis, um que será objeto da sessão. Há também a possibilidade de se fazer a escolha manual do caso, para que o Professor tenha a liberdade de testar o aluno frente a uma situação específica, ou para que se possa trabalhar com casos isolados, mais raros, o que constitui uma grande vantagem dos sistemas informatizados, ou seja, o aluno pode ser preparado para atender aqueles casos que na rotina diária ele dificilmente teria condições de encontrar um número suficiente de vezes para ter a habilidade necessária de resolvê-lo satisfatoriamente [MAN87].

Tendo-se disponível as respostas ao questionário inicial, bem como o desempenho do aluno em sessões anteriores, o sistema passa a determinar o nível da presente sessão, ou seja, que nível de liberdade o aprendiz terá durante o atendimento do paciente atual. Isto é feito através de uma ponderação das questões e do seu desempenho anterior, na seguinte proporção:

$$N_i = \text{int} \left(\frac{N_{i-1} + N_{i-2} + \dots + T}{i} + 1 \right), \quad \text{para } n \geq 1.$$

onde:

int ≡ função que retorna o inteiro imediatamente superior, caso o argumento não seja inteiro;

N_i ≡ nível a ser determinado a priori da sessão atual;

N_{i-1} ≡ nível da sessão imediatamente anterior (obtido a posteriori);

N_{i-2}, \dots ≡ nível das sessões anteriores (obtidos a posteriori);

T ≡ nível indicado pelos testes iniciais.

Após o fim de cada sessão determina-se o nível de desempenho do aluno, considerando-se tal índice como sendo o nível a posteriori da mesma. Para o estabelecimento do nível da sessão também é considerado o crescimento do nível nas últimas sessões, porém tal procedimento só se torna válido após um número pré-estabelecido de sessões, a fim de se evitar as flutuações indesejadas no início do uso do sistema, quando o número de amostras é muito pequeno, não permitindo que se trace um perfil da evolução do aluno [BAR81].

No presente sistema propõe-se a construção de uma base de dados inicial, onde se armazena um conjunto de questões a serem formuladas no início da sessão, através das quais se faz uma avaliação do aprendiz e estabelece-se um nível inicial de trabalho durante a sessão. Estas questões refletem um conjunto de conhecimentos da área de Traumatologia, não específico a Traumas Crânio-Encefálicos. O formato destas questões é definido pelo predicado pergunta a partir do seguinte modelo:

pergunta(Pergunta, ListaRespostas, ListaCorretas).

onde:

Pergunta ≡ pergunta a ser formulada;

ListaRespostas ≡ é uma lista contendo várias respostas possíveis;

ListaCorretas ≡ é uma lista contendo o índice das resposta corretas à pergunta formulada.

Como exemplo de possível pergunta inicial, tem-se:

pergunta(10,`Quando ocorre a parada cardíaca deve-se promover:`,[1.Antes de qualquer coisa a intubação`,2.Massagem

externa, `3.Oxigenação por cateter de oxigênio sob pressão`, `4.Traqueostomia`, `5.Oxigenação com ambu`, `6.Respiração boca-a-boca`],[2,3,5,6]).

Estas perguntas são formuladas ao aluno, o qual marca a(s) resposta(s) correta(s) (é possível que várias respostas sejam corretas). A seguir a resposta é verificada e o aluno recebe imediatamente uma realimentação, congratulando-o, caso ele tenha marcado as opções corretas e somente estas, ou sendo chamada a sua atenção para quais são as respostas corretas [LIN93]. Isto ocorre para todas as perguntas formuladas, em número de dez, ao final das quais o sistema calcula o seu índice de acertos e incorreções, o qual é adicionado ao seu histórico. Somente o desempenho global das questões é gravado, e não o seu desempenho em cada sessão. O índice é calculado da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{Novas_falso_positivas} &= \text{Respostas} - \text{Corretas} \\ \text{Novas_falso_negativas} &= \text{Total_respostas_corretas} - \text{Corretas} \\ \text{Novo_corretas} &= \text{Total_corretas} + \text{Corretas} \\ \text{Total_falso_positivas} &= \text{Novas_falso_positivas} + \text{Falso_positivas} \\ \text{Total_falso_negativas} &= \text{Novas_falso_negativas} + \text{Falso_negativas} \\ \text{Novo_total} &= \text{Total} + \text{Possíveis} \end{aligned}$$

onde:

Possíveis \equiv é o número total de respostas possíveis apresentadas ao aluno;

Respostas \equiv é o número de respostas que o aluno escolheu;

Corretas \equiv é o número de respostas que o aluno escolheu e que estão corretas;

Total_corretas \equiv é o número de respostas corretas até a última sessão;

Novo_corretas \equiv é o novo número de respostas corretas (do histórico mais atual);

Total_de_respostas_corretas \equiv é o número de respostas das possíveis que é correto;

Novas_falso_positivas ≡ indica quantas respostas o aluno marcou, mas não são corretas;

Novas_falso_negativas ≡ indica quantas respostas o aluno não marcou, mas deveria tê-lo feito;

Total_falso_positivas ≡ total de respostas que o aluno marcou, mas não são corretas;

Novo_total ≡ é o número de respostas possíveis até a sessão atual.

Com base nestes valores pode-se determinar os valores de acerto, de falso-positivos e de falso-negativos. Este valor entra então na composição do índice do nível da sessão através de *T* que é obtido como:

$$T = \begin{cases} 0, & \text{se } Total_falso_positivas + Total_falso_negativas > Total_corretas \\ \frac{Total_corretas - \frac{Total_falso_positivas + Total_falso_negativas}{2}}{Novo_total}, & \text{em caso contrario} \end{cases}$$

O nível a priori da sessão, que equivale ao nível de auxílio fornecido ao aluno, está graduado em três níveis crescentes, correspondendo a alunos com níveis crescentes de conhecimento [FOW91]. Os níveis foram colocados na seguinte forma:

- *Acompanhamento do especialista*: no qual o aluno acompanha o especialista na resolução da situação em questão. Dentro deste quadro o aluno não tem possibilidades de tomar atitudes, mas tão somente de verificar o que está sendo feito, podendo questionar sobre o por quê das mesmas e se outras atitudes também poderiam ser tomadas, ou seja, se existem outras opções viáveis dentro do tratamento do paciente com o quadro atual. Ao final da sessão ele pode também solicitar como se chegou ao diagnóstico em consideração, bem como uma lista dos procedimentos que foram tomados ao longo de todo o processo de atendimento;
- *Atuação Guiada*: o aprendiz toma as atitudes que considerar conveniente para dar atendimento ao paciente, podendo solicitar auxílio. Entretanto, todos os procedimentos são orientados no sentido correto, ou seja, a cada momento o aprendiz tem um leque de opções que são as mais viáveis, procurando-se descartar aquelas opções que poderiam ser classificadas como “desastrosas” para a situação em questão;

- *Atuação Livre*: neste caso o aprendiz tem todas as opções disponíveis cabendo somente a ele a tomada das atitudes, inclusive aquelas de risco, sem nenhuma supervisão quanto à escolha de qualquer de uma delas. Entretanto, o Módulo Tutor, baseado no julgamento do especialista simulado, tomará alguma atitude após o aprendiz ter atuado, ou seja, caso não escolha a melhor opção, haverá algum comentário, a fim de se procurar corrigir um comportamento que seja considerado incorreto ou não oportuno.

III. 1.2 ESTRUTURA DA BASE DE CONHECIMENTOS

O conhecimento a ser exercitado e repassado ao aluno está contido na Base de Conhecimentos [WEB88]. Foi escolhido uma representação semelhante a frames, onde em cada frame alocam-se as características necessárias e as características possíveis para cada um dos casos a serem tratados pelo sistema. Chamam-se *características necessárias* àquelas que estão sempre presentes quanto é efetuado o diagnóstico, e *características possíveis* àquelas que podem ou não estar presentes quando da realização do diagnóstico considerado. Tem-se, além destes, as características imprescindíveis, ou seja, aquelas que, quando presentes, já identificam o caso em questão; tais elementos são ditos *patognomônicos*.

Os dados necessários para a avaliação das condições de um paciente, tendo em vista o fornecimento de um diagnóstico ou mesmo de um prognóstico são:

- *Anamnese*: Trata-se da determinação de todos os dados do histórico do paciente. Com estes dados em mãos pode-se determinar a que o paciente apresenta predisposição, a que elementos ele é sensível (sensibilidade a drogas), doenças ou acidentes sofridos que podem influenciar no comportamento e na recuperação quando de um problema, etc.;
- *Estado atual*: Compõe-se de todas os sinais e sintomas que o paciente apresenta no momento, bem como aqueles no momento em que ocorreu o trauma, eventualmente relatados por testemunhas, caso o paciente não esteja consciente e lúcido. Tais elementos evoluem ao longo do tempo em muitos casos e portanto é fundamental estar consciente e de posse de tais dados para se poder proceder a um diagnóstico correto;

- *Exames*: Complementam os itens anteriores e fornecem informações mais detalhadas, as quais permitem se chegar a um diagnóstico baseado em um conjunto maior de subsídios.

O formato no qual os conhecimentos estão armazenados internamente segue o formato [MOI93]:

estrutura(Número, Nome, Histórico, Sintomas, Exames).

onde:

Número: correspondente a uma numeração crescente;

Nome: fornece o nome, através do qual o frame é referenciado. Corresponde primariamente a cada um dos possíveis casos;

Histórico: contém dados relativos à vida pregressa do paciente-tipo;

Sintomas: diz respeito ao conjunto de sinais e sintomas que o paciente apresenta necessariamente, bem como aqueles eventualmente presentes;

Exames: indica os resultados possíveis de serem obtidos nos exames.

Cada um dos componentes que servem ao diagnóstico, denominados de Histórico, Sintomas e Exames, consiste de uma lista de elementos patognomônicos, necessários e possíveis de estarem presentes em cada um dos diagnósticos. Quando um dos casos é escolhido, seja manual ou automaticamente, então o conjunto de sintomas necessário é considerado presente no paciente a ser atendido, enquanto que os elementos patognomônicos e possíveis são distribuídos aleatoriamente, já que os mesmos podem estar ou não presentes, dando uma caracterização mais realista ao sistema, ou seja, pode-se atender dois pacientes, em momentos diferentes, com conjuntos de sintomas e históricos diferentes, mas com um mesmo e único diagnóstico possível. Com isto o número de casos aumenta bastante, fazendo com que o aluno ao longo de várias sessões aprenda a discernir quais são os fatores mais relevantes, quando do atendimento de um paciente e de cada caso em particular.

III.1.3 MODELO DO ESTUDANTE

A fim de se possuir um modelo que possa indicar o comportamento do estudante frente a cada um dos itens de conhecimento possíveis em cada sessão, é montada uma base de seus conhecimentos. Ela é construída de modo

incremental conforme o estudante vai progredindo dentro da sessão e se refere somente às ações tomadas corretamente ou incorretamente para uma reflexão posterior, constituindo-se na verdade de um traço do comportamento do estudante, durante a realização da sessão considerada. As atitudes são rotuladas como corretas, alternativas ou incorretas, conforme avaliação pelo Módulo Tutor após se considerar o Sistema Especialista, e armazenadas como regras, contendo as informações:

- *Avaliação*: pode ser correta, incorreta ou alternativa;
- *Ação*: ação tomada;
- *Nível de questionamento*: indica o que o estudante solicitou como auxílio.

Após uma ação incorreta, o estudante recebe uma realimentação, informando-o da mesma e habilitando-o a obter auxílio para refazer o passo recém-executado. Este auxílio tem quatro possibilidades, sendo recomendado que se obedeça à seguinte seqüência:

- *Indicação*: informa que o passo recém-executado é incorreto e pode ser refeito;
- *Explicação*: explica porque o passo recém executado é incorreto e habilita a reexecução do mesmo;
- *Característica objetivo*: informa qual objetivo a ser alcançado no passo atual, ou seja, o estudante recebe uma característica da ação correta a ser executada;
- *Ação*: indica qual a ação a ser executada no momento.

Recomenda-se que o estudante proceda na seqüência acima, conforme ele necessite de auxílio para refazer um passo que ele tomou inadequadamente.

III.1.4 SISTEMA ESPECIALISTA

A principal função do sistema especialista é a de imitar o comportamento otimizado de um especialista na área para atender ao caso considerado. Entretanto, quem dirige a sessão e toma realmente as atitudes é o aluno, exceto no caso em que a atitude por ele escolhida seja de graves

conseqüências para o paciente, caso em que o módulo tutor, tal qual um especialista que acompanhasse o caso, interrompe a sessão para dar as instruções e os avisos necessários.

Coloca-se o problema então de que a sessão sendo dirigida pelo aluno, raramente será composta pela seqüência de atitudes ótimas de atendimento ao paciente. Tal seqüência ótima pode então ser fornecida ao fim da sessão, a fim de que o estudante tenha conhecimento da mesma e a incorpore em sua vida prática [CHA82] [CHE80].

Entretanto, como deve agir o sistema especialista, a fim de que se tenha a cada momento uma avaliação de quão aceitável é a atitude do aluno? A fim de determinar se a ação do aluno é correta ou não, é necessário compará-la com um elemento de referência. O sistema especialista, que é o encarregado de fornecer este elemento de referência, pode seguir diversas estratégias.

Uma das possibilidades que se abrem é que o sistema especialista determine de antemão o comportamento ótimo global, a partir dos dados inicialmente disponíveis. Desta forma, ele indica toda a seqüência de passos que devem ser realizados, a fim de que o paciente saia da situação de risco que porventura se apresente. Isto inclui tanto o procedimento a ser seguido quanto a realização de exames que possam fornecer novos dados para o prosseguimento da sessão.

Neste caso o aluno terá seu desempenho comparado com um padrão global que é o de um especialista. Como provavelmente seu comportamento não será o ótimo, ele será avaliado em relação a quão próximo deste padrão de otimalidade ele está. Isto apresenta o problema de que um aluno, com uma linha de raciocínio correta, mas diversa daquela do especialista que forneceu os conhecimentos, será considerado inapto ou pelo menos com um desempenho inadequado.

A fim de evitar este problema, pode-se optar por um sistema especialista, trabalhando passo a passo de acordo com as decisões do aluno. Tal sistema, de posse dos dados do paciente, indica qual a melhor atitude a ser tomada naquele momento (que seria a tomada pelo primeiro tipo de sistema especialista), bem como fornece uma lista de atitudes aceitáveis. Ou seja, o sistema realiza somente uma inferência e aguarda a tomada de decisão do aluno. Após isto, ele realiza uma nova inferência, com base nos dados disponíveis, os quais dependem da escolha feita pelo aluno.

Com esta estratégia, o sistema avalia cada atitude somente em relação aos dados disponíveis e não em relação a uma visão global da evolução do quadro do paciente. Devido a isto, o comportamento do aluno pode se distanciar daquele do especialista e ainda assim ser aceita. Uma forma de raciocínio (e procedimento) não convencional, mas correta, será aceita pelo sistema. Também o será, caso o aluno siga uma outra escola médica que não aquela seguida pelo médico especialista, que forneceu o conhecimento ao sistema.

Existe ainda a possibilidade de utilizar uma estratégia que junte elementos dos dois extremos, ou seja, pese-se a atitude do aluno em relação a uma seqüência ótima, bem como as possibilidades do momento considerado.

III.2 FASES DA SESSÃO

III.2.1 INTRODUÇÃO

Após a etapa inicial onde são formuladas algumas questões e após ter sido escolhido o nível da sessão, tem lugar a sessão propriamente dita de atendimento de um paciente, em que o aluno recebe um paciente dando entrada no Setor de Emergência, e deve retirá-lo da condição de urgência e dar-lhe o atendimento necessário para que o mesmo chegue a um estado final. Há três situações possíveis, conforme o sistema foi implementado:

- *Alta*: o paciente é atendido, verificando-se que o seu estado não apresenta problemas maiores, não sendo requerida a sua permanência nas instalações do Hospital. Desta forma, ele é liberado, com instruções específicas sobre como comportar-se caso persistam na residência alguns sintomas;
- *Observação*: após atendido, o paciente apresenta alguns riscos e deve ficar sob observação no Hospital, a fim de se determinar a evolução do seu quadro clínico e se poder determinar quais os procedimentos a serem adotados na seqüência;
- *Óbito*: em função das graves injúrias a que foi submetido, ou devido ao incorreto atendimento de que foi objeto, o paciente pode falecer.

A sessão ocorre em duas etapas consecutivas conforme a figura 09.

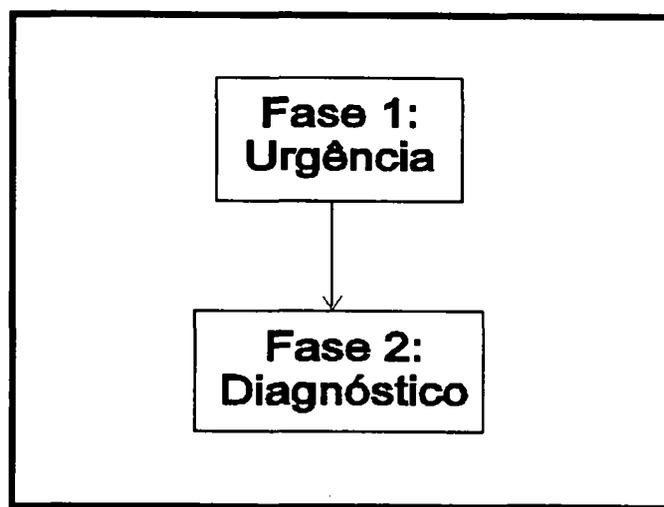


Figura 09

Há duas situações para um paciente que dá entrada no Setor de Emergência de um Hospital: situação de urgência e situação de emergência. Entende-se por *situação de urgência* aquela na qual o paciente corre risco imediato de vida e o médico deve tomar todas as providências para retirá-lo de tal condição. A atenção de quem atende o paciente está diretamente voltada para as condições potencialmente letais. Na *situação de emergência* as condições do paciente são graves, mas não ocorre um perigo de vida imediato, sendo função de quem o atende a de buscar as causas dos problemas e formas de normalizar a situação do paciente.

O SIAETCE procura simular a situação real e, portanto, o aluno deve seguir os dois passos, ou seja, num primeiro momento deve buscar as condições que possam ser letais para o paciente e eliminá-las para, em seguida, realizar o diagnóstico e determinar o prosseguimento das ações.

Desta forma, os procedimentos na primeira fase de atendimento são relativamente genéricos, havendo uma seqüência padronizada para atendimento ao paciente, enquanto que, na segunda fase, o estudante se concentra no caso particular. Entretanto, tanto o nível de auxílio quanto o desempenho são considerados como um elemento indivisível em ambas as fases, já que não existe uma separação formal entre as fases.

III.2.2 NÍVEL 1

O comportamento do estudante no nível 1 consiste em acompanhar um especialista que dá atendimento a um paciente. Este é o nível mais simples, onde se considera que o estudante possui o nível mínimo de conhecimento, não tendo condições de conduzir a sessão. Desta forma, ele verifica os procedimentos adotados por um especialista, podendo questioná-los ao longo da sessão, através dos seguintes tipos de questão:

- *Por quê*: quando ele deseja saber por quê o especialista tomou uma certa decisão;
- *Por quê não*: quando ele deseja saber por quê uma determinada ação não foi tomada em um momento;

- *Como*: a fim de determinar como se chegou a um resultado final, ou seja, como foi obtido o diagnóstico. Para tanto, é fornecido toda a seqüência de raciocínios que conduz ao final.

Na figura 10 tem-se o diagrama em blocos de como o sistema atua genericamente neste nível de trabalho.

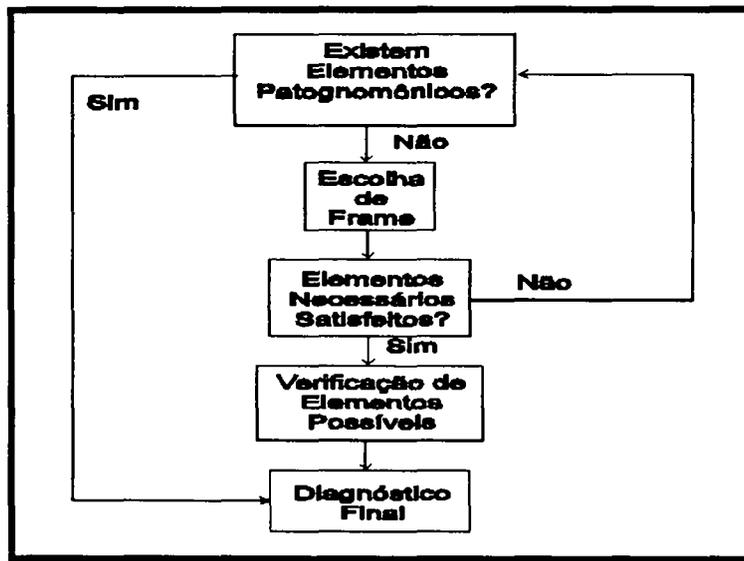


Figura 10

O sistema atua baseado no que seria o funcionamento de um sistema especialista frente a tal problema. Inicialmente é verificado se algum dos elementos patognomônicos está presente. Em caso afirmativo, a presença deste elemento já é suficiente por si só para fazer com que um determinado diagnóstico seja alcançado, não sendo necessário se lançar mão dos outros elementos (necessários e possíveis).

Caso não haja nenhum elemento que permita fazer um diagnóstico imediato, o sistema escolhe um dos frames, ou seja, estabelece um objetivo que deverá ser comprovado ou não, através dos elementos componentes do mesmo. Desta forma, o sistema trabalha fazendo uma pressuposição e tentando prová-la, ou seja tem-se um raciocínio para trás (“backward chaining”). A escolha do frame está baseada em termos de qual é o problema mais freqüentemente encontrado; caso tal frame não possa ser comprovado, faz-se em seguida a escolha do segundo mais provável e assim por diante até que um deles conduza a um diagnóstico.

Tendo sido escolhido um frame busca-se determinar a presença dos sinais necessários. Se estes não estiverem presentes então descarta-se tal frame e

passa-se a outro. Muitas vezes existem combinações destes elementos, que tornam provável o diagnóstico. Cada uma das combinações deve ser testada, a fim de se ter a certeza ou não do mesmo. Caso os sinais necessários ou uma de suas combinações esteja presente, então o sistema passa a determinar a presença dos sinais possíveis, os quais, embora não necessariamente conduzam a um diagnóstico, podem aumentar a confiabilidade no mesmo.

Através deste procedimento chega-se a um diagnóstico que representa a solução do problema em questão, qual seja o de determinar a situação de um paciente para que o mesmo possa receber tratamento adequado.

III.2.3 NÍVEL 2

No nível 2 o estudante passa a agir no sistema, tomando as ações que crer necessárias para retirar o paciente do estado crítico, até determinar o real estado do paciente. A figura 11 representa o diagrama em blocos básico da atuação no nível 2 do sistema como um todo.

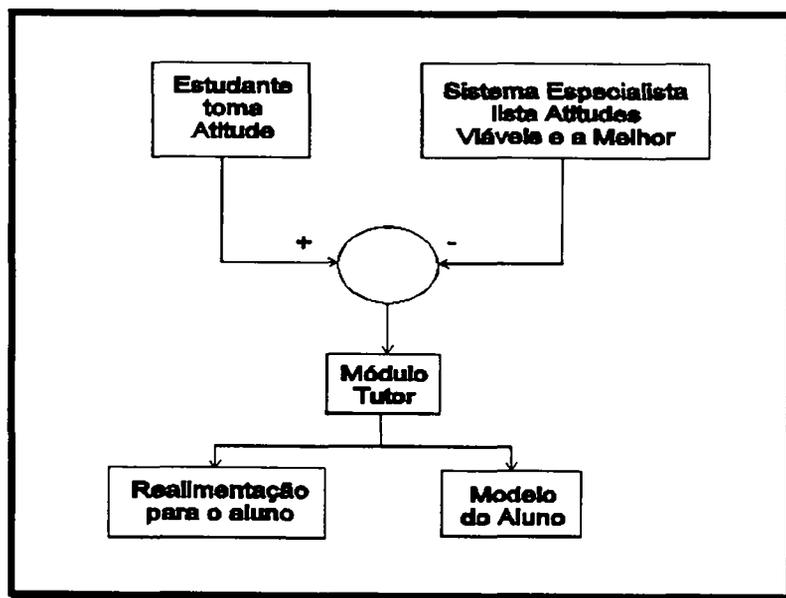


Figura 11

Em um dado momento, o estudante, considerando os dados que já possui do paciente e tendo uma hipótese sobre o que pode estar acontecendo, toma uma determina atitude que, a seu modo de ver, conduzirá à comprovação de sua hipótese ou então retirará o paciente da condição de risco. Ao mesmo tempo, o sistema especialista determina qual a melhor atitude a ser tomada neste momento, bem como um conjunto de atitudes alternativas aceitáveis. O resultado destes dois

processos é fornecido ao Módulo Tutor, que fará uma comparação entre os mesmos, determinando assim se o estudante está tomando a melhor atitude ou, ao menos, uma atitude que seja aceitável, ou então tomando um procedimento que não tem sentido naquele momento. O resultado de tal comparação é utilizado para atualizar o Modelo do Estudante e para fornecer uma realimentação ao mesmo, congratulando-o ou fornecendo condições para que ele tome uma nova atitude, procurando corrigir o seu comportamento imediatamente.

No nível 2 o estudante tem a liberdade de escolher qual a próxima atitude a ser tomada [PY93]. Porém o conjunto de alternativas que lhe é fornecido é limitado, buscando orientá-lo para o objetivo. Isto é feito através do fornecimento das ações corretas e das ações alternativas passíveis de serem executadas em cada momento. Ou seja, se em certo instante é necessário a solicitação de um exame, somente lhe será fornecida a oportunidade de solicitar exames, e não de solicitar dados do histórico do paciente ou outros elementos, conforme ilustra a figura 12.

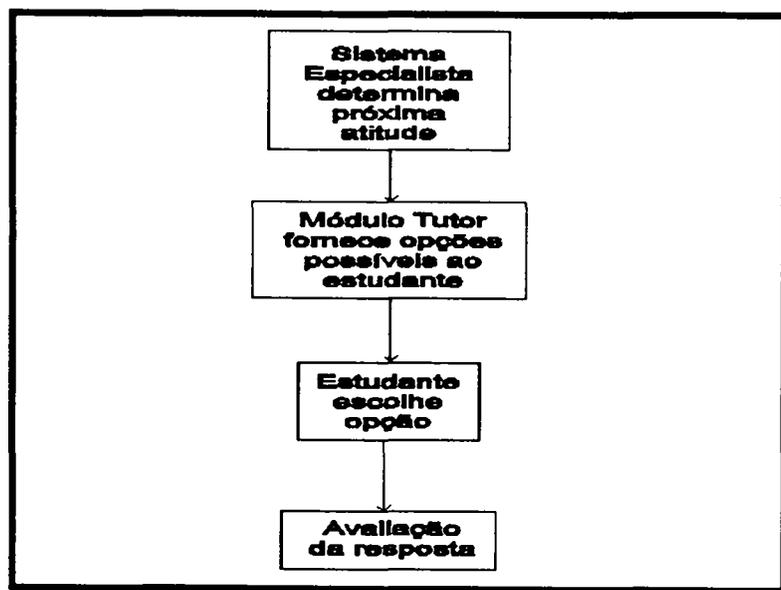


Figura 12

III.2.4 NÍVEL 3

No nível 3 o procedimento é semelhante àquele que ocorre no nível dois, exceto que o aluno não recebe restrição alguma com relação às atitudes que poderá tomar, ou seja, o Módulo Tutor não elimina nenhuma das possibilidades que possam ser tomadas.

Neste nível, é necessário um maior domínio do tema por parte do aluno, haja visto que o número de ações possíveis de serem tomadas é muito maior e a possibilidade de se tomar uma atitude não ótima é, portanto, muito maior que no nível anterior [WHI90]. Em termos gerais, o que se espera do nível dois é que o aluno compreenda o procedimento ótimo a ser tomado, já que as alternativas de procedimentos, que lhe estão disponíveis, conduzem a ações aceitáveis no mínimo. No nível três, no entanto, o estudante pode tomar atitudes não corretas, e assim verificar a que conduzem as mesmas. Isto amplia o seu horizonte em relação ao tema e lhe permite experimentar caminhos alternativos, coisa que não acontecia no nível anterior.

CAPÍTULO IV - RESULTADOS

*IV.1 RESULTADOS DA
AVALIAÇÃO
IV.2 O SISTEMA EM USO*

IV.1 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO

IV.1.1 CONTROLE DAS AÇÕES TOMADAS PELO ESTUDANTE

Nesta seção será feita uma descrição das contribuições do trabalho, em termos dos itens propostos quando do início do sistema, e da forma como problemas foram solucionados, bem como aspectos que devem ser levados em conta para aplicações com características particulares como a de Traumatismos Crânioencefálicos.

Quando do desenvolvimento de uma sessão, o aluno toma as atitudes que considera necessárias para realizar o diagnóstico. Em cada nível da sessão ele tem um conjunto de possibilidades, as quais podem ser:

- corretas;
- inaceitáveis; ou então
- incorretas, mas aceitáveis em certo momento.

No caso das ações corretas, o sistema permite a continuidade da sessão, sem interrupção alguma, e o estudante passa para a próxima etapa no seu caminho para o objetivo. Caso a ação por ele escolhida seja inaceitável, o sistema interrompe a sessão, o que indica que houve um erro de graves conseqüências para o paciente. Neste momento o estudante tem possibilidade de solicitar auxílio em um de vários níveis, a saber:

- questionar por quê a ação é incorreta;
- solicitar as ações admissíveis em tal momento;
- pedir uma indicação de qual é a ação correta;
- solicitar referências bibliográficas para o ponto sob consideração, caso ele ainda tenha dúvidas.

Este auxílio é fornecido na ordem indicada, a fim de que o estudante raciocine sobre o ponto em questão e só atinja os últimos níveis caso apresente realmente dúvidas profundas. Caso contrário, ele obterá auxílio no nível que o

satisfará e poderá prosseguir com a sessão. Após o auxílio ele poderá escolher uma nova opção, sendo que a última atitude tomada será desconsiderada para fins de simulação do atendimento do paciente. Apesar disso, o módulo tutor utilizará tal informação para atualizar o Módulo do Aluno, já que ele apresentou dificuldades no que se relaciona a tal conceito. Numa próxima sessão, quando o estudante se deparar novamente com tal conceito, o Módulo de Estudante será atualizado em função da nova situação.

Existe ainda a possibilidade de que o estudante tome uma atitude que não é aquela considerada ótima no momento, mas ainda assim aceitável. Um sistema inteligente deve avaliar tal situação e permitir que a sessão tenha continuidade. Entretanto, tal situação caracteriza um afastamento da linha de procedimentos desejáveis. Um especialista humano poderia tomar tal atitude, mas em um próximo momento ele tomaria outro procedimento que o recolocaria na linha mais indicada. Em se desejando que o tutor apresente tal flexibilidade, o Sistema Especialista deve ser construído de maneira tal que ele não somente determine o caminho ótimo de solução do problema, como também possa, a cada momento, realizar um passo único de inferência, que lhe permita determinar qual a melhor atitude, bem como outras que podem ser realizadas sem que o paciente corra risco desnecessário, conforme indicado na figura 13.

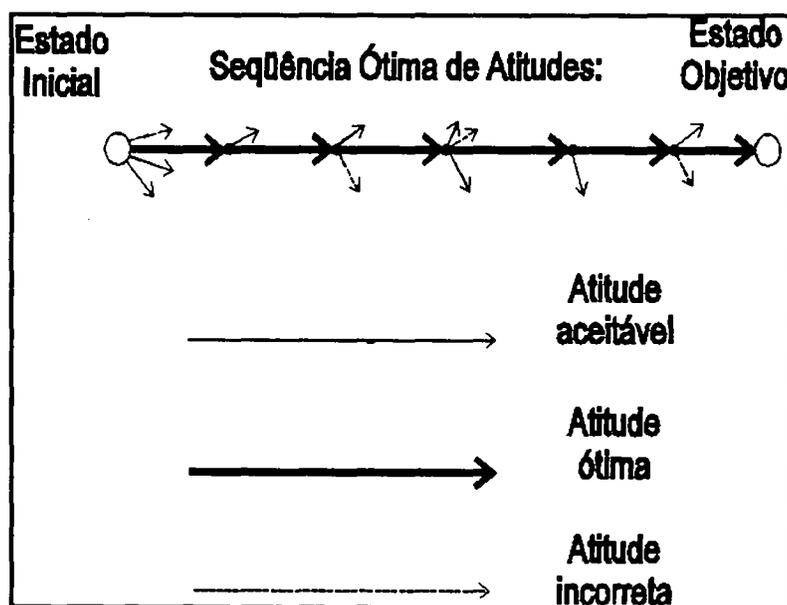


Figura 13

Suponha-se que o estudante continue na sua linha de raciocínio e no próximo passo tenha uma atitude correta e um conjunto de atitudes aceitáveis, assim determinadas pelo Sistema Especialista através de uma inferência a partir das condições atuais. O estudante pode escolher neste segundo momento uma das

atitudes aceitáveis, e não aquela ótima. O processo todo pode se repetir várias vezes. Isto corresponderia ao representado na figura 14.

Tal processo pode fazer com que o estudante, embora tomando atitudes aceitáveis a cada momento, siga uma linha que o distancie cada vez mais do objetivo a que se propõe. Este é um problema que surge quando se permitem ações não-ótimas, dentro da tarefa de resolução de problemas. Este problema se torna crítico quando o número de opções disponíveis a cada momento é grande, permitindo uma explosão combinatória, tornando muito mais fácil que o estudante se desvie do “caminho correto” a ser adotado para solucionar o problema em questão.

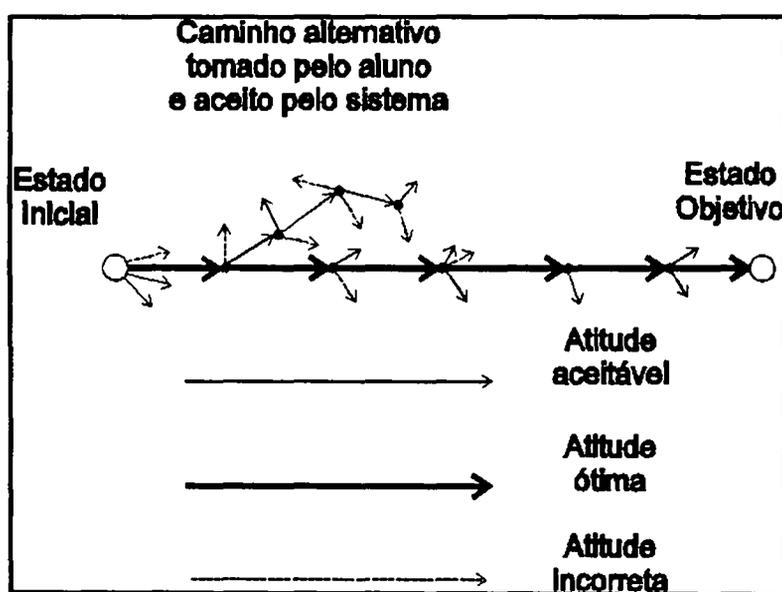


Figura 14

Estudos feitos recentemente mostraram que, ao contrário do que muitos educadores imaginavam, sistemas computacionais que dão liberdade total ao aluno tem um desempenho inferior àqueles nos quais existe um certo grau de orientação [LIN93] [PSO94] [SCI93]. Desta forma, procura-se embutir no sistema a possibilidade dos três tipos de movimentos, embora com isso se passe a ter o problema acima considerado. Tem-se então a necessidade de, após o estudante executar um movimento não-ótimo, recolocá-lo no caminho que o conduz à solução.

Para resolver o problema, a solução adotada consistiu em se redirecionar o aluno para o caminho ótimo após ele tomar uma atitude que seja aceitável, mas não a mais indicada naquele momento, ou seja, ele deve retornar ao caminho principal (aquele composto pelas atitudes consideradas ótimas), após um certo número de movimentos não ótimos. Entretanto, se for permitido que este

número de movimentos seja variável, pode-se chegar em uma situação na qual os movimentos não tenham mais uma relação compreensível com o objetivo, tornando difícil para o aluno a absorção de tal conhecimento. Se o número de movimentos aceitáveis for variável pode-se chegar também à situação na qual não existe mais retorno ao caminho principal, comprometendo todo o objetivo. Desta forma, no sistema optou-se por se admitir somente um desvio, ou seja, no passo seguinte àquele não-ótimo o aluno deve retornar ao caminho principal, conforme indicado na figura 15.

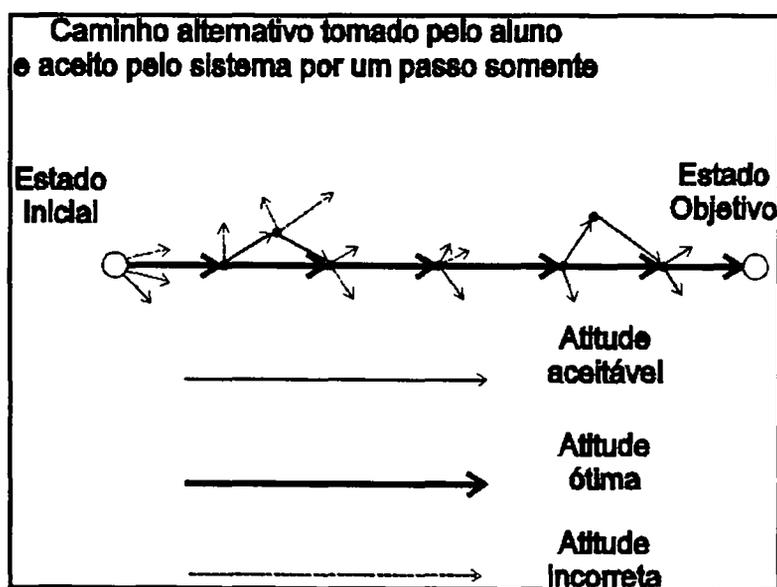


Figura 15

Para implementar tal decisão o sistema especialista deve determinar no momento em que o estudante toma uma decisão secundária, ou seja, uma atitude aceitável, quais as atitudes possíveis como próximo movimento e quais delas recolocam o sistema novamente no caminho desejado. Desta forma, tem-se a geração de um conjunto de movimentos a partir do próximo e os que causarem um retorno ao caminho que seria tomado pelo especialista são considerados aceitáveis. Esta abordagem foi utilizada e os resultados se mostraram satisfatórios.

Entretanto, foi desconsiderado o fator tempo. Em muitos casos o aluno possui limites de tempo, dentro dos quais ele deve tomar a ação requerida, sob pena de que os efeitos da mesma não sejam os desejados ou em casos críticos, que a ação o conduza a caminhos inaceitáveis em relação ao objetivo a que o mesmo se propõe. Portanto, em tais casos há que se trabalhar simultaneamente com as restrições temporais que impõe uma sobrecarga.

IV.1.2 COMPLEXIDADE SISTEMA ESPECIALISTA X MÓDULO TUTOR

Na literatura encontra-se farta indicação a respeito do diagrama em blocos clássico para os ICAI's, conforme já indicado na figura 01. Ao mesmo tempo, a maior parte da bibliografia e especialmente os trabalhos iniciais desenvolvidos indicavam que o Módulo Tutor, tendo a função pedagógica dentro do sistema seria o principal elemento de tal arquitetura. Suas funções e possibilidades já foram discutidas no Capítulo II, onde observa-se que para atender aos requisitos lá indicados o módulo é bastante complexo.

Ao longo do desenvolvimento do sistema, observou-se que um sistema pode ser dito inteligente em função do seu comportamento, conforme observado por um utilizador, ou seja, o seu aspecto operacional é que o qualifica como tal e não o tipo de função implementada internamente. Para tanto deve-se realizar um estudo inicial, onde se verificam as características necessárias para que o tutor proposto possa fornecer suporte adequado ao aluno, frente ao problema que esteja sendo trabalhado.

Observou-se também que há uma dependência entre as funções que são implementadas no Módulo Tutor e no Sistema Especialista. À medida que se dispõe de um Sistema Especialista mais flexível, com uma forma de representação do conhecimento adequada, onde este seja capaz de determinar a estratégia global ótima, além de determinar a cada momento um conjunto de ações admissíveis de serem tomadas por parte do aluno, bem como facilitando a comparação com outras possibilidades e a verificação de soluções alternativas comparando-as com àquelas que sejam consideradas padrão, tem-se um Módulo Tutor cujo trabalho é muito mais simples em relação àquele que teria com um Sistema Especialista que executa somente algumas funções básicas.

A vantagem de se embutir no Sistema Especialista um conjunto maior de atributos é que o projeto de tal bloco é mais conhecido do que o de um tutor, dispondo-se desta forma de maior conhecimento quanto às diversas possibilidades e maneiras de implementação. Isto torna o projeto não somente mais confiável como também de prototipação mais rápida, tornado disponível um maior tempo para atividades que envolvam testes e utilização do sistema.

IV.1.3 NÍVEIS DE AUXÍLIO

A utilização de níveis de trabalho, nos quais o aluno é qualificado faz com o mesmo possa gradativamente ter maior liberdade quanto às ações a serem tomadas e conforme observado é considerado como elemento desejável por parte dos alunos.

O aluno iniciante que acompanha o especialista, observando os procedimentos adotados e podendo questioná-los sente-se mais seguro e pode se inteirar a respeito dos motivos de cada um dos mesmos. Isto faz com que numa próxima etapa, ao subir de nível, possa desempenhar as funções que dele são esperadas de forma consciente, não somente imitando o comportamento observado, mas conhecendo as razões pelas quais tal procedimento é correto e preferível, em lugar de um segundo procedimento. Isto lhe fornece não somente o conhecimento empírico do que fazer, como também auxilia a sua capacidade cognitiva, através do conhecimento do por quê fazer (ou não fazer).

Com o prosseguimento dos trabalhos, o aluno passa para os níveis mais avançados e tem uma maior liberdade de ação. Isto o conscientiza do seu crescimento dentro do tema e serve como recompensa e reconhecimento do seu aprendizado, ao mesmo tempo que dele passasse a exigir maior responsabilidade devido às conseqüências que podem ter as suas atitudes daí por diante.

Verificou-se que a alteração do nível da sessão somente no início é um elemento restritivo em certos momentos. Por exemplo, um certo aluno pode ter atendido adequadamente um paciente que apresenta um caso específico. Se, entretanto, na média o seu desempenho for fraco e na próxima sessão ele atender novamente um paciente do tipo anterior, ele não terá maior liberdade do que já dispunha anteriormente, o que pode frustrá-lo. Acredita-se que com a implementação de um sistema que faça avaliações parciais de desempenho no decorrer de uma sessão, possibilitando diferentes níveis dentro da mesma, possa eliminar ao menos parcialmente este problema.

IV.1.4 ÍTENS DA PROPOSTA ORIGINAL

Dentro da proposta inicial feita na Qualificação do trabalho, incluía-se o processamento semântico a ser realizado sobre a entrada fornecida pelo usuário (aluno), ou seja, propunha-se um relacionamento conversacional. Esta forma de entrada foi substituída pela atual, na qual o estudante recebe um conjunto de medidas possíveis e adota aquela que lhe parecer mais indicada, ou seja, não há

um processamento de linguagem natural, tendo-se em vista que tal situação não é facilmente tratável dentro da proposta, mas principalmente devido ao problema conhecido como “Ponta do Iceberg”, indicado por Wolf [WOO84] [PAY92], que consiste no fato de que somente se tem acesso àquilo que o estudante diz ou faz. Entretanto, isto é somente uma pequena parte do que ele conhece ou utiliza, sendo o seu conhecimento subjacente muito maior. Desta forma, deve-se procurar inferir o que ele deseja fazer, mas muitas vezes não expressa corretamente. Utilizando uma forma de entrada direcionada, com os dados explicitamente indicados desaparece tal barreira e por isto tal estratégia foi adotada, conforme possibilidade já apresentada durante o próprio Exame de Qualificação. Além das dificuldades citadas, as teorias atuais de relacionamento entre homem e computador (HCI - “Human-Computer Interaction”) postulam que a interface deve ser a mais objetiva possível, estando cada vez mais em desuso a digitação de textos.

Um segundo ítem alterado em relação à proposta inicial consiste na evolução dinâmica do estado do paciente frente às ações tomadas pelo aluno. Isto aconteceu porque no presente caso a evolução é relativamente lenta. Para adequá-la dever-se-ia de alguma forma causar uma aceleração no tempo simulado para que o aluno pudesse observar a evolução do estado do paciente. Entretanto, isto não corresponderia às condições reais, ou seja, quebrar-se-ia o princípio de que a simulação deve demonstrar as mesmas condições do evento real. Uma outra forma de suplantar tal dificuldade é o uso de uma Lógica Temporal, associada ao mecanismo de inferência do Sistema Especialista, condição esta que ultrapassa o escopo do presente trabalho. Portanto, optou-se por indicar a seqüência temporal, na qual os eventos acontecem, sem que as mesmas ocorram nos mesmos intervalos de tempo dos casos práticos.

IV.1.5 AVALIAÇÃO DA BASE DE CONHECIMENTOS

A fim de se verificar a correção da Base de Conhecimentos, foram realizados alguns testes, comparando-se o desempenho do Sistema Especialista (com algumas alterações) em casos-exemplo, obtidos a partir de fichas de pacientes atendidos no Hospital Celso Ramos, de Florianópolis, conforme contido na Tabela 07.

Tabela 07

Caso	Casos Totais	Corretos	% Corretos
Hematoma Subdural	25	22	88
Hematoma Extradural	32	27	84.4
Hematoma Intracerebral	19	17	89.5
Outros	45	47	95.7
Total	121	113	93.4

Constata-se a partir da tabela anterior que a Base de Conhecimentos tem um nível aceitável para ser utilizada em treinamento de alunos da área médica.

IV.2 O SISTEMA EM USO

Na seqüência, será descrito o andamento normal de uma sessão. Inicialmente o estudante ou o professor chama o sistema, denominado TUTOR.EXE, o qual roda no ambiente Windows 3.1 da Microsoft. O sistema foi desenvolvido utilizando-se a linguagem Prolog, com compilador LPA-Prolog. Tal escolha se deveu às facilidades de implementação das estruturas já citadas. Ao ser chamado o sistema apresenta a tela indicada na figura 16.

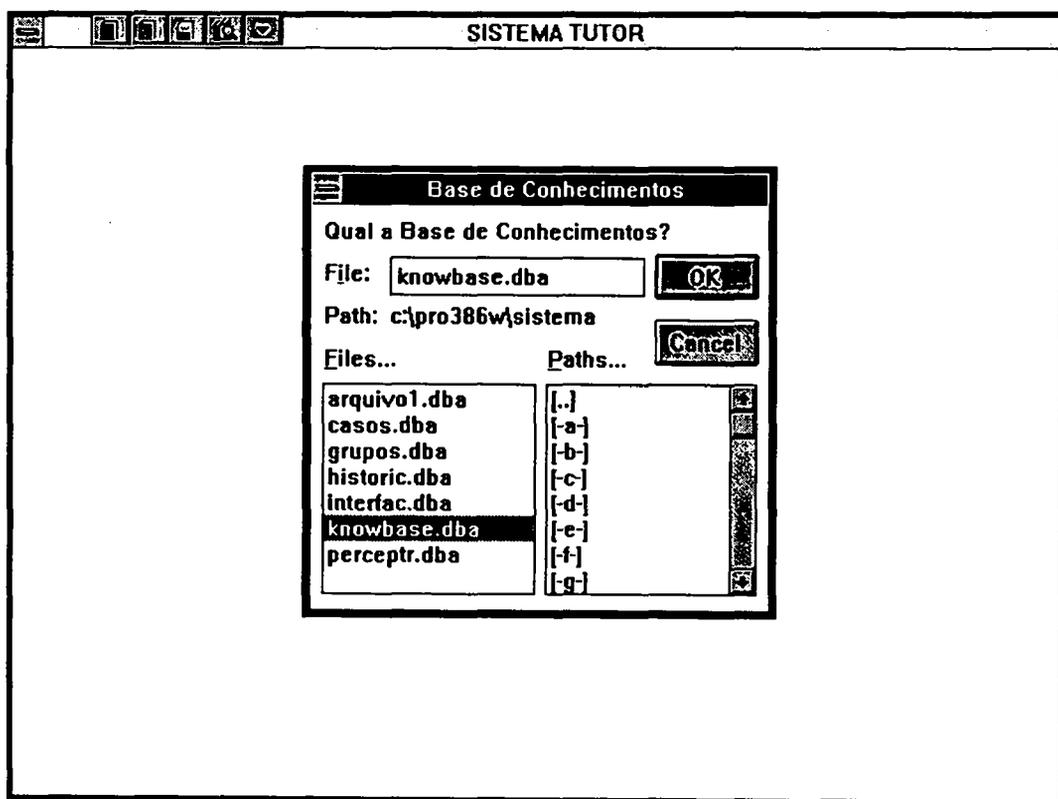


Figura 16

Surge neste momento a tela principal, intitulada Sistema Tutor e uma tela auxiliar onde é solicitado em qual arquivo estão armazenadas as regras que compõe a Base de Conhecimentos. Como padrão, tal arquivo apresenta a terminação *.DBA, e está localizada no diretório padrão, no qual está instalado o sistema. O usuário escolhe o driver e o caminho no qual está instalado o arquivo e aciona a opção OK, ocorrendo então a leitura das regras que serão utilizadas. Neste momento surge uma segunda tela auxiliar, indicada na figura 17, que solicita aonde está localizado o arquivo, que contém as questões a serem utilizadas na fase inicial de classificação do estudante. Este arquivo também possui uma terminação padrão como sendo *.DBA, contido no diretório atual. Ambos os arquivos devem respeitar o formato definido tanto para as regras como para as questões.

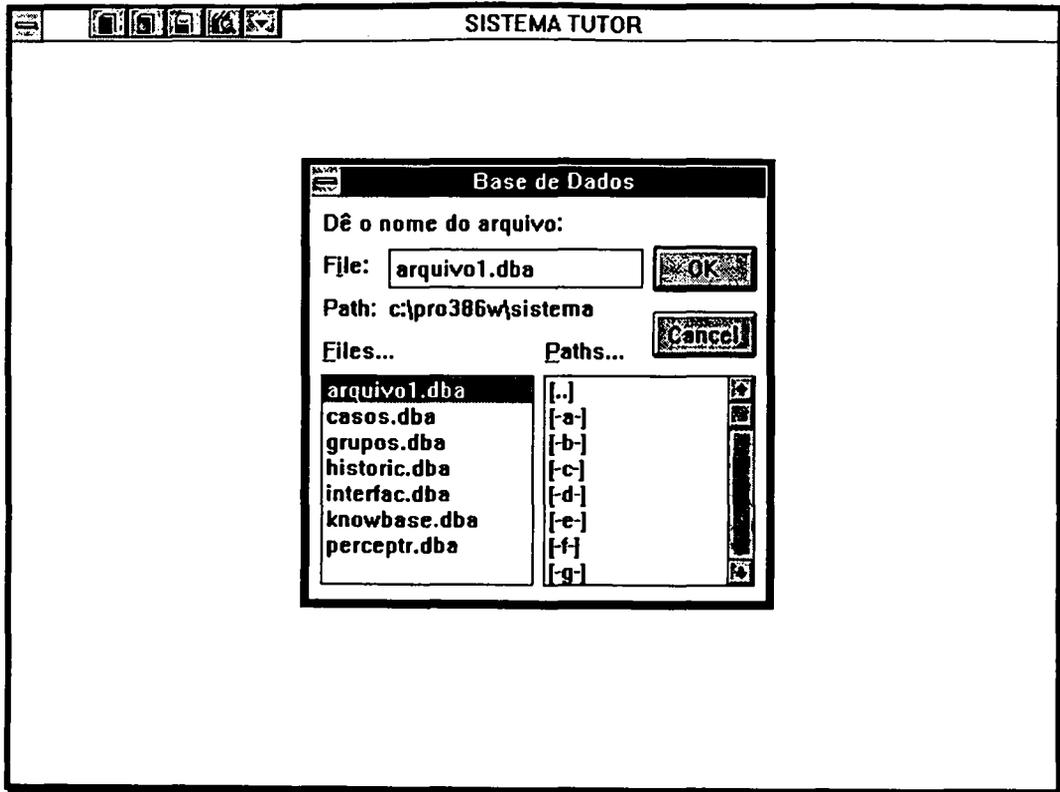


Figura 17

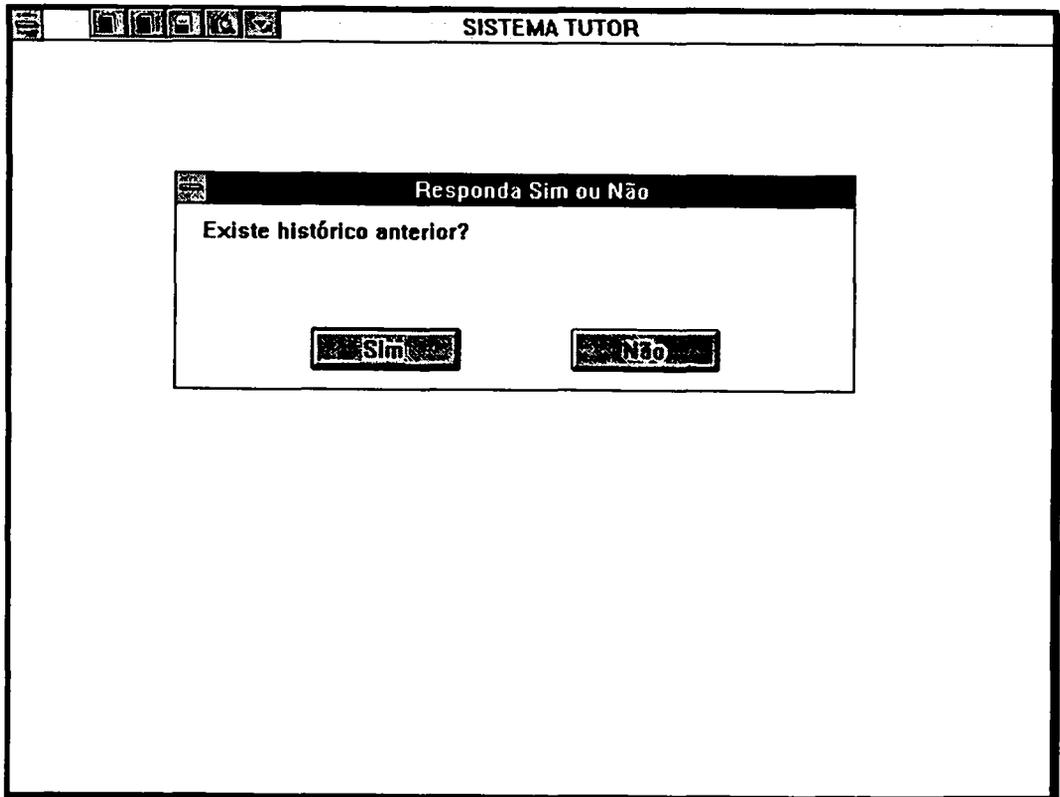


Figura 18

Carregados os arquivos contendo a Base de Conhecimentos e as perguntas a serem usadas na primeira fase, o sistema solicita ao usuário se existe um histórico anterior, ou seja, se o aluno já utilizou o sistema anteriormente. Em caso positivo os dados das questões formuladas, casos atendidos e desempenho anterior já estarão armazenados, devendo ser utilizados na sessão atual, no estabelecimento do nível da mesma, e ao final serão atualizados. Neste caso o usuário responde positivamente e em seguida em outra tela é solicitado o nome do arquivo que contém os dados. Novamente os valores padrão são arquivos com terminação DBA colocados no diretório atual, mas isto pode ser alterado.

O arquivo que contém os dados de histórico pode ser único para vários ou todos os alunos, e são criados exclusivamente pelo próprio sistema. Nem o aluno nem outra pessoa tem acesso a tais informações, sendo que o arquivo atualizado é salvo em um formato onde os dados estão comprimidos.

A figura 18 mostra a tela solicitando se existe o arquivo com os dados do histórico do aluno e a figura 19 apresenta a tela com a solicitação do nome do arquivo com tais dados caso haja um. Se não houver tal arquivo ele é criado automaticamente pelo sistema com o nome HISTORIC.DBA e colocado no diretório padrão.

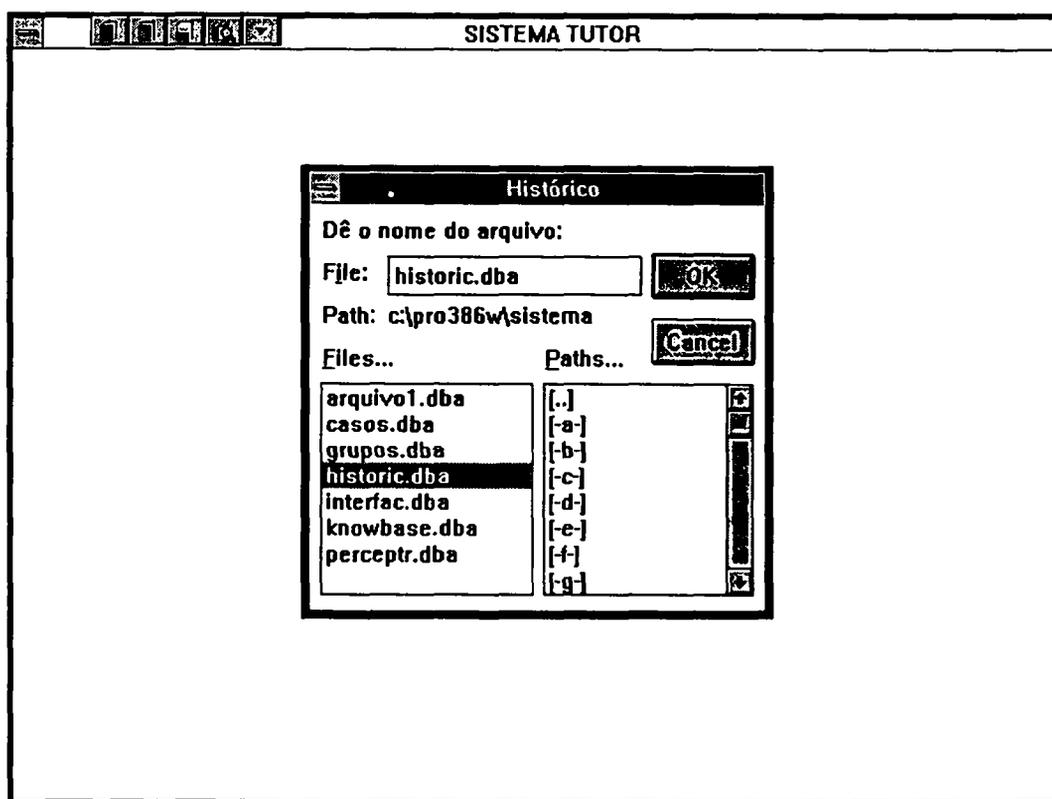


Figura 19

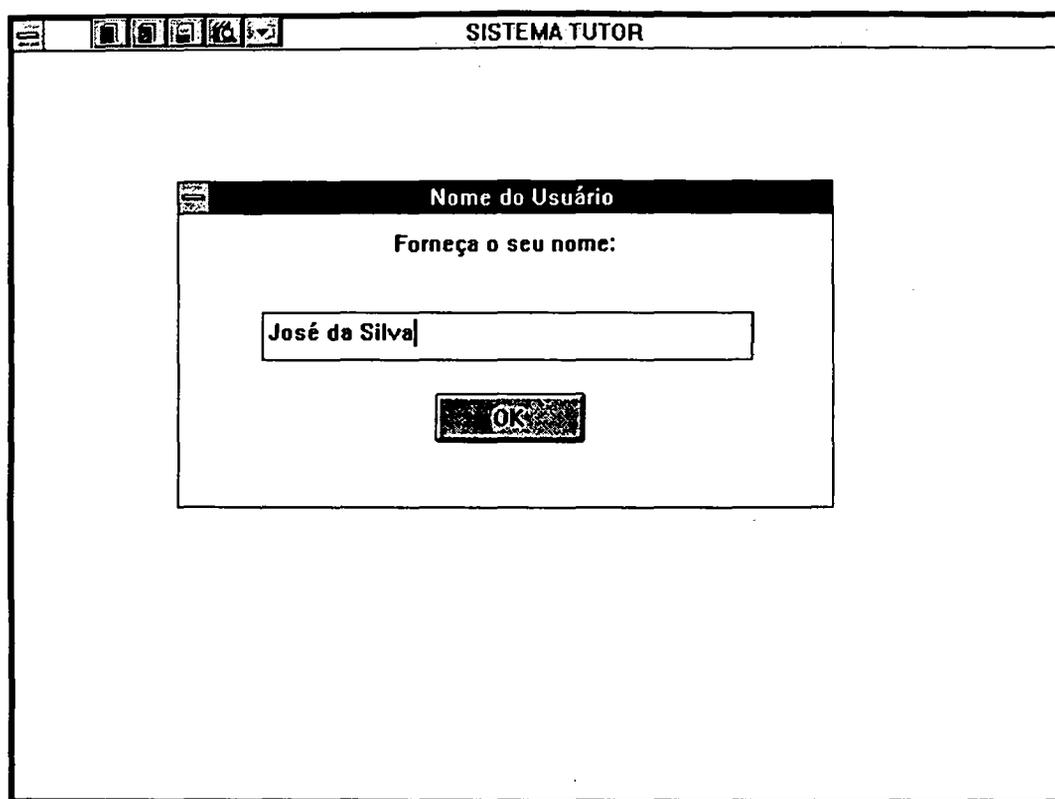


Figura 20

Num próximo passo o sistema solicita o nome do usuário, através de uma tela, indicada na figura 20, que deve ser fornecido integralmente (nome e sobrenome), já que cada usuário deve ser cadastrado de forma única. O nome vai consistir na única informação que ligará os dados do histórico com um usuário em particular.

Feito isto passa-se à etapa inicial, onde são formuladas perguntas ao aluno. Cada pergunta formulada apresenta um conjunto de possíveis respostas, entre quatro e oito opções dependendo da questão, todas ligadas aos procedimentos de atendimento de Emergência, embora não restritos a Traumatismos Crânioencefálicos. O aluno utilizando-se do mouse escolhe aquela opção ou opções que julgar corretas, pois cada questão admite no mínimo uma das opções como resposta, até o caso em que todas as respostas são corretas ou complementares, conforme indicado na figura 21.

Quando a resposta está completamente correta o sistema parabeniza o aluno conforme indicado na figura 22. Caso hajam opções que foram escolhidas e não deveriam tê-lo sido ou não foram escolhidas algumas opções necessárias, o sistema dá um aviso indicando tal situação e fornece as alternativas corretas que deveriam ter sido marcadas conforme o exemplo indicado na figura 23.

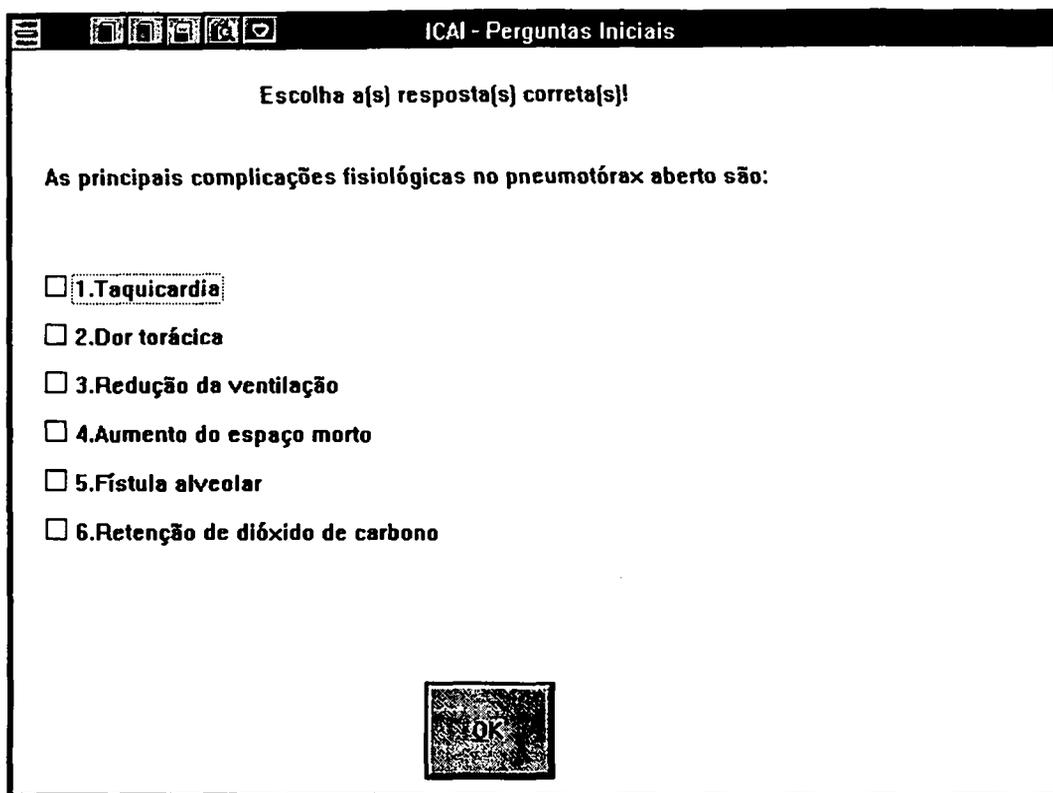


Figura 21

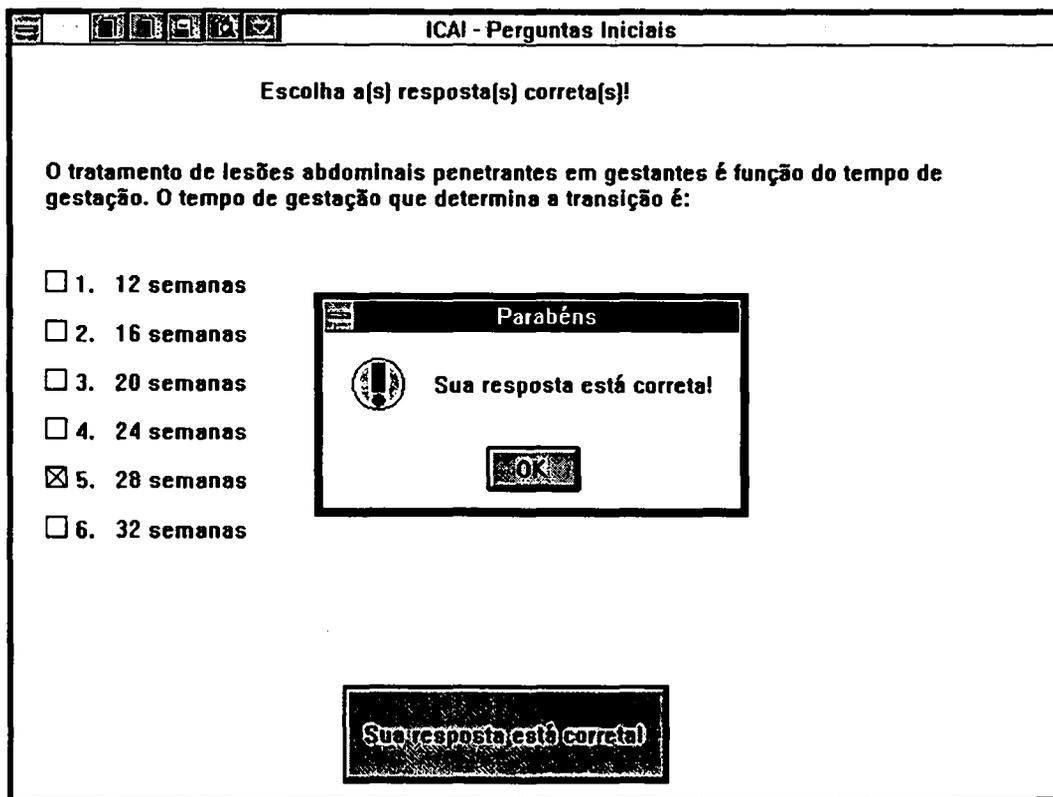


Figura 22

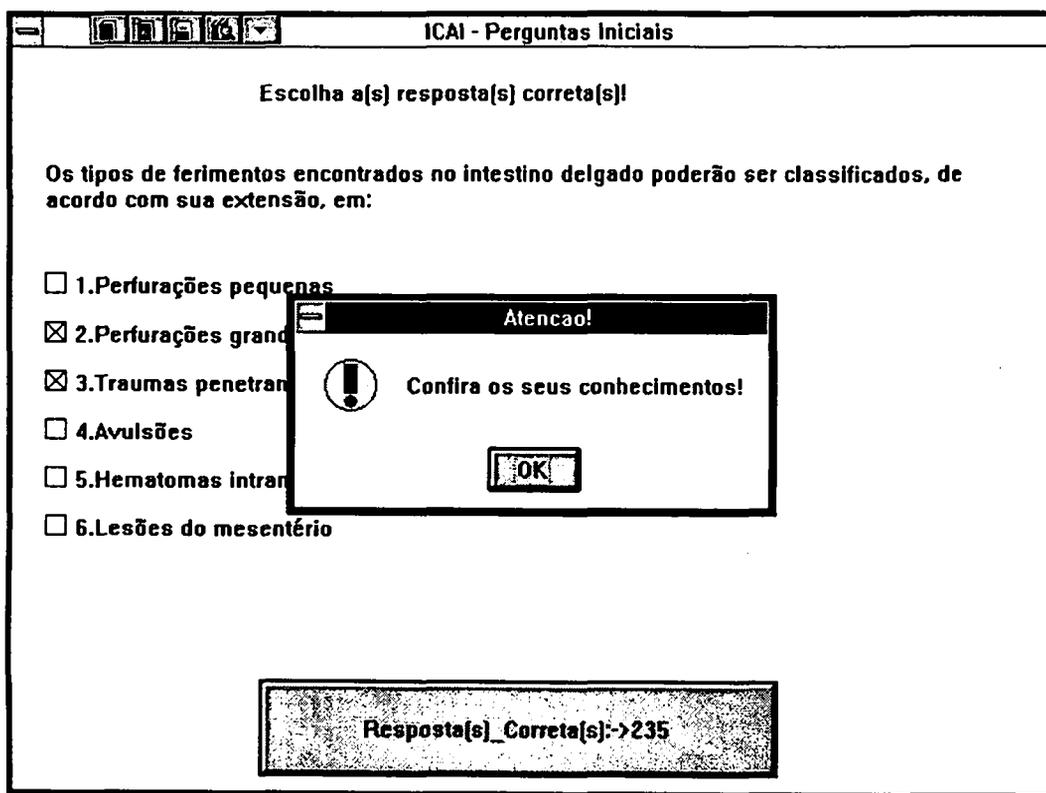


Figura 23

Na seqüência existe a escolha do caso a ser atendido pelo aluno. Pode ocorrer uma escolha automática por parte do sistema ou ser feita uma escolha manual, caso se deseje praticar ou verificar a seqüência de atendimento para algum caso em particular. Na figura 24 temos a tela que solicita ao usuário se pretende escolher o caso ou que tal ação ocorra automaticamente. Caso se prefira esta situação, o sistema escolherá um caso e não fornecerá nenhuma indicação a respeito de sua escolha. Caso se opte por uma escolha manual do caso é fornecido o conjunto de possibilidades disponíveis a ser escolhido, conforme indicado na figura 24. Escolhido o caso, manual ou automaticamente, o sistema passa a criar um paciente hipotético, com um conjunto de sinais e sintomas além do histórico, que caracteriza o caso em questão e que será a partir de então objeto de atendimento por parte do aluno.

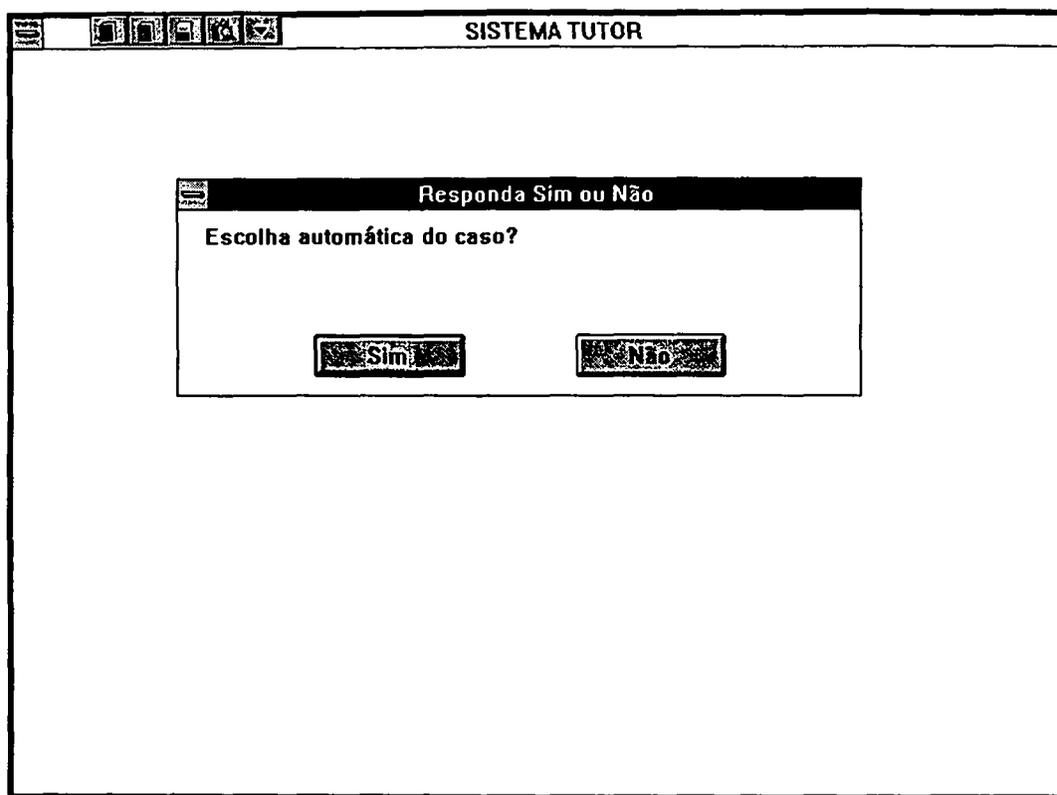


Figura 24

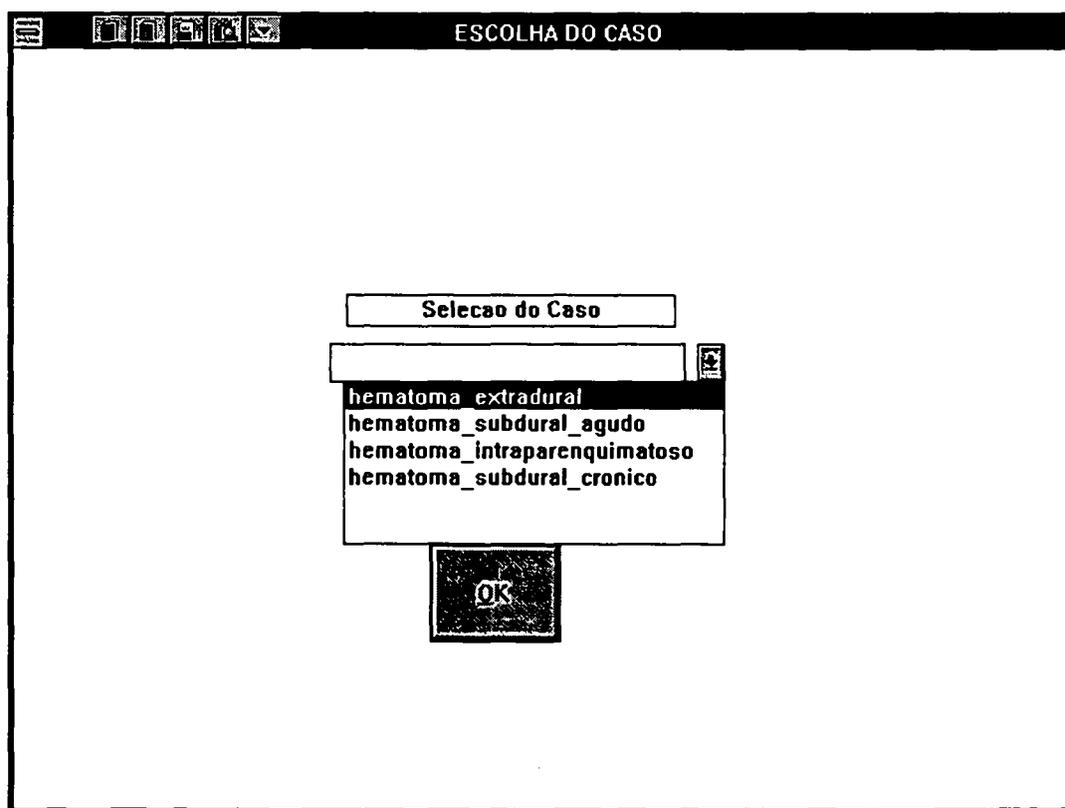


Figura 25

Na seqüência o aluno começa a dar atendimento efetivo ao paciente simulado, em um dos três níveis já comentados. No nível 1, onde o Sistema Especialista se encarrega das ações o aluno recebe informações e tem condições de questionar acerca de como o sistema chegou a uma conclusão, conforme indicado na figura 26.

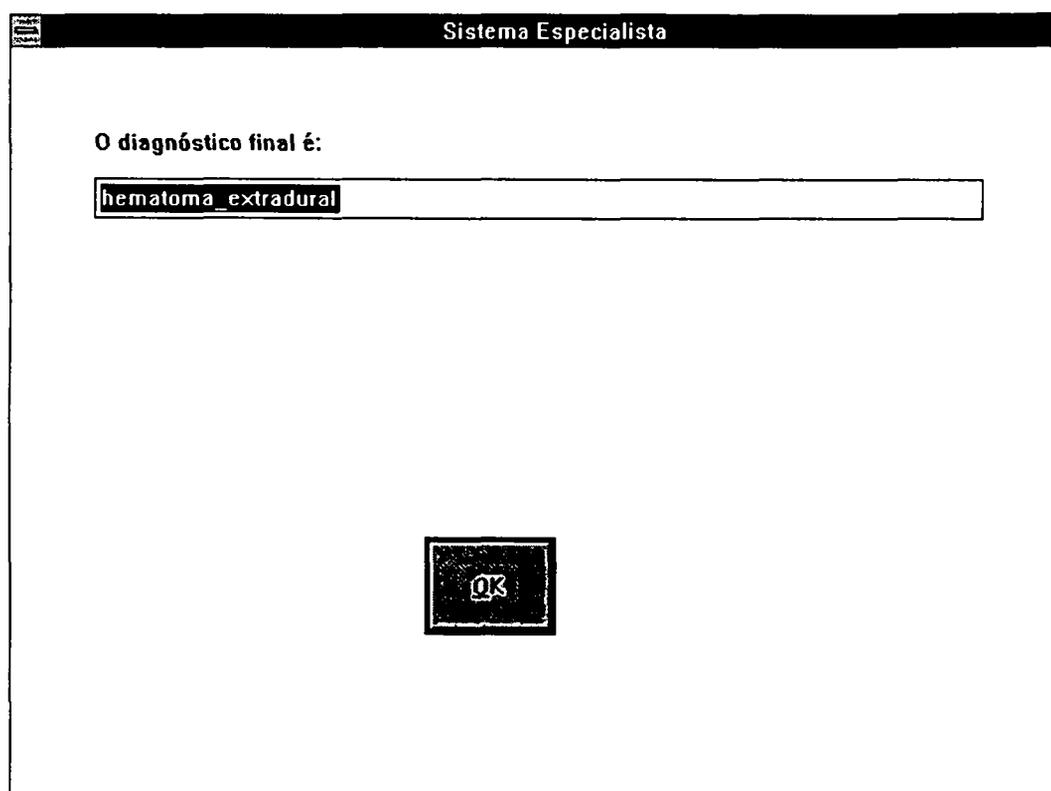


Figura 26

Na figura 27 está indicada a tela que surge em resposta à questão formulada na figura anterior, na qual o aluno escolhe sobre qual conclusão ele deseja uma explicação, já que pode lhe interessar não somente a conclusão final, como também compreender uma conclusão parcial.

A seguir o sistema explica como chegou à conclusão solicitada, em função das regras que conduziram à mesma e dos dados que foram obtidos a respeito do estado do paciente, do seu histórico e eventualmente dos exames laboratoriais realizados, conforme a figura 28.

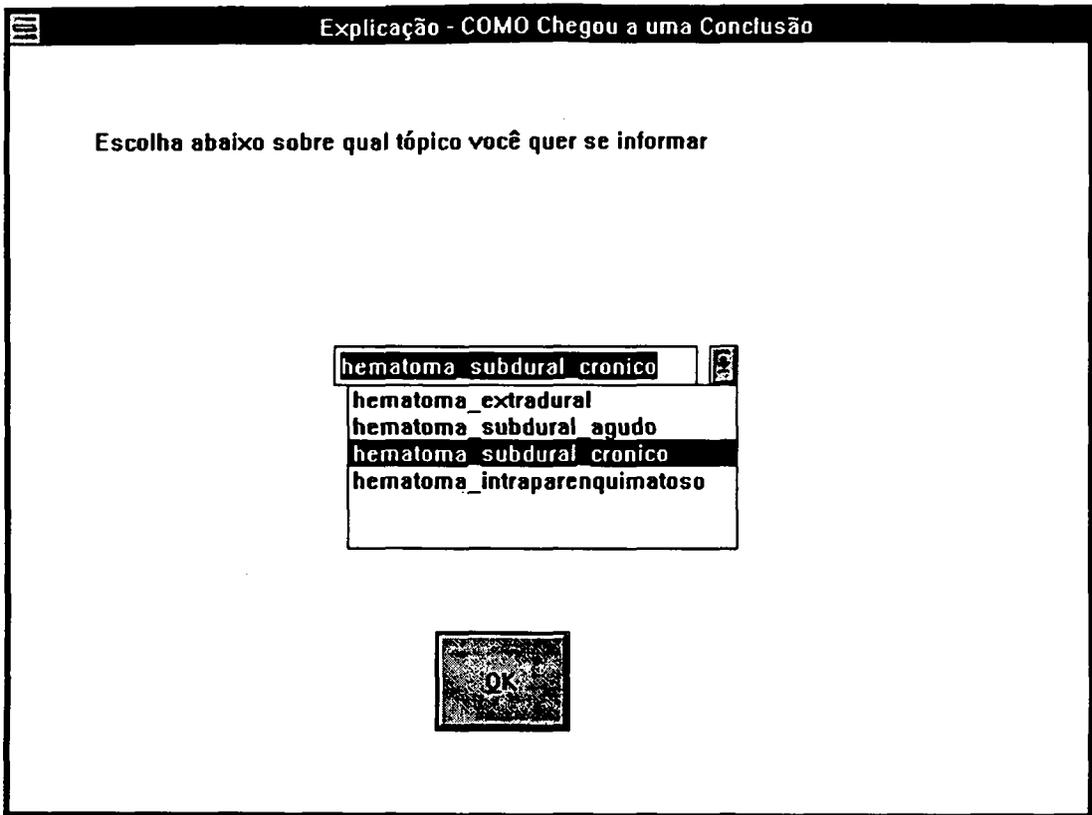


Figura 27

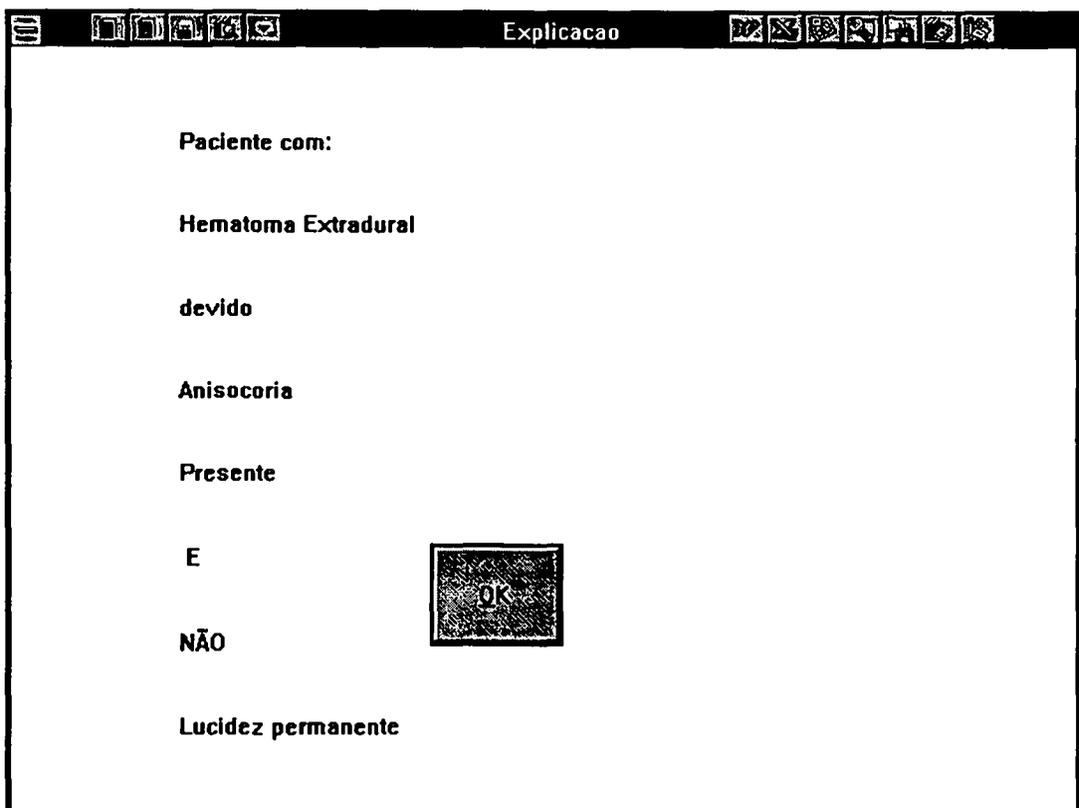


Figura 28

Durante a operação do sistema no nível 1 (Sistema Especialista) o aluno acompanha o especialista e tem disponíveis as opções indicadas na figura 29. Se ele escolheu uma opção que seja incorreta, ele pode num primeiro passo solicitar por quê tal opção é incorreta, num segundo momento solicitar quais as características das ações aceitáveis, e a partir daí ele pode pedir a lista das opções que podem ser realizadas naquele momento até a quarta opção em que ele solicita ao sistema que indique a melhor opção a ser tomada naquele momento. Desta forma ele possui um auxílio gradativo, permitindo que ele páre no momento em que tiver condições de por si determinar o próximo passo. As telas que surgem são semelhantes àsquelas indicadas para o caso de uma pergunta do tipo COMO chegou a uma determinada conclusão e, portanto, não são apresentadas.

Para o aluno que ainda assim não esteja satisfeito com os auxílio ele tem ainda a opção Referências, que lhe indique em que livro(s) ele pode encontrar maiores explicações acerca do ítem que se esteja trabalhando naquele momento.

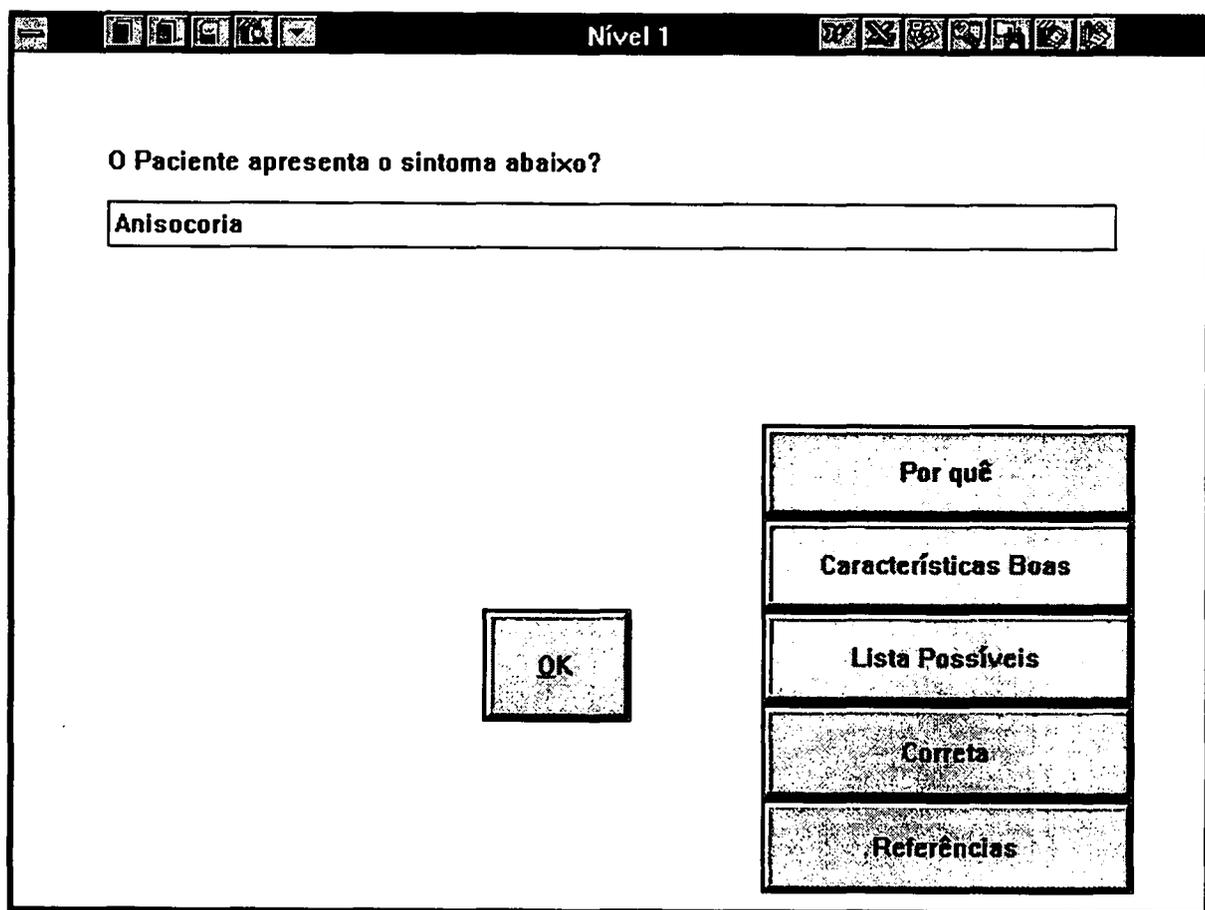


Figura 29

O que se apresenta na seqüência, nas figura de 30 a 38 é um conjunto de telas que surgem nos níveis 2 e 3, onde o aluno passa a atender o paciente, solicitando dados e procurando determinar o prosseguimento da sessão de atendimento até conseguir fazer com o paciente esteja fora da condição de risco e determine o diagnóstico, em função dos dados relevantes obtidos.

Ao mesmo tempo o tutor continua seguindo os passos tomados pelo aluno, sempre fornecendo as opções já comentadas anteriormente, a fim de que o aluno tenha o equilíbrio entre auxílio e liberdade, apropriado para um aprendizado mais eficaz e eficiente.

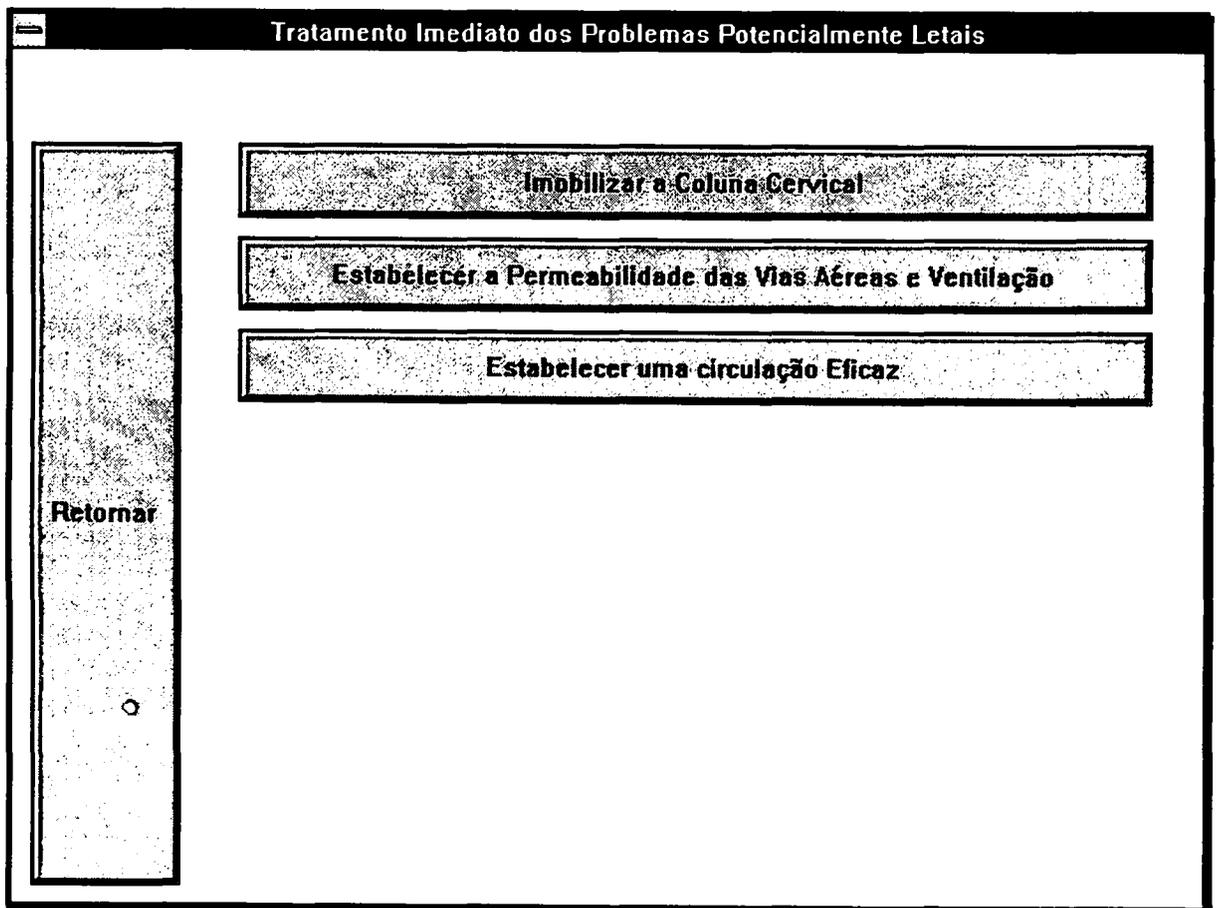


Figura 30

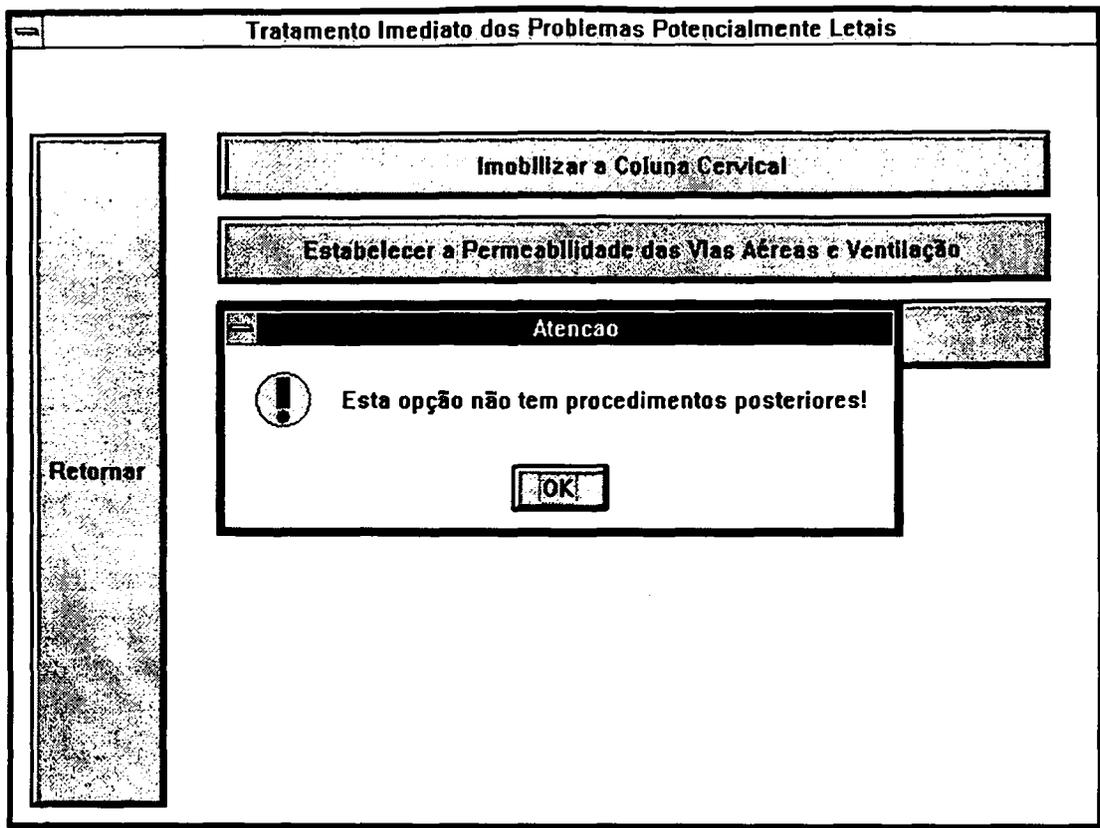


Figura 31

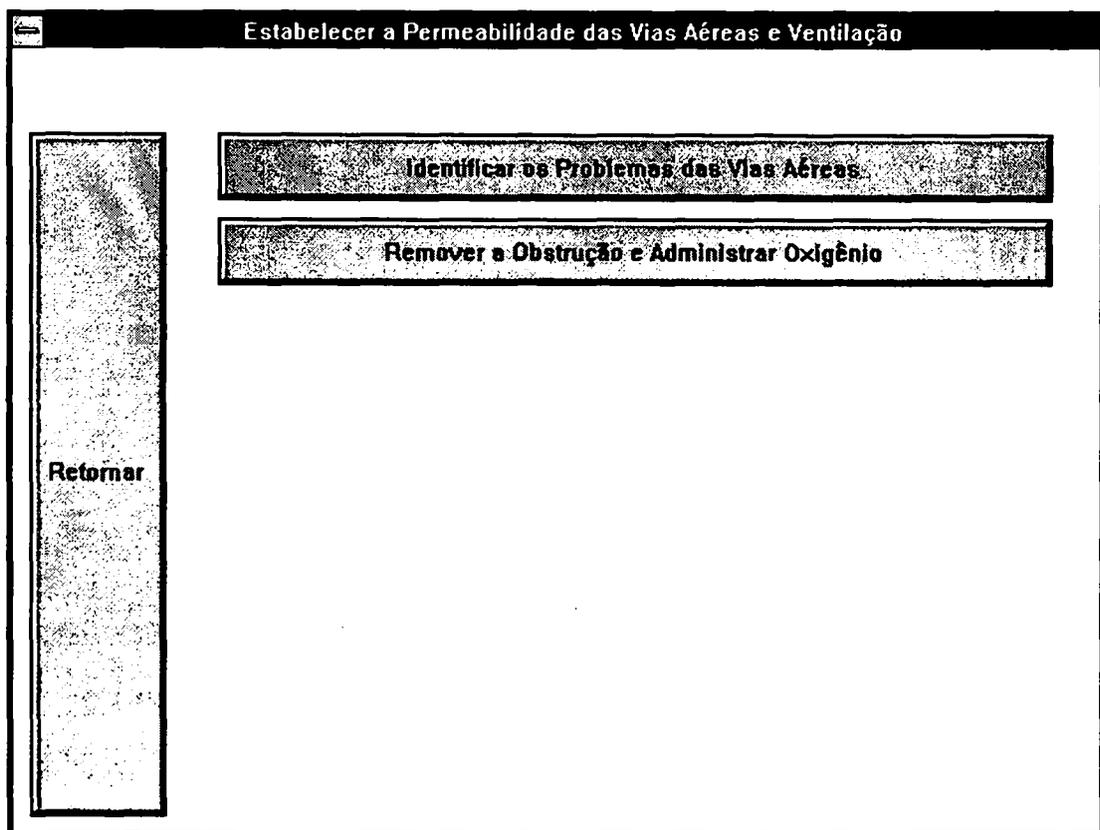


Figura 32

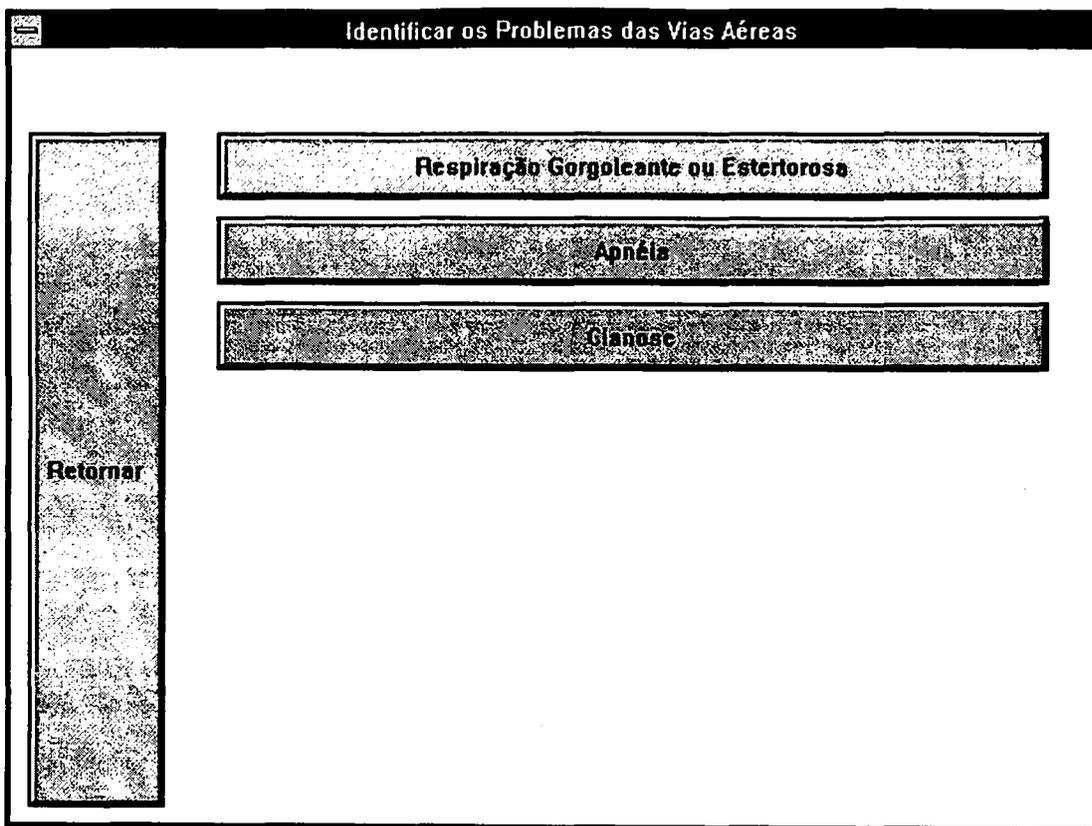


Figura 33

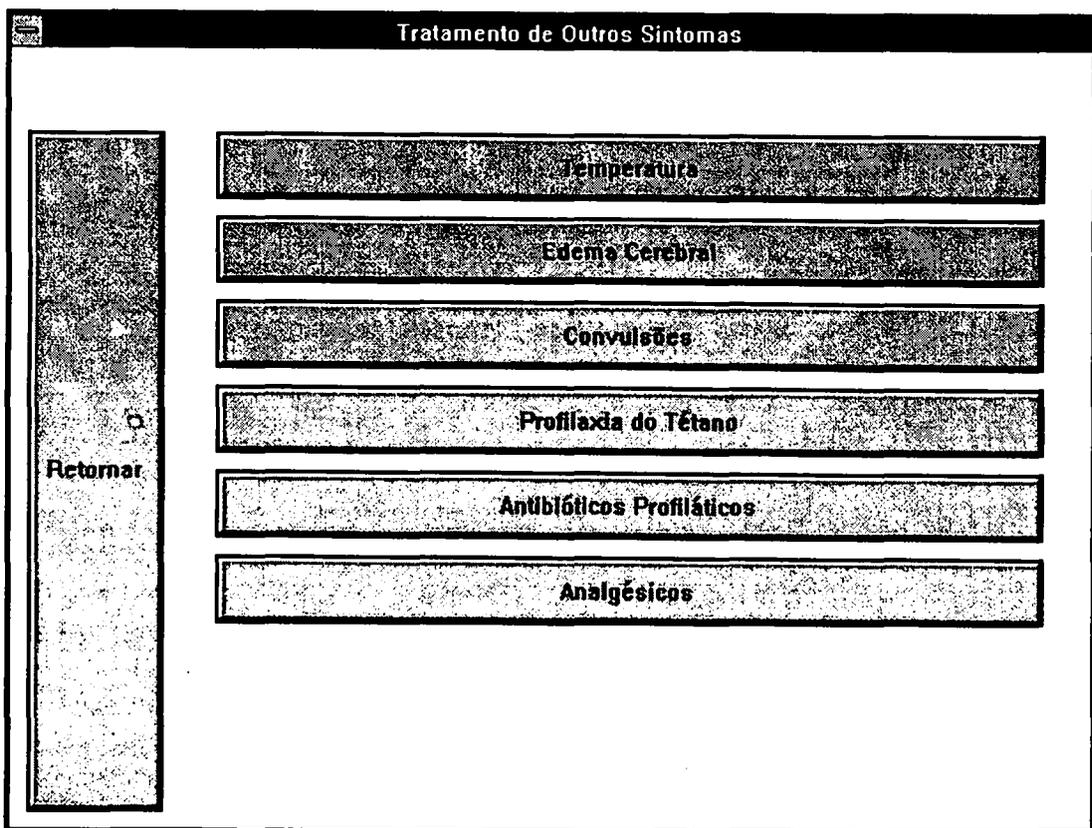


Figura 34

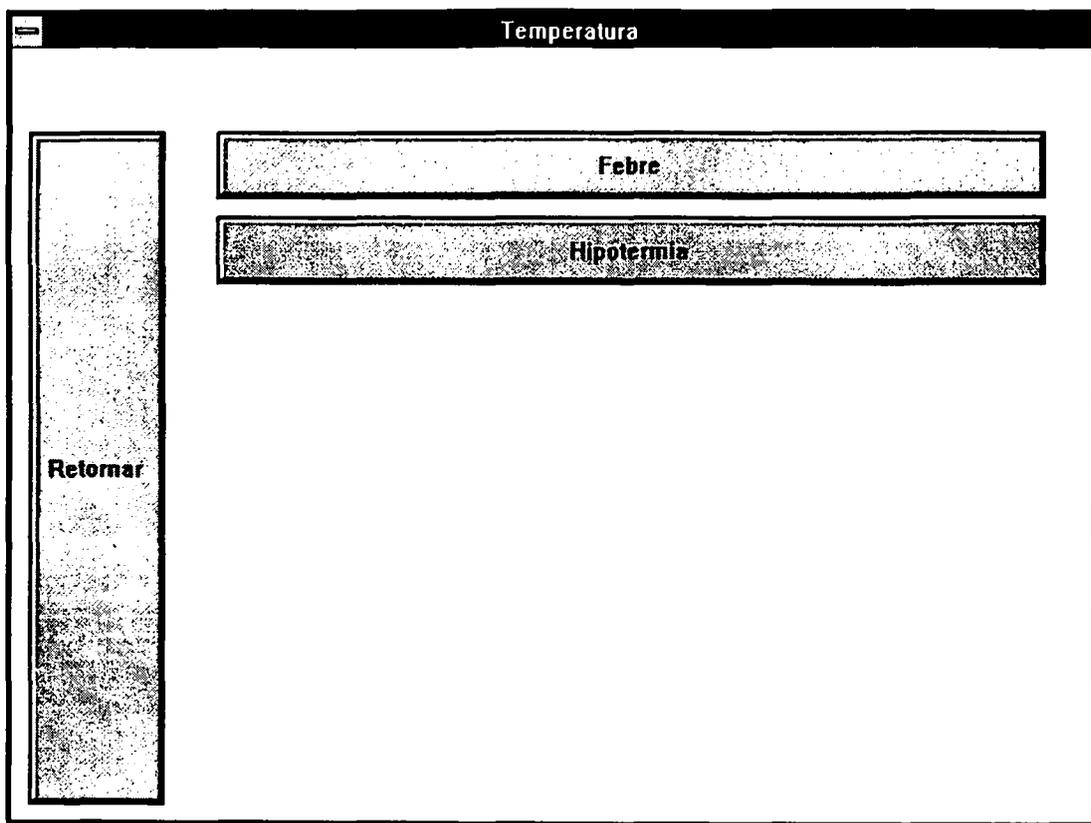


Figura 35

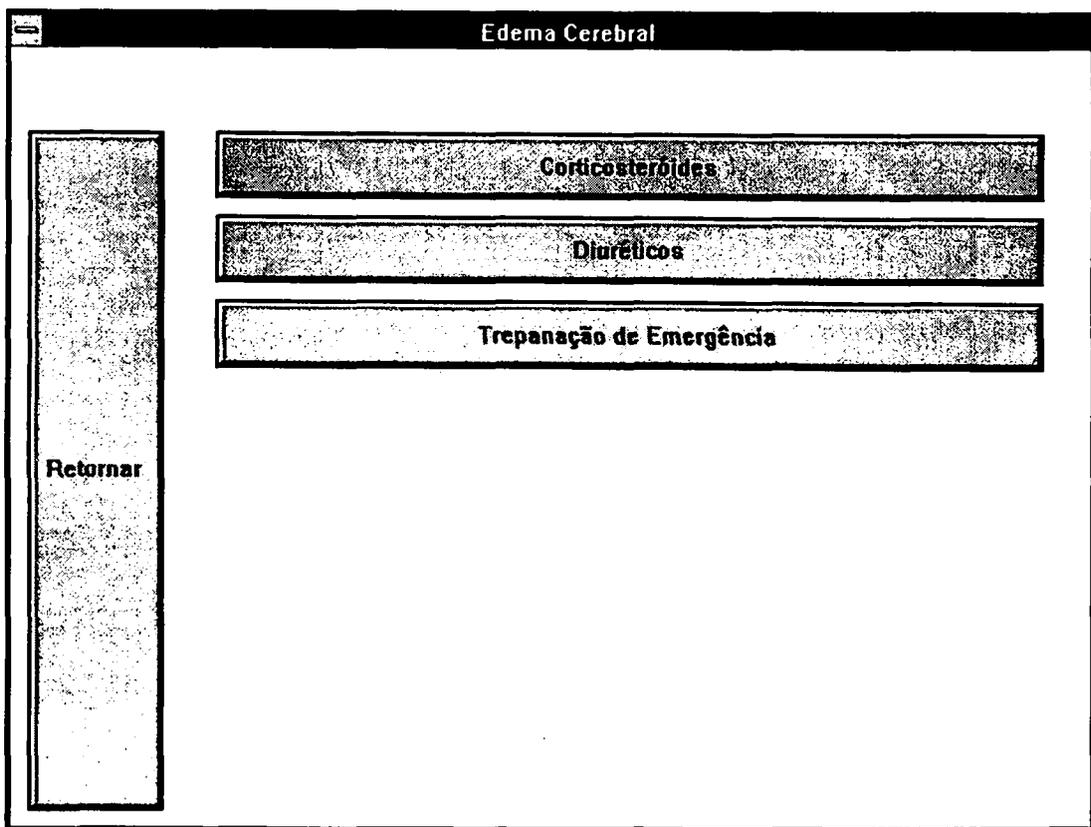


Figura 36

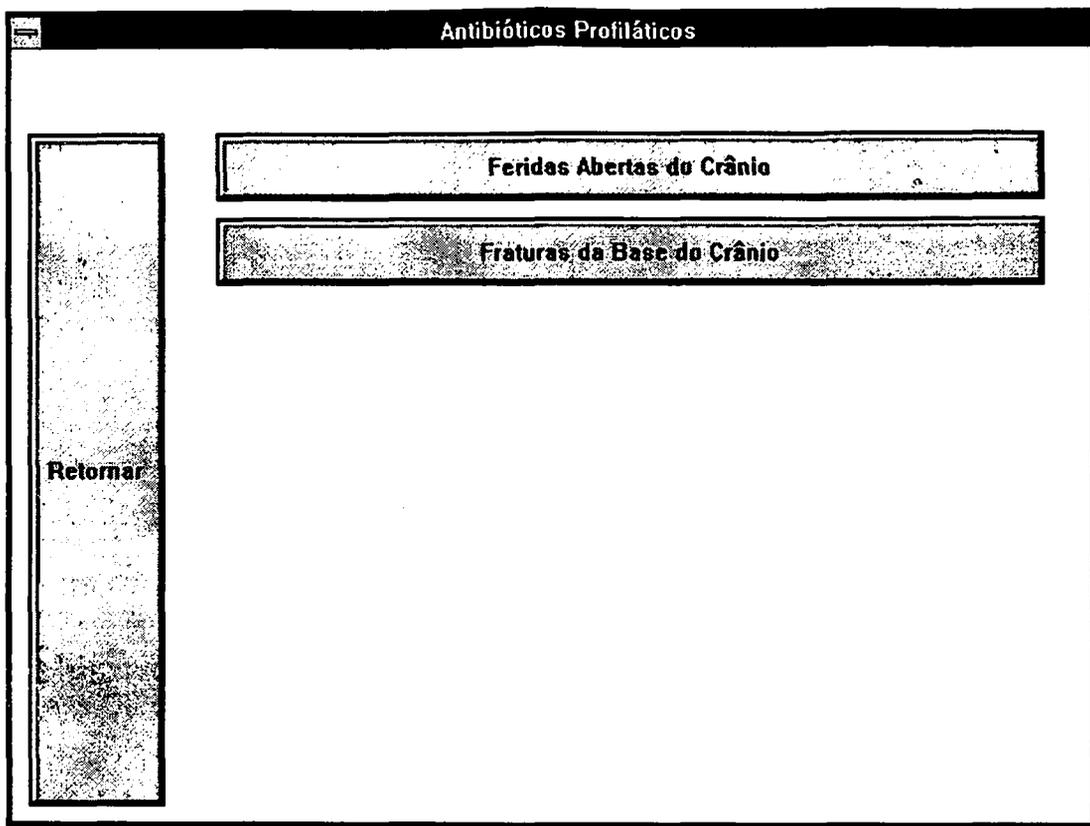


Figura 37

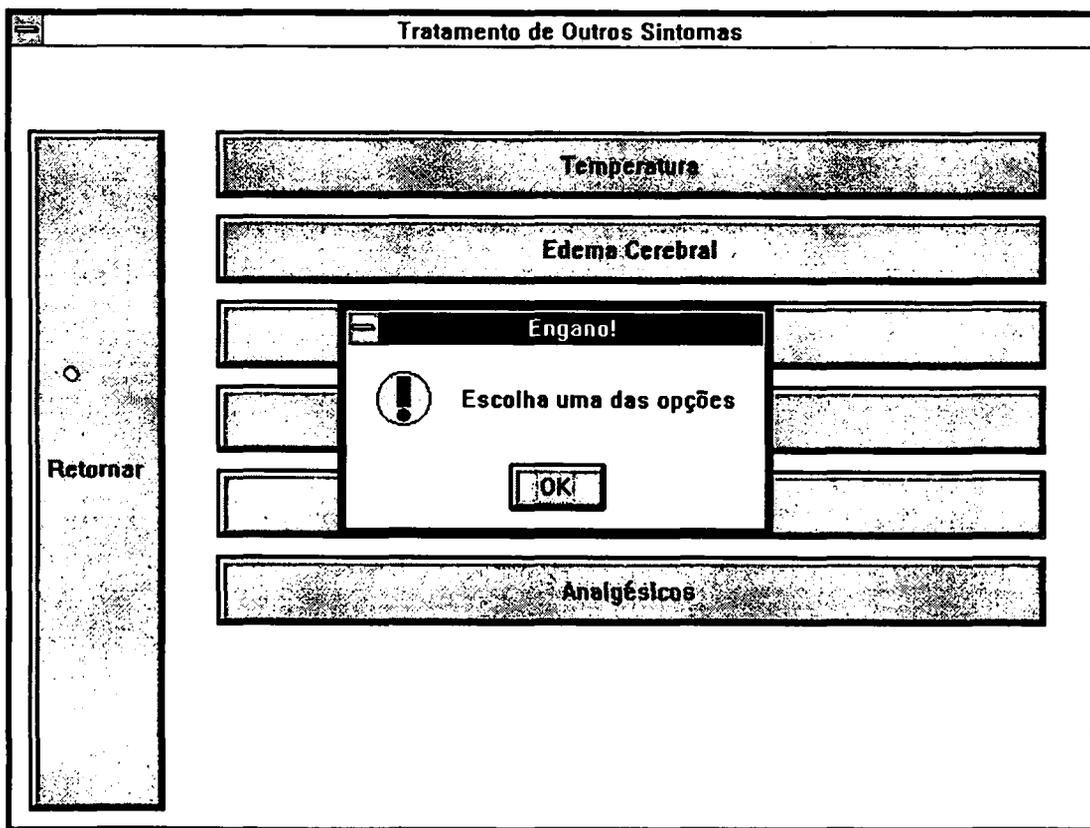


Figura 38

CAPÍTULO V - DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

V.1 CONCLUSÕES
V.2 TRABALHOS FUTUROS

V.1 - CONCLUSÕES

Um dos fatores que tem muita influência na utilização de computadores no processo de ensino ou treinamento consiste no fácil uso e distribuição do conhecimento que é então obtido, tal como ocorre com o uso de sistemas especialistas. Outra vantagem que surge é que tal conhecimento está disponível a qualquer momento e em qualquer local onde haja um microcomputador acessível.

Um professor humano apresenta restrições de disponibilidade em termos de tempo e de local [JON94], bem como em muitas situações o processo fica prejudicado, já que o professor frente a um aluno, que tem dificuldades em certo ponto da disciplina ou do treinamento, terá seu desempenho como transmissor de conhecimentos diminuído, pois ele será influenciado pela própria situação em que está envolvido. Um sistema inteligente, como elemento que atue neste processo, pode auxiliar o professor em tal tarefa. Entretanto, a utilização de tais sistemas isoladamente sem a coordenação de um professor não está sendo sequer considerada, pois uma sessão insere-se dentro de um processo muito maior que inclui a educação e a formação do indivíduo como um todo, dentro de uma sociedade, tarefas que estão muito longe das capacidades de um autômato.

O uso de sistemas automatizados neste processo é desejável, já que ele apresenta, especialmente hoje em dia, um grande poder de atração em relação às pessoas. A motivação é um dos aspectos mais importantes dentro de uma situação de transmissão de informações e/ou conhecimentos. É ela quem faz com que o processo seja prazeroso ao aluno e, portanto, mais efetivo. Como acontece com todas as experiências humanas, aquelas que estão envolvidas com situações psicologicamente intensas, sejam de prazer ou desprazer, tornam-se mais vívidas e seus efeitos tendem a se impregnar profundamente e por mais tempo. Tal efeito é obtido com o uso de computadores, atualmente.

Uma maneira de motivar as pessoas a usarem tais sistemas consiste em se utilizar simulações de casos reais. Neste caso, pode-se ter um processo qualquer, que por diversas razões não poderia ser de maneira conveniente testado e examinado, a fim de se promover o treinamento de um aprendiz, como acontece no caso de sistemas biológicos, já que por princípio ético básico não se fazem experiências com seres humanos, ainda mais para se treinar alguém com respeito a um conjunto de conhecimentos específicos. Entretanto, na área Médica os Alunos e Residentes terão de, em algum momento, passar dos conhecimentos teóricos para os práticos. Esta passagem tem em sua primeira fase uma parcela de experiência,

já que surgem vários elementos que não faziam parte dos conhecimentos teóricos do aluno e que influem no seu desempenho. Desta forma, o uso de sistemas computadorizados nas áreas da Medicina é um fator de melhora dentro do processo. Há que se atentar entretanto para o fato de que as diferenças entre a situação e o próprio ambiente de simulação e o ambiente real podem conduzir a dificuldades posteriores. Portanto, o ambiente de simulação deve reproduzir o mais fielmente possível as condições reais, além do acompanhamento de uma pessoa já experiente na área [PAG92a] [PAG92b].

Uma das formas de se aproximar as simulações da realidade é criando-se ambientes gráficos [ANT92] [BOR91], em substituição àqueles dirigidos por caracteres, ou seja, ambientes tais como Motif para sistemas Unix e ambientes Windows para sistemas DOS, os quais possuem maiores possibilidades de atrair a atenção de alunos que passem a trabalhar com computadores. Devido à vantagem atual dos sistemas DOS sobre os Unix, em termos financeiros para os indivíduos, esta tem sido a plataforma sobre a qual se desenvolvem a maior parte dos programas a serem usados com tal finalidade.

Neste caso, pode-se criar um ambiente que apresente as mesmas características do problema simulado, o que facilita a identificação [NIE89b] [NIE90b]. Pode-se por exemplo lançar mão de uma simbologia gráfica padrão na área de interesse facilitando a identificação dos símbolos com os elementos reais. Isto faz com que o aluno passe a apresentar um maior interesse, já que terá disponível um caso real para o seu aprendizado e exercitação sempre que tiver interesse, guardadas as devidas proporções e limitações dos simuladores [BRE87] [WHI93].

Para o caso de sistemas a serem desenvolvidos para a área Médica tal situação não é suficiente. Embora uma parte do trabalho ocorra baseada em fichas médicas e protocolos, os quais podem ser prontamente adaptados para a forma computadorizada convencional, muitos dos elementos de entrada são mais complexos. Por exemplo, muitos dos dados que o médico utiliza são visuais, como por exemplo marcas, sinais físicos etc., os quais fornecem muitas vezes uma indicação imediata e não são solicitados ao paciente verbalmente, mas obtidos através de um exame efetuado pelo próprio médico. Quando se busca criar um sistema que utilize tais dados, fazendo a sua entrada através do teclado, através de questionamento pelo especialista, fica descaracterizada a realidade de tal situação. Tais dados são obtidos diretamente pela inspeção e portanto, tornam-se subjacentes, não diretamente explicitáveis, ou seja, um especialista diante de um tal sistema ficaria provavelmente confuso e talvez não solicitasse algumas características de tal processo, no momento adequado.

Também é o caso de exames com resultados gráficos ou sonoros, como por exemplo um eletrocardiograma (ECG) ou eletroencefalograma (EEG), bem como a auscultação do coração entre outros. É muito difícil, senão impossível, transmitir as informações que se obtém de tais exames, através de uma descrição das características, pois esta será incompleta e muitas vezes imprecisa.

Uma forma de suprir tal deficiência já disponível consiste no uso da multimídia nos SIAE's. Através desta, pode-se incluir nos sistemas gráficos como por exemplo o ECG e o EEG, que podem ser manipulados diretamente pelo estudante, tal como o faria em um caso prático, tornando não somente as suas conclusões mais fidedignas, como também o próprio ambiente de simulação mais realista. O uso de sons também vem a aproximar o ambiente simulado dos dados reais, permitindo ao aprendiz se basear em dados reais, que de outra forma não estariam disponíveis e evitando o choque de se deparar em um caso real com um dado que ele não saiba avaliar [JOO92].

Importante também é o uso de imagens parciais ou completas de pacientes, os quais lhe permitam de forma automática obter vários dados, o que lhe facilita o raciocínio e o torna mais rápido, o que é essencial em certos casos e supre a deficiência anteriormente comentada. Considerando-se ainda o uso de vídeo, pode-se atingir uma situação no qual o estudante fica totalmente imerso no ambiente de trabalho, obedecendo ao princípio pedagógico que diz que a aprendizagem se torna mais eficiente e duradoura quanto maior o número de sentidos envolvidos no processo.

Outra característica que surge muitas vezes nos ambientes baseados em simulação, em especial para Medicina, é que o volume de informações é muito grande, o que dificulta o seu gerenciamento e utilização [AIE86] [NOL92] [GRI90]. Faz-se necessário, portanto, o estudo de técnicas de representação do conhecimento, que sejam potentes o suficiente para armazenar o conhecimento e ao mesmo tempo, tornem fácil e eficiente a sua manipulação, já que tal conhecimento deverá ser utilizado sob dois pontos de vista, ou seja, aquele do especialista que vai resolvendo o problema, e por parte do tutor que o vai repassando ao aluno [PAG91a] [PAG91b]. Uma possibilidade ainda em aberto consiste no uso de agentes modelando vários tipos do conhecimento a ser transmitido, bem como do tutor e do sistema especialista, e se relacionando com vistas a atingir os objetivos do sistema de forma independente.

V.2 - TRABALHOS FUTUROS

O estudo e desenvolvimento de Sistemas Inteligentes de Auxílio ao Ensino tem ainda uma vasta gama de problemas a serem estudados, até se obter uma arquitetura que possa realmente atender aos princípios educacionais básicos de que dispõe um professor na sua prática pedagógica.

Neste trabalho propôs-se que, no desenvolvimento dos mesmos, forneça-se condições para que o aluno possa por si mesmo escolher as alternativas que crer corretas e que um elemento supervisor acompanhe os procedimentos por ele tomados, com a finalidade de verificar se as ações que são possíveis de se tomar em um certo momento, ou seja, as ações localmente corretas, não desviem por demais o aluno do seu objetivo final, que é resolver o problema proposto. Para tanto faz-se necessário criar um elemento avaliador, não somente das ações locais, como também capaz de determinar como estas ações se desviam de um caminho ótimo em termos globais, segundo uma métrica pré-estabelecida em função do tipo de problema sendo trabalhado. Mais do que isso, faz-se necessário considerar se tais ações apresentam algum outro tipo de restrição, como por exemplo restrições temporais, situação em que tal característica deverá ser incorporada na métrica escolhida. Entretanto, existem outros itens a serem desenvolvidos. Alguns dos trabalhos que poderiam ser citados incluem:

Estudo do desempenho de sistemas com multimídia [CAS92] [SCH93], a fim de se determinar a que nível tal potencialidade deve ser explorada, a fim de se atingir os objetivos propostos, já que o seu uso puro e sem medidas poderia tornar a sessão de aprendizagem um espetáculo de efeitos sonoros e visuais no qual poder-se-ia perder a linha mestra do processo, ou seja, poder-se-ia chegar a uma situação onde o estudante passaria a brincar com os efeitos e deixaria para um segundo plano o objetivo de obter os conhecimentos de uma certa especialidade;

Proposição de formas de avaliação dos SIAE's, quanto à sua eficiência, seja do ponto de vista de ferramenta computacional [O'L90] quanto do ponto de vista de sua efetividade no processo ensino-aprendizagem, ou seja, determinar o quanto as técnicas utilizadas conseguem representar a realidade e obter informações a respeito do aluno, e também melhorar o desempenho do aluno frente ao tema tratado;

Estudo das características das formas de raciocínio e de representação do conhecimento do ponto de vista do repasse dos conhecimentos de um agente A para um agente B [REA94], a fim de procurar identificar como estas formas

poderiam ser implementadas para se obter um sistema mais genérico, o mais independente possível do tipo de conhecimento a ser transmitido [ALZ87] [FER92];

Como a situação de repasse de conhecimento pode ocorrer entre dois agentes quaisquer, pode-se estudar como transferir conhecimento entre elementos que possuam Bases de Conhecimentos estruturadas diferentemente e/ou com formas de representação do conhecimento diversas, a serem utilizadas em sistemas com Bases de Conhecimentos distribuídas, a fim de resolver um problema em conjunto [CAS87a] [AGR86] [BHA92] [KEY92a] [YAN85].

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [ADL86] Adlassing, K-P. "Fuzzy Set Theory in Medical Diagnosis", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, V. 16, N. 2, March/April, 1986, pp. 260-265.
- [AGR86] Agrawal, P. & Janakaram, V. K. "Evaluating the Performance of Multicomputer Configurations", Computer, V. 19, N. 7, July, 1986, pp. 23-37.
- [AIE86] Aiello, L., & Cecchi, C. & Sartini, D. "Representation and Use of Meta-Knowledge", Proc. IEEE, V. 74, N. 10, October, 1986, pp. 1304-1321.
- [ALE87] Aleksander, I. & Morton, H. "Artificial Intelligence: An Engineering Perspective", IEE Proceedings-D, V. 34, N. 4, July, 1987, pp. 218-223.
- [ALM80] Almeida, G. G. M. & Cruz, O. R. Urgências em Neurocirurgia: Traumatismos Cranioencefálicos, Sarvier S.A. Editora de Livros Médicos, 1980.
- [ALZ87] Al-Zobaidie, A. & Grimson, J. B. "Expert Systems and Database Systems: How Can They Serve Each Other", Expert Systems, V. 4, N. 1, February, 1987, pp. 30-37.
- [ANT92] Antão, B. & Broderzen, A. & Burne, J. & Cantwell, J. "Building Intelligent Tutorial Systems for Teaching Simulation in Engineering Education", IEEE Transactions on Education, Vol. 35, N. 1, pp. 50-56, February 1992.
- [ARO84] Arons, A. B. "Computer-Based Instructional Dialogs in Science Courses", Science, V. 224, June, 1984, pp. 1051-1056.
- [ATT86] Attardi, G. & Simi, M. "Description-Oriented Logic for Building Knowledge Based", Proc. IEEE, V. 74, N. 10, October, 1986, pp. 1335-1344.
- [BAK80] Baker, C.C. & Oppenheimer, L. & Stephens, B. & Lewis, F. R. & Trunkey, D.D., "Epidemiology of Trauma Deaths", The American Journal of Surgery, Vol. 140, July, 1980, pp. 144-150.
- [BAK85] Baker, C.C. & Degutis, L.C. & DeSantis, J. & Baue, A.E., "Impact of a Trauma Service on Trauma Care in a University Hospital", The American Journal of Surgery, Vol. 149, April, 1985, pp. 453-458.
- [BAK86] Bakonyi Neto, A. & Lima, J.T.C. Condutas no Trauma, Editora de Publicações Médicas, 1986.
- [BAM85] Bammel, H., & Gremy, F. & Zvorova, J. Medical Expert Systems: Diagnostic Strategies and Expert Systems, 1985.
- [BAR76] Barr, A., & Beard, M. & Atkinson, R. C. "The Computer as a Tutorial Laboratory: The Stanford BIP Project", International Journal of Man-Machine Studies, V. 8, 1976, pp. 567-596.
- [BAR81] Barnett, J. A. "Computational Methods for a Mathematical Theory of Evidence", Proc. 7th Int. Joint Conf. Artif. Intelligence, Vancouver, Canada, 1981, pp. 868-875.

- [BAR87]Barreto, J. M., & Lima, W. Celso de & Fraiture, M. N. "**Simulación Cualitativa del Ventrículo Izquierdo usando Inteligência Artificial**", VII Congresso Chileno de Ing. Elect., Santiago de Chile, Nov. 1987, pp. 48-51.
- [BAR88a]Barreto, J. M., & Lima, W. Celso de & Lefevre, J. "**An Artificial Intelligence Approach to Qualitative Modeling of the Right Ventricle**", Conf. Int. Informatica 88, La Habana, Cuba, Feb. 1988.
- [BAR88b]Barreto, J. M., & Lefevre, J., & Fraiture, M. N. & Lima, W. Celso de "**Qualitative Simulation in Physiology with Bond Graphs**", First Symposium on Modelling and Control in Biomed. Syst., IFAC, Venice, Italy, April, 1988.
- [BEN85]Ben-Bassat, M. "**Expert Systems for Medical Diagnosis**", in Approximate Reasoning in Expert Systems, Elsevier Sciences Publishers, 1985, pp. 671-687.
- [BER85]Berwick, R. C. The Acquisition of Syntactic Knowledge, MIT Press, 1985.
- [BER93]Bertin, A. & Buciol, F. & Lanza, C. "**Intelligent Training Systems in Industrial Environments: Approach and Solutions to High Risk Task Training**", Computers & Education, Vol. 20, N. 1, pp. 97-104, 1993.
- [BES84]Bestougeff, H. "**Informatique et Enseignement**", PROJECT - Enjeux de l'Informatique, N. 153, 1984.
- [BHA92]Bharadwaj, S. & Flower, J. & Kolowa, A. "**Issues in Dynamic Parallelization**", AI Expert, February, 1992, pp. 27-33.
- [BIE78]Biermann, A. W. "**The Inference of Regular LISP Programs from Examples**", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, V. 8, N. 8, August, 1978, pp. 585-600.
- [BLI92]Bliss, J. et all "**Reasoning Supported by Computational Tools**", Computers & Education, Vol. 18, N. 1-3, pp. 1-9, 1992.
- [BOB84]Bobrow, D. G. "**Qualitative Reasoning about Physical Systems: An Introduction**", Artificial Intelligence, V. 24, N. 1, December, 1984, pp. 1-5.
- [BOB86]Bobrow, D. G., & Mittal, S. "**Expert Systems: Perils and Promise**", Comm. Association for Computing Machinery, V. 29, N. 9, September, 1986, pp. 880-894.
- [BOR91]Borghi, L. & Ambrosio, A. & Gazzaniga, G. & Ironi, L. & Mascheretti, P. & Massara, C. "**Practical Use of Simulation to Study Relative Motion**", Computers and Education, Vol. 16, N. 2, pp. 157-166, 1991.
- [BOU81]du Boulay, B. & O'Shea, T. & Monk, J. "**The Glass Box Inside the Black Box: Presenting Computing Concepts to Novices**", Int. J. Man-Machine Stud., Vol. 14, pp. 237-249, 1981.

- [BOU87]Boulet, M.-M., "Educational Software Design Using a Diagnostic Approach", Computers & Education, V. 11, N. 3, 1987, pp. 219-227.
- [BOY92]Boyd, G. McL. & Mitchell, P.D. "How Can Intelligent CAL Better Adapt to Learners?", Computers & Education, Vol. 18, N. 1-3, pp. 23-28, 1992.
- [BRA84]Bray, D. "Using Personal Computers at College Level", Computer, Vol. 7, N. 4, pp. 36-43, 1984.
- [BRE87]Breuer, K., & Hajovy, H., "Adaptative Instructional Simulations to Improve Learning of Cognitive Strategies", Educational Technology, May 1987, pp. 29-32.
- [BRO73]Brown, J. S., & Burton, R. R. & Zdybel, F. "A Model-Driven Question-Answering System for Mixed-Initiative Computer-Assisted Construction", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, V. 3, N. 3, May, 1973, pp. 248-257.
- [BRO76]Brown, J. S. & Burton, R. R. "Diagnostic Models for Procedural Bugs in Basic Mathematical Skills", Cognitive Science, V. 2, 1976, pp. 155-192.
- [BRO82a]Brown, J. S. & Burton, R. R. & deKleer, J. "Pedagogical Natural Language and Knowledge Engineering Techniques in SOPHIE I, II and III", In D. Sleeman & J.S. Brown (Eds.), Intelligent Tutoring Systems, New York, Academic Press.
- [BRO82b]Brown, J. S. & Burton, R. R. "An Investigation of Computer Coaching for Informal Learning Activities", In D. Sleeman & J.S. Brown (Eds.), Intelligent Tutoring Systems, New York, Academic Press.
- [BUC84]Buchanan, B. G. & Shortliffe, E. H. Rule Based Expert Systems: The MYCIN Experiments of Stanford Heuristic Programming Project, Addison-Wesley Publishing Co., 1984.
- [BUI85]Buisson, J. C., & Farreny, H. & Prade, H. "The Development of a Medical Expert System and the Treatment of Imprecision in the Framework of Possibility Theory", Information Science, V. 37, N. 2, March, 1985, pp. 211-226.
- [BUM88]Bumbaca, F. "Intelligent Computer-Assisted Instruction: A Theoretical Framework", Int. J. Man-Machine Studies, Vol. 29, pp. 227-255, 1988.
- [BUR79]Burton, R. R. & Brown, J. S. "An Investigation of Computer Coaching for Informal Learning Activities", International Journal of Man-Machine Studies, V. 11, 1979, pp. 5-24.
- [BUS86]Bushby, P. "Computers in the Classroom: Educational Process and Higher Order Skills", EDUCOM Bulletin, Vol. 21, N. 1, 1986.

- [CAL85]Cales, R. H. & Trunkey, D. D., "Preventable Trauma Deaths: A Review of Trauma Care Systems Development", JAMA, August 23/30, 1985, Vol. 254, No. 8, pp. 1059-1063.
- [CAR70]Carbonnel, J. R. "AI in CAI: An Artificial Intelligence Approach to Computer-Assisted Instruction", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, V. 11, December, 1970, pp. 190-202.
- [CAS87a]Casteneiras, A. V. "Arquitectura Multinível para Sistemas Expertos en Medicina", Proc. III Symp. Int. de Ing. Biomédica, Madrid, Espana, October, 1987, pp. 359-364.
- [CAS87b]Casteneiras, A. V. & Fernandez, G. F. "Lenguajes de Representación de Hechos y Conocimientos para Aplicaciones Médicas de Sistemas Expertos", Proc. III Symp. Int. de Ing. Biomédica, Madrid, Espana, October, 1987, pp. 365-370.
- [CAS89]Casali, A. "Razonamiento Aproximado en los Sistemas Expertos", Reporte Técnico do Departamento de Sistemas e Informática, Facultad de Ciências Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosário, UNR, Argentina, 1989.
- [CAS92]Casey, C., "Transactions and Answer Judging in Multimedia Instruction: A Way to Transact with Features Appearing in Video and Graphic Images", Journal of Computer-Based Instruction, Autumn 1992, Vol. 19, No. 4, pp. 131-136.
- [CHA82]Chandy, K. M. & Misra, J. "Distributed Computation on Graphs: Shortest Path Algorithms", Communications of the Association for Computing Machinery, V. 25, N. 11, November, 1982, pp. 833-837.
- [CHE80]Cheng, Y-Y. M. & McInnis, B. "An Algorithm for Multiple Attribute, Multiple Alternative Decision Problems Based on Fuzzy Sets with Application to Medical Diagnosis", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, V. 10, N. 10, October, 1980, pp. 645-650.
- [CHE92]Chen, Z. "Knowledge Graphs for Information Systems", Computers & Education, Vol. 18, N. 4, pp. 267-272, 1992.
- [CHI89]Chin, H.L. & Cooper, G.F. "Case-Based Tutoring from a Medical Knowledge Base", Computer Methods and Programs in Biomedicine, Vol. 30, pp. 185-198, 1989.
- [CLA79]Clancey, W. J. "Tutoring Rules for Guiding a Case Method Dialogue", International Journal of Man-Machine Studies, V. 11, 1979, pp. 25-49.
- [CLA87]Clancey, W. J. Knowledge-Based Tutoring - The GUIDON Program, MIT Press, USA, 1987.
- [CLA88]Clarke, J.R. & Cebula, D.P. & Webber, B.L. "Artificial Intelligence: A Computerized Decision Aid for Trauma", The Journal of Trauma, Vol. 28, N. 8, 1988.

- [COL87]Colling, J-M. & Franco, A. "Système Expert d'Aide au Dépannage: une Solution pour les Équipements Électroniques Complexes", RGE, N. 4, Avril, 1987, pp. 35-40.
- [CON82]Condon, R. E. & Nyhus, L. M. Manual de Terapia Cirúrgica, Editora Médica e Científica Ltda., 1982.
- [COR88]Corkill, D. D., & Gallagher, K. Q., & Murray, K. E., "GBB: A Generic Blackboard Development System", in Blackboard Systems, Eds. Robert S. Englemore & Tony Morgan, Addison-Wesley Publishing Co., 1988, pp. 503-517.
- [COS74]Costa, N. C. A. "On the Theory of Inconsistent Formal Systems", Notre Dame Journal of Formal Logic, V. XV, N. 4, October, 1974, pp. 497-510.
- [CRA88]Crane, G., & Mylonas, E., "The Perseus Project: An Interactive Curriculum on Classical Greek Civilization", Educational Technology, November 1988, pp. 25-32.
- [CUE86]Cuenca, J. & Fernandez, G. & Mantaras, R. L. & Verdejo, M. F. Inteligência Artificial: Sistemas Expertos, Alianza Editorial, Espana, 1986.
- [DAV80]Davis, R. "Meta-Rules: Reasoning about Control", Artificial Intelligence, 15, 1980, pp. 179-222.
- [DAV86]Davis, R. "Knowledge-Based Systems", Science, V. 231, February, 1986, pp. 957-963.
- [DED87]Dede, C., "Artificial Intelligence Applications to High-Technology Training", ECTJ, Vol. 35, No. 3, pp. 163-181.
- [DEM87]Demonchaux, E. "Aide au dépannage: un Système Expert sur Minitel Exploitable par l'Utilisateur Final", RGE, N. 4, Avril, 1987, pp. 41-43.
- [DES91]Dessert, P. E. "The Process of Heuristic Development", AI Expert, December, 1991, pp. 36-39.
- [DIE94]Diessel, T. & Lehmann, A. & Vassileva, J. "Individualized Course Generation: A Marriage Between CAL and ICAL", Computers & Education, Vol. 22, N. 1/2, pp. 57-64, 1994.
- [DUB85]Dubois, D. & Prade, H. Theorie des Possibilités: Application a la Representation des Connaissances en Informatique, Editora Masson, 1985.
- [DUC89]Duchastel, P. "ICAI Systems: Issues in Computer Tutoring", Computers & Education, V. 13, N. 1, 1989, pp. 95-100.
- [DUR87]Durndell, A., & McLeod, H. & Siann, G. "A Survey of Attitudes to, Knowledge About and Experience of Computers", Computers & Education, V. 11, N. 3, 1987, pp. 167-175.
- [DUR91]Durkin, J. "Designing an Induction Expert System", AI Expert, December, 1991, pp. 29-35.
- [DUT85]Dutta, A. "Reasoning with Imprecise Knowledge in Expert Systems", Information Science, V. 37, N. 1, March, 1985, pp. 3-24.

- [Dwy74]Dwyer, T. A. "Heuristic Strategies for Using Computers to Enrich Education", International Journal of Man-Machine Studies, V. 6, 1974, pp. 137-154.
- [EFS79]Efstathiou, J. & Rajkovic, V. "Multiattribute Decisionmaking Using a Fuzzy Heuristic Approach", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, V. 9, N. 6, June, 1979, pp. 326-333.
- [ELI91]Eliot, L. B. "It's the Thought that Counts", AI Expert, December, 1991, pp. 11-13.
- [ELS93]Elshout, J. J. & Veenman, M. V. J. & Hell, J. G. van "Using the Computer as a Help Tool During Learning by Doing", Computers & Education, Vol. 21, N. 1/2, pp. 115-122, 1993.
- [ESO83]Esogbue, A. O. "Dynamic Programming, Fuzzy Sets, and the Modeling of R&D Management Control Systems", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, V. 13, N. 1, January/February, 1983, pp. 18-30.
- [EVA81]Evans, R. Emergency Medicine, Butterworths & Co., 1981.
- [FER87]Ferrara, J. M., Prater, M. A., & Baer, R., "Using an Expert System for Complex Conceptual Training", Educational Technology, May 1987, pp. 43-46.
- [FER88]Ferreira, A. C., & Pequeno, T. H. C. & Chivante, A. M. S. "Extracção de Explanacões em um Sistema Especialista a partir de Modelos Conceituais", II Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, Outubro, 1988, pp. 33.
- [FER92]Fernandez-Valmayor, A. & Chamizo, C.F. "Educational and Research Utilization of a Dynamic Knowledge Base", Computers & Education, Vol. 18, N. 1-3, pp. 51-61, 1992.
- [FEU64]Feurzeig, W., & Munter, P., & Swets, J. & Breen, M. "Computer-Aided Teaching in Medical Diagnosis", Journal of Medical Education, V. 39, 1964, pp. 746-755.
- [FIN87]Fink, P. F. & Lusth, J. C. "Expert Systems and Diagnostic Expertise in the Mechanical and Electrical Domains", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, V. 17, N. 3, May/June, 1987, pp. 340-349.
- [FIS86]Fisher, E. M. "Building AI Behind Closed Doors", Datamation, August, 1, 1986, pp. 46-50.
- [FLE84]Fletcher, J. D. "Intelligent Instrutional Systems in Training", In S. A. Andriole (Ed.), Applications in Artificial Intelligence, 1984.
- [FOR88]Ford, L. & Yazdani, M. "Tutoring Systems: the State-of-the-Art in Great Britain", Expert Systems, Vol. 5, N. 4, pp. 328-339, 1988.
- [FOX79]Fox, J., & Rushby, N. "Guidelines for Developing Educational Computer Programs", Computers & Education, V. 3, 1979, pp. 35-41.

- [FOW91]Fowler, D.G. "A Model for Designing Intelligent Tutoring Systems", Journal of Medical Systems, Vol. 15, N. 1, pp. 47-63, 1991.
- [FRE80]Freeling, A. N. S. "Fuzzy Sets and Decision Analysis", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, V. 10, N. 7, July, 1980, pp. 341-354.
- [FRE90]French, P. D. "A Domain-Independent Student Model for an AI-Based Training System", Computers & Education, V. 15, N. 1-3, 1990, pp. 49-61.
- [GAI85a]Gaines, B. R. & Shaw, M. L. G. "Sistematic Foundations for Reasoning in Expert Systems", in Approximate Reasoning in Expert Systems, Elsevier Science Publishers, 1985, pp. 271-281.
- [GAI85b]Gaines, B. R. & Shaw, M. L. G. "From Fuzzy Logic to Expert Systems", Information Science, V. 36, N. 1, 1985, pp. 5-16.
- [GAR89]Garg, P. K., & Scacchi, W., "ISHYS: Designing an Intelligent Software Hypertext System", IEEE Expert, Fall 1989, pp. 52-62.
- [GAR90]Gardner, N. & Darby, J. "Using Computers in University Teaching: A Perspective on Key Issues", Computers & Education, V. 15, N. 1-3, 1990, pp. 27-32.
- [GAS82]Gaschnig, J. "PROSPECTOR: An Expert System for Mineral Exploration", in Introductory Readings in Expert Systems, D. Michie (ed.), Gordon & Breach, 1982, pp. 47-65.
- [GEN85]Genesereth, M. R. & Ginsberg, M. L. "Logic Programming", Comm. Association for Computing Machinery, V. 28, N. 9, September, 1985, pp. 933-941.
- [GEV83]Gevarter, W. B. "Expert Systems: Limited but Powerful", IEEE Spectrum, August, 1983, pp. 39-45.
- [GIS92]Gisoffi, A. & Dattolo, A. & Balzano, W. "A Fuzzy Approach to Student Modelling", Computers & Education, Vol. 19, N. 4, pp. 329-334, 1992.
- [GIS93]Gisolfi, A., Balzano, W. & Dattolo, A., "Enhancing the Learning Process with Expert Systems", Educational Technology, January 1993, pp. 25-32.
- [GOL79]Goldstein, I. P. "The Genetic Graph: A Representation for the Evolution of Procedural Knowledge", International Journal of Man-Machine Studies, V. 11, 1979, pp. 51-77.
- [GOM81]Gomez, F. & Chandrasekaran, B. "Knowledge Organization and Distribution for Medical Diagnosis", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, V. 11, N. 1, January, 1981, pp. 34-42.
- [GRA87]Grandal, J. M. R., & Gutierrez, J. A. D. & Puertas, I. A. "Una Revisión Bibliográfica: Estudio Comparativo entre Técnicas Estadísticas y Heurísticas Aplicadas al Diagnóstico Médico Automático", Proc. III

- Symp. Int. de Ing. Biomédica, Madrid, Espana, Outubro, 1987, pp. 371-374.
- [GRA92]Grandbastien, M. **"Intelligent Tutoring Systems on Scientific Subjects: Are Prototypes Ready for Broad Experimentation?"**, Computers & Education, Vol. 18, N. 1-3, pp. 63-70, 1992.
- [GRI90]Grimes, P.W. & Willey, T.E. **"The Effectiveness of Microcomputer Simulations in the Principles of Economics Course"**, Computers & Education, Vol. 14, N. 1, pp. 81-86, 1990.
- [GUP85]Gupta, M. M. Aproximate Reasoning in Expert Systems, Elsevier Science Publishers, 1985.
- [HAL86]Haley, P. & Williams, C. **"Expert System Development Requires Knowledge Engineering"**, Computer Design, February, 15, 1986, pp. 83-88.
- [HAJ87]Hajovy, H., & Christensen, D. L., **"Intelligent Computer-Assisted Instruction: The Next Generation"**, Educational Technology, May 1987, pp. 9-14.
- [HAM78]Hammer, M. **"The Semantic Data Model: A Modelling Mechanism for Database Applications"**, Proc. Association for Computing Machinery SIGMOD, 1978.
- [HAN93]Hansen, K.-H., **"Teachers' Choices of Content and Context in Computer-Education Courses"**, Computers & Education, Vol. 21, N. 1/2, pp. 17-23, 1993.
- [HAR85]Harmon, P. & King, D. Expert Systems - Artificial Intelligence in Bussiness, John Wiley & Sons, 1985.
- [HAR86]Hartnell, T. Sistemas Expertos - Introducción al Diseño y Aplicaciones, Ediciones Anaya Multimedia, Espana, 1986.
- [HAR88]Harris, M., & Cady, M., **"The Dynamic Process of Creating Hypertext Literature"**, Educational Technology, November 1988, pp. 33-40.
- [HAW90]Hawkrige, D. **"Who Needs Computers in Schools, and Why?"**, Computers & Education, V. 15, N. 1-3, 1990, pp. 1-6.
- [HAY85]Hayes-Roth, F. **"Rule-Based Systems"**, Comm. Association for Computing Machinery, V. 28, N. 9, September, 1985, pp. 921-932.
- [HAY87]Haynes, J. A., Pilato, V. H., & Malouf, D. B., **"Expert Systems for Educational Decision-Making"**, Educational Technology, May 1987, pp. 37-42.
- [HAY88b]Hayes-Roth, B., & Hewett, M., **"BB1: An Implementation of the Blackboard Control Architecture"**, in Blackboard Systems, Eds. Robert S. Englemore & Tony Morgan, Addison-Wesley Publishing Co., 1988, pp. 297-313.
- [HAY88a]Hayes-Roth, B., & Johnson, M. V., & Garvey, A., & Hewett, M., **"Building Systems in the BB* Environment"**, in Blackboard Systems,

- Eds. Robert S. Englemore & Tony Morgan, Addison-Wesley Publishing Co., 1988, pp. 543-560.
- [HEG90]Hegazi, O. M. & Rady, H. A. K., "Intelligent Tutoring Systems", The Egyptian Computer Journal, ISSR, Cairo Univ., Vol. 18, No. 2, 1990, pp. 93-112.
- [HEN92]Hendley, R.J. & Jurascheck, N. "Cascade: Introducing AI Intro CBT", Computers & Education, Vol. 18, N. 1-3, pp. 71-76, 1992.
- [HIL91]Hillman, D. "Knowledge Systems Based on Cascading Neural Nets", AI Expert, December, 1991, pp. 46-53.
- [HOL84]Hollan, J. D., & Hutchins, E. L. & Weitzman, L. "STEAMER: An Interactive Inspectable Simulation-Based Training Systems", AI Magazine, V. 5, N. 2, Summer, 1984, pp. 15-27.
- [HOL88]Holzmann, C. A., & Perez, C. A. & Rosselot, E. "A Fuzzy Model for Medical Diagnosis", Medical Progress Through Technology, V. 13, 1988, pp. 171-178.
- [HOP79]Hopcroft, J. E. & Ullman, J. D. Introduction to Automata Theory, Languages and Computation, Addison-Wesley Publishing Co., 1979.
- [HOW92]Howell, J. "S-Trees: A New Way to Handle Subjective Rules", AI Expert, February, 1992, pp. 21-25.
- [JAC84]Jackson, P. "Towards a Theory of Topics", Computers & Education, V. 8, N. 1, 1984, pp. 21-26.
- [JAK87]Jakob, F. "Aide à la Conduite Centralisée de Grands Processus: des Expériences Positives", RGE, N. 4, Avril, 1987, pp.31-34.
- [JOH84]Johnson, L & Soloway, E. M. "PROUST: Knowledge-Based Program Debugging", Proceedings of the Eighth International Software Engineering Conference, Orlando, Florida, U.S.A, 1984.
- [JOH90]Johnson, B.L. & Bergeron, R.D. & Malcolm, P. "Modelling the Teaching Consultant", Computers & Education, Vol. 14, N. 2, pp. 125-136, 1990.
- [JON88]Jonassen, D. H., "Designing Structured Hypertext and Structuring Access to Hypertext", Educational Technology, November 1988, pp. 13-15.
- [JON94]Jones, A. & Petre, M. "Computer-Based Practical Work at a Distance: A Case Study", Computers & Education, Vol 22, N. 1/2, pp. 27-37, 1994.
- [JOO92]Joolingen, W.R. van & Jong, Ton de "Modelling Domain Knowledge for Intelligent Simulation Learning Environments", Computers & Education, Vol. 18, N. 1-3, pp. 29-37, 1992.
- [KAC86]Kacprzyk, J. & Ziolkowski, "Database Queries with Fuzzy Linguistic Quantifiers", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, V. 16, N. 3, May/June, 1986, pp. 474-479.

- [KEA87]Kearsley, G. P. Artificial Intelligence and Instruction: Application and Methods, Addison-Wesley Publishing Co., 1987.
- [KEA88]Kearsley, G., "Authoring Considerations for Hypertext", Educational Technology, November 1988, pp. 21-24.
- [KEM91]Kemp, R. H., "Intelligent Computer Assisted Instruction: a Knowledge-based Perspective", The Australian Computer Journal, Vol. 24, No. 3, November 1992, pp. 121-129.
- [KEY92a]Keyes, J. "Auditing Expert Systems: Tracking Development and Performance", PC AI, January/February, 1992, pp. 48-51.
- [KEY92b]Keyes, J. "Living in Parallel", AI Expert, February, 1992, pp. 42-47.
- [KIM82]Kimball, R. "A Self-Improving Tutor for Symbolic Integration", In D. Sleeman & J.S. Brown (Eds.), Intelligent Tutoring Systems, New York, Academic Press.
- [KNA91]Knaus, R. "Using Existing Knowledge", AI Expert, December, 1991, pp. 23-26.
- [KOF75]Koffman, E. B. & Blount, S. E. "Artificial Intelligence and Automatic Programming in CAI", Artificial Intelligence, V. 6, 1975, pp. 215-234.
- [KOW79]Kowalski, R. "Algorithm = Logic + Control", Communication of the Association for Computing Machinery, V. 22, N. 7, July, 1979, pp. 425-435.
- [KOW92]Kowalski, K. "Expert System Shells in Student Advising", Computers & Education, Vol. 19, N. 4, pp. 359-368, 1992.
- [KUL88]Kulikowski, C. A. "Artificial Intelligence in Medical Consultation Systems: A Review", IEEE Eng. in Medicine and Biology Magazine, June, 1988, pp. 34-39.
- [LAN83]Lantz, B.S. & Bregar, W.S. & Farley, A.M. "An Intelligent CAI System for Teaching Equation Solving", Journal of Computer-Based Instruction, Vol. 10, pp. 35-42, 1983.
- [LAN89]Langlotz, C. P. & Shortliffe, E. H. "Logical and Decision-Theoretic Methods for Planning under Uncertainty", IEEE AI Magazine, Spring, 1989, pp. 39-47.
- [LAN92]Lander, S. "Blackboard Systems: Flexible Problem Solving Applications", PC AI, January/February, 1992, pp. 27-29.
- [LAU84]Laurent, J-P. "La Structure de Contrôle dans les Systèmes Experts", Technique et Science Informatiques, V. 3, N. 3, 1984, pp. 161-177.
- [LIM87]Lima, W. Celso de & Barreto, J. M. "Inteligência Artificial", Ciência Hoje, V. 7., N. 38, Dezembro, 1987, pp. 51-56.
- [LIM88a]Lima, W. Celso de, & Barreto, J. M., & Fraiture, M. N. & Lefevre, J. "Uma Abordagem de Inteligência Artificial para Simulação Qualitativa de Processos Difusos", VII Congresso Brasileiro de Automática, Agosto, 1988.

- [LIM88b]Lima, W. Celso de & Barreto, J. M. & Mendes, F. "Teoria do Diagnóstico Quantitativo por Computador em Medicina", III Congresso Latino de Automação, Chile, Outubro, 1988.
- [LIN93]Linden, E. van der, "Does Feedback Enhance Computer-Assisted Language Learning?", Computers & Education, Vol. 21, N. 1/2, pp. 61-65, 1993.
- [LOO88]Looney, C. G. "Fuzzy Petri Nets for Rule-Based DecisionMaking", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, V. Systems, Man and Cybernetics-18, N. 8, Jan/Feb, 1988, pp. 178-183.
- [LUG93]Luger, G.F. & Stubblefield, W.A. Artificial Intelligence - Structures and Strategies for Complex Problem Solving, The Benjamin Cummings Publishing Co.,1993.
- [MAC88]MacKenzie, E. J. & Shapiro, S. & Siegel, J. H., "The Economic Impact of Traumatic Injuries: One-Year Treatment-Related Expenditures", JAMA, December 9, 1988, Vol. 260, No. 22, pp. 3290-3296.
- [MAI85]Maiers, J. & Sherif, Y. S. "Applications of Fuzzy Set Theory", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, V. 15, N. 1, January/February, 1985, pp. 175-189.
- [MAN87]Mandani, E. H., & Pang, D. & Bigham, J. "Reasoning with Uncertain Information", IEE Proceedings-D, V. 34, N. 4, July, 1987, pp. 231-237.
- [MAN90]Mansour, A. A. H., & Poyser, J., & McGregor, J. J. & Franklin, M. E. "An Intelligent Tutoring System for the Instruction of Medical Students in Techniques of General Practice", Computers & Education, V. 15, N. 1-3, 1990, pp. 83-90.
- [MAR88]Martin, F.A. "Control Models in Computer-Assisted Learning", Expert Systems, Vol. 5, N. 4, pp. 316-326, 1988.
- [MAT89]Matta, K. F., & Kern, G. M. "A Framework for Research in Computer-Aided Instruction: Challenges and Opportunities", Computers & Education, V. 13, N. 1, 1989, pp. 77-84.
- [MIL82]Miller, M.L. "A Structural Planning and Debugging Environment for Elementary Programming", In D. Sleeman & J.S. Brown (Eds.), Intelligent Tutoring Systems, New York, Academic Press.
- [MIL83]Mills, J. & Ho, M.T. & Trunkey, D.D. Emergências Médicas - Diagnóstico e Tratamento, Ed. Guanabara Koogan S.A., 1985.
- [MIL87]Milne, R. "Strategies for Diagnosis", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, V. 17, N. 3, May/June, 1987, pp. 333-339.
- [MOI93]Moily, J. P. & Murray, T. J. "A Modularization Approach for Prolog Knowledge Bases", Information Systems, Vol. 18, N. 6, pp. 405-417, 1993.

- [MON87]Monnier, B., & Morel, J. & Benoit, R. "Système Expert d'Aide au Diagnostic des Défauts d'un Groupe Turbo-Alternateur: Comment Représenter les Connaissances?", RGE, N. 4, Avril, 1987, pp. 44-48.
- [MOR88]Morariu, J., "Hypermedia in Instruction and Training: The Power and the Promise", Educational Technology, November 1988, pp. 17-20.
- [MYK91]Mykytyn, Jr., P. P. & Mykytyn, K. "Legal Perspectives on Expert Systems", AI Expert, December, 1991, pp. 40-45.
- [MYE86]Myers, W. "Introduction to Expert Systems", IEEE Expert, 1986, pp. 100-109.
- [NET86]Neto, A. B., & Lima, J. T. C., Conduitas no Trauma, Editora de Publicações Médicas Ltda., 1986, Rio de Janeiro.
- [NIC88]Nicolson, R.I. & Scott, P.J. & Gardner, P.H. "The Intelligent Authoring of Computer Assisted Learning Software", Expert Systems, Vol. 5, N. 4, pp. 302-314, 1988.
- [NIE88a]Nievola, J. C. & Lima, W. Celso de & Zanchin, C. I. & Dantas, W. "An Expert System of Medical Diagnosis of Icteric Patients", World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, San Antonio, Texas, U. S. A., August 6-12, 1988.
- [NIE88b]Nievola, J. C. & Lima, W. Celso de & Dantas, W. "Icter: An Expert System for Medical Diagnosis in Gastroenterology", Third IASTED International Conference - Expert Systems - Theory and Applications, Los Angeles, U. S. A., December 12-14, 1988.
- [NIE88c]Nievola, J. C. & Ojeda, R. G. "Lógica Difusa", Tecnologia & Humanismo, N. 4., Agosto, 1988, pp. 8-16.
- [NIE89a]Nievola, J. C. & Lima, W. Celso de & Ojeda, R. G. "Uso da Lógica Trivalente de Kleene em Sistemas Especialistas para Medicina", Anais do XI Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, S,o Paulo, 3-6 de setembro, 1989.
- [NIE89b]Nievola, J. C. & Lima, W. Celso de & Barreto, J. M. "Qualitative Simulation in an ICAI", IASTED International Conference on Applied Simulation and Modeling, Santa Barbara, California, U. S. A., November 13-15, 1989.
- [NIE90a]Nievola, J. C. & Lima, W. Celso de "A System with Dinamic Processing", ISSM International Symposium MICRO'90, Montreal, Canada, May 22-24, 1990.
- [NIE90b]Nievola, J. C. & Lima, W. Celso de & Barreto, J. M. "A System with Qualitative Simulation", IASTED International Symposium ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS AND NEURAL NETWORKS, Zurich, Switzerland, June 25-27, 1990.

- [NIE90c]Nievola, J. C. & Lima, W. Celso de & Dantas, W. "An Expert System for Gastroenterology", 11th IFAC World Congress, Tallin, URSS, August 13-17, 1990.
- [NII88]Nii, H. P., & Aiello, N., "AGE (Attempt to GEneralize): A Knowledge-Based Program for Building Knowledge-Based Programs", in Blackboard Systems, Eds. Robert S. Englemore & Tony Morgan, Addison-Wesley Publishing Co., 1988, pp. 251-280.
- [NOL92]Nolen, T. "Parallel Processing for Problem Solving", AI Expert, February, 1992, pp. 35-40.
- [NWA93]Nwana, H. S. "An Approach to Developing Intelligent Tutors in Mathematics", Computers & Education, Vol. 20, N. 1, pp. 27-43, 1993.
- [OJE89]Ojeda, R. G. & Lima, W. Celso de & Nievola, J. C. "Uso de Lógica Temporal em Sistemas Especialistas de Apoio à Decisão Médica", Anais do XI Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, São Paulo, 3-6 de setembro, 1989.
- [O'L90]O'Leary, T. J., & Goul, M., & Moffitt, K. E., & Radwan, E., "Validating Expert Systems", IEEE Expert, August 1990, pp. 51-58.
- [O'S82]O'Shea, T. "A Self-Improving Quadratic Tutor", In D. Sleeman & J.S. Brown (Eds.), Intelligent Tutoring Systems, New York, Academic Press.
- [OLS82]Olson, M. H. & Lucas Jr., H. C. "The Impact of Office Automation on the Organization: Some Implications for Research and Practice", Communications of the Association for Computing Machinery, V. 25, N. 11, November, 1982, pp. 838-847.
- [OLS87]Olson, J. R. & Rueter, H. H. "Extracting Expertise from Expert: Methods for Knowledge Acquisition", Expert Systems, V. 4, N. 3, August, 1987, pp. 152-168.
- [ORW92]Orwig, G.W. & Ragusa, J.M. & Wielgos, R.A. "Building Expert Systems for Academic Advising", Interactive Learning International, Vol. 8, pp. 315-320, 1992.
- [PAG91a]Pagano, R. & Barreto, J. "Hypertext Information Technology in Medical Education", Proceedings of IEEE MELECON'91 - Mediterranean Electrotechnical Conference, pp. 1577-1580, 1991.
- [PAG91b]Pagano, R. & Barreto, J. "Microcomputer Simulation of Biological Systems as an Educational Tool in Medicine", Proceedings of ISMM'91 - International Conference on Mini and Microcomputers in Medicine and Health Care, pp. 9-12, 1991.
- [PAG92a]Pagano, R. & Barreto, J. & Lebacq, J. "Computer Simulation and Information Technology: Good Tool for Classroom Work?", Proceedings of ICTE'92 - 9th International Conference on Technology and Education, pp. 1618-1620, 1992.

- [PAG92b]Pagano, R. & Barreto, J. & De Neyer, M. & Gorez, R. **“Teaching Fuzzy Control Through Computer Simulation”**, Proceedings of ICTE'92 - 9th International Conference on Technology and Education, pp. 856-858, 1992.
- [PAG92c]Pagano, R. Computer Simulation as an Educational Tool, Faculty of Applied Sciences, University of Louvain, PhD Dissertation, 1992.
- [PAI86]Paiuk, J., & Lissin, J. **“Proyecto de Utilización de Sistemas Expertos para Uso Industrial”**, Anais do 2. Congresso Latino-Americano de Controle Automático, Buenos Aires, 1986, pp. 684-689.
- [PAR87]Park, O-c., & Seidel, R. J., **“Conventional CBI Versus Intelligent CAI: Suggestions for the Development of Future Systems”**, Educational Technology, May 1987, pp. 15-21.
- [PAR88]Park, O-c., **“Functional Characteristics of Intelligent Computer-Assisted Instruction: Intelligent Features”**, Educational Technology, June 1988, pp. 7-14.
- [PAP84]Papert, S. Mindstorms, Basic Books, 1984.
- [PAP86]Papert, S. Logo: Computadores e Educação, Ed. Brasiliense, 1986.
- [PAP92]Papa, F.J. et al **“A Differential Diagnostic Skills Assessment and Tutorial Tool”**, Computers & Education, Vol. 18, N. 1-3, pp. 45-90, 1992.
- [PAP94]Papert, S. A Máquina das Crianças, Artes Médicas, 1994.
- [PAY92]Payette, J. & Hirst, G. **“An Intelligent Computer-Assistant for Stylistic Instruction”**, Computers and the Humanities, Vol. 26, pp. 87-102, 1992.
- [PER90]Perez, R. S. & Seidel, R. J., **“Using Artificial Intelligence in Education: Computer-Based Tools for Instructional Development”**, Educational Technology, March 1990, pp. 51-58.
- [PSO94]Psootka, J., & Kerst, S., & Westerman, P., & Davison, S. A., **“Multimedia Learner Control and Visual Sensory-Level Supports for Learning Aircraft Names and Shapes”**, Computers & Education, Vol. 23, N. 4, pp. 285-294, 1994.
- [PY93]Py, D. **“Geometry Problem Solving with Mentoniez”**, Computers & Education, Vol. 20, N. 1, pp. 141-146, 1993.
- [RAG87]Ragan, S. W., & McFarland, T. D., **“Applications of Expert Systems in Education: A Technology for Decision-Makers”**, Educational Technology, May 1987, pp. 33-36.
- [RAM93]Ramah, G. J., **“Using Neurophysiological Measures for Education”**, Educational Technology, August 1993, pp. 37-41.
- [RAY87]Raymond, J. **“The Computerized Overhead Projector”**, Computers & Education, V. 11, N. 3, 1987, pp. 181-195.
- [REA94]Reader, W. & Hammond, N. **“Computer-Based Tools to Support Learning from Hipertext: Concept Mapping Tools and Beyond”**, Computers & Education, Vol. 22, N. 1/2, pp. 99-106, 1994.

- [REN89]Rennels, G. D. & Shortliffe, E. H. & Stockdale, F. E. & Miller, P. L. "A **Computational Model of Reasoning from the Clinical Literature**", IEEE AI Magazine, Spring, 1989, pp. 49-56.
- [RIC89]Rickel, J. W. "Intelligent Computer-Aided Instruction: A Survey **Organized Around System Components**", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, V. 19, N. 1, January/February, 1989, pp. 40-57.
- [RIC93]Rich, E. & Knight, K. Artificial Intelligence, McGraw-Hill, 1993.
- [RIS88]Risch, T. & Reboh, R. & Hart, P. & Duda, R. "A Functional Approach to Integrating Database and Expert Systems", Communications of the Association for Computing Machinery, V. 31, N. 12, December, 1988, pp. 1424-1437.
- [RUS84]Ruston, M. H. & Rouse, W. B. "A Fuzzy Rule-Based Model of Human Problem Solving", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, V. 14, N. 1, January/February, 1984, pp. 112-119.
- [SAK85]Sakawa, M. & Yano, H. "An Interactive Fuzzy Satisficing Method Using Augmented Minimax Problems and Its Application to Environmental Systems", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, V. 15, N. 6, November/December, 1985, pp. 720-729.
- [SCH77]Schank, R. & Abelson, R. Scripts, Plans, Goals and Understanding, Hillsdale, Erlbaum Associates, 1977.
- [SCH93]Schoenmaker, J. "Linking New Applications to New Design Paradigms", Computers & Education, Vol. 21, N. 1/2, pp. 181-192, 1993.
- [SCI93]Sciarone, A.G., & Meijer, P.J., "How Free Should Students Be? A Case From CALL: Computer-Assisted Language Learning", Computers & Education, Vol. 21, N. 1/2, pp. 95-101, 1993.
- [SEL79]Self, J. A. "Student Models and Artificial Intelligence", Computers & Education, V. 3, 1979, pp. 309-312.
- [SEL88]Self, J.A. Artificial Intelligence and Human Learning, Chapman and Hall, 1988.
- [SHA76]Shafer, G. A Mathematical Theory of Evidence, Princeton University Press, 1976.
- [SHA87]Shackford, S. R. & Mackersie, R. C. & Hoyt, D. B. & Baxt, W. G. & Eastman, A. E. & Hammill, F. N. & Khotts, F. B. & Virgilio, R. W., "Impact of a Trauma System on Outcome of Severely Injured Patients", Arch. Surg., Vol. 122, May, 1987, pp. 523-527.
- [SHO84]Shortliffe, H. E. & Buchanan, G. B. Rule-Based Expert Systems, 1984.
- [SIM93]Sime, J.-A. & Leitch, R.R. "A Specification Methodology for Intelligent Training Systems", Computers & Education, Vol. 20, N. 1, pp. 73-80, 1993.

- [SIS92]Sisodia, R. S. & Warkentin, M. E. "AI in Business & Management", PC AI, January/February, 1992, pp. 32-34.
- [SLA90]Slagle, J. R., & Gardiner, D. A., & Han, K., "Knowledge Specification of an Expert System", IEEE Expert, August 1990, pp. 29-38.
- [SLE82]Sleeman, D. "Assessing Aspects of Competence in Basic Algebra", In D. Sleeman & J.S. Brown (Eds.), Intelligent Tutoring Systems, New York, Academic Press.
- [SLE87]Sleeman, D. "Micro-SEARCH: A Shell for Building Systems to Help Students Solve Nondeterministic Tasks", In Kearsley, G. P. Artificial Intelligence and Instruction: Application and Methods, Addison-Wesley Publishing Co., 1987.
- [SLE90]Sleeman, D. & Hirsh, H. & Ellery, I. & Kim, I.-Y. "Extending Domain Theories: Two Case Studies in Student Modeling", Machine Learning, Vol. 5, pp. 11-37, 1990.
- [STE77]Stevens, A. & Collins, A. "The Goal Structure of a Socratic Tutor", Proceedings of the Association for Computing Machinery Annual Conference, 1977.
- [STE79]Stevens, A. & Collins, A. & Goldin, S. E. "Misconceptions in Student's Understanding", International Journal of Man-Machine Studies, V. 11, 1979, pp. 145-156.
- [STE86]Sterling, L. & Shapiro, E. The Art of Prolog, MIT Press, 1986.
- [SUP81]Suppes, P. *University-Level Computer-Assisted Instruction at Stanford: 1968-1980*. Stanford, CA: Institute for Mathematical Studies in the Social Sciences, Stanford University.
- [SUY86]Suydam Jr., W. E. "AI Becomes the Soul of the New Machines", Computer Design, 15, February, 1986, pp. 55-70.
- [TAB85]Tabak, D. & Levis, A. H. "Petri Net Representation of Decision Models", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, V. 15, N. 6, November/December, 1985.
- [TAI84]Tait, K. "The Building of a Computer-Based Teaching System", Computers & Education, V. 8, N. 1, 1984, pp. 15-19.
- [TCH88]Tchogovadze, G.G. & Gogichaishvili, G.G. & Abbasov, I.I. "Principles of Intelligent Learning Systems Design", Int. J. Man-Machine Studies, Vol. 28, pp. 391-416, 1988.
- [TEN87a]Tennyson, R. D., & Ferrara, J., "Introduction to Special Issue: Artificial Intelligence in Education", Educational Technology, May 1987, pp. 7-8.
- [TEN87b]Tennyson, R. D., "MAIS: An Educational Alternative of ICAI", Educational Technology, May 1987, pp. 22-28.
- [THE92] The American Heritage Dictionary of the English Language, Third Edition, 1992 by Houghton Mifflin Company.

- [THO94]Thomas, R. **"Durable, Low-Cost Educational Software"**, Computers & Education, Vol. 22, N. 1/2, pp. 65-72, 1994.
- [TON80]Tong, R. M. & Bonissone, P. P. **"A Linguistic Approach to Decisionmaking with Fuzzy Sets"**, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, V. 10, N. 11, November, 1980, pp. 716-723.
- [TSC87]Tscherne, H., **"Trauma Care Delivery, the German Experience"**, Acta Anaesthesiologica Belgica, 1987, 38, No. 4, pp. 255-256.
- [VAS90]Vassileva, J. **"An Architecture and Methodology for Creating a Domain-Independent, Plan-Based Intelligent Tutoring System"**, Educ. Training Technol. Int., Vol. 27, pp. 386-397, 1990.
- [VAS92]Vassileva, J. **"Pedagogical Decisions Within an ITS-Shell"**, Computers & Education, Vol. 18, N. 1-3, pp. 39-43, 1992.
- [VEE93]Veen, W. **"How Teachers Use Computers in Instructional Practice - Four Case Studies in a Dutch Secondary School"**, Computers & Education, Vol. 21, N. 1/2, pp. 1-8, 1993.
- [VER86]Verity, J. W. **"The LISP Race Heats Up"**, Datamation, August, 1, 1986, pp. 55-58.
- [WAT79]Watson, S. R. & Weiss, J. J. & Donnell, M. L. **"Fuzzy Decision Analysis"**, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, V. 9, N. 1, January, 1979, pp. 1-9.
- [WAT92]Waterfield, M., & Furber, S. **"Computers in Teaching Medicine"**, Computers & Education, Vol. 19, N. 1/2, pp. 145-151, 1992.
- [WEB88]Webb, G.I. **"A Knowledge-Based Approach to Computer-Aided Learning"**, Int. J. Man-Machine Studies, Vol. 29, pp. 257-285, 1988.
- [WEB83]Webber, B. L. **"Logic and Natural Language"**, IEEE Computer, October, 1983, pp. 43-46.
- [WEI86>Weischedel, R. M. **"Knowledge Representation and Natural Language Processing"**, Proc. IEEE, V. 74, N. 7, July, 1986, pp. 905-920.
- [WEI84>Weiss, S. & Kulikowsky, C. **A Practical Guide to Designing Expert Systems**, 1984.
- [WES79]West, J. G. & Trunkey, D. D. & Lim, R. C., **"Systems of Trauma Care: A Study of Two Counties"**, Arch. Surg. Vol. 114, April, 1979, pp. 455-460.
- [WES83]West, J. G. & Cales, R. H. & Gazzaniga, A. B., **"Impact of Regionalization: The Orange County Experience"**, Arch. Surg., Vol. 118, June, 1983, pp. 740-744.
- [WES88]West, J. G. & Williams, M. J. & Trunkey, D. D. & Wolferth Jr., C. C., **"Trauma Systems: Current Status - Future Challenges"**, JAMA, June 24, 1988, Vol. 259, No. 24, pp. 3597-3600.

- [WEX70]Wexler, J. D. "Information Networks in Generative Computer-Assisted Instruction", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, V. 11, N. 4, December, 1970, pp. 181-190.
- [WHI90]White, B.Y. Frederiksen, J.R. "Causal Model Progressions as a Foundation for Intelligent Learning Environments", Artific. Intell., Vol. 42, pp. 99-157, 1990.
- [WHI93]Whitelock, D. et all, "Challenging Models of Elastic Collisions with a Computer Simulation", Computers & Education, Vol. 20, N. 1, pp. 1-9, 1993.
- [WIL94]Williamson, M. "High-Tech Training", Byte, V. 19, N. 12, pp. 75-88.
- [WIN90]Winer, L. R. & Carrirre, M. "The Use of a Relational Database in Qualitative Research on Educational Computing", Computers & Education, V. 15, N. 1-3, 1990, pp. 213-220.
- [WOO70]Wood, W. "Transition Network Grammars for Natural Language Analysis", Communications of the Association for Computing Machinery, V. 13, october, 1970, pp. 591-606.
- [WOO84]Woolf, B. & McDonald, D. "Building a Computer Tutor: Design Issues", Computer, September, 1984, pp. 61-73.
- [WOS92]Wos, L, & Overbeek, R. & Lusk, E. & Boyle, J. Automated Reasoning - Introduction and Applications, McGraw-Hill, 1992.
- [YAN85]Yang, J-Y. D. & Huhns, M. N. & Stephens, L. M. "An Architecture for Control and Communications in Distributed Artificial Intelligence Systems", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, V. 15, N. 3, May/June, 1985, pp. 316-326.
- [YAZ88]Yazdani, M. "Expert Tutoring Systems", Expert Systems, Vol. 5, N. 4, pp. 270-271, 1988.
- [ZAD65]Zadeh, L. A. "Fuzzy Sets", Information & Control, V. 8, 1965, pp. 338-353.
- [ZAD81]Zadeh, L. A. "PRUF - A Meaning Representation Language for Natural Languages" in Fuzzy Reasoning and Its Applications, Mandani, E. H. & Gaines, B. R. (eds.), Academic Press, 1981.
- [ZAN88]Zanconato, R., "BLOBS - An Object-Oriented Blackboard System Framework for Reasoning in Time", in Blackboard Systems, Eds. Robert S. Englemore & Tony Morgan, Addison-Wesley Publishing Co., 1988, pp. 335-345.