

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

**UM SISTEMA DE ENSINO INTELIGENTE VIA  
SOCIEDADE DE MULTI-AGENTES  
APLICADO AO DIAGNÓSTICO DE EPILEPSIA**

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

DOUTORANDA: AURORA TRINIDAD RAMÍREZ POZO

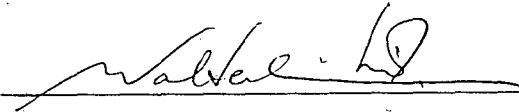
ORIENTADOR: WALTER CELSO DE LIMA  
CO-ORIENTADOR: JORGE MUNIZ BARRETO  
ESPECIALISTA-CONSULTOR: JEFFERSON GOMES FERNANDES

FLORIANÓPOLIS, FEVEREIRO DE 1996

**UM SISTEMA DE ENSINO INTELIGENTE VIA SOCIEDADE DE MULTI-AGENTES  
APLICADO AO DIAGNÓSTICO DE EPILEPSIA**

DOUTORANDA: AURORA TRINIDAD RAMÍREZ POZO

ESTE TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
DOUTOR EM ENGENHARIA  
ESPECIALIDADE ENGENHARIA ELÉTRICA, SISTEMAS DE INFORMAÇÃO, E  
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO



PROF. WALTER CELSO DE LIMA, D. Sc., L.D.  
ORIENTADOR

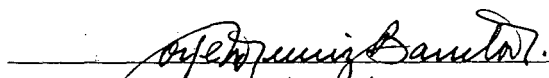


PROF. ENIO VALMOR KASSICK, D. Sc.  
COORDENADOR DO CURSO

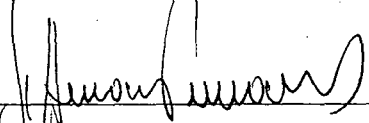
BANCA EXAMINADORA



PROF. WALTER CELSO DE LIMA, D. Sc., L.D.



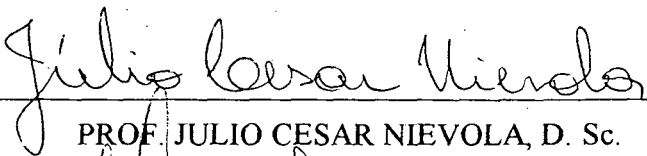
PROF. JORGE MUNIZ BARRETO, D. Sc.



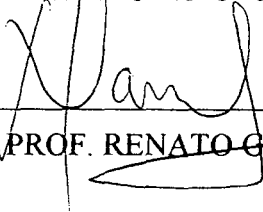
PROF. JEFFERSON GOMES FERNANDES, Dr. Med.



PROF. FLAVIO BORTOLOZZI, D. Sc.



PROF. JULIO CESAR NIEVOLA, D. Sc.



PROF. RENATO GARCIA OJEDA, D. Sc.

### **Biografia do Autor**

Engenheira Eletricista, Universidade de Concepción, Chile, 1985. Mestre em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 1991. Ingresso no curso de doutorado em Engenharia Elétrica em 1992. Professora colaboradora da Fundação Universidade da Região de Blumenau desde 1987.

A meu marido e companheiro Jorge, minha filha  
Paola e filho Jorge, a meus queridos pais e minha  
irmã.

### AGRADECIMENTOS:

Ao Grupo de Pesquisas em Engenharia Biomédica (GPEB), representado pelo Prof. Carlos I. Zanchin.

Ao CNPq pelo apoio financeiro.

A todos os amigos do GPEB, em especial a Sílvia e Vânia minhas grandes companheiras.

## **Sumário**

Resumo	VIII
Abstract	IX
Lista de símbolos	X
1. Introdução	1
1.1 Área de medicina escolhida	2
1.2 Proposta desta tese	6
2. Sistemas de Ensino por Computador	8
2.1 Histórico da Evolução do Computador no Ensino	9
2.2 O Processo de ensino/aprendizado	16
2.2.1 Ambiente de aprendizagem (cenários)	20
2.3 Conceitos de Hipermídia	22
2.3.1 A noção de navegação em hipermídia	23
2.4 Estrutura do ICAI	25
2.4.1 Módulo especialista	27
2.4.2 Módulo modelo do estudante	28
2.4.3 Módulo Tutor	31
2.4.4 Módulo Interface	33
2.4.5 Interação entre Módulos	34
2.5 Linguagens de representação de conhecimento	35
3. Inteligência Artificial Distribuída (IAD)	37
3.1 IAD versus IA clássica	39
3.1.1 História da evolução da IAD	40
3.2 Cooperação entre agentes	42
3.2.1 Formas de Cooperação	42
3.2.2 Estratégias de cooperação	43
3.3 Conceitos básicos do paradigma da sociedade de multi-agentes	47
3.4 Exemplos de Sistemas Inteligentes Distribuídos	50

4. Metodologia: Arquitetura do sistema EPIIS	53
4.1 Ambiente de aprendizagem	53
4.2 Estrutura organizacional de EPIIS	53
4.2.1 Ambiente de desenvolvimento	58
4.3 Diagnóstico de Epilepsia	60
4.4 Agente hiperímia	63
4.4.1 Projeto do agente hiperímia	63
4.5 Agente especialista	66
4.6 Agente modelo do estudante	68
4.7 Agente tutor	69
5. Resultados: Sistema EPIIS	71
5.1 Filosofia de operação	71
5.2 Exemplo de uma sessão: acompanhamento do especialista	77
5.3 Exemplo de uma sessão: liberdade graduada	82
5.4 Discussões	87
6. Validação do Sistema EPIIS	88
6.1 Ciclo de Vida	88
6.2 Validação de Sistemas Inteligentes	94
6.3 Validação de Sistemas de Ensino Inteligentes	96
6.4 Discussão de Validação do Sistema EPIIS	97
7. Conclusões	100
8. Bibliografia	103
Apêndices	141
Anexo I. Protocolo de Investigação de Epilepsia (versão 1.0)	142
Anexo II. Classificação de Crises Epilépticas	147

## Resumo

O processo de ensino/aprendizado é o resultado de todo um processo educacional que se dá pela interação direta entre professor e estudante, ocorrendo num ambiente institucional. Estes agentes são influenciados e influenciam o meio social no qual estão inseridos. Tem sido propostos sistemas computadorizados de apoio a este processo. Propõe-se uma nova arquitetura para o desenvolvimento de um sistema inteligente de ensino, utilizando-se inteligência artificial distribuída através do paradigma de sociedade de multi-agentes. Esta arquitetura foi utilizada para o desenvolvimento de um sistema de apoio ao ensino de diagnóstico de epilepsia (EPIIS), que inclui uma interface em hipermídia. Este modelo parece adaptar-se melhor a um processo ensino-aprendizagem onde os participantes estejam comprometidos com os resultados globais do processo, característica desejável no mundo real.

No trabalho discutem-se aspectos de concepção e implementação do sistema. Mostram-se algumas sessões de trabalho, focalizando as interações aluno-sistema. O sistema utiliza uma combinação de recursos de hipermídia com solução de problemas, criando condições similares àquelas que o aluno encontrará posteriormente na sua vida profissional. O sistema imita um paciente relatando seus sintomas; o aluno deve então seguir um raciocínio para dar um diagnóstico. O tutor e o especialista usam este ambiente para conduzir o aprendizado. Porém, o aluno tem sempre a possibilidade de redirecionar a sessão para seus interesses.



## Abstract

Apprenticeships that occurs at an institutional environment is the result of an education process relying on direct interaction between the teacher and the student. These agents influence and are influenced by the social group in which they are inserted. Computerized systems to support such process have been proposed. A new architecture for the development of an intelligent education system is proposed by using distributed artificial intelligence through the multi-agent society paradigm. Such architecture was used for the development of a support system to teach how to diagnose epilepsy which includes a hypermedia interface. This model seems to be better adapted to a process of instruction-apprenticeship in which the participants are engaged in its global results.

The work presents the system's design and implementation aspects, for example a work session, with student-system interactions. Hypermedia tools are used in combination with problem solution resources to simulate a future professional situation to the student. Patients' cases are presented to the student that must reason and give an epilepsy diagnosis. The tutor and the expert use this environment to guide de apprenticeship, always letting an open communication channel to the student in such a way that he/she could change the section in fuction of his/hers interests.

## **Lista de Abreviaturas.**

**BASIC** : Linguagem de programação.

**BIP** : "Basic Instructional Program", ICAI sobre instrução de Basic.

**CAI** : "Computer Aided Instruction", instrução com ajuda do computador.

**CAL** : "Computer Aided Learning", aprendizado com ajuda do computador.

**DMN** : "Discourse Management Network", Módulo Tutor [Woolf & Donald, 1984].

**EEG** : Eletroencefalograma.

**EXCHECK** : ICAI sobre lógica e teoria de conjuntos [Suppes, 1967].

**GPEB** : Grupo de Pesquisas em Engenharia Biomédica.

**HU** : Hospital universitario.

**IA** : Inteligência Artificial.

**IAD** : Inteligência Artificial Distribuída.

**IBM®** : Marca registrada da International Business Machines Corporation.

**ICAI** : "Intelligent Computer Aided Instruction", instrução inteligente com ajuda do computador.

**ICAL** : "Intelligent Computer Aided Learning", aprendizado inteligente com ajuda do computador.

**ILAE** : "International League Against Epilepsy", Liga Internacional Contra a Epilepsia.

**INPS** : Instituto Nacional da Previdência Social.

**INTEGRATE**: ICAI de Integração simbólica [O'Shea, 1982].

**ITS** : "Intelligent Tutor System", sistema tutorial inteligente.

**KADS** : Metodologia de desenvolvimento de sistemas inteligentes.

**KAPPA-PC**: Ambiente de programação de sistemas especialistas.

**KBS** : "Knowledge Based System", sistemas baseados em conhecimento.

**KS** : "Knowledge Source", fonte de conhecimento.

**LOGO** : Ambiente de aprendizado que trabalha com figuras geométricas [Papert, 1980].

QUADRATIC: ICAI sobre equações quadráticas [Burton & Brown, 1979].

RDP : Resolução distribuída de problemas.

SCHOLAR: ICAI sobre geografia [Carbonell, 1970].

SE : Sistema especialista.

SMA : Sociedade de Multi-Agentes.

OMS : Organização Mundial de Saúde.

PC : Personal Computer, computador de uso pessoal.

WINDOWS<sup>®</sup>: Marca registrada de Microsoft, Inc.

WEST: ICAI sobre expressões aritméticas [Goldstein, 1979].

WUSOR: ICAI sobre relações lógicas [Goldstein, 1979].

## 1. Introdução

Os sistemas de ensino por computador são uma tecnologia nova que apresenta grandes desafios para a Inteligência Artificial (IA). As técnicas de IA permitem projetar um método educacional rico em conhecimento e estimulante para o estudante. Tais sistemas se caracterizam por estruturas de controle flexíveis e técnicas elaboradas para comunicar conhecimentos. De acordo com uma situação de ensino/ aprendizado real, o sistema deve possuir as seguintes habilidades:

- Proficiência. Deve conhecer o assunto a ser ensinado;
- Percepção do estudante. Refere-se aos conhecimentos pre-instrucionais e às atitudes do estudante que influenciam o aprendizado;
- Didática pedagógica. O conhecimento pedagógico;
- Comunicação com o estudante por meio dos recursos disponíveis.

Como se observa, o processo de ensino/ aprendizado abrange um conjunto de atividades de diferentes domínios, cada uma delas com seus próprios objetivos, porém interagindo cooperativamente para conseguir o objetivo global do processo.

Na atualidade, existe grande interesse em analisar e desenvolver “comunidades inteligentes”, nas quais interagem um conjunto de processos baseados em conhecimento (KBS), de acordo com leis de cooperação e coordenação. A linha de pesquisa de IA que trata deste tipo de concorrência é conhecida como inteligência artificial distribuída (IAD). Em IAD, a inteligência é distribuída usando vários agentes. Os agentes são as entidades responsáveis pela solução dos problemas. Possuem um comportamento autônomo, consequência de suas observações, seu conhecimento e suas interações com outros agentes. Neste contexto nasce um novo conceito em IA, o “comportamento social” que emerge da cooperação, coordenação e negociação das ações dos agentes. Este comportamento social encontra seu domínio de aplicação na solução de problemas complexos onde o conhecimento provém de diferentes campos. Este é o caso particular dos sistemas de ensino por computador.

## 1.1 Área de medicina escolhida.

A epilepsia é um transtorno heterogêneo, podendo ser a manifestação de diversos distúrbios que afetam o sistema nervoso central, alguns de causa conhecida, outros não [Fernandes J., 1993].

Tem sido definida de várias formas com o passar dos anos. Algumas das definições mais usadas são:

### Crise Epiléptica

"Manifestações súbita e transitória de natureza motora, sensorial, autonômica ou psíquica resultante de uma disfunção transitória de parte ou todo o cérebro devida a descargas excessivas de uma população de neurónios hiperexcitáveis".

- Gastaut [Gastaut H, 1973]

**Epilepsia:** Quando ocorrem duas ou mais crises epilépticas, não febris.

**Crise Única:** Refere-se à crise epiléptica isolada, afebril. Crise única não é considerada epilepsia. Entretanto, necessita toda a avaliação clínico-laboratorial para doenças agudas clínicas e neurológicas. Fatores precipitantes como privação de sono, álcool e uso de drogas devem ser questionados. É controverso o início de terapia medicamentosa após uma primeira crise epiléptica.

## Diagnóstico de Epilepsia

"O diagnóstico da epilepsia é clínico e baseia-se na descrição detalhada dos episódios vividos pelo paciente. Deve-se obter informações sobre o que ocorre antes, durante e após uma crise, sendo muito importante o depoimento de uma testemunha. Em vista das implicações sociais e econômicas, é necessário evitar um erro de diagnóstico. Assim, a primeira regra básica sobre o diagnóstico da epilepsia é nunca fazê-lo sem evidências clínicas irrefutáveis. Se houver alguma dúvida, o médico deve procurar resistir à tentação de rotular o paciente como "epiléptico", aguardando a descrição de eventos sintomáticos que permitam chegar a uma conclusão segura. Dificilmente uma pessoa com epilepsia se prejudicará com uma certa demora no diagnóstico, ao passo que um falso diagnóstico positivo é altamente prejudicial."

- David Chadwick [Chadwick D., 1990]

Para que uma crise epiléptica possa ser reconhecida como tal, são necessários elementos que possam permitir a sua caracterização. O fato de uma pessoa perder os sentidos não significa que ela tenha epilepsia. É necessário a presença de outras manifestações para que o diagnóstico seja feito. Entretanto, as descrições destas manifestações pelo paciente ou informante podem ser

deficientes, seja porque foram sutis e passaram despercebidas, como as ausências e certos tipos de crises parciais, ou porque ocorreram há mais tempo e são lembrados apenas os detalhes mais marcantes, como as manifestações motoras das crises tônico-clônicas [Fernandes J., 1993].

Até meados da década de 60, as classificações de crises epiléticas variavam consideravelmente. Sentindo a necessidade de um sistema padronizado, a International League Against Epilepsy (ILAE) iniciou esforços no sentido de desenvolver uma classificação internacional uniforme. Em 1981 chegou-se à proposta de classificação para crises epiléticas mais utilizada no momento, uma definição mais detalhada de cada crise encontra-se no anexo 2.

Esta classificação divide as crises epiléticas em dois grandes grupos: crises parciais e crises generalizadas. De uma maneira geral, as manifestações clínicas e eletroencefalográficas das crises parciais indicam um envolvimento limitado de uma parte de um hemisfério cerebral. Se existe comprometimento da consciência durante a crise, deixa de ser parcial simples e passa a ser classificada como parcial complexa. Ambas podem evoluir secundariamente para crises generalizadas.

Nas crises generalizadas, as primeiras manifestações clínicas indicam um envolvimento inicial de ambos os hemisférios. A consciência pode ser comprometida e esta pode ser a manifestação inicial. As manifestações motoras são bilaterais [Fernandes J., 1993].

Epilepsia possui uma alta prevalência universal. Nos países considerados de primeiro mundo, é estimada entre 0,5 à 1% da população geral. Entretanto, essa taxa já expressiva dos países desenvolvidos aumenta de 1% para 3% da população naquelas sociedades em desenvolvimento [Shorvon, 1990a]. Em nosso país, um estudo populacional realizado em Porto Alegre, demonstrou as seguintes estimativas de crises epiléticas: 16,5/1.000 para epilepsia ativa<sup>1</sup>, 20,3/1.000 para epilepsia inativa, 36,8/1.000 para epilepsia acumulada, 3,5/1.00 para crises únicas e 15,5/1.000 para convulsões febris [Fernandes J., 1993].

---

<sup>1</sup> Foi considerado como epilepsia ativa todos os casos que nos últimos 5 anos tiveram pelo menos 1 crise epilética ou estavam em uso de medicação anticonvulsivante. Como epilepsia inativa foram considerados as pessoas que não tiveram crises epiléticas nos últimos 5 anos e que não estiveram usando medicação. Epilepsia acumulada é a soma dos casos de epilepsia ativa com inativa.

Em Santa Catarina, a neuro-cisticercose constitui uma etiologia importante (infecção parasitária por "taenia solium"), que dependendo de seu ciclo evolutivo, pode apresentar-se como verme no intestino ou como forma cística nos diversos tecidos do corpo humano e neste caso, no cérebro, uma doença erradicável através da re-educação [Bittencourt, 1988a].

Felizmente, de 60 a 80% dos portadores de epilepsia, podem ter as suas crises passíveis de controle completo após um diagnóstico correto e instituição de tratamento com uso racional de drogas antiepilépticas modernas [Bittencourt, 1986].

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) cerca de 80% das doenças são passíveis de tratamento ao nível de atendimento primário. Assim como uma gama variada de enfermidades, a epilepsia pode ser adequadamente manejada em centros de saúde das localidades. E dentro destes centros, habitualmente não há disponibilidade de um médico especialista nesta área (neurologista), esta função sendo delegada a um médico clínico geral ou a um pediatra. Atualmente existe desinformação no meio médico levando a erros de diagnóstico, o que provoca o não controle das crises [Bittencourt, 1993]. Acredita-se que, com os grandes avanços na área de informática, principalmente no campo da I. A., estes problemas podem ser contornados pelo desenvolvimento e implementação de um ICAI.

No GPEB (Grupo de Pesquisas em Engenharia Biomedica) existem alguns trabalhos na área de ensino aplicada a medicina, entre eles um ICAI para traumatologia [Nievola, 1995]. Na área de epilepsia não é de conhecimento do autor a existência de um sistema de ensino inteligente. Em Cuba<sup>2</sup> se desenvolveu um sistema inteligente de apoio ao diagnóstico que utiliza a classificação de crises epiléticas [Hernandez & Hernandez, 1990]. Na Finlândia, um sistema especialista foi implementado como projeto de tese de doutorado [Korpinen, 1993]. Este sistema utiliza a classificação sindrômica de epilepsia [ILAE, 1989] e foi implementado utilizando hipertextos inteligentes (associação de hipertextos com raciocínio). Nesta mesma linha encontra-se os sistemas especialistas desenvolvidos por [Li, 1994] e [Marechal et al, 1991] para crises epiléticas.

---

<sup>2</sup> Conforme comunicação verbal feita pelo Dr. Oto Hernandez Cossio, no Instituto de Neurologia y Neurocirurgia, La Habana, Cuba, 1991, (endereço eletrônico: epilep@ceniai.cu).



## 1.2 Proposta desta tese.

Em epilepsia assim como nas áreas médicas, grande parte do conhecimento é assimilado pela experiência prática, onde para cada caso (paciente) é criado um quadro de associações mentais entre sintomas e doença. Neste trabalho se propõe criar situações, o mais próximo da realidade, de maneira que ajudem a criar estas associações. Utilizou-se ambiente "Windows®" com recursos de multimídia para gerar uma interface amigável para o usuário. Esta interface inclui a apresentação de vídeos mostrando os diferentes tipos de crises, pacientes relatando seu caso ao médico, os resultados gráficos do eletroencefalograma, assim como outros exames complementares. A cada iteração do estudante com o sistema analisam-se as orientações tutorais necessárias para um melhor aprendizado. Isto é possível devido à estrutura proposta do sistema de ensino.

O objetivo deste trabalho é o de projetar e implementar um sistema de ensino por computador usando técnicas de IA, mais especificamente conceitos de IAD, para o diagnóstico de crises epilépticas (a classificação utilizada encontra-se no anexo 2). Neste trabalho se integram conceitos de hipermídia com especialistas articulados para criar condições pedagógicas efetivas de ensino/ aprendizado. Deste objetivo geral podem-se destacar os seguintes objetivos específicos:

- Interconectar os diferentes módulos abaixo especificados utilizando IAD
- Projetar e implementar um sistema especialista para apoio à decisão no diagnóstico de epilepsia.
- Projetar e implementar um sistema especialista com diferentes estratégias de ensino de epilepsia.
- Projetar e implementar um módulo que registre as ações de um estudante de epilepsia (estudantes de graduação de medicina).
- Projetar e implementar uma interface em ambiente "Windows®" para o sistema utilizando hipermídia.

Na segundo capítulo deste trabalho foi feita uma análise da metodologia empregada para a construção de um sistema de instrução inteligente auxiliada por computador. No terceiro capítulo foi abordado o tema de IAD com seus diferentes paradigmas. Em seguida, no capítulo quarto, apresenta-se a arquitetura projetada e implementada para EPIIS (“Epilepsy Intelligent Instruction System”), o sistema de ensino por computador para diagnóstico de crises epiléticas. No capítulo cinco apresenta-se a filosofia de operação de EPIIS e algumas sessões de trabalho. No capítulo seis discute-se a validação do sistema EPIIS. Finalmente no capítulo sete apresenta-se a utilidade deste trabalho e suas extensões.

## 2. Sistemas de Ensino por Computador

O escopo deste capítulo é analisar um conjunto de metodologias e técnicas adequadas a melhorar a eficácia do processo de ensino/aprendizado, em particular com o uso do computador.

Dois características do computador devem ser lembradas: sua interação e sua atividade. Interação refere-se a possibilidade que o sistema tem de modificar seu comportamento em reação a ação do usuário. A mais importante característica do computador, porém, é sua atividade. Isto é, sua capacidade de construir diálogos que não estão explicitamente especificados pelo autor [Pagano, 1992]. Imagine o seguinte cenário:

Um estudante encontra-se resolvendo um problema de alguma aplicação, suponha na área médica. Ele encontra-se concentrado nesta atividade, recebendo todas as atenções durante seu processo de resolução. O professor, por outro lado, recebe a análise do desempenho do estudante, imediatamente após o término da tarefa do estudante. O professor encontra-se livre do dever de atender os estudantes e repetir o mesmo assunto uma e outra vez. Ele pode identificar os estudantes com maiores aptidões e tem agora tempo para outorgar maior atenção àqueles estudantes que a requerem. Este cenário é possível com o uso do computador e softwares apropriados [Du Plessis et al, 1995].

## 2.1 Histórico da Evolução do Computador no Ensino

O uso do computador em educação começou no início dos anos 60. A primeira geração destes programas chamava-se Instrução Programada. Estes sistemas compunham uma aula unindo unidades instrucionais que tinham as seguintes características:

- Continham pequenas porções de currículo que eram sucessivamente apresentadas na tela e questionadas;
- Sua seqüência exata era determinada por uma árvore de decisões baseadas em um conjunto pré-definido de respostas esperadas do aluno.

Nos primeiros desenvolvimentos de software educacionais, o instrutor tinha que programar todos os detalhes da interação. O objetivo era construir programas que incorporassem lições que eram otimizadas para cada estudante. Esses programas eram chamados de "eletronic page turners" ou monitores de práticas de exercícios que apresentavam problemas e reagiam a solução do aprendiz usando respostas e comentários pré-definidos.

A segunda geração de software educacionais é o que se conhece como programas educacionais inteligentes ("Computer-Aided Instruction", CAI) que Carbonell [1970] , definiu como tendo os seguintes requisitos:

- Deve ser um tutor-computador que tenha o poder indutivo da contrapartida humana, isto é, responder adequadamente as perguntas do aprendiz.
- O aprendiz deve estar ativamente comprometido com o sistema educacional, e seus interesses e problemas devem guiar o diálogo tutorais.

A terceira geração de softwares educacionais envolvem IA e têm sido conduzidas sobre o nome de Instrução Inteligente com Ajuda do Computador ("Intelligent Computer-Aided Instruction", ICAI). Estes sistemas possuem um módulo especialista na sua estrutura. Mais recentemente, o termo Sistemas Tutorais Inteligentes ("Intelligent Tutor System", ITS) vem sendo aplicado a área, para designar sistemas que de uma forma ou outra utilizam IA (não possuem necessariamente um módulo especialista). Existe também a denominação Aprendizado Inteligente Ajudado pelo Computador ("Intelligent Computer-Aided Learning", ICAL) para

denotar sistemas que são menos diretivos no ensino ([Dear, 1987] e [Nicaud & Vivet, 1988]). Nesta classificação entram os sistemas desenvolvidos através de hipertextos [Pagano, 1992]. Neste caso o aprendizado se dá basicamente através de textos e gráficos, e cabe ao aprendiz selecionar a seqüência dos tópicos.

Nas pesquisas em "softwares" educacionais que envolvem IA o propósito é adquirir os conhecimentos dos especialistas (educador) para compor as interações do processo educacional. Em particular, este enfoque permite que os sistemas realizem decisões não antecipadas pelos especialistas.

Um ponto importante e freqüentemente desejado dos sistemas de ensino é sua adaptabilidade ao aprendiz. As técnicas de IA têm sido usadas para modelar a estrutura cognitiva do aprendiz, assim como a do conhecimento do domínio e das estratégias pedagógicas. Isto introduz uma orientação cognitiva, em contraste com o ponto de vista comportamental que caracterizava os primeiros sistemas de ensino [Pagano, 1992].

Apresenta-se uma lista de dez dos mais significativos sistemas em ordem cronológica. Cada um deles introduz uma inovação na estrutura dos ICAI's.

#### Excheck

- Época: 1967.
- Área de trabalho: Lógica e Teoria dos Conjuntos.
- Características: foi o precursor da modelação qualitativa. Ambiente reativo com aviso (reage a resposta do aluno com uma mensagem instrucional) [Suppes, 1967].

#### Scholar

- Época: 1970.
- Área de trabalho: Geografia.
- Características: utilização de uma rede semântica para representar o conhecimento do domínio e o modelo do estudante. Ambiente com diálogo socrático [Carbonell, 1970].

### Integrate

- Época: 1973
- Área de trabalho: Integração Simbólica.
- Características: integração do conhecimento do domínio com o modelo do estudante de maneira a direcionar a seqüência de ensino. Ambiente reativo com aviso, citado em [Kimball, 1982]

### Quadratic

- Época: 1973
- Área de trabalho: Equações Quadráticas.
- Características: um módulo tutor, no qual as estratégias pedagógicas foram representadas através de regras de produção. Ambiente reativo com aviso, citado em [O'Shea, 1982].

### Why

- Época: 1977
- Área de trabalho: Causas das chuvas.
- Características: refinamento do método socrático para guiar o diálogo computador-aprendiz. Neste método se tenta detectar pontos onde não existem argumentos sólidos de sustentação. Estes pontos motivam perguntas que obrigam o aprendiz a pensar nos fundamentos da matéria [Stevens & Collins., 1977]

### Buggy

- Época: 1978
- Área de trabalho: Subtração Aritmética.
- Características: construção de um modelo do estudante que incluía conceitos errôneos comuns aos aprendizes. Ambiente reativo com aviso [Brown & Burton, 1978]

### Sophie

- Época: 1978
- Área de trabalho: Eletrônica.
- Características: este sistema adota o paradigma de simulação para o aprendizado, incorporando um modelo qualitativo do domínio representado por regras de produção. Ambiente reativo com interações dirigidas, citado em [Brown & Burton, 1982].

### Guidon

- Época: 1979
- Área de trabalho: Medicina (Doenças Infecciosas).
- Características: modelagem do aprendiz através de uma estrutura de "overlay" (sobreposição com referência ao conhecimento do domínio). Ambiente reativo com interações [Clancey, 1979].

### West.

- Época: 1979
- Área de trabalho: Expressões Aritméticas.
- Características: adota um paradigma de treinamento. A palavra treinamento ("coach") denota um ambiente de aprendizado no qual o estudante está envolvido em uma atividade, como um jogo computacional e aprender é um efeito colateral. Estes ambientes incluem comentários, críticas e sugestões para aumentar o desempenho do aprendiz. Ambiente reativo com treinamento [Burton & Brown, 1979].

#### Wusor

- Época: 1979
- Área de trabalho: Relações Lógicas.
- Características: foi implementado seguindo uma representação do conhecimento por regras de produção e utilizando quatro modelos: especialista, psicólogo, estudante e tutor. O especialista analisa o aprendiz e sugere ao psicólogo melhores alternativas. O psicólogo utiliza esta informação para descobrir a habilidade faltante no estudante e atualiza o modelo do estudante. O tutor utiliza este modelo como guia nos avisos ao aprendiz. Ambiente de jogo reativo com treinamento [Goldstein, 1979].

#### Meno- Tutor

- Época: 1984
- Área de trabalho: Nenhum domínio específico.
- Características: é o sistema que se preocupa especialmente pelo módulo de ensino. Neste sistema se desenvolveu um módulo de regras pedagógicas, independentes do domínio. Este módulo é descrito como um conjunto de unidades de decisão organizadas em três níveis de planificações que vão refinando sucessivamente as ações do tutor. Esta estrutura recebe o nome de DMN [Woolf & Donald, 1984].

#### Aplusix

- Época: 1988
- Área de trabalho: Manipulação algébrica.
- Características: segue o modelo clássico de ICAI, isto é, um sistema especialista, um módulo pedagógico, modelo do estudante e uma interface ergonômica. Utiliza regras para a representação do conhecimento [Nicaud & Vivet, 1988].

No passado, o mundo da psicologia foi dominado pela teoria behaviorista. Esta abordagem influenciou também os softwares implementados na área de educação. Neste paradigma educacional o ensino ou instrução é um processo de estímulo - resposta, e existe uma



grande preocupação em medir o aprendizado. A teoria cognitiva, porém, enfatiza o processo de aprendizado, sem menosprezar os resultados. Barras-Baker [1993] postula:

“Para a teoria comportamental o efeito do aprendizado é retenção; para a teoria cognitiva é o uso ativo do conhecimento no mundo real, isto é, melhorar as habilidades de reflexão (pensamento, opinião).”

Na atualidade, com o mundo tornando-se cada vez mais complexo e imprevisível, sabe-se que de fato não se pode mais ensinar todo o conhecimento nos cursos curriculares. Porém, pode-se ensinar habilidades que permitam encontrar as informações relevantes em uma situação e usar estas informações para solucionar problemas [Du Plessis et al, 1995]. Neste novo contexto educacional o computador pode ter diferentes papéis, desde a geração de comunidades virtuais através das redes de computadores (Internet) até dando um apoio mais direto ao professor como os sistemas chamados ICAI. Nesta última linha, tem sido propostos alguns sistemas de ensino por computador, que utilizam de uma forma ou de outra a estrutura que será vista mais adiante (2.2). Exemplos destes sistemas são:

#### O Planejador Educacional “Blackboard”

- Época: 1990
- Área de trabalho: Diagnóstico de defeitos navais
- Características: Demonstra o uso da arquitetura de “Blackboard” para criar um planejamento das interações do tutor, citado em [Garcia A., 1990].

#### Consult-EAO

- Época: 1992
- Área de trabalho: Cuidados médicos primários
- Características: foi implementado usando UCSD Pascal. Inclui 5 tipos de conhecimentos: base de conhecimento do domínio (inclui exames, diagnóstico e tratamento) descrita por “frames”, módulo de controle (gerência a operação do sistema, e para isto inclui um sistema especialista para avaliar a resposta do estudante e um módulo pedagógico), um modelo do estudante

(guarda uma avaliação do desempenho do estudante), um módulo de casos de pacientes e uma interface homem-máquina [Aegerter et al, 1992].

## SUPER

- Época: 1994
- Área de trabalho: Diagnóstico médico.
- Características: foi implementado usando representação do conhecimento por regras de produção. O sistema composto inicialmente de um módulo de aquisição de conhecimento e módulo especialista foi aumentado com a introdução de um módulo pedagógico, modelo do estudante e um módulo autor (permite ao professor criar casos e as condições as quais o estudante será submetido) [Fontaine et al, 1994].

## The MagicBox Prototype

- Época: 1995
- Área de trabalho: Matemática para crianças de 10-12 anos.
- Características: foi implementado usando a ferramenta "Toolbook", usando programação orientada a objeto. Inclui quatro tipos de conhecimento: gerador de problemas (gera os problemas e guarda informações sobre as ações do estudante), tutor (ajuda "on line" para incentivar o aprendizado), analisador (especialista no domínio para analisar as ações do estudante) e uma interface gráfica [Du Plessis et al, 1995].

## 2.2 O processo de ensino/aprendizado.

O processo de ensino/aprendizado se dá pela interação entre professor e aluno num ambiente institucional e social. Estes agentes são influenciados e influenciam o meio social. Este envolvimento com o meio deve ser considerado na relação mais restrita entre o professor e o aluno.

A relação do processo com a instituição pode ser vista na forma de recursos disponíveis, sejam estes humanos (professor, laboratorista) e/ou materiais (laboratório, livros), os quais devem estar disponíveis de forma a atingir um ensino de qualidade.

A relação professor aluno pode ser vista como a base do processo. Aquele que desempenha o papel de professor deve possuir características tais como: competência técnica, didática, conhecimentos pedagógicos e estar comprometido com o processo. Estas características do professor o habilitam ser um agente estimulador do processo ensino/aprendizado, fator fundamental para se obter resultados de qualidade.

Para melhor entender o processo de ensino/aprendizado se desenvolveram muitas teorias pedagógicas.

- **Paradigma Clássico** (muito vigente hoje em dia). Na concepção tradicional da educação, o aluno vai à escola sem conhecimento algum, e cabe à instituição fornecer um conjunto de conhecimentos fatuais e habilidades intelectuais, testando periodicamente a aquisição desses conhecimentos através de provas e exames. Na era Industrial, as habilidades intelectuais mais valorizadas foram a lingüística (capacidade de ler, compreender e escrever textos) e a lógica matemática (capacidade de processar informação quantitativa). Eram habilidades necessárias para empregos na indústria e comércio, para onde destinava-se a maior parte dos alunos [Litto, 1994]. Neste cenário, o papel ativo era exercido pelo professor e o aluno era um elemento passivo, um mero receptor dos pacotes de informação preparados pelo sistema educacional. Memorização de informação era o ponto fundamental neste paradigma.

- **Paradigma Novo.** O antigo paradigma tornou-se incapaz de lidar com as mudanças ocorridas na sociedade nos últimos 20 ou 30 anos. O aumento do volume de informações de todos os tipos é constante, em especial, para profissionais que têm que tomar decisões no seu trabalho diário. Tornaram-se mais complexos os setores da vida profissional e pessoal para lidar com sistemas de maior ou menor grau de integração, da necessidade de fazer relacionamentos novos entre campos de conhecimento antes isolados. Em consequência, o novo paradigma educacional sugere que a escola seja, antes de tudo, um ambiente especialmente criado para a aprendizagem, um lugar rico em recursos por ser um local privilegiado, onde os alunos podem construir os seus conhecimentos segundo os “estilos” individuais de aprendizagem. Nesta proposta educacional, o currículo reconhece o valor de outras “inteligências”, além da lingüística e da matemática, e oferece uma visão holística do conhecimento humano e do universo natural que o homem habita [Litto, 1994]. Aumenta a aplicação de novas tecnologias de comunicação. Estas caracterizam-se pela interatividade, individualização da aprendizagem, assincronia (Internet), não-linearidade (hipertextos) e pela capacidade de simular eventos do mundo natural e do imaginário. Este novo paradigma sugere mudanças fundamentais no papel do professor, que se evidenciam nas seguintes palavras:

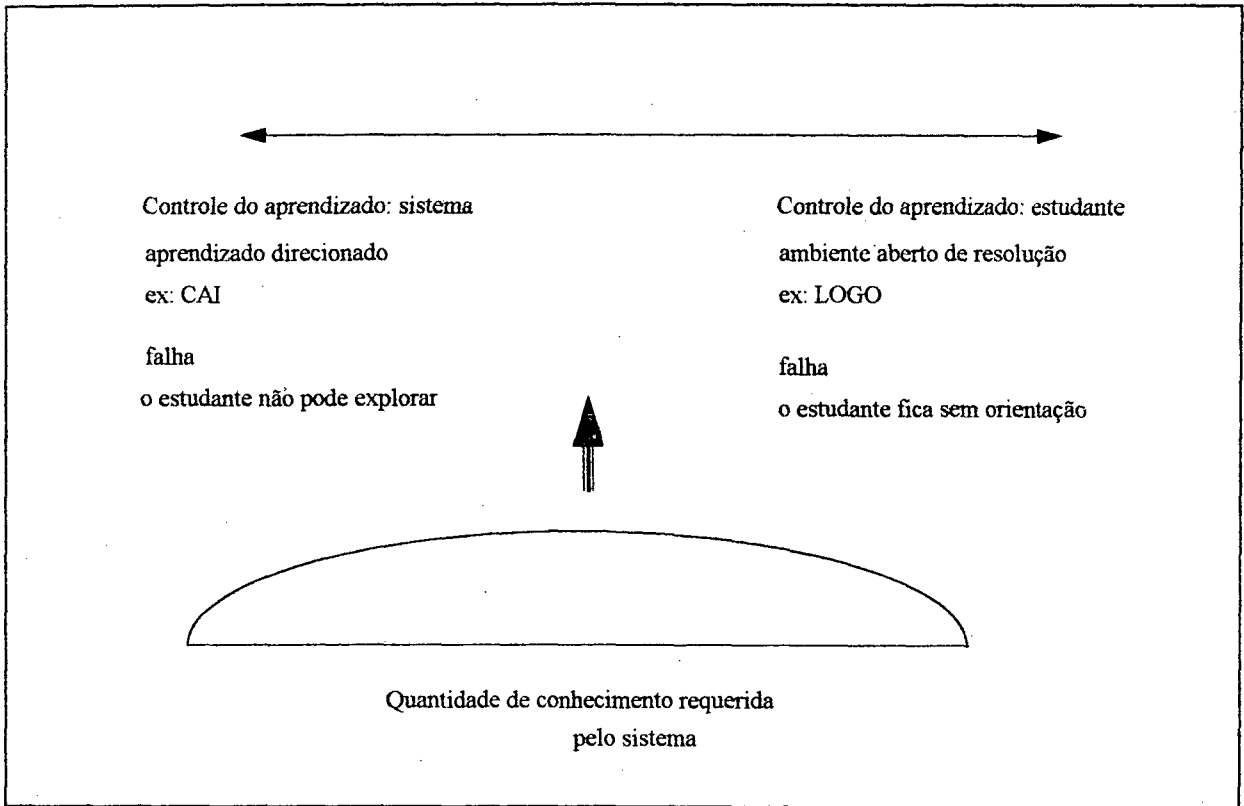
*"No círculo de cultura, a rigor não se ensina, aprende-se em "reciprocidade de consciências", não há professor, há um coordenador, que tem por função dar as informações solicitadas pelos respectivos participantes e propiciar condições favoráveis à dinâmica do grupo, reduzindo ao mínimo sua intervenção direta no curso do diálogo."*

*[Freire, 1985]*

A maneira de utilização do computador muda para cada filosofia pedagógica, podendo se identificar três principais modos de utilização [Pagano, 1992]: tutor, ferramenta, "tutee".

- Tutor: o computador assiste na apresentação do novo material, que inclui prática de habilidades e tutorais. O computador dirige o "despejo" de conhecimento no estudante.
- Ferramenta: O computador assiste o estudante no processo de aprendizado, sem direcionar. O computador serve como facilitador, ajudando no decorrer da tarefa, tal como em processadores de palavras. O computador pode capacitar ao estudante a trabalhar mais transparente e eficazmente.
- "Tutee": O computador é dirigido pelo estudante. O computador joga um papel mais passivo no sentido que é o estudante quem decide a seqüência de passos que fará de maneira a conseguir o conhecimento que deseja. Existe uma interação constante e liberdade de ação do estudante.

A figura 1 [Clancey, 1987], mostra as diferenças entre estas abordagens segundo o espectro de controle do estudante. Nos extremos sempre existem desvantagens de cada lado. Por exemplo, se o estudante não pode se movimentar como deseja, ele não poderá utilizar sua curiosidade na exploração de novas áreas. Por outro lado, não existindo iniciativa do programa, o estudante pode não progredir. Assim o melhor é ter uma combinação delas, isto é, o estudante deve ter a possibilidade de explorar, mas também deve haver um agente ativo que o oriente ou redirecione algumas vezes.



**FIGURA 1 - Controle da atividade ensino/aprendizado [Clancey, 1987]**

### 2.2.1 Ambiente de aprendizagem (cenários).

Ambientes de aprendizagem são as situações nas quais tem lugar o aprendizado do estudante. Podem ser de diversos tipos:

- **Ambientes de jogos com tutores:**

Nestes ambientes se combinam as características de treinamento e descoberta informal. Em tais cenários projeta-se um jogo para ensinar habilidades que são aplicadas durante o jogo. Um exemplo deste tipo de sistema é West [Burton & Brown, 1979].

Um dos pré-requisitos para um ambiente produtivo de aprendizagem é que seja atrativo ao estudante, incentivando-o a controlar o jogo. O estudante deve ter liberdade de fazer suas próprias decisões (incorretas ou corretas) e observar seus resultados. O tutor por sua vez deve orientá-lo, explicando os erros e sugerindo correções.

- **Diálogos com iniciativa mista:**

O sistema proporciona nestes casos um diálogo natural com o estudante. Dentro desta linha encontra-se o trabalho de Carbonell [1970], com seu sistema Scholar que ensina geografia. Estes sistemas permitem a iniciativa do estudante, onde pode especificar as informações que deseja e quando as deseja.

- **Método de ensino socrático:**

Esta técnica envolve propor problemas ao estudante, cada um escolhido cuidadosamente, necessitando que o aluno use novos conhecimentos, levando-o a descobrir suas próprias falhas ou desconhecimentos. Stevens & Collins [1977] exploraram o uso deste método em seu tutor Why.

- Simulação Interativa:

Simuladores tem sido amplamente usados em ensino. Permitem que os estudantes aprendam enquanto realizam uma versão real da tarefa. Os simuladores suportam o aprendizado permitindo que os estudantes visualizem situações que normalmente não seriam capazes de ver, reproduzindo condições de contorno dos sistemas. Também permitem explorar novas configurações do sistema, descobrir conceitos novos sem danificar equipamentos ou criar situações embaraçosas. Exemplos destes sistemas é Steamer [Hollan et al, 1984] e SIMED [Pagano, 1992]. Este último integra conceitos de hipertexto com simulação, com um modelo para a difusão através da membrana celular.

- Especialistas articulados.

Como último paradigma tem-se os sistemas especialistas articulados, cujo primeiro exemplo é o sistema NEOMYCIN [Clancey, 1987] ou seja, sistemas especialistas que permitem acompanhar todo o processo de tomada de decisões. 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 [Clancey et al, 1984a] 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 NEOMYCIN, 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 por quê de solicitar um determinado dado, também dava ao aluno acesso a questões que permitissem ampliar o seu conhecimento dentro da área de interesse [Nievola, 1995].

Este paradigma é o usado nesta tese, visto que é ele que se adapta melhor ao domínio em questão (área médica) e ao paradigma de solução de problemas constructivistas, com ênfase na melhoria das habilidades intelectuais do estudante.



### 2.3 Conceito de Hipermissão.

Os sistemas de hipertextos podem ser considerados como um paradigma de representação de conhecimento que se centra em entidades denominadas de nós de informação e em referências entre entidades denominadas de ligações [Pagano, 1992]. A noção de hipertexto tem sido usado em diferentes domínios tais como, engenharia de software, aprendizado e interfaces de usuários.

Se o documento contém informação sob diferentes formas (ex: texto, gráficos, sons, seqüências animadas) fala-se de "multimídia". Quando um documento multimídia é organizado como nós de informação e ligações denomina-se "hipermídia" ou "hypermedia".

Geralmente documentos multimídia e hipermissão são grandes consumidores de memória sendo normalmente armazenados em CD-ROM, que por esta razão passam a ser confundidos com a multimídia na linguagem popular.

A união das tecnologias de hipermissão com ICAI's é uma ferramenta promissora para ambientes de aprendizado especialmente em medicina. O estudante ou médico usuário deste sistema, antes de manipular diretamente pacientes, exercita seus conhecimentos num 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 [Nievola, 1995].

Os sistemas de hipermissão que usam tecnologia de multimídia são altamente recomendados em situações onde um aspecto importante dos conceitos são visuais ou sonoros como por exemplo eletrocardiograma (ECG) ou eletroencefalograma (EEG) entre outros. É muito difícil, senão impossível, transmitir as informações que se obtém de tais exames de uma forma semântica pura. Hipermissões aceleram o processo de experimentação e contribuem grandemente na flexibilidade do sistema.

### 2.3.1 A noção de navegação em hipermídia

Hipermídia é usualmente referida como uma forma não linear de visualizar a informação, isto é, a ordem de acesso da informação é escolhida pelo usuário, selecionando o tópico que deseja. Ao invés de especificar palavras chaves, caminha-se pela base de conhecimentos saltando de tópico em tópico.

Um hipermídia pode ser conceituado como uma rede de nós e ligações. O nó é a unidade de informação. O mais importante conceito em hipermídia é a ligação, que conecta um nó a outro. Quando uma ligação se ativa, produz-se um salto ao documento que este indica.

Pode-se associar estes nós aos nós de um grafo e as ligações aos arcos orientados do grafo. Desta forma o documento pode ser visto como um grafo orientado, como mostra a figura 2 [Pagano, 1992].

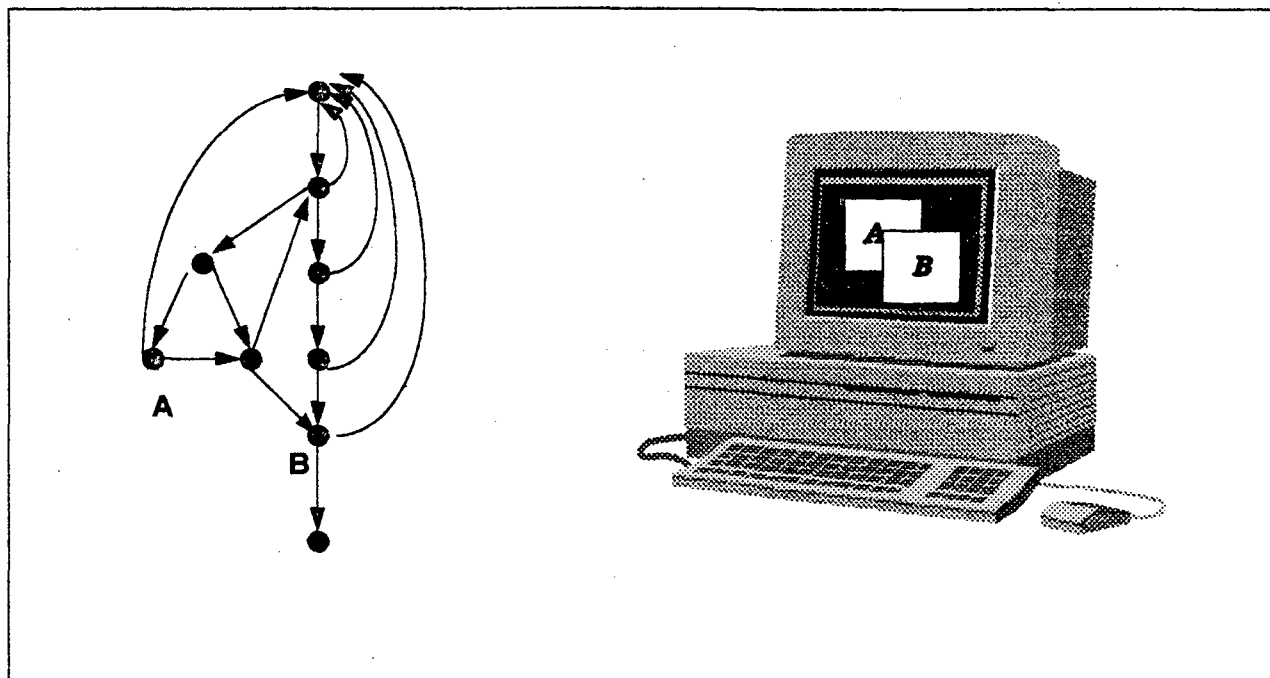


FIGURA 2 - Visualização da noção de Hipertexto [Pagano, 1992]

Muitos conceitos próprios ao processo de ensino/aprendizado se encontram nas características das hiper mídias [Pagano, 1992]:

- Permite ao professor apresentar várias perspectivas da matéria além da linear.
- Como sistema estruturado por nós de informação, favorece o re-uso de unidades de conhecimento em lições futuras.
- Ao permitir o acesso livre entre as informações, equilibra as ações de ensino (controle e orientação) com as ações do estudante (descoberta).
- O nó pode conter uma fonte de código de programa que analise os caminhos que o estudante utilizou para navegar na base de conhecimentos da hiper mídia.

Diferentes perspectivas teóricas de hipertextos tem sido tratadas: grafos [Ardot et al, 1989], redes semânticas [Conklin, 1987], conjuntos [Garg, 1988] e redes de Petri [Stotts, 1989]. Estes formalismos são de natureza declarativos, portanto não incorporam os aspectos dinâmicos dos hipertextos. Mais recentemente foi apresentado um modelo de hipertextos baseado na teoria dos autômatos [Pagano, 1992] incorporando também aspectos dinâmicos. Nele se introduz a noção de estado de um hipertexto, no qual mais de um nó pode ser apresentado simultaneamente ao usuário e de acordo com este modelo nascem para hipertextos os conceitos de observabilidade (o usuário pode através de uma sequência definida de ações visualizar o nó de interesse) e alcançabilidade (o usuário é capaz de percorrer todos os estados de um hipertexto).

Nesta tese o conceito de hiper mídia, como rede semântica, é utilizado para criar a estrutura curricular do sistema, como será explicado no capítulo 4, arquitetura do sistema EPIIS. A escolha desta perspectiva teórica se deve a maior familiaridade da autora com este conceito.

## 2.4 Estrutura do ICAI.

Originado durante os anos 70, os ICAI's tentam superar os limites dos sistemas de instrução assistidos por computador tradicionais. Este resultado é conseguido impondo técnicas de IA nos métodos clássicos de ensino. Uma das principais preocupações dos ICAI's é oferecer mais interatividade e flexibilidade, comunicando os conhecimentos a um nível adequado. Este objetivo é bastante exigente e é objeto de investigação. Apesar de não existir concordância geral sobre a estrutura básica dos ICAI, a maior parte dos pesquisadores distinguem quatro módulos (ver figura 3):

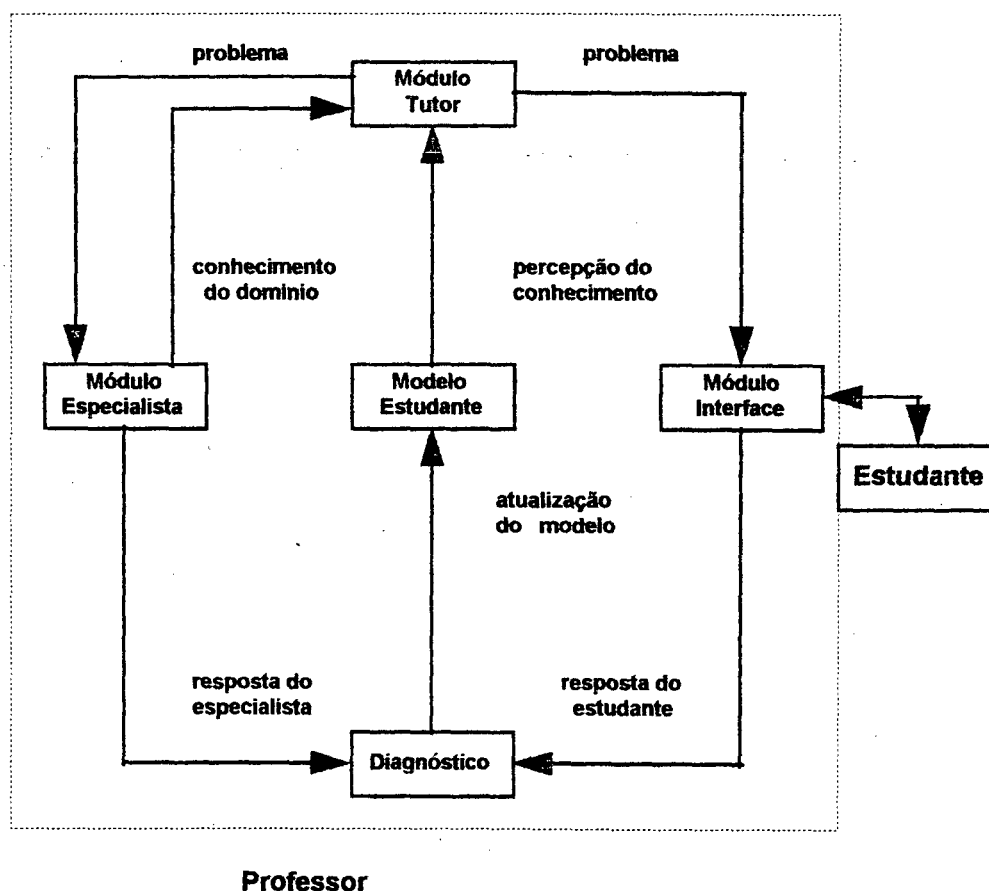


FIGURA 3 - Componentes do ICAI (adaptado de Goldstein [1979])

- Módulo especialista, possui o conhecimento sobre o tópico a ser ensinado e gera o conteúdo instrucional.
- Módulo modelo do estudante, usado para avaliar e/ou registrar o estado de conhecimento do estudante e fazer hipóteses sobre seus conceitos e estratégias de raciocínio. Este modelo deve ser estabelecido dinamicamente e detalhadamente.
- Módulo tutorais usado para decidir que estratégia instrucional deve ser aplicada em um determinado momento.
- Módulo de interface, é onde o estudante e o computador se encontram. As tecnologias que podem compor este módulo são: simulação qualitativa, hipergráficos, hipertextos, processamento em linguagem natural e mais recentemente multimídia.

Como se pode observar o processo de ensino/aprendizado é visualizado como um "conjunto de atividades" compreendendo diferentes domínios, cada um com seu próprio objetivo e interagindo de forma cooperativa para atingir o objetivo global do processo.

É simples justificar a presença destes módulos. De fato, refere-se a uma situação educacional que envolve um sistema de ensino e um estudante. O objetivo é ensinar o conhecimento em algum domínio e este deve ser apresentado ao estudante da maneira mais apropriada.

### 2.4.1 Módulo Especialista.

Neste módulo estão contidos os conhecimentos sobre o assunto e abrange as possíveis perguntas dos aprendizes. A estrutura e interrelações do conhecimento necessárias para ensinar são maiores que aquelas para sistemas especialistas. Esta experiência ficou clara quando pesquisadores da Universidade de Standford trataram de usar o sistema especialista MYCIN como tutor para os estudantes de medicina [Rickel, 1989]. Para tanto, deve conter todos os fatos 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 se aproxima da melhor solução ou melhor opção dentre as disponíveis [Kowalski, 1992]. A base de conhecimentos deve ser organizada numa arquitetura que permita um trabalho flexível para o processo ensino-aprendizagem [Nievola, 1995]. Para tanto, dispõe-se dos vários métodos de organização do conhecimento usados em IA: redes semânticas ("semantic networks"), sistemas de produção ("production rules"), representação procedural ("procedural representation"), quadros ("frames") e papéis ("scripts").

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 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 [Nievola, 1995].

### 2.4.2 Módulo Modelo do Estudante.

Um módulo básico mantém uma representação da base de conhecimentos individual do estudante, historia do desenvolvimento, deficiências de aprendizado e comportamento na resolução de problemas [Garcia, 1990]. Assim sendo o modelo do estudante é mantido e usado como modelo das capacidades e habilidades do estudante, sendo a base para avaliação das suas respostas e para a seleção de um novo tópico a tratar.

A modelagem do estudante é uma das áreas mais difíceis nas pesquisas de ICAI. Idealmente, o modelo do estudante deve incluir uma representação explícita de todos os aspectos do comportamento e conhecimentos do estudante que se relacionam ao aprendizado. Para derivar o modelo do estudante o ICAI deve seguir as interações do estudante com a máquina, estabelecendo o que o aprendiz sabe e onde se situa no domínio. Portanto, o modelo do estudante não é facilmente construído e os ICAI's são capazes de monitorar somente alguns aspetos do comportamento dos estudantes.

Na maioria dos sistemas, a ênfase tem sido modelar o comportamento do estudante como um subconjunto do conhecimento do especialista (o modelo de "overlay"). Este modelo foi introduzido por Goldstein & Carr [1977]. Para criar o modelo, as ações dos estudantes quando interagem com o sistema de ensino são comparadas com a estratégia do especialista. Com base nesta comparação é apresentada uma realimentação ao estudante.

Estes modelos falham em considerar que o conhecimento do aprendiz não é um conhecimento completo, porém um tipo diferente de conhecimento e geralmente não é dado nenhuma informação para preencher o vazio entre o conhecimento do especialista e o aprendiz [Andaloro et al., 1991].

Outra técnica considera o modelo do estudante como um subconjunto do modelo do especialista mais alguns componentes apropriados, tal como procedimentos ou regras erradas que levam em conta versões incorretas do conhecimento que o aprendiz pode ter. Desta maneira o sistema de ensino pode dar uma representação explícita dos erros do aprendiz e tomar

decisões pedagógicas. Este modelo foi proposto por Brown & Burton [1978], em seu sistema Buggy.

Neste enfoque um erro é definido como qualquer ação do aprendiz que o módulo especialista não pode prescrever, dado o estado do sistema. As interações com um ICAI oferecem oportunidades para erros múltiplos e existem poucas oportunidades que possam ser pré numerados. A melhor maneira de identificar erros, portanto é identificar tipos gerais de erros relacionados com dificuldades importantes ou comuns. Se enquanto o aprendiz resolve um problema sua ação não é igual ao do especialista, as regras de erros podem ser usadas para identificar o erro [Fath et al, 1990].

Uma linha de pesquisa promissora baseia-se na simulação do processo de aprendizado dos seres humanos. Porém, muitas dificuldades nascem deste enfoque uma vez que o processo de aprendizado humano não é completamente compreendido.

Um ambiente de aprendizado adaptativo supõe que o tutor corrija sua estratégia de ensino depois de cada comunicação aprendiz-máquina. Cada comunicação deve ser objeto de análise. Na análise entram os conhecimentos e objetivos tutorais, assim como os do aprendiz. Isto se conhece como nome de diagnóstico e pode constituir um módulo.

Existem diferentes significados para a palavra diagnóstico, várias formas de testar e muitos propósitos diferentes para o diagnóstico. Diagnóstico em medicina tem por fim determinar por meio de métodos simples (interpretação dos sintomas) ou métodos complexos (análises de laboratórios, exames físicos ou biológicos) a natureza da moléstia reconhecendo o lugar que ela ocupa no quadro morfológico.

Em sistemas de ensino por computador a palavra diagnóstico é utilizada com frequência como sinonimo do trabalho efetuado para o desenvolvimento do modelo do estudante.

Schank & Slade [1985] observaram que a oportunidade de errar é uma parte importante no aprendizado, é algo que o computador pode oferecer sem o medo do julgamento do professor. Por sua vez o computador pode capitalizar cada falha do estudante como oportunidade de corrigir erros.



Os tipos de erros que o sistema pode perceber são dependentes da representação do conhecimento [Stevens et al, 1979]. Assim Wexler [1970] em seu sistema representado por redes semânticas, avalia as respostas do estudante buscando o conjunto de nós que satisfaçam as condições das perguntas. Se um nó corresponde a resposta, ele trata de introduzir a resposta na proposição da pergunta, removendo sucessivamente restrições à resposta.

Por outra parte no modelo utilizado pelo sistema Buggy, aplicado a subtrações, Brown & Burton [1978], cria uma rede procedural com técnicas de subtração, corretas e não corretas. Estes procedimentos são parcialmente ordenados em seqüências de operações. As respostas do estudante são avaliadas através da rede que fornece a resposta do estudante. Se o caminho contém somente habilidades corretas a resposta está correta também, em caso contrário se sabe exatamente quais são os erros.

Por sua parte Carbonell [1970] sugere a classificação dos erros em:

1. Perda de informação;
2. Perda de fatos;
3. Entrada errada;
4. Lacunas de conceitos;
5. Super-ordenação errada;
6. Generalização errada;
7. Falha ao projetar uma inferência positiva;
8. Falha ao projetar uma inferência negativa (ou seja, algumas informações contradizem as restantes).

Observa-se que o diagnóstico é um meio e não um objetivo para o ICAI. Frequentemente pode ser usado o método socrático de selecionar um conjunto de problemas de modo a permitir que o estudante perceba seus próprios erros.

Em geral, soluções para a modelagem do aluno requerem uma teoria de como o aprendiz forma abstrações, como ele aprende e quando ele está apto a ser mais receptivo a uma correção. Infelizmente, há poucas teorias psicológicas neste sentido.

### 2.4.3 Módulo Tutor.

Este componente deve cumprir muitos requisitos em um ICAI. O objetivo principal do módulo é coordenar as informações sobre o domínio, modelo do estudante e o módulo interface a fim de decidir sobre o gerenciamento instrucional.

Estes requisitos implicam que o tutor deve construir dinamicamente suas estratégias em função do conhecimento da situação. Este enfoque permite intervenções pertinentes, oportunas e correspondentes às expectativas do aluno tanto a nível de conteúdo como forma.

Este módulo engloba portanto todo o conhecimento necessário à elaboração de uma estratégia tutorial, isto é:

- Os tipos de objetivos do ensino no domínio escolhido, a maneira de combiná-los e classificá-los;
- O raciocínio que utiliza para aconselhar o aprendiz.

Wenger [1987] enfatiza a necessidade do módulo tutor ter habilidade de tomar decisões tanto a um nível global, quanto local. Isto significa que o sistema deve primeiro planejar a seqüência das ações de ensino de acordo com seu conhecimento do currículo em um dado domínio (nível global). Deve ser capaz de decidir quando interferir, o que e como dizer e o estilo de apresentação (nível local).

É importante ter presente que nestes ambientes, o melhor para o estudante é descobrir por si mesmo o máximo da estrutura de uma situação. Toda vez que o sistema diz ao estudante algo, ele lhe está roubando a oportunidade de descobrir por si.

O sistema BIP [Barr et al, 1976], utiliza uma noção de rede de currículo de informações, na qual as habilidades a serem ensinadas são relacionadas a tarefas que exercitam estas habilidades. A rede de currículo é organizada como um conjunto de problemas indexados em termos das habilidades necessárias. O currículo serve como modelo do estudante. Quando o estudante resolve um problema sabe-se quais habilidades utiliza e pode-se escolher um novo problema com um apropriado conjunto de requisitos.

Esta rede de currículo foi generalizada numa segunda versão de BIP (BIP II) que inclui interconexões entre habilidades que denotam pré-requisitos e analogias [Rickel, 1989].

Stevens et al. [1979] apresentaram um tutor socrático, estruturado por objetivos. Esta estrutura de controle tem as seguintes partes;

- Uma agenda de objetivos e sub-objetivos;
- Regras de prioridades para adicionar objetivos e sub-objetivos à agenda;
- Modelo do estudante.

Esta estrutura nasce da observação de que professores, adicionam objetivos e sub-objetivos pedagógicos dinamicamente em reação ao estudante.

Meno-Tutor [Wolf & Donald, 1984] é o sistema que se preocupa especialmente pelo módulo de ensino. Neste sistema se desenvolveu um módulo de regras pedagógicas, independentes do domínio.

Este módulo é descrito como conjunto de unidades de decisão organizadas em três níveis de planificação que vão refinando sucessivamente as ações do tutor. Esta estrutura recebeu o nome de DMN ("Discourse Management Network"). Os refinamentos a cada nível mantêm as restrições ditadas pelo nível anterior e detalha a elaboração da resposta do sistema.

#### **2.4.4 Módulo de Interface.**

Este módulo efetua a comunicação entre o estudante-aprendiz e o sistema máquina. As tecnologias que podem compor este módulo são simulação qualitativa, hipergrafos, hipertextos, processamento natural e ultimamente multimídia.

Isto se traduz em interfaces amigáveis, menus, multi janelas, figuras ou gráficos, sons e cores.

A elaboração da interface deve ser determinada pelos critérios de facilidade de emprego, coerência, flexibilidade e convívio. Uma grande revolução na filosofia de operação das interfaces foi a aparição do “Windows<sup>®</sup>” que substitui a digitação das opções pelo “clique” do “mouse”.

Neste trabalho se utilizará dos conceitos de hipermídia e da filosofia de operação “Windows<sup>®</sup>” na construção da interface. Os motivos que justificam esta escolha são:

- O ambiente de programação escolhido permite e favorece estas técnicas;
- Preparou-se um protótipo para testar a operação da interface que mostrou ser eficaz.

#### **2.4.5 Interação entre Módulos.**

Um sistema de ICAI é composto de diferentes módulos como se viu anteriormente. A interação entre estes módulos pode ser direta ou utilizando-se técnicas de inteligência artificial distribuída.

Uma das características mais procuradas em um ICAI, é seu comportamento dinâmico e adaptável ao contexto. Buscando-se dar ao sistema esta capacidade de interação (professor-aluno) postula-se abordar o problema de projeto de um ICAI através de inteligência artificial distribuída (IAD).

Oposta à aproximação clássica de Inteligência Artificial, onde a metáfora de inteligência é baseada no comportamento humano individual e a ênfase é colocada na representação de conhecimentos e métodos de inferência, a metáfora na IAD é baseada no comportamento social e a ênfase é colocada em ação e interação [Sichman & Cardozo, 1992]. Esta aproximação é desejável quando se busca resolver problemas grandes e complexos, que requerem conhecimento de diferentes domínios, o que parece ser recomendável no caso particular de um sistema de ensino. Este paradigma será abordado com mais detalhes no capítulo seguinte.

## 2.5 Linguagens de representação de conhecimentos.

Na construção de uma base de conhecimentos, o engenheiro deve selecionar os objetos significantes, suas relações no domínio e mapeá-las a uma linguagem formal. O programa resultante deve conter conhecimentos suficientes para resolver os problemas da área, realizar inferências corretas e eficientemente.

A base de conhecimentos é uma abstração de objetos e relações no domínio. Os resultados das inferências na base de conhecimentos devem corresponder aos resultados das ações e observações no domínio. Os objetos computacionais, relações e inferências disponíveis ao programador são determinadas pela linguagem selecionada de representação de conhecimentos.

Após anos de pesquisas na área de IA, numerosos esquemas de representação tem sido propostos e implementados, cada um tendo suas vantagens e desvantagens, entre eles os mais importantes tem sido: sistemas de produção, lógica, redes semânticas e "frames".

- Sistemas de produção utilizam métodos de solução que consistem em regras de produção. As regras contém uma ou mais condições e uma ou mais ações, as últimas determinam o que deve ser feito se as condições são satisfeitas. Este tipo de sistema consiste em três componentes principais: memória de trabalho, base de regras e um mecanismo de raciocínio (motor de inferência). A memória de trabalho guarda o estado atual e as inferências "parciais" do sistema. A base de regras descreve o conhecimento do sistema. O terceiro componente, controla a maneira como o sistema enquadra os dados da memória de trabalho e a base de regras, seleciona a regra adequada e executa a ação.
- Baseado em lógica: O conhecimento é representado através de estruturas inspiradas nos formalismos lógicos: axiomas, relações, predicados, etc. A inferência se processa através de algoritmos que testam a veracidade ou não de asserções.
- Redes semânticas representam os conceitos e conhecimentos relacionados como nós de uma rede e suas relações com arcos. As relações típicas são: ser membro de uma classe, ser parte de ou subclasse de. Uma característica central das redes semânticas é a herança.

- "Frames" são linguagens de representação estruturadas que estendem o conceito das redes semânticas permitindo que cada nó seja uma estrutura de dados complexa, consistindo de "slots" com valores. Estes valores podem ser numéricos, simbólicos, ponteiros a outros "frames" ou procedimentos.

Neste capítulo se analisou a metodologia empregada para o projeto de sistema de instrução inteligente auxiliada por computador. Nesta análise se observou que o sistema é formado por diferentes tipos de conhecimentos. No capítulo seguinte apresentar-se-á diferentes paradigmas para a integração destes conhecimentos.

### 3. Inteligência Artificial Distribuída.

As pesquisas acadêmicas em Inteligência Artificial Distribuída (IAD) começaram no início dos anos 70, como uma evolução natural dos Sistemas Distribuídos (SD) e da Inteligência Artificial (IA) clássica.

A IA clássica preocupa-se com a construção de programas, capazes de executar tarefas complexas, apoiando-se na centralização e concentração da inteligência. Mas isto resulta em grandes dificuldades, devido a necessidade de integração, em uma mesma base de conhecimento, de habilidades de indivíduos diferentes, que na realidade se comunicam e colaboram na realização de um objetivo comum, a custo de eventuais conflitos. Estes sistemas não são mais "pensadores" fechados em seus próprios mundos, mas "pensadores" abertos para o exterior, capazes de realizar o intercâmbio de conhecimentos como ocorrem nas sociedades em geral. Neste contexto nascem noções novas na inteligência artificial, tais como a cooperação, a coordenação de ações e a negociação.

Em 1981, uma edição especial da IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS intitulada "Natural and Social System Metaphors for Distributed Problem Solving" tem um papel essencial na definição do campo de IAD. Essa edição coleta as idéias seminais e originou várias perguntas que direcionaram as pesquisas nesta área. Muitas dessas perguntas tem sido respondidas e atualmente se observa o surgimento de outras questões que por sua vez necessitam de soluções. Em 1991, uma nova edição especial desta mesma revista reuniu várias publicações nesta área e seu propósito foi abrir um fórum de debate. A última reunião de pesquisadores aconteceu em Washington entre os dias 17-29 de Julho de 1994 no "13th International Distributed Artificial Intelligence Workshop". Foram discutidos temas como: sistemas baseados em conhecimentos cooperativos (CKBS), trabalhos cooperativos suportados por computador (CSCW), sistemas de informação cooperativos inteligentes (ICIS), sistemas de



grupos de suporte de decisão (GDSS), engenharia concorrente (CE), ciências organizacionais, psicologia social, gerenciamento de processos de negócios e antropologia, entre outros.

Os principais problemas em IAD podem ser divididos basicamente em cinco áreas diferentes [Bond & Gasser., 1988]:

- descrição, decomposição e alocação de tarefas: refere-se a como pode ser descrita e decomposta uma tarefa complexa em subtarefas, como essas subtarefas serão alocadas, estaticamente ou dinamicamente e como elas serão realizadas;
- interações, linguagens e comunicações: que vocabulário de primitivas um protocolo de comunicação deve apresentar de forma a expressar os conceitos semânticos de um trabalho cooperativo;
- coordenação, controle e comportamento coerente: como assegurar um comportamento global coerente do conjunto de agentes, cada agente possuindo seus próprios objetivos e habilidades locais;
- conflito e incerteza: como nenhum agente possui a informação completa do ambiente, nascem conflitos e estes devem ser resolvidos. Os dados incompletos e incertos devem ser tratados de forma a garantir resultados coerentes;
- linguagens de programação e ambiente: devem ser definidas linguagens de programação que suportem os diferentes requisitos necessários a cada agente pertencente ao sistema.

Alguns destes problemas tem sido objeto de pesquisa em outras áreas, como sistemas distribuídos e lógica. As pesquisas em IAD buscam reuni-los num mesmo contexto.

### 3.1 IAD versus IA clássica.

A grande diferença entre as abordagens de agente único (IA clássica) e IAD nasce da concepção do modelo do mundo. Na resolução por um único agente, o modelo é completo, e ele usualmente permanece completo por duas razões:

- Todas as mudanças no meio são feitas pelo próprio agente e assim pode sempre atualizar seu próprio modelo;
- Um único agente não necessita preocupar-se com as intenções de outros agentes.

Por outro lado em IAD os agentes têm um conhecimento parcial do ambiente. Isto leva a geração de um modelo incompleto do mundo, o que pode ter como consequência a degradação da eficiência da atribuição de tarefas. Podem ser citadas as seguintes razões para uma atribuição sub-ótima de tarefas:

- O agente que faz a decomposição das tarefas pode não conhecer qual o agente que possui o conhecimento mais apropriado;
- O agente com maior especialização pode não saber sobre a tarefa mais apropriada para ele;
- Pode não existir um agente que tenha conhecimento global de todas as funções e subtarefas que necessitam ser atribuídas.

Existe mais uma diferença muito importante nas redes de agentes IAD. Cada agente tem seu próprio objetivo local, o que leva a dois tipos de interação: negativa e positiva. A interação é negativa se um agente ao satisfazer sua tarefa impedir um segundo de fazer o mesmo. Em contraste, a interação é positiva quando a satisfação do objetivo local ajuda o outro agente a satisfazer o seu objetivo. O desconhecimento das tarefas e intenções dos outros dificulta as interações positivas, essenciais na resolução efetiva do problema global.

A resolução de problemas por um único agente tem dificuldades em administrar as tarefas e objetivos independentes. Mas estas dificuldades multiplicam-se na resolução distribuída de problemas, devido ao conhecimento parcial do mundo. Em resumo, o principal em IAD é fazer que as soluções parciais tenham uma coerência global.

### **3.1.1 História da Evolução da IAD.**

A história da IAD nasce com o projeto Hearsay-II, entre 1970-1976 [Erman et al, 1988(a)], com o modelo de “blackboard”. Porém, a ideia original é atribuída a Newell [1962], ao utilizar pela primeira vez o termo “blackboard”, quando escreveu:

“Metaforicamente podemos pensar em um conjunto de trabalhadores, todos observando o mesmo quadro negro (blackboard): todos podem ler as informações nele escritas e julgar se possuem algo a adicionar. Este é o conceito de Selfridge’s Pandemonium [Selfridge, 1959]:

um conjunto de demônios, cada um observando de forma independente a situação e atuando em proporção a sua natureza.”

[Newell, 1962]

A partir do projeto Hearsay-II começam os trabalhos em IAD com diferentes propostas de modelos reunindo-se numa grande área chamada de Resolução de Problemas Distribuída (RDP), mais recentemente nasce um novo modelo os chamados Sistemas Multi-Agentes ou Sociedades de Multi-Agentes (SMA)[Erceau & Ferber, 1991].

Neste trabalho se optou por trabalhar com o modelo SMA, visto que ele traz uma abordagem mais ampla, na qual os outros modelos podem ser inseridos.

### **3.2 Cooperação entre agentes.**

Um problema de alta complexidade demanda coordenação e comunicação entre os agentes responsáveis pela solução do problema. A arquitetura do sistema fornece os meios para o controle e a comunicação entre os agentes responsáveis pelo processamento das tarefas. As políticas de controle e da comunicação definem em conjunto, a política de cooperação entre os agentes.

#### **3.2.1 Formas de cooperação**

Num sistema IAD os agentes podem dividir a demanda de carga computacional pelas fases de resolução de problemas de duas formas (não mutuamente excludentes) :

- A cada agente é associado o processamento de determinadas tarefas (compartilhamento de tarefas);
- Durante o processamento de suas tarefas, agentes tornam público certos resultados que auxiliam as atividades de outros agentes (compartilhamento de resultados).

### 3.2.2 Estratégias de cooperação

A cooperação entre resolvedores de problemas deve se estruturar como uma série de intercâmbios de informação cuidadosamente planejadas que, obviamente, dependem do problema. O desempenho do sistema também depende da arquitetura de resolução de problemas, por isto, é apropriado considerar arquiteturas ou estratégias de cooperação.

A arquitetura deve distribuir a carga de processamento entre os nós para reduzir congestionamentos de comunicação e de computação e evitar falhas catastróficas do sistema (por exemplo, com falhas de nós que concentraram cargas). A cooperação é outra ferramenta que pode ser usada. O conhecimento necessário para usar a comunicação efetivamente toma a forma de um grupo de regras heurísticas. São de dois tipos:

#### ◆ Política Organizacional

Estabelece como a tarefa deve ser decomposta em subtarefas que podem ser atribuídas a agentes individuais. Atribui para cada agente a sua função no grupo e determina as formas de comunicação entre os agentes.

#### ◆ Política de Informação:

Direciona a natureza da comunicação entre os agentes cooperativos. Assim como os caminhos organizacionais são restringidos pela política organizacional, existem vários níveis de decisão menores que são regidos pela política de informação, como:

- Comunicação seletiva ou aberta;
- Comunicação sob solicitação ou não;

- Comunicação com reconhecimento ou não;
- Transmissão simples ou repetida.

Decisões erradas neste nível resultam, em um ineficiente uso do canal de comunicação e podem por em risco a coerência global. Segundo Cardozo, 1993 os modelos de organizações empregados em IAD se baseiam na estrutura de organizações humanas. Dependendo da complexidade do problema devem ser empregadas diferentes estruturas organizacionais. As principais estruturas organizacionais são (figura 4):

- Organização de Grupo. Esta estrutura organizacional possui vários agentes mas nenhum deles executa funções de controle. Cada agente age em função do seu estado e do conhecimento que dispõe sobre o mundo exterior.
- Organização de Hierarquia Simples. Esta organização possui um controle centralizado, isto é, um único agente desempenha todas as funções de controle.
- Organização de Hierarquia Múltipla. Nesta organização a cadeia de controle forma uma árvore. O controle é distribuído em múltiplos níveis, onde um agente intermediário é comandado por um agente superior e comanda outros agentes inferiores.

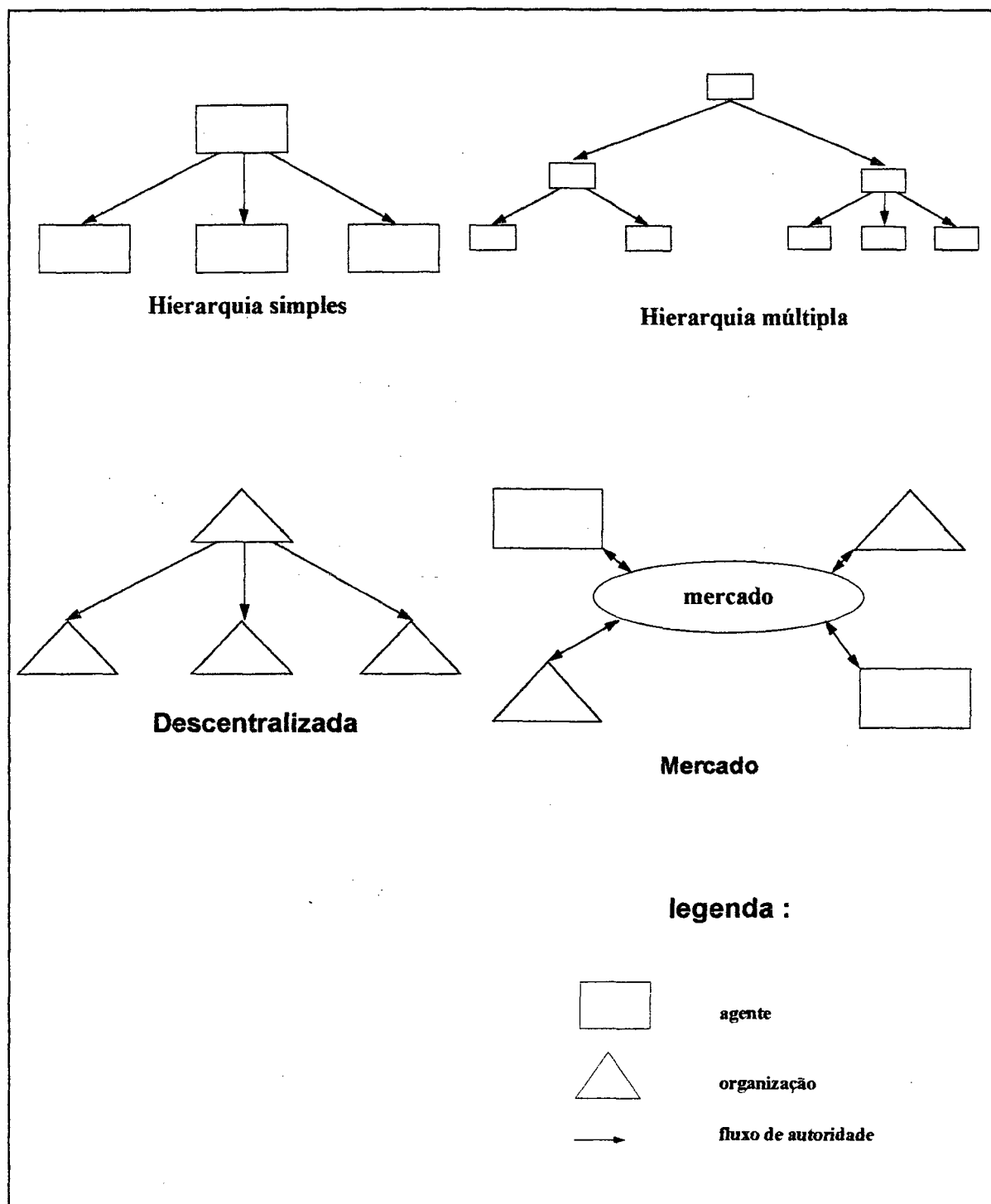
- **Organização Descentralizada.** Esta estrutura organizacional consiste numa hierarquia simples, exceto que seus membros são organizações, não agentes.
- **Organização de Mercado.** É similar a estrutura descentralizada, exceto que a hierarquia é substituída por um mercado onde os serviços são ofertados e contratados.

Nestas organizações a coordenação dos membros pode ser feita segundo três métodos:

- **Delegação:** um ou mais agentes tem delegada a si a responsabilidade do controle de determinados agentes.
- **Consenso:** os agentes resolvem por consenso como conduzir as ações de controle. Os mecanismos básicos de consenso são o voto e a disciplina. No voto, as ações de controle são tomadas por consulta a um grupo (ou totalidade) de agentes. Na disciplina, os agentes seguem certas políticas pré-estabelecidas.
- **Negociação:** Os agentes resolvem por negociação como conduzir as ações de controle. A negociação se baseia no conceito de contrato entre um provedor de serviços e um cliente . O cliente anuncia que deseja certo serviço, impondo parâmetros tais como tempo máximo de execução, critérios de qualidade, etc. Com base no anúncio, provedores aptos a



atender o serviço respondem com eventuais contrapropostas. Examinando estas propostas, o cliente seleciona um provedor, estabelecendo com este um acordo bilateral para a execução do serviço.



**FIGURA 4. Principais estruturas organizacionais [Cardozo, 1993].**

### 3.3 Conceitos básicos do paradigma de Sociedade de multi-agentes (SMA).

Definição de agente [Ferber & Gasser, 1991]:

"Um agente é uma entidade real ou virtual que está imersa em um ambiente onde ele pode realizar ações, que é capaz de perceber e representar parcialmente este ambiente, de comunicar-se com outros agentes e que possui um comportamento autônomo, que é consequência de suas observações, seu conhecimento e interações com outros agentes."

Os agentes coexistem num ambiente comum e cada um deve colaborar com os outros a fim de atingir um objetivo global. Os pontos importantes nesta aproximação são os seguintes:

- A decomposição da tarefa é feita pelos agentes e não pelos projetistas do sistema. No limite, deve existir uma reorganização dinâmica, isto é, os agentes podem decidir a mudança do seus comportamentos a fim de melhor realizar suas tarefas.
- Os agentes são autônomos, isto é, tem seus próprios objetivos locais. Portanto, podem ocorrer conflitos, devido a existência de objetivos locais e globais. Desta maneira, uma conversação deve ser mantida a fim de estabelecer a função de cada agente na construção da solução do problema.
- Os agentes podem estar aptos a resolver outros problemas, se possuírem as habilidades para realizá-las.
- O SMA é um sistema aberto, assim qualquer agente pode entrar ou deixar a sociedade quando desejar. Se um novo agente entra na sociedade, os agentes devem incorporar suas capacidades e habilidades. Isto se consegue pela representação explícita das habilidades e objetivos dos outros agentes.

- O ambiente pode mudar e os agentes devem incorporar estas mudanças em seu modelo interno do mundo.

Para passar da abordagem clássica de sistemas baseado em conhecimento<sup>3</sup> (KBS) para o paradigma de SMA, devem ser adicionadas ao KBS as seguintes características [Sichman et al., 1992]:

- Capacidades de percepção: Um agente deve perceber o ambiente e as mudanças ocorridas neste. Nos KBS a percepção de mudanças no ambiente se dará através da interface homem-máquina, enquanto que nos SMA, o ambiente pode mudar como consequência das ações de seus agentes.
- Capacidades de ação: Um agente deve ser capaz de atuar em seu meio, como resultado de suas atividades de resolução de problemas, em um sentido mais amplo que a interface homem-máquina.
- Raciocínio social: Um agente deve ser capaz de raciocinar acerca de atividades de outros agentes. Isto é conseguido através de uma representação interna dos outros membros da sociedade e mecanismos de raciocínio relacionados.
- Estrutura de controle de multiníveis: Um agente deve decidir quando perceber, comunicar, planejar e atuar. Assim, uma estrutura de controle complexa deve ser dada de maneira a fazer possível a ativação destas diferentes características.

Erceau & Ferber, 1991 propõem uma classificação fundamentada sobre a concepção em níveis da arquitetura interna dos agentes, cada nível sendo geralmente uma extensão do nível precedente (figura 5).

Para os agentes cognitivos, passa-se de um nível ao nível imediatamente superior pela adição de módulos à estrutura de cada agente. Encontram-se, assim, os agentes comunicantes, os agentes racionais, os agentes especialistas e os agentes intencionais. Os agentes reativos são os

---

<sup>3</sup> No sentido clássico, isto é, um sistema com uma máquina de inferência e com conhecimentos do domínio representado em um formalismo apropriado.

de nível mais baixo; dispõem somente de um protocolo e de uma linguagem de comunicação reduzida e suas capacidades correspondem unicamente à lei de estímulo/ ação.

No nível seguinte, situam-se os sistemas de agentes comunicantes, que dispõem de um protocolo completo de comunicação, mas onde a parte conversacional e a parte comportamental são interdependentes. Por outro lado, neste tipo de sistema, o intercâmbio de informações se encontra estreitamente ligado ao domínio.

A seguir se situam os agentes racionais onde as capacidades de ação e comunicação são mais independentes, possuindo representação da realidade e mecanismos de aprendizado.

Em seguida vem as sociedades de especialistas, cada uma dispoñdo de competências precisas, de crenças, de uma representação parcial de seu meio e dos outros agentes do sistema. No nível superior encontram-se os agentes intencionais. Cada um possui objetivos explícitos, planos parciais, intenções e crenças, assim como a possibilidade de chamar outros agentes a colaborar.

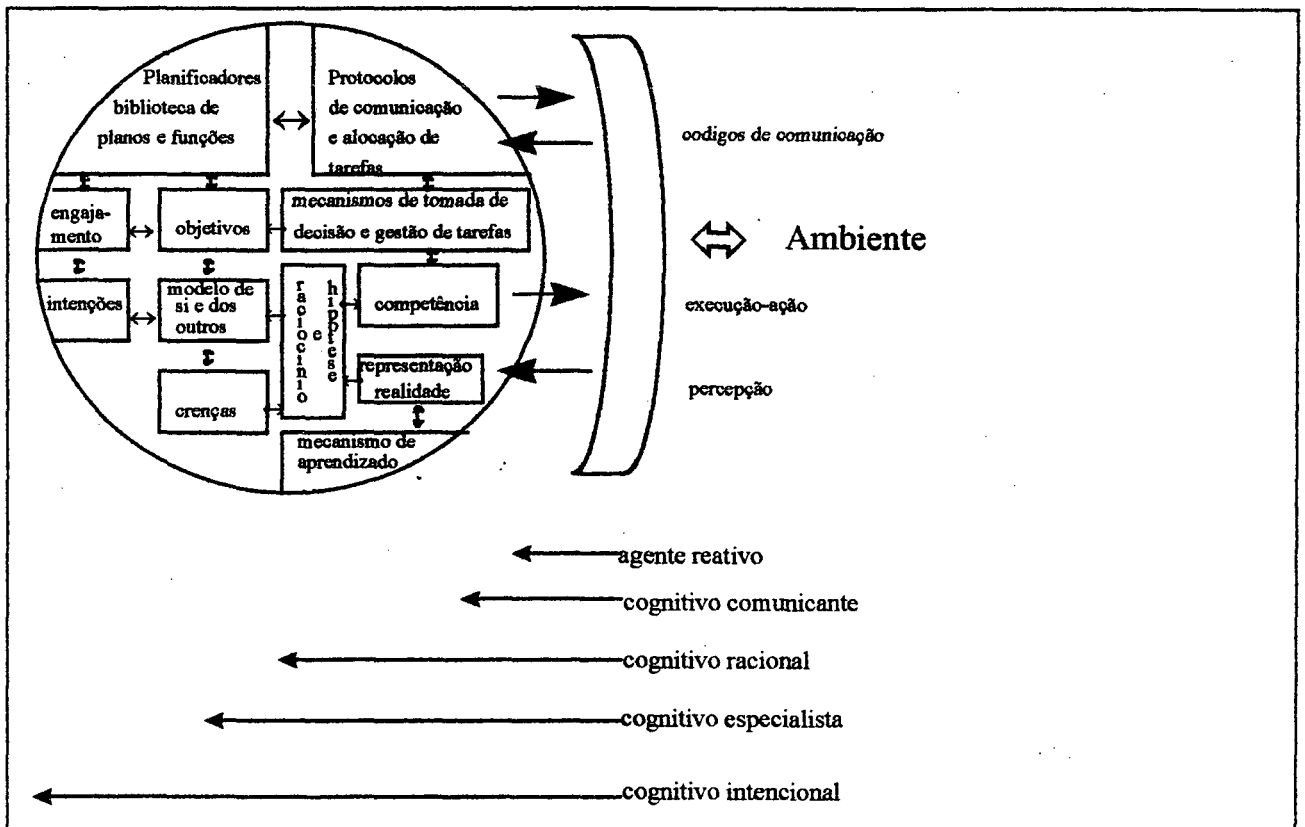


Figura 5. Níveis de arquitetura interna de um agente [Erceau & Ferber, 1991].

### 3.4 Exemplo de Sistemas Inteligentes Distribuídos.

A seguir mostra-se uma lista com diferentes sistemas desenvolvidos nesta área, destacando-se diferentes arquiteturas na distribuição do conhecimento.

- Projeto: HEARSAY - II [Erman et al, 1980]
- Modelo: Modelo "Blackboard"
- Um caso especial altamente estruturado de resolução oportunística de problemas . A organização dos conhecimentos do domínio e todas as entradas e soluções intermediárias parciais necessárias a resolução do problema são definidas previamente. A aplicação foi implementada como uma combinação de diferentes representações de conhecimentos, esquemas de raciocínio e mecanismos de controle. Esta arquitetura é orientada para ambientes de computação seriais onde uma tarefa é selecionada pelo módulo de controle.
  
- Projeto: Rede de protocolos de contrato [Smith, 1980]
- Modelo: Rede de Contratos
- Desenvolvimento de protocolo para interação de nós como processo de negociação. Isto é um mecanismo poderoso para conexão o qual é uma extensão do padrão de invocação direta. Este método é muito útil quando as tarefas representam fontes de conhecimentos especializadas (FC), e não se conhece a priori a fonte de conhecimentos específica para desenvolver uma tarefa determinada. Ou ainda quando uma tarefa justifica uma transferência de informação maior que a permitida. Nesta arquitetura o gerenciador deve possuir o conhecimento profundo da aplicação para decompor as tarefas com um mínimo de interação entre subproblemas e integrar os resultados de seus contratados

- Projeto: AGORA [Huhn, 1987]
- Modelo: Modelo de "Blackboard" distribuído e paralelo
- O paralelismo pode ser introduzido no paradigma de "Blackboard" em vários níveis.
  1. máquinas de interação "Blackboard";
  2. Implementação de cada FC;
  3. Múltiplas instâncias de FC em paralelo (FCIs);
  4. O componente de controle de "Blackboard" em paralelo com os FCIs do domínio. A sincronização dos FCIs concorrentes foi tratada em grande detalhe. Arquiteturas alternativas tais como memória compartilhada, servidores ou modelos de memória privada.
  
- Projeto: ETHER [Kornfield & Hewitt, 1981]
- Modelo: Metáfora de Comunidade Científica
- Modelagem da resolução de problemas na linha de pesquisa científica considerando propriedades de monotonicidade, comutatividade, paralelismo e pluralismo.
  
- Projeto: Sistema de monitoração de veículos distribuídos [Lesser & Corkill, 1983].
- Modelo: Estrutura Organizacional
- Trabalha com uma arquitetura de controle que faz que os nós atuem como um time coerente. Dá somente a estratégia global e estabelece áreas de interesse para definir políticas organizacionais. Estabelece relações de autoridade para indicar como as prioridades podem ser atribuídas e gerar objetivos parciais. Trabalha com objetivos a longo prazo que levam a

automatizar o processo de reorganização. O uso de técnicas de negociação faz o sistema convergir a uma nova organização.

- Projeto: MACE [Gasser et al, 1987]
  - Modelo: SMA
  - Um dos primeiros projetos que utilizou o modelo SMA, representando internamente seus objetivos e suas capacidades num domínio particular. Serve como ambiente de pesquisa sobre modelos de interação e organização de grupos de agentes.
- 
- Projeto: LIFIA [Sichman & Cardozo, 1992]
  - Modelo: SMA
  - Apresenta um modelo para o agente cognitivo e o desenvolvimento de um ambiente de programação que suporta estes conceitos.

Neste capítulo se analisou diferentes paradigmas para a distribuição de conhecimento. No capítulo seguinte se apresentará a arquitetura do sistema EPIIS que utiliza técnicas de IAD para o projeto e implementação de um sistema de apoio ao ensino de diagnóstico de epilepsia.

## **4. Metodologia: Arquitetura do Sistema EPIIS**

Neste capítulo se discutirá aspectos projeto e implementação do sistema EPIIS.

### **4.1 Ambiente de Aprendizagem.**

A medicina é uma área onde a tecnologia hipermídia se faz especialmente indicada dado que a imagem e algumas vezes sons constituem-se elementos fundamentais para o diagnóstico médico e, como consequência, para ensino das diferentes especialidades. Se se alia que existem evidências ou ao menos indicativos, que o ensino das habilidades clínicas pode ser complementado com o auxílio do computador, chega-se a proposta deste sistema: a utilização de ferramentas de hipermídia em combinação com uma abordagem de resolução de problemas (especialista articulado) para simular a situação profissional do estudante.

A hipermídia permite criar uma estrutura curricular completa na qual o estudante navega escolhendo livremente os assuntos que lhe interessam. Desta maneira o estudante cria seu próprio plano de ensino.

O cenário de aprendizagem, especialista articulado, permite centrar-se no ensino de classificação de crises de epilepsia, apoiando-se no conhecimento (previamente programado) do médico especialista. Na área médica utiliza-se com frequência o estudo de casos de pacientes como forma de ensino. Esta mesma situação pode ser criada pelo tutor artificial por meio deste cenário.

### **4.2 Estrutura Organizacional de EPIIS.**

Da análise de requisitos dos sistemas de ensino por computador revisada no capítulo 2 nascem de forma natural os módulos que o sistema deve possuir: módulo especialista, módulo tutor, modelo do estudante e módulo interface.



Do começo até o fim do projeto de EPIIS alguns ajustes nos objetivos de cada módulo tiveram que ser feitos. Mais especificamente, nos módulos tutor e modelo do estudante. O módulo tutor teria a responsabilidade de gerenciar o plano de ensino de acordo aos pré-requisitos curriculares e ao conhecimento do estudante. O conhecimento do estudante estaria refletido e atualizado dinamicamente no modelo do estudante. Duas grandes dificuldades nasceram:

- A necessidade de uma maior interação e disponibilidade do especialista que se encontrava fisicamente distante;
- O sistema já estava de volume e complexidade considerável.

Isto resultou na redefinição destes módulos os quais serão apresentados a posteriori neste capítulo.

A forma de interconexão destes diferentes tipos de conhecimentos pode ser variada, sendo que cabe aqui discutir este assunto.

No capítulo 3, se estudou diferentes estruturas organizacionais [Cardozo,1993]. Basicamente o importante é definir o tipo de controle, isto é, controle centralizado ou controle distribuído. Ambas abordagens apresentam vantagens e desvantagens:

- Centralizar o controle da ativação dos módulos através de uma estrutura do tipo “blackboard” (por exemplo), permite que o projeto dos módulos seja feito focalizando exclusivamente a tarefa de resolução de problemas, visto que é a estrutura de “blackboard” que se preocupa em manter a coerência e cooperação globais.
- Descentralização do controle da ativação dos módulos através de uma estrutura do tipo SMA. Cada módulo possui o conhecimento sobre o próximo módulo a ser ativado. Isto implica que cada módulo (o agente), agora além de se preocupar com a tarefa de resolução de problemas deve perceber e comunicar-se com seu meio. Porém o engarrafamento que pode vir a gerar o controle “blackboard” desaparece. Isto é todas as informações fluem por canais de comunicações diretos, sem intermediários.

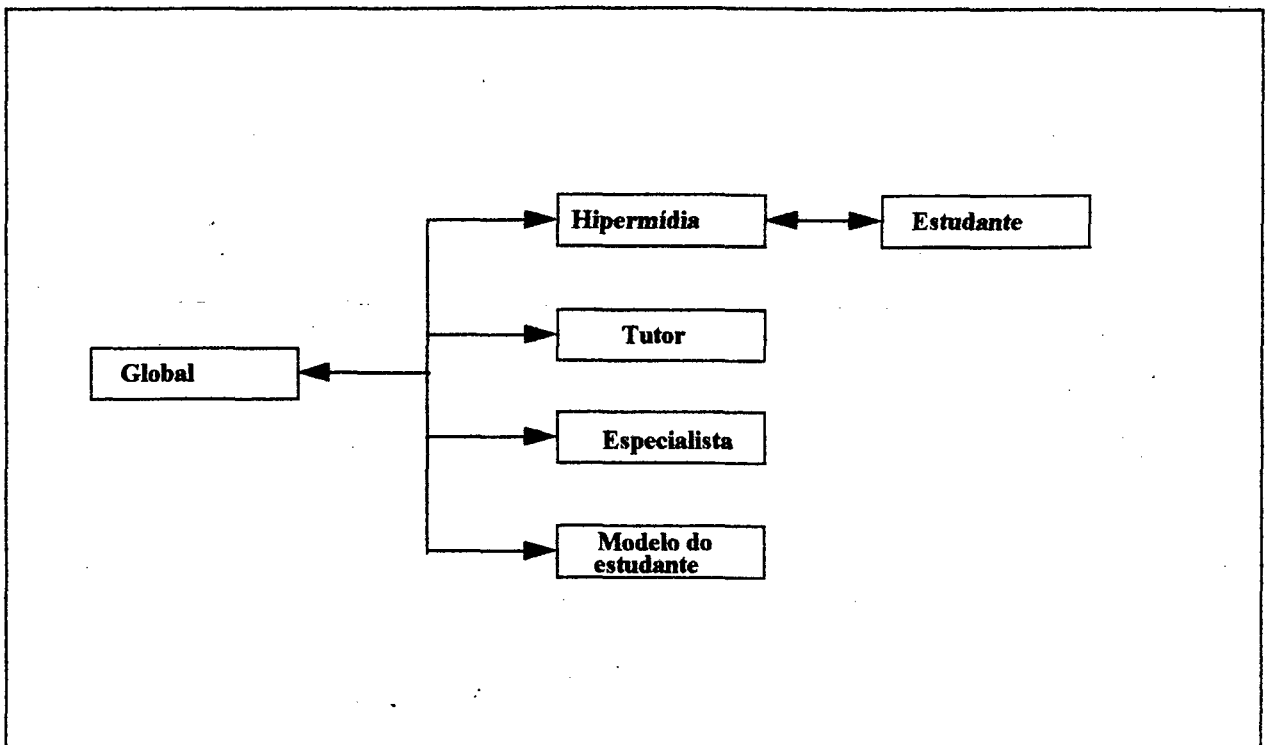
Outro fator importante, refere-se a distribuição física do conhecimento nas máquinas. Neste caso, o sistema funcionará em um único microcomputador, com memória e processador únicos. A partir deste ponto de vista, ambas abordagens são viáveis.

O projeto de EPIIS se fundamentou numa arquitetura completamente distribuída, utilizando o paradigma SMA. Para representar os conhecimentos manipulados por EPIIS, se escolheu um formalismo orientado a objeto. Cada agente é representado por uma classe. Aqui se usa uma analogia ao ser humano [Shoham, 1993]. Neste caso o objeto é composto por três partes: boca, cabeça e corpo. A boca preocupa-se com a comunicação com os outros agentes. O corpo é a parte do agente que trata da solução do problema e a cabeça controla a cooperação com os outros agentes. Note que esta estrutura pode ser vista como uma especialização do conceito de objeto. A arquitetura interna do agente é difícil de classificar em uma classe das propostas por Erceau & Ferber, 1991. Porém, visto que dispõe de um protocolo de comunicação onde a parte conversacional e a parte comportamental são interdependentes e o intercâmbio de informações se encontra ligado ao domínio, encaixa-se melhor como agente comunicante. O comportamento do agente é o seguinte:

- encontra-se ocioso;
- a sua cabeça recebe uma mensagem solicitando um determinado serviço;
- se está apto a realizar este serviço, o delega para o corpo;
- se, em sua tarefa de solução do problema, precisa de ajuda externa, comunica-se com a sua cabeça informando seu estado;
- a cabeça ativa a boca para que envie a mensagem a quem corresponda;
- espera por resposta do agente ativado;
- responde ao agente que solicitou o serviço;
- retorna a seu estado ocioso.

Na prática foram encontrados alguns problemas com este tipo de arquitetura escolhida, principalmente na duplicação de informações. Resultados de um agente são a posteriori

solicitados por outro agente. O custo de duplicação destas informações, assim como o tempo de processamento necessário para enviar uma mensagem a outro agente solicitando uma determinada informação, tornava o sistema lento. Resolveu-se ajustar o modelo criando uma área global de dados, para algumas informações. Nesta área global de dados o acesso para leitura é permitido para todos os agentes. Porém, a atualização de cada informação é feita somente por um agente, o agente gerador da informação, o qual dependerá da natureza da informação. Desta forma chega-se a arquitetura do sistema EPIIS mostrada na figura 6 e explicada seguir:.



**FIGURA 6 - Estrutura de EPIIS**

- Agente especialista: Possui o conhecimento sobre o domínio. Este agente cumprirá basicamente as mesmas funções vistas anteriormente (capítulo 2).
- Agente tutor: Este agente fornece um suporte às diferentes estratégias pedagógicas disponíveis no sistema. Contém uma base de casos criada pelo

especialista humano para ser apresentada ao estudante, assim como um módulo gerador de casos.

- Agente modelo do estudante: Este agente registra todas as ações tomadas pelo estudante, assim como as ações que o especialista sugere.
- Agente hipermédia: Este agente é responsável pela navegação dentro dos tópicos. Trabalha com multimídia, pois no caso de diagnóstico de epilepsia a utilização de vídeos é fundamental para esclarecer certos conceitos ( crises tônico-clônicas, ausência, etc).
- Agente estudante: O modelo de SMA possibilita que o estudante (entidade real) seja uma parte ativa e compromissada com o processo ensino/aprendizado, podendo interagir com o sistema para a criação do plano de ensino<sup>4</sup>. Isto o caracteriza como um agente no sistema, contrastando, com a proposta clássica onde o estudante era visto apenas como um usuário do sistema.
- Global: Área global de informações

Na arquitetura mostrada na figura 6, observa-se que todos os agentes possuem entre eles canais de comunicação diretos. Estes canais de comunicação são privados, isto é, quando o agente hipermédia se comunica com o agente tutor, os agentes modelo do estudante e especialista não tem conhecimento desta conversação.

Na arquitetura apresentada não existe um agente que efetue o controle das ações dos outros agentes. Mas na prática, é o estudante via o agente hipermédia quem controla a maior parte das ações dos agentes, caracterizando assim a estrutura como hierarquia simples.

---

<sup>4</sup> O plano de ensino neste contexto refere-se a livre escolha, por parte do aluno, dos nós da estrutura hipermédia a visitar, assim como dos objetivos a serem abordados durante uma sessão junto ao especialista articulado. Isto será explicado com maior detalhe no capítulo 5.

#### 4.2.1 Ambiente de desenvolvimento

O ambiente de desenvolvimento de sistemas especialistas Kappa 2.0 disponível no GPEB-HU, combina múltiplos paradigmas de representação, num ambiente de programação integrado e simples. É versátil e eficiente incluindo:

- Representação de "frames" ou orientado a objetos, suporta propriedades de herança de classe e inclui mecanismos de passagem de mensagem para interação entre objetos;
- Regras para representação de conhecimento heurístico. As regras são capazes de acessar informação nos objetos;
- Suporte para várias estratégias de busca ("backward", "forward");
- Definição de demônios para implementar interações. Um demônio é um procedimento que é invocado como efeito colateral a alguma outra ação. Em ambientes de IA, os demônios são invocados quando é criado ou modificado um objeto ou "slot". São usados para atualizar um display em resposta à mudança de um valor, realizar testes de consistência quando a modificação de uma entrada requer mudanças em diferentes objetos, ou implementar interações entre objetos nas simulações;
- Interfaces baseadas em gráficos. Uma importante característica dos ambientes híbridos é a habilidade de unir gráficos a um "slot" num objeto e a possibilidade do uso do "mouse".
- Interfaces com outras linguagens. Os métodos são definidos em linguagem especial e permite a chamada a linguagens convencionais.

A propriedade mais utilizada deste ambiente foi a programação orientada a objetos e seus mecanismos de passagem de mensagem para interação entre objetos. Também foram bastante utilizados seus recursos para a criação da interface (agente multimídia).

O mecanismo de passagem de mensagem foi estendido para criar os protocolos de comunicação entre agentes. Assim cada mensagem entre agentes é caracterizada por:

- nome do agente transmissor;
- nome do agente receptor;
- ação requisitada;
- informações sobre o estado do agente transmissor.
- ex: Sendmessage(Tutor, Especialista, Ciclo, x, y), esta mensagem enviada pelo tutor ao especialista, solicita um ciclo do especialista dado os sintomas da lista x, neste caso o parametro y não é utilizado.

Apesar das modificações feitas ao mecanismo de passagem de mensagens, este demonstrou ainda deficiências, permitindo pouca versatilidade, visto que o número de informações era fixo para todas as mensagens o que será revisto em novas versões do sistema.

### 4.3 Diagnóstico de epilepsia.

Conforme citado por Fernandes, 1993, epilepsia é "um distúrbio transitório do funcionamento do cérebro", que pode manifestar-se como um episódio de perda ou alteração da consciência, fenômeno motor anormal, distúrbios psíquicos ou sensoriais, ou perturbações do sistema nervoso autônomo. A definição de síndrome é um conjunto de sintomas e sinais que caracterizam um transtorno específico do estado de saúde.

A epilepsia pode ser classificada de várias maneiras, considerando eventos clínicos (usualmente tipo de crise), alterações eletroencefalográficas (EEG), etiologia, fisiopatologia, anatomia ou idade. Uma vez que a epilepsia é frequentemente considerada como um sintoma ao invés de uma condição e a fisiopatologia essencial é geralmente obscura, a classificação é inevitavelmente arbitrária. Em 1969, a Liga Internacional Contra a Epilepsia [ILAE, 1989] tentou introduzir um esquema de aplicação universal. Este esquema, revisado em 1981 e amplamente adotado, é uma classificação por tipo de crise, na qual são levados em conta os dados de EEG enquanto a etiologia, idade e localização anatômica são ignoradas. Mais recentemente, em reconhecimento ao fato de que uma classificação por tipo de crise não considera outros aspectos da heterogeneidade da epilepsia, a ILAE idealizou um novo esquema "Classificação das Epilepsias, Síndromes Epilépticas e distúrbios relacionados com crises" que, agora, é amplamente utilizada, sendo uma tentativa de categorizar as epilepsias de modo compreensível [Shorvon, 1990a]. Esta classificação é bastante complexa e somente um especialista com anos de experiência a utiliza. Como o sistema é dirigido a alunos de medicina na última fase, a classificação de 1981 foi a escolhida para estudo (anexo II).

O diagnóstico de epilepsia é essencialmente clínico. Em outras palavras é baseado nos sintomas do paciente em vez de exames tais como eletroencefalograma (EEG). Portanto o médico deve ser capaz de reconhecer os diferentes tipos de crises, deve conhecer as circunstâncias e duração da crise e história do paciente.

Apesar de cada médico possuir suas próprias técnicas de entrevista, algumas perguntas são importantes. Primeiro, uma descrição detalhada da crise, pois os pacientes com crises

parciais simples são capazes de descrever o evento completo, enquanto que os pacientes com crises parciais complexas precisam de assistência; em tais casos a pergunta deve ser orientada aos que assistem as crises.

As perguntas do médico são dirigidas no sentido de determinar as alterações e o quadro clínico no início das crises, se ocorrem repentinamente ou são precedidas por sintomas de aura epiléptica, por um desmaio ou por uma síncope. Especificamente, as manifestações epiléticas podem incluir movimentos involuntários tônicos ou clônicos lateralizados, alucinações olfativas ou gustativas e alterações perceptivas complexas associadas a crises de lobo temporal. Também são importantes os sintomas verificados pelo paciente após a recuperação da consciência.

A maioria das testemunhas é capaz de dar uma descrição razoável de uma crise tônico-clônica (grande mal). Entretanto, é mais difícil conseguir uma descrição satisfatória da maioria das crises menores. Nesse caso, é importante proceder a um questionamento direto, a fim de identificar as características associadas com as crises parciais complexas, como por exemplo um olhar fixo e estático com automatismos subseqüentes, que podem incluir movimentos repetitivos das mãos ou movimentos de mastigação e deglutição. Pode ser muito importante o relato de confusão pós-ictal feito por uma testemunha.

Quando o médico consegue obter o máximo de informações clínicas possível, está apto a tirar as conclusões corretas sobre o diagnóstico. No anexo I encontra-se o protocolo de investigação de epilepsia utilizado no ambulatório de epilepsia do INPS em Florianópolis.

Os fatores mais importantes que predisõem a crises epiléticas são febre, falta de sono, descontinuação abrupta das drogas antiepiléticas ou outros, hipoglicemia, "flash" de luz ou hiper ventilação. Se existe um fator predispondo às crises epiléticas a eliminação deste pode ser suficiente para prevenir as crises recorrentes.

Um exame neurológico consiste em uma avaliação específica para identificar a existência ou não de anomalia no sistema nervoso e auxiliar na determinação de possíveis causas para as crises epiléticas. Esta avaliação deve incluir: o exame do estado mental, pares cranianos, sistema motor, sistema sensitivo entre outros.



É importante examinar o paciente logo após uma crise já que é possível encontrar resquícios da mesma. Estado anormal tal como confusão ou hemiplegia são sempre significantes a fim de localizar o mal funcionamento cérebro e encontrar suas causas.

O EEG (eletroencefalograma) é um registro dos potenciais gerados pelas correntes que emanam espontaneamente das células nervosas no cérebro. Fornece valiosa informação [Chadwick, 1990] que pode:

- Suportar o diagnóstico clínico;
- Assistir na classificação da epilepsia;
- Mostrar mudanças que podem aumentar a suspeita de uma lesão estrutural;
- Auxiliar na localização da origem do foco primário do fenômeno.

As manifestações EEG podem ser divididas em interictal (presentes ou que ocorrem entre ataques) e ictal (presentes durante as crises).

No EEG interictal é feita uma gravação de aproximadamente 20 min com 22, 16 ou 8 eletrodos (canais). São usados rotineiramente alguns procedimentos de ativação, tais como fotoestimulação e hiper ventilação por 3 e 4 min, estimulando anormalidades. Outras alternativas incluem privação do sono por 24h ou indução ao sono.

O propósito do EEG é mostrar se o paciente tem uma anormalidade epiléptica ou não. Em aproximadamente 50% dos pacientes epilépticos o resultado do primeiro EEG é normal.

A vídeo telemetria ou gravações em "Holter" podem ser usadas como recurso adicional para auxiliar no diagnóstico de crises epilépticas .

Outros exames são possíveis de ser usados quando há suspeita de danos cerebrais, como tomografia computadorizada ou ressonância magnética nuclear [Chadwick, 1990].

#### **4.4. Agente Hipermissão.**

O ambiente utilizado para o sistema, trabalha em ambiente “Windows<sup>®</sup>” e possui uma interface gráfica com varios recursos, que são reunidos nas classes:

- KWindow: recursos de janelas;
- Menu: recursos de menu nas janelas;
- Imagens: imagens gráficas, textos, botões de entrada e saída de informações.

Desta forma o agente hipermissão gerencia estes recursos para gerar as interfaces requeridas pelo sistema. No projeto e implementação deste agente foram utilizadas tecnologias de hipermissão e de estruturas baseadas em menus de modo a facilitar a interação com o estudante e estimular o processo de ensino/aprendizado como visto no item 2.3 deste trabalho. Desta forma ocupa-se o conceito de “livro eletrônico” para dar ao sistema uma estrutura curricular. E utiliza-se a filosofia de ambiente “Windows<sup>®</sup>”, na qual encontramos conceitos como: botões, mouse, menus em cascatas para substituir as antigas interfaces que exigiam conhecimento de computadores mais profundos por parte dos usuários.

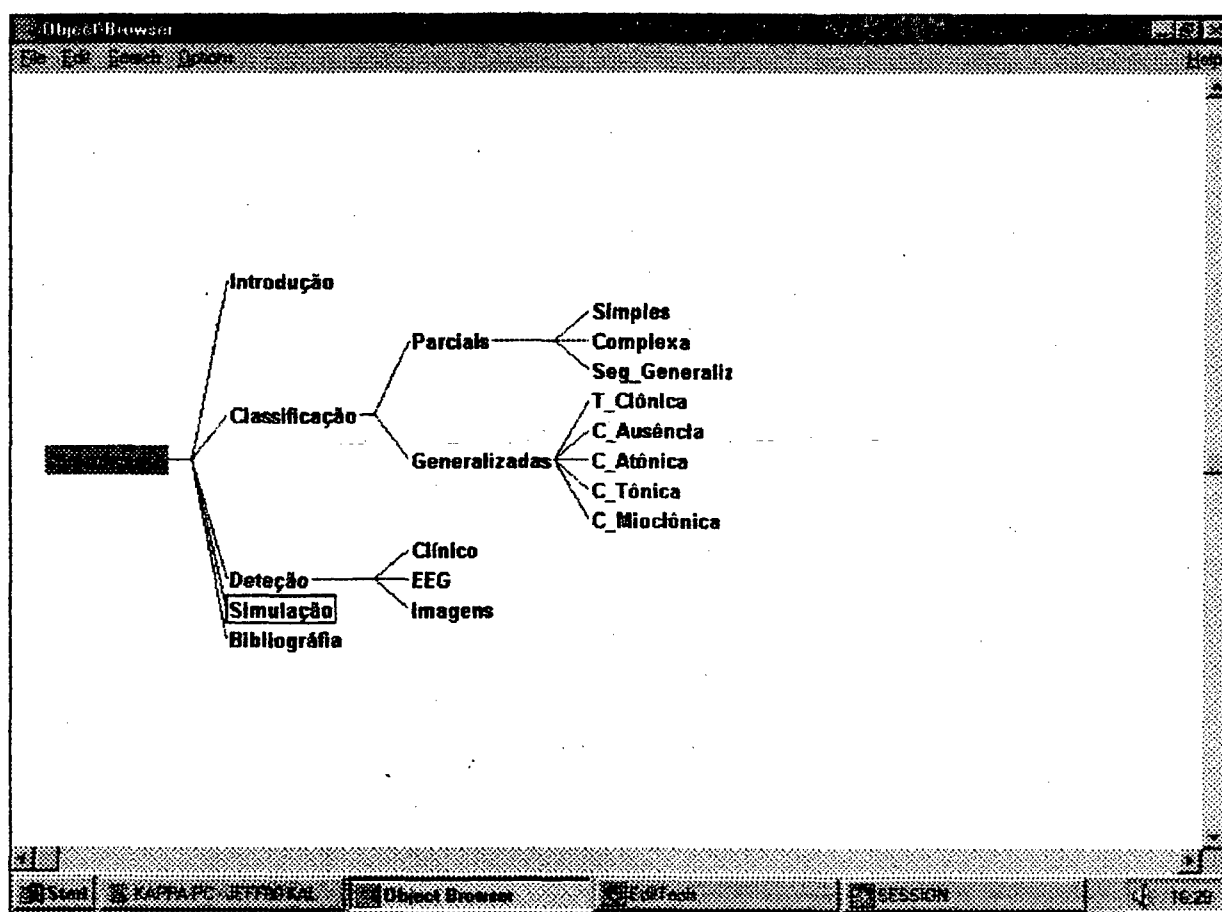
##### **4.4.1 Projeto do agente hipermissão**

Além das funções gerais que todos os agentes possuem de: inicialização, comunicação e controle, este agente é responsável pela inicialização de todo o sistema. É ele que dá ao sistema uma estrutura baseada em menus, permitindo uma interação “amigável” com o estudante. O estudante tem liberdade para escolher os objetivos da sessão e oportunidade de receber ajuda quando julgar necessário. Desta forma este agente atua como motivador do processo ensino/ aprendizado.

Para cada item do curriculum se definiu uma classe, a cada sub-item deste curriculum corresponde uma subclasse e assim em diante, vide figura 7. Em cada classe identificam-se as imagens correspondentes a este nó, imagens de vídeos, imagens de ligações externas,

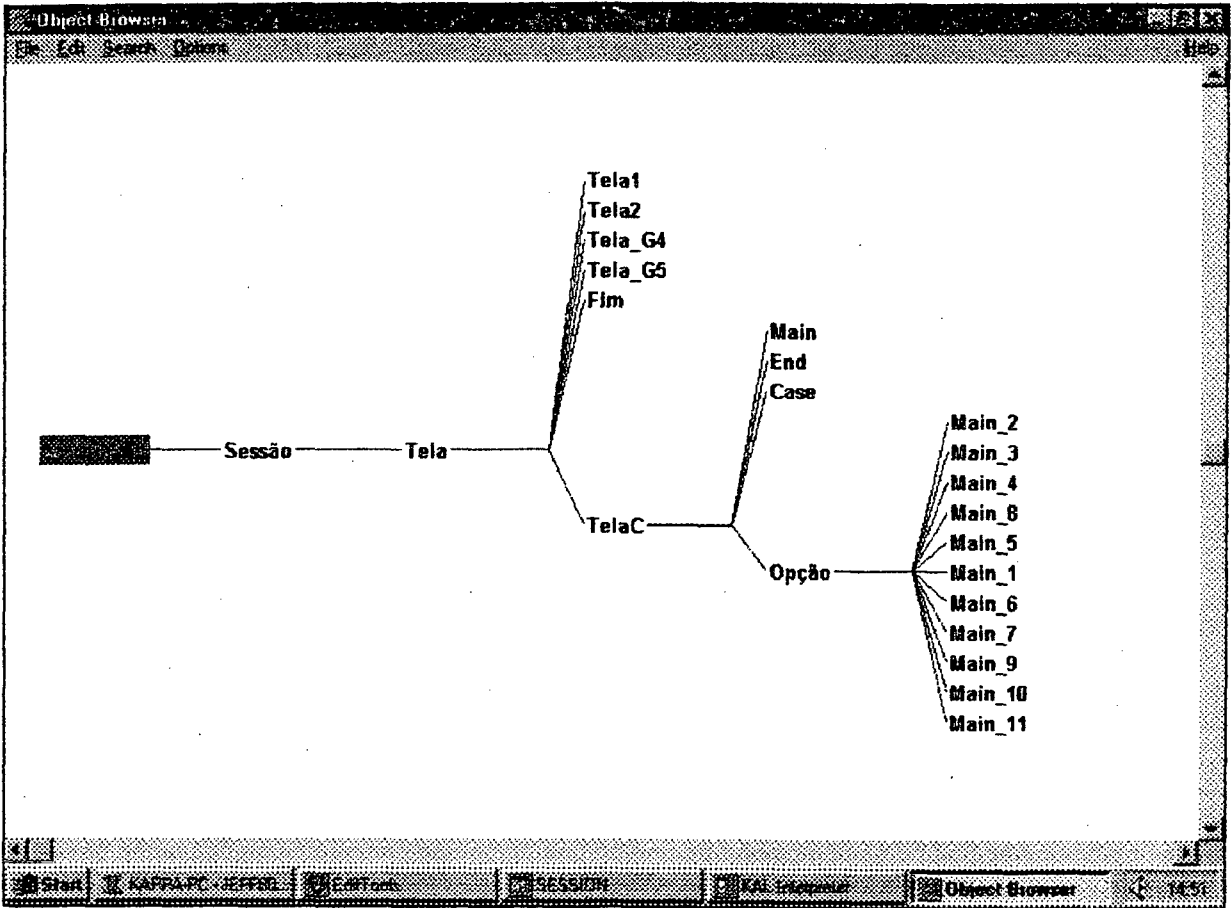
informações do número de vezes que o nó foi visitado. Cada classe tem os seguintes comportamentos: mostrar-se e esconder-se.

Um nó<sup>5</sup> com comportamento especial é o nó simulador. É o responsável por dar início a uma sessão de simulação de casos de pacientes. A estrutura deste nó se mostra na figura 8. Permite dois modos de trabalho (capítulo 5), liberdade graduada (grande classe TelaC) e acompanhamento do especialista (grande classe Tela). Nessas classes encontra-se o suporte às diferentes telas de cada forma de operação.



**FIGURA 7 - Agente hipermissão**

<sup>5</sup> a palavra nó tem o significado visto no item 2.3 conceitos de hipermissão.



**FIGURA 8 - Classe simulação**

#### 4.5 Agente especialista

O agente especialista é quem possui o conhecimento de diagnóstico de crises epiléticas. Sua estrutura é mostrada na figura 9. Esta estrutura surge de uma maneira natural da classificação de crises epiléticas utilizada na área médica. A grande classe “Crise” abrange crises que não são epiléticas, seguindo no eixo de especialização tem-se as crises epiléticas. As crises epiléticas se dividem em duas grandes áreas: as chamadas crises parciais e as crises generalizadas. Finalmente se tem cada uma das diferentes crises epiléticas: parcial simples, parcial complexa, secundariamente generalizada, generalizada tônico-clônica, ausência, atônica, tônica e mioclônica. Existe uma classe de crises epiléticas, as chamadas crises não classificadas, que se originam por falta de uma descrição mais detalhada dos sintomas sofridos pelo paciente. Esta classe apesar de não aparecer como uma classe explícita no agente especialista (por não ter sintomas específicos), é considerada pelo especialista quando da impossibilidade de classificação nas outras classes.

Cada tipo de crise epilética pode ser representada por uma árvore do tipo “and/or”. Isto é sintomas que sempre estão presentes (and) e sintomas algumas vezes presentes (or). Estes comportamentos foram dados a cada tipo de crises via métodos nas diferentes classes.

A classe “Epilética” verifica a ativação de cada uma de suas classes filhas. A classe “Crise” por sua vez verifica a ativação das suas classes filhas: “Epilética”, “Psiquiátrica”, “Enxaqueca” e “Isquemia”. As classes “Psiquiátrica”, “Enxaqueca” e “Isquemia” incorporam conhecimento básico necessário para o diagnóstico diferencial. Por exemplo, é fácil confundir uma crise parcial complexa com um transtorno psiquiátrico.

Este sistema especialista foi feito especificamente para poder ser usado em ensino. 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 iniciativas é o aluno [Nievola, 1995].

Desta maneira o especialista trabalha 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. 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. Isto significa que num determinado momento o paciente mostra sintomas de uma crise (ex: ausência), mas o estudante pode estar confuso e decidir pesquisar sobre outra crise (ex: tônico-clônica). O especialista pode seguir esta linha de raciocínio. Ao serem solicitados os sintomas e estes não corresponderem a este tipo de crise o aluno poderá por si, verificar que ele estava enganado e finalmente voltar ao caminho correto. Ou após atingir-se o nível de liberdade graduada o tutor percebendo do desvio, toma a atitude corretiva.

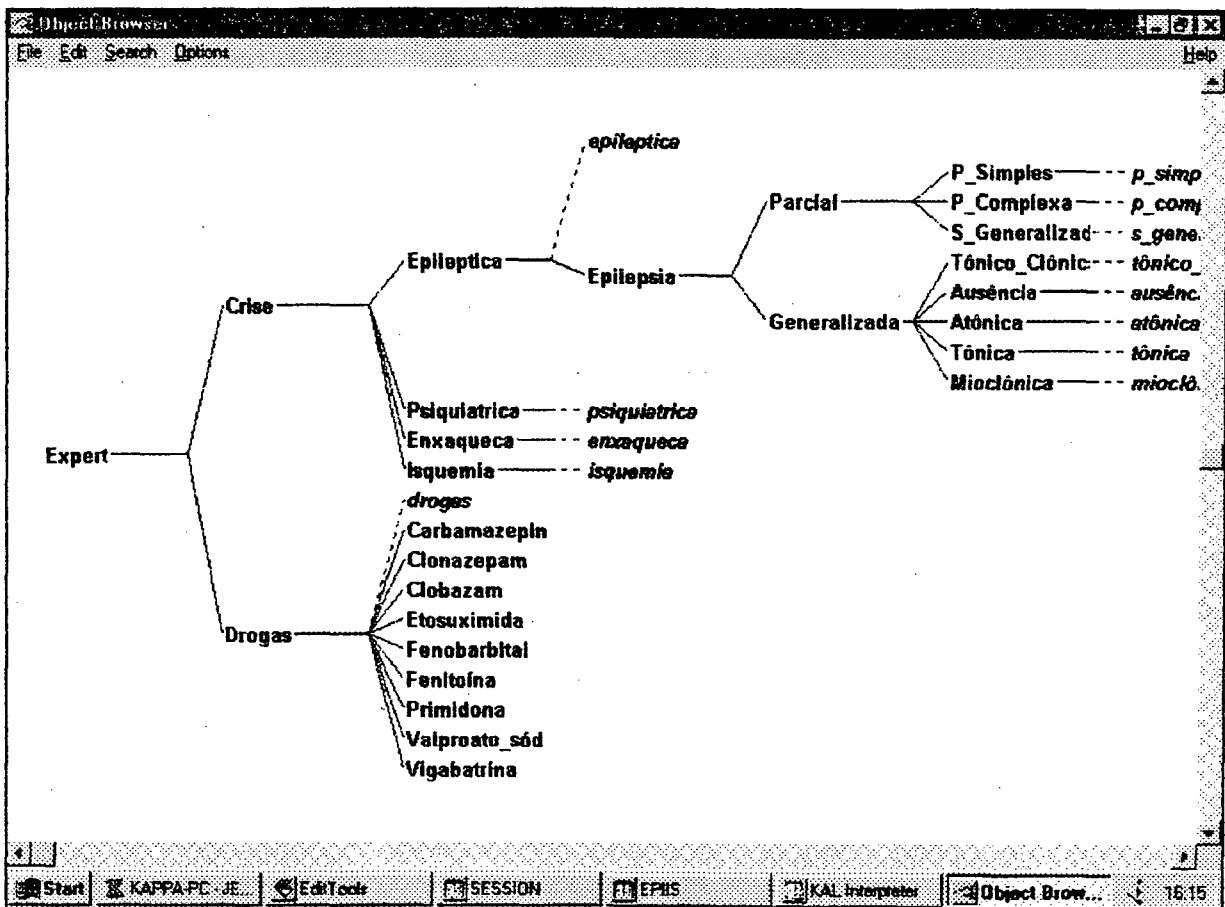


FIGURA 9 - Agente especialista

#### **4.6 Agente Modelo do Estudante**

Tem como função manter um registro do comportamento do aprendiz, assuntos que conseguiu dominar e as falhas ocorridas. Este modelo que é usado na arquitetura tradicional como base para avaliação das respostas do estudante e para a seleção de um novo tópico a tratar, numa abordagem construcionista perde algumas de suas funções visto que a seleção dos tópicos não é função apenas do tutor.

A fim de se ter um modelo que possa indicar o comportamento do estudante frente a cada um dos itens de conhecimento possíveis em cada sessão, constroi-se uma base de seus conhecimentos. É construída incrementalmente conforme o estudante vai progredindo dentro da sessão e se refere somente às ações tomadas corretamente ou incorretamente. As atitudes não são rotuladas como corretas ou incorretas, mais guarda-se também as atitudes do especialista de maneira que, terminada uma sessão de trabalho o aluno possa avaliar seu comportamento em contraste com o do especialista.

## 4.7 Agente Tutor

O comportamento do tutor é dinamicamente gerado de acordo com o objetivo da sessão, nível da sessão e estado do especialista. Uma vez que o estudante faz a suas escolhas o agente hipermídia informa o agente tutor, de forma a que este lhe dê o suporte necessário gerenciando o comportamento do especialista. O tutor permite comportamentos default e de exceção, que é controlado por métodos nas diferentes classes definidas no agente tutor. A forma de projetar o tutor baseada em objetos permite facilmente a incorporação de novas funções sem afetar a arquitetura e outras funções do tutor.

Os objetivos da sessão podem ser escolhidos ou então criados automaticamente. Estes objetivos são mapeados a casos a serem apresentados. Este agente gerência também estes recursos. Existe uma base de casos, que atualmente contem 8 casos, com historias de pacientes geradas pelo médico-especialista e existe um módulo gerador de casos. A estrutura deste agente é apresentada na figura 10 a seguir.

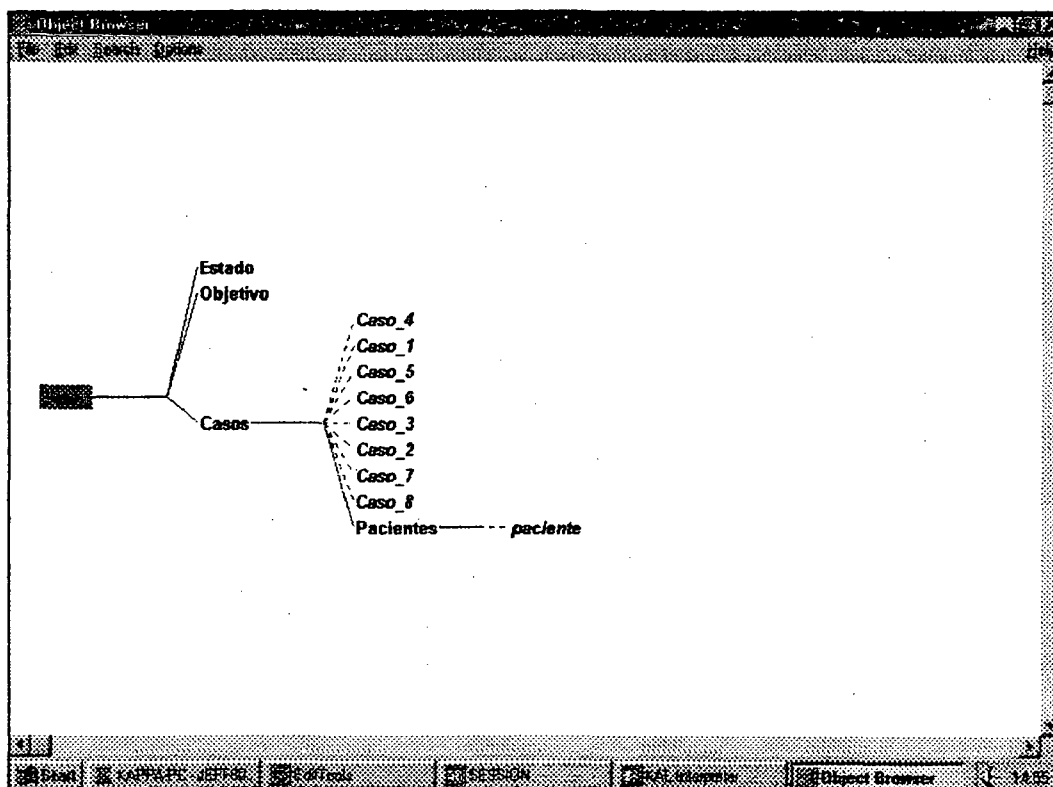


FIGURA 10 - Agente tutor



Neste capítulo se apresentou a arquitetura projetada e implementada para EPIIS integrando as metodologias analisadas nos capítulos 2 e 3. No próximo capítulo se enfocará a filosofia de operação de EPIIS e se mostrará exemplos de sessões de trabalho com ele.

## 5. Resultados: Sistema EPIIS

### 5.1 Filosofia de Operação

O sistema consta de uma estrutura curricular onde são abordados os principais temas de crises epilépticas. A figura 11 mostra o "browser" interativo, onde aparecem os principais nós. O "browser" é o mecanismo para navegar dentro da estrutura. O "browser" permite ao usuário o acesso direto a qualquer nó do documento, quando o usuário seleciona o item "clitando", o nó selecionado aparece na tela do computador, substituindo o nó antigo.

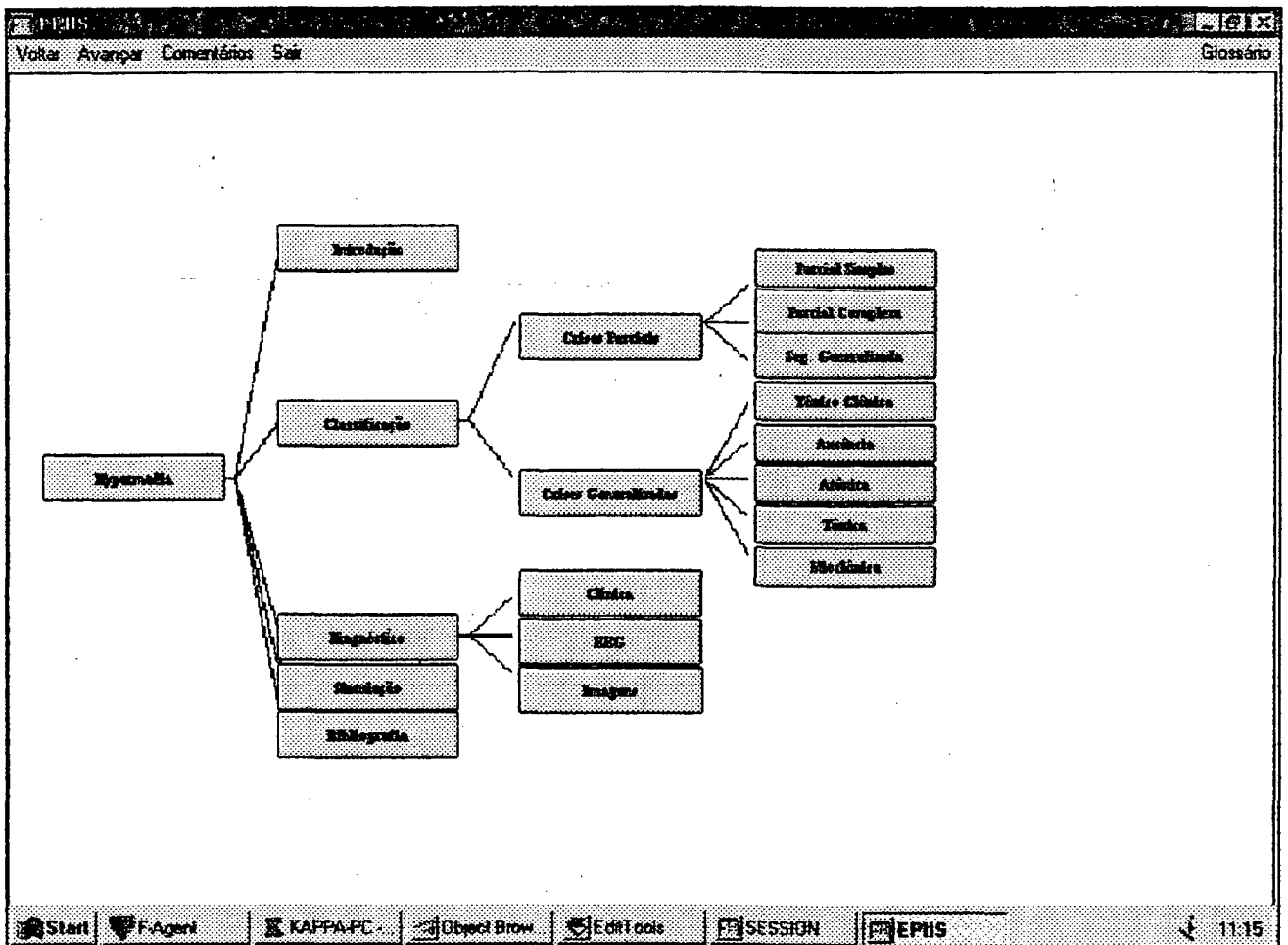
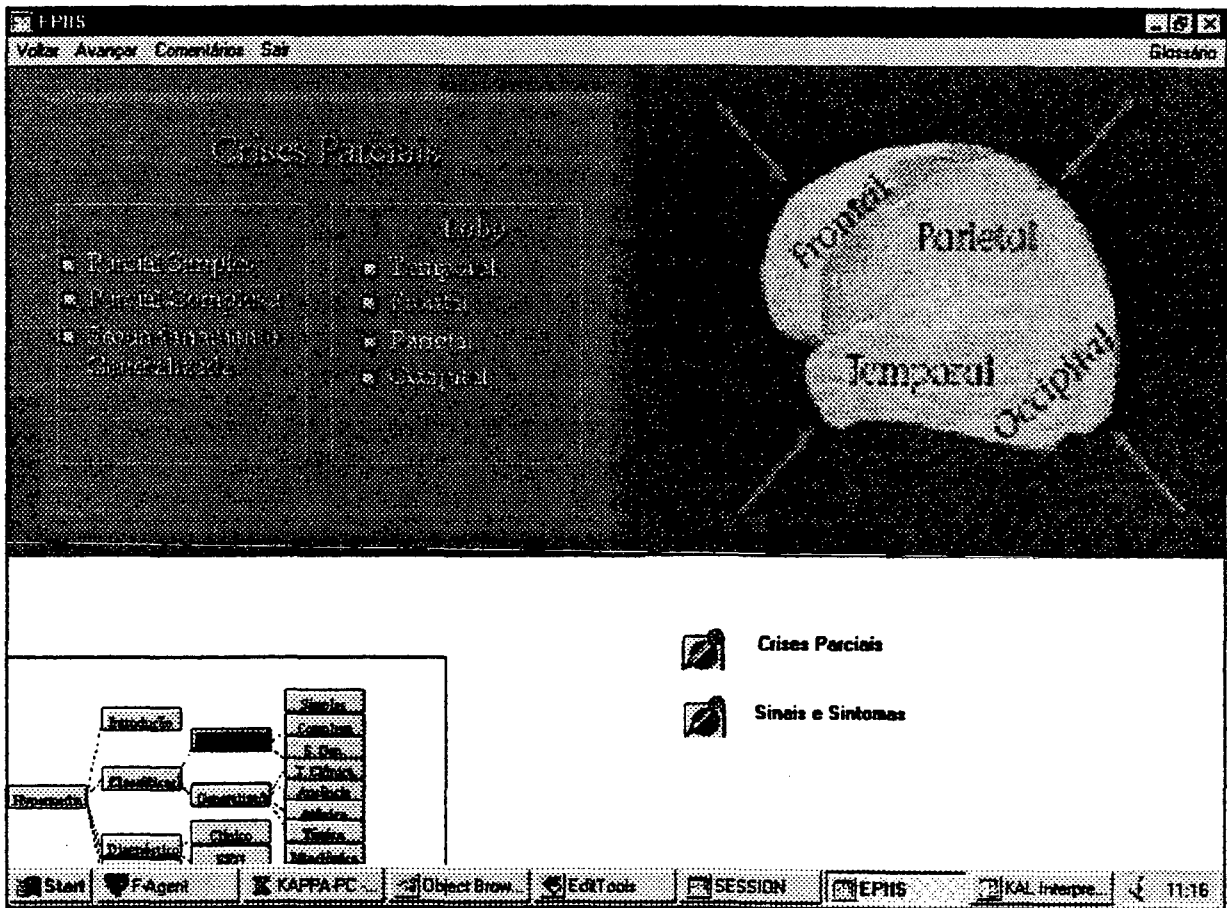


FIGURA 11 - O "browser" de EPIIS

Na figura 12, mostra-se um exemplo de visita a um nó, neste caso Crises Parciais. Na tela aparecem as informações sobre crises parciais e referências a outros nós. Basta acionar o “mouse” na região correspondente, por exemplo, Parcial Simples, para se ter acesso as informações deste nó.

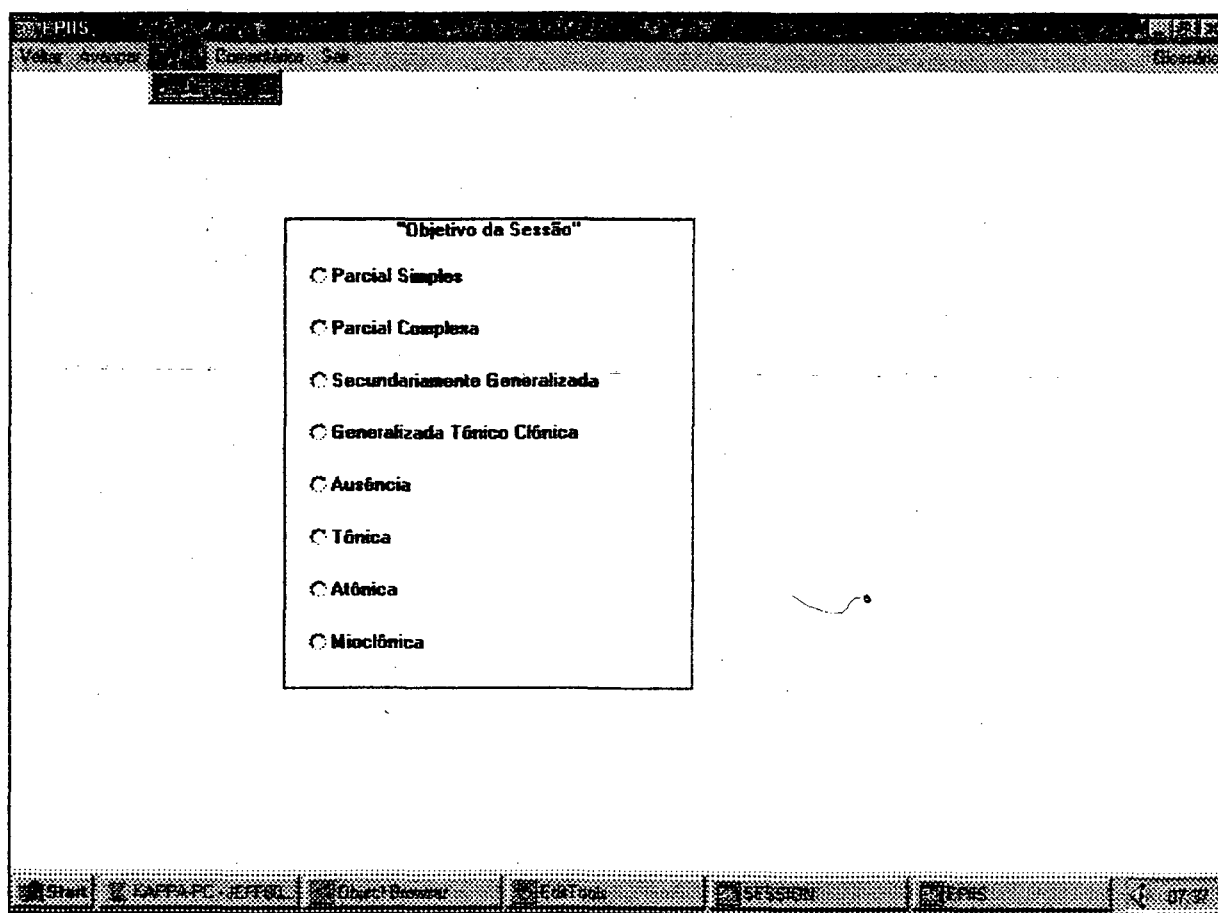


**FIGURA 12 - Nó Crises Parciais**

O nó Simulação está associado especificamente ao módulo "simulador". Entrando neste nó, o primeiro passo é esclarecer ao estudante os objetivos pedagógicos deste módulo. Observe que o aprendiz sempre tem o controle da situação de ensino/ aprendizagem. Ele sempre pode optar por abandonar este módulo e explorar outro.

Antes de começar a sessão de simulação de um paciente são necessários dois passos:

- Determinar o objetivo da sessão.
- Ajustar o nível da sessão;



**FIGURA 13 - Escolha do objetivo**

### Determinar o objetivo da sessão.

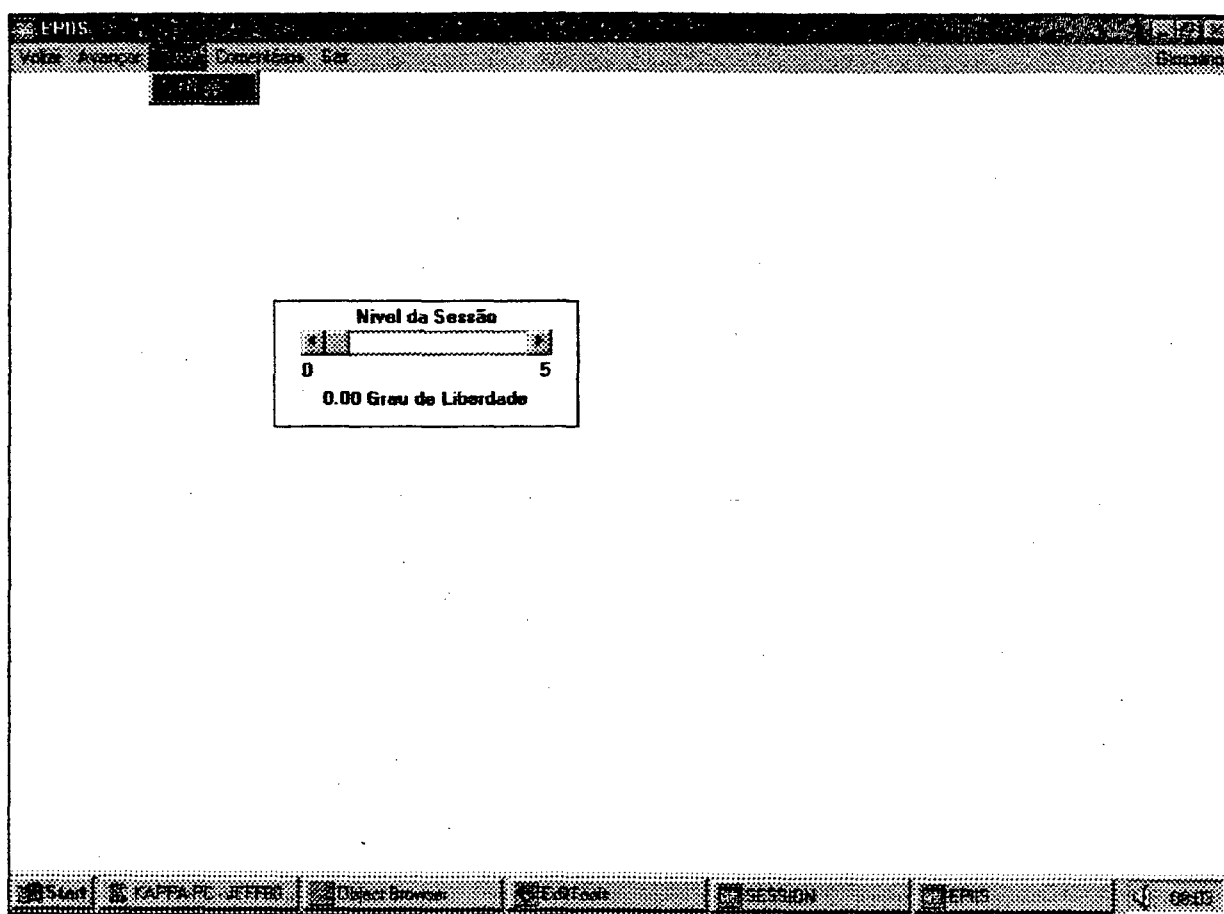
O objetivo da sessão refere-se ao tipo de crise que se deseja tratar na sessão com o computador. No momento que o estudante escolhe o tipo de crise, o sistema acessa na base de conhecimentos do tutor um caso de paciente. Para tornar o sistema mais realista montou-se uma pequena base de casos de pacientes, para os quais um especialista humano montou uma pequena história que é contada em passos; estes casos são utilizados somente quando a forma de operação escolhida é de acompanhamento do especialista.. Se o aluno escolher operação com liberdade graduada, o caso será gerado por meio de um "módulo gerador" específico, que considerando as crises e suas características, dará origem a um paciente hipotético. A figura 13 apresenta a interface para a escolha dos objetivos da sessão.

### Ajuste do nível da sessão.

Para determinar o nível da sessão frequentemente estes tipos de sistemas utilizam testes de avaliação dos conhecimentos do aprendiz. Desta forma os classificam em classes para os quais estão disponíveis diferentes estratégias de acompanhamento. O processo de avaliação sempre é uma questão polêmica, cuja validade não é universalmente aceita. Desta forma, e sendo coerente na proposta do sistema ser um agente estimulador do processo ensino/aprendizado e não autoritário, a determinação do nível da sessão (valor numérico entre 0 e 5) é deixada ao aluno, refletindo sobre seus conhecimentos e analisando as explicações sobre a escolha do nível, decidirá a forma de trabalhar. Os níveis foram escolhidos da seguinte forma (figura 14): acompanhamento do especialista e atuação de liberdade graduada.

- *Acompanhamento do especialista*: no qual o aluno acompanha o especialista na resolução da situação em questão. Dentro deste quadro o aluno não tem possibilidade 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. Ao final da sessão ele pode também solicitar explicação de como se chegou ao diagnóstico em consideração, bem como uma lista dos passos que foram tomados ao longo de todo o processo de atendimento.

- *Atuação de liberdade graduada*: o aprendiz toma as atitudes que considerar conveniente para dar atendimento ao paciente, podendo solicitar auxílio. A cada momento o aprendiz pode perguntar pelo sintomas do paciente que ele julgar necessário. Isto significa que ele pode explorar outros caminhos que não são os mais corretos. Dependendo da graduação escolhida, o tutor intervirá, tomando uma atitude corretiva.



**FIGURA 14 - Escolha do nível da sessão**

Uma vez feitas estas escolhas iniciais começa a sessão. O sistema é estruturado com uma interface baseada em menus de modo a facilitar a interação com o estudante. Utilizou-se como escolhas padrão as seguintes opções:

- Voltar: permite o retorno a uma tela prévia e mudar a escolha se necessário.
- Avançar: permite ao estudante avançar ao próximo passo.
- Tutor: de acordo com o estado do estudante e especialista, o tutor oferece diferentes tipos de ajuda.
- Comentários: se o estudante encontra um problema na operação do sistema, ele pode registrar seu comentário. Isto será depois utilizado para re-engenharia do sistema.
- Sair: permite a qualquer momento abandonar o sistema.
- Glossário: é um “windows help” onde são explicados termos técnicos.

Nos itens 5.2 e 5.3 a seguir são mostradas sessões de trabalho, como exemplo, nos dois modos diferentes de operação do sistema.

## 5.2 Exemplo de uma sessão: acompanhamento do especialista.

A seguir mostra-se uma sessão de acompanhamento do especialista. Na figura 15, tem-se a tela inicial onde o caso é apresentado ao estudante. Na opção “Tutor” o estudante pode pedir ao sistema uma lista dos sintomas relatados. Quando o aluno escolher a opção “Avançar” o sistema apresenta a figura 16, e neste caso o estudante pergunta ao sistema por quê é necessária a informação referente ao estado de consciência. A figura 17 mostra a continuação da história deste paciente. Na figura 18, um novo ciclo do sistema, o especialista está trabalhando com a hipótese de não se tratar de crises epilépticas. Na figura 19 mostram-se as respostas as perguntas formuladas pelo especialista. Na figura 20, o próximo passo do especialista, na opção “Tutor”, o estudante pediu informações sobre quais são as hipóteses de diagnóstico para este paciente. Na figura 21 são mostradas as últimas informações solicitadas para este paciente e finalmente na figura 22, a tela final para este caso com as conclusões do sistema.

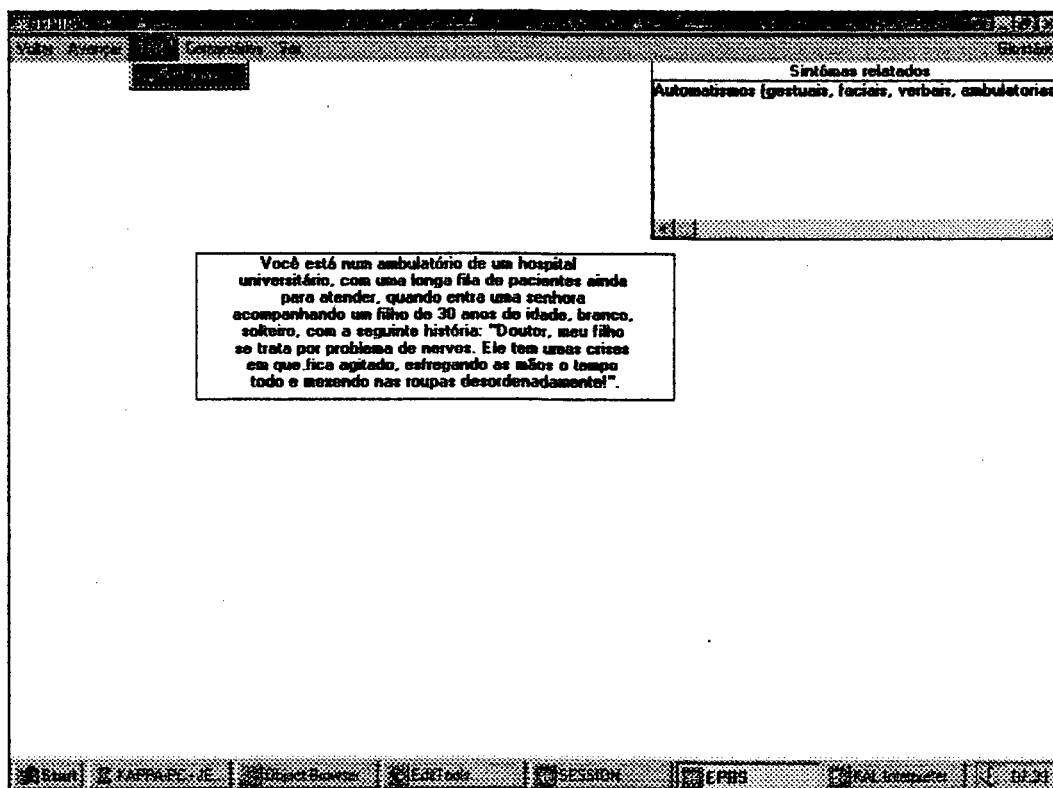
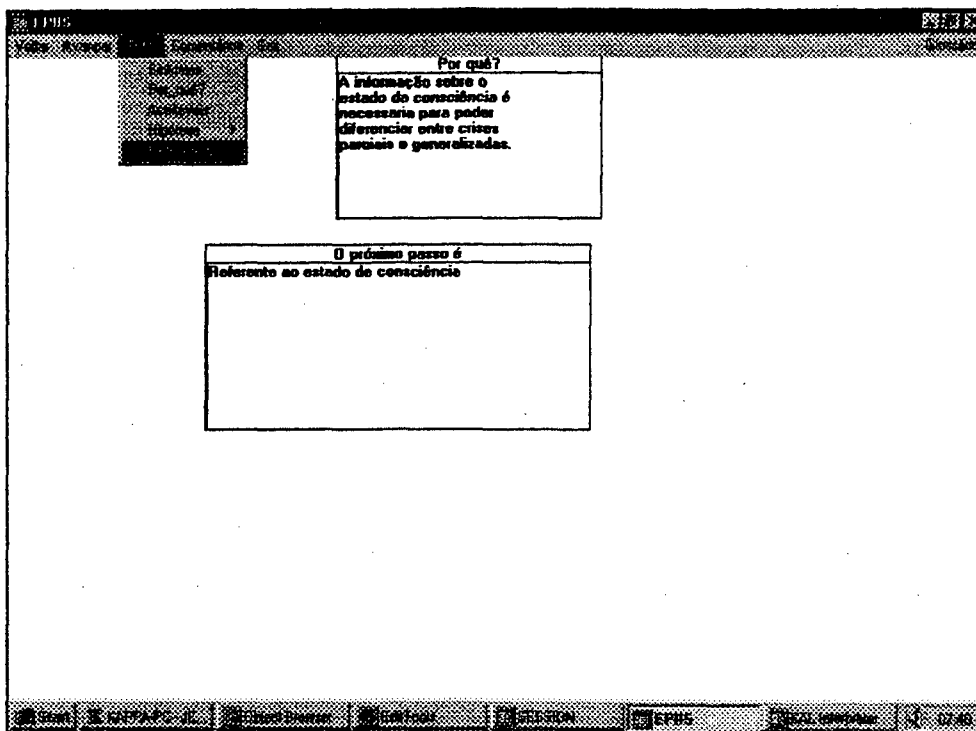
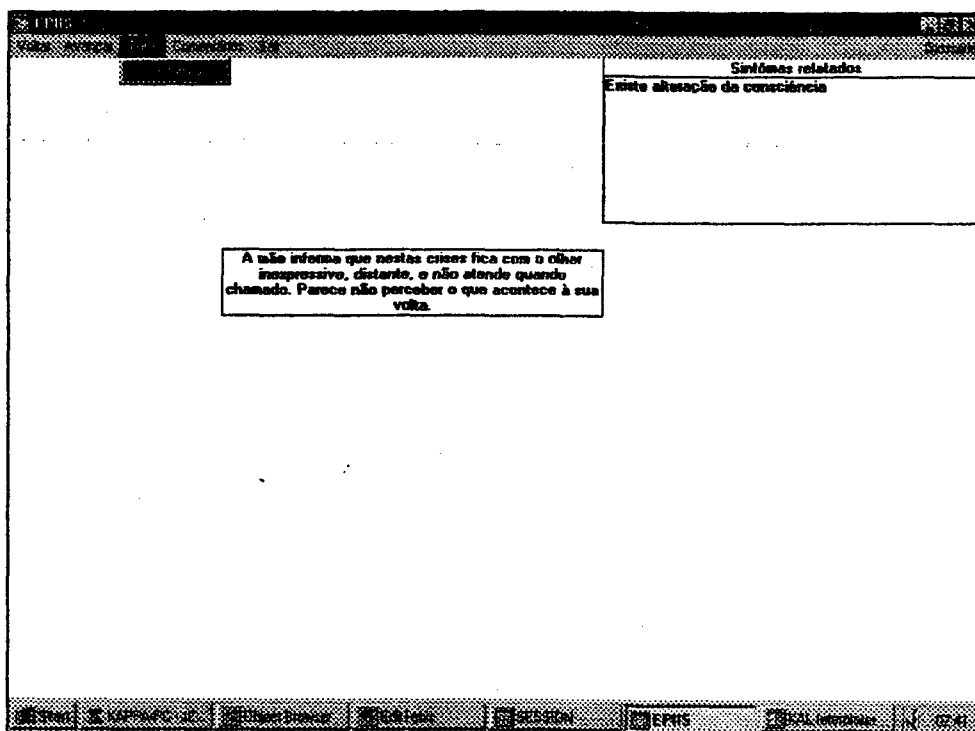


FIGURA 15 - Acompanhamento do especialista (tela 1)

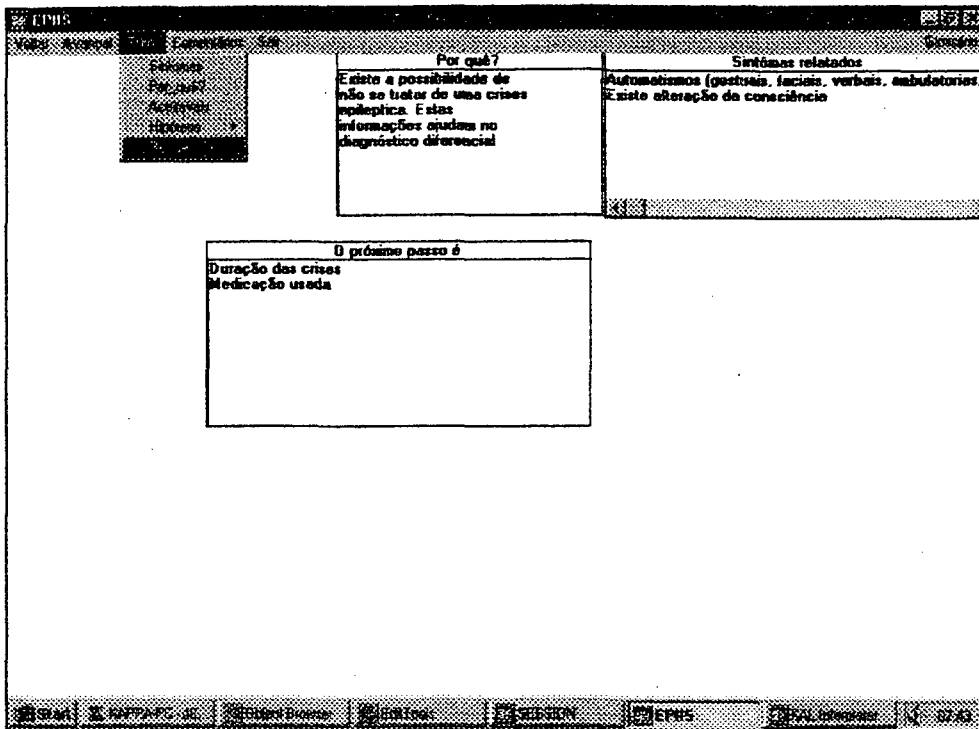




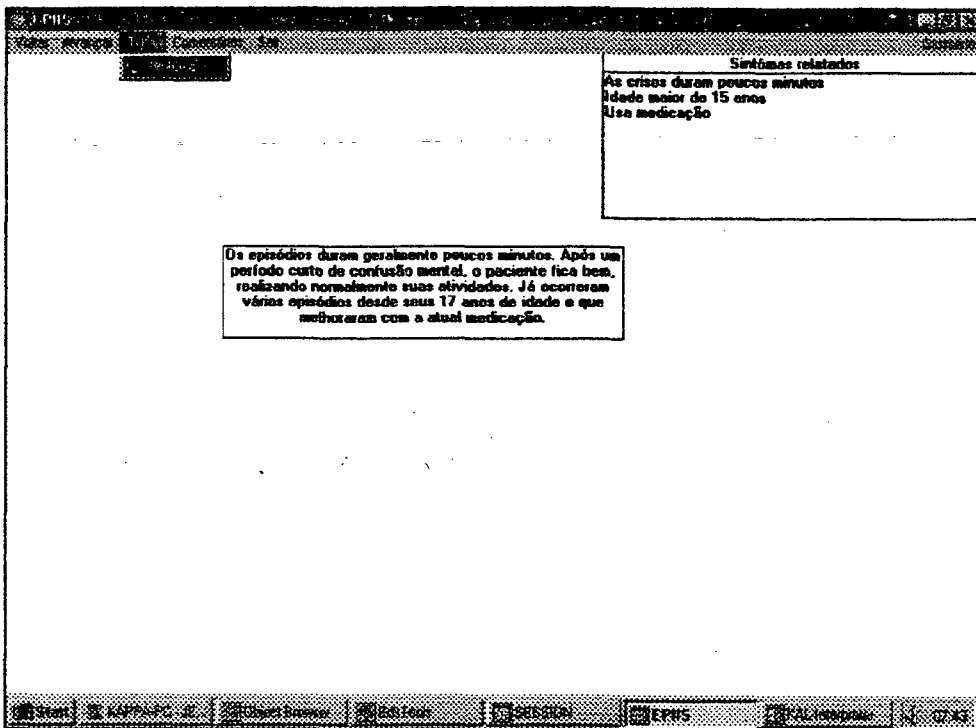
**FIGURA 16 - Acompanhamento do especialista (tela 2)**



**FIGURA 17 - Acompanhamento do especialista (tela 3)**



**FIGURA 18 - Acompanhamento do especialista (tela 4)**



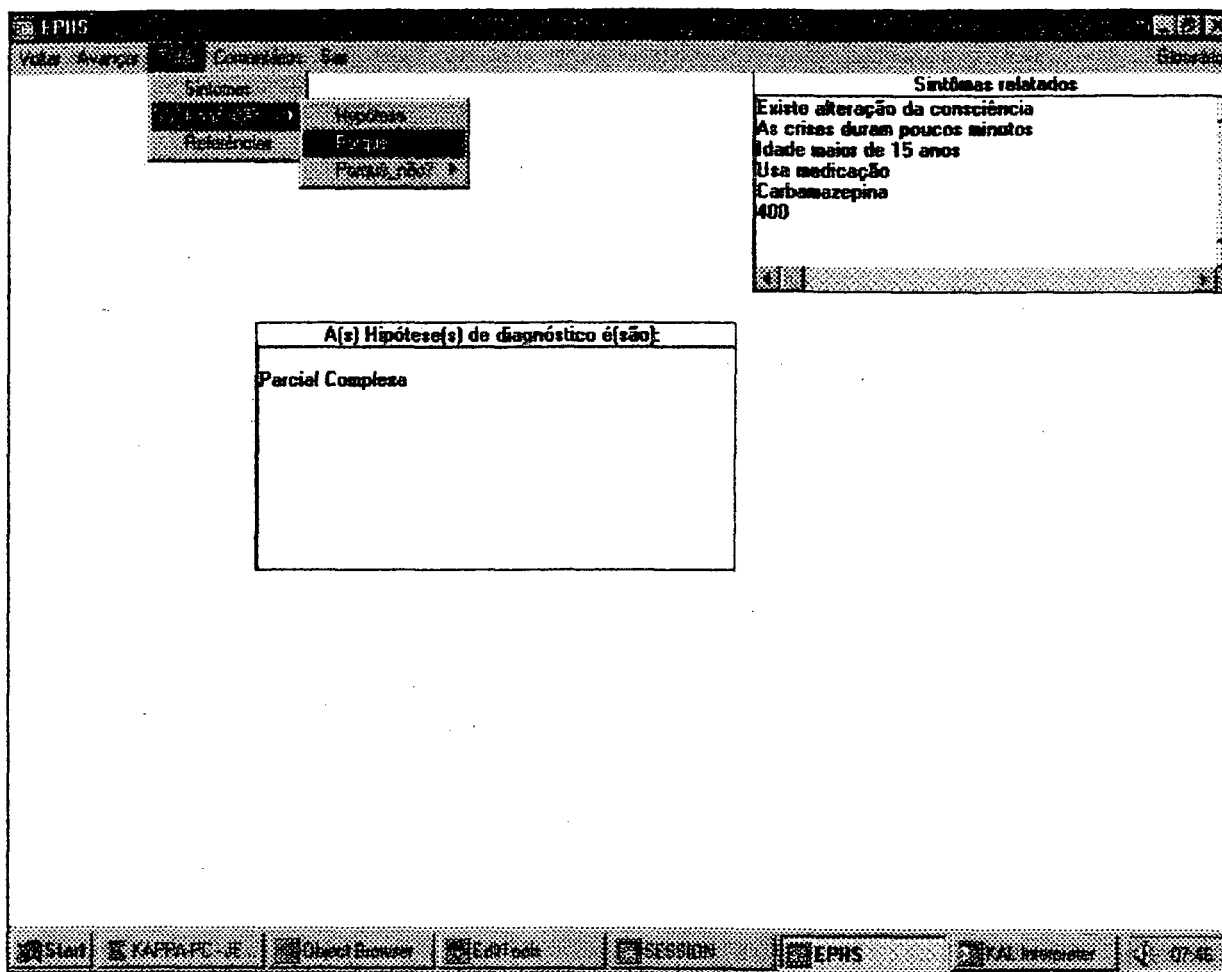
**FIGURA 19 - Acompanhamento do especialista (tela 5)**

EPIUS		Compartilhado - Epi	
<p> <input type="checkbox"/> Diagnóstico  <input type="checkbox"/> História  <input type="checkbox"/> Exame físico  <input type="checkbox"/> Exames  <input type="checkbox"/> Tratamento         </p>	<p> <b>A(s) Hipótese(s) são:</b>            Parcial Complexa            Psiquiátrica         </p>	<p><b>Sintomas relacionados</b></p> <p>           Automatismos (gestuais, faciais, verbais, ambulatorios).            Existe alteração da consciência.            As crises duram poucos minutos.            Idade maior de 15 anos.            Usa medicação         </p>	
<p><b>O próximo passo é</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <p>Medicação usada</p> </div>			
<p> <input type="button" value="Voltar"/> <input type="button" value="Atualizar"/> <input type="button" value="Cancelar"/> <input type="button" value="Imprimir"/> <input type="button" value="Sair"/> <input type="button" value="EPIUS"/> <input type="button" value="Atualizar sistema"/> <input type="button" value="DF44"/> </p>			

**FIGURA 20 - Acompanhamento do especialista (tela 6)**

EPIUS		Compartilhado - Epi	
<p> <input type="checkbox"/> Diagnóstico  <input type="checkbox"/> História  <input type="checkbox"/> Exame físico  <input type="checkbox"/> Exames  <input type="checkbox"/> Tratamento         </p>		<p><b>Sintomas relacionados</b></p> <p>Carbamazepina 400</p>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <p>           Certamente você está querendo saber que            medicação foi esta que o ajudou. Vem utilizando            Carbamazepina 400 mg, duas vezes ao dia.         </p> </div>			
<p> <input type="button" value="Voltar"/> <input type="button" value="Atualizar"/> <input type="button" value="Cancelar"/> <input type="button" value="Imprimir"/> <input type="button" value="Sair"/> <input type="button" value="EPIUS"/> <input type="button" value="Atualizar sistema"/> <input type="button" value="DF44"/> </p>			

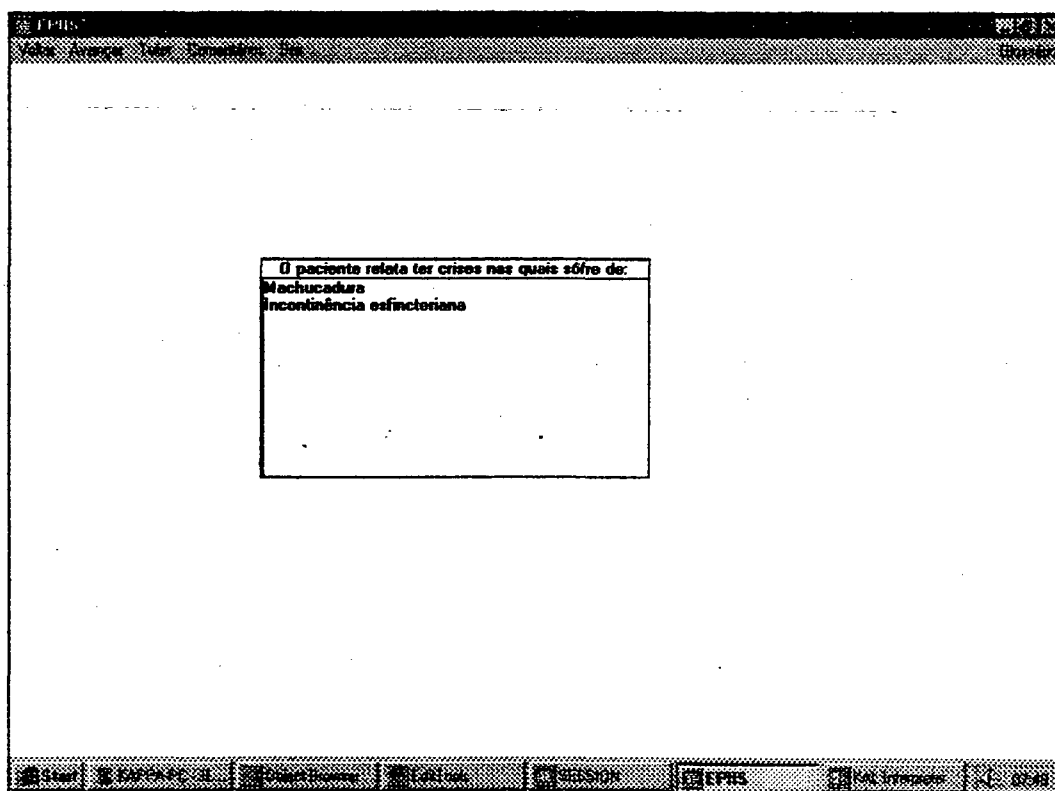
**FIGURA 21 - Acompanhamento do especialista (tela 7)**



**FIGURA 22 - Acompanhamento do especialista (tela 8)**

### 5.3 Exemplo de uma sessão: liberdade graduada

A seguir mostra-se um exemplo de sessão com liberdade graduada. Na figura 23, a tela inicial onde o caso é apresentado ao estudante. Quando o aluno escolher a opção “Avançar” o sistema apresenta a figura 24, e neste caso o estudante pode realizar diversas perguntas ao tutor. A figura 25 fornece as informações que o estudante solicitou. Na figura 26, o estudante ao realizar sua opção ultrapassa o nível de liberdade da sessão e o sistema dá um aviso. Na figura 27 mostra-se as respostas às perguntas formuladas pelo estudante. Na figura 28, o próximo passo do estudante, na opção “Tutor”, o estudante pediu informações sobre: os sintomas relatados, as próximas informações e o por quê. Na figura 29 mostra-se a tela de diagnóstico para este paciente e finalmente na figura 30, a última tela com o quadro resumo da sessão.



**FIGURA 23 - Liberdade graduada (tela 1)**

Qual é seu próximo passo?

- Referente ao estado de consciência
- Sintomas focais durante as crises
- Sintomas generalizados durante as crises
- Sintomas associados durante as crises
- Sintomas pro-ictais
- Presença de sintomas antes das crises
- Duração das crises
- Quando ocorrem as crises
- Idade de início da queda
- Relação temporal com dor de cabeça
- Medicação usada
- Definir diagnóstico

FIGURA 24 - Liberdade graduada (tela 2)

Movimentos associados?

- Sem movimentos clínicos
- Sem mov. exceto leve pestanejar
- mov. tônico-clínicos bilaterais
- como choques elétricos
- Não existem mov. generalizados

Existe Queda?

- Sem queda
- Com queda
- Queda súbita com perda de tonos
- Queda com rigidez

Sintomas relacionados

Machucadura  
Incontinência esfinteriana  
mov. tônico-clínicos bilaterais  
Sem queda

FIGURA 25 - Liberdade graduada (tela 3)

Qual é seu próximo passo?

- Referente ao estado de consciência
- Sintomas locais durante as crises
- Sintomas generalizados durante as crises
- Sintomas associados durante as crises
- Sintomas
- Presença
- Duração
- Quando o
- Idade de início da crise
- Relação temporal com dor de cabeça
- Medicação usada
- Definir diagnóstico

Sintomas:

Síntomas relacionados:

- Incontinência esfíncteriana
- mov. tônico-clônicos bilaterais
- Sem queda
- Existe alteração de consciência

**FIGURA 26 - Liberdade graduada (tela 4)**

Consciência

- Existe alteração de consciência
- Não existe alteração de consciência

Sintomas relacionados:

- Incontinência esfíncteriana
- mov. tônico-clônicos bilaterais
- Sem queda
- Existe alteração de consciência

**FIGURA 27 - Liberdade graduada (tela 5)**

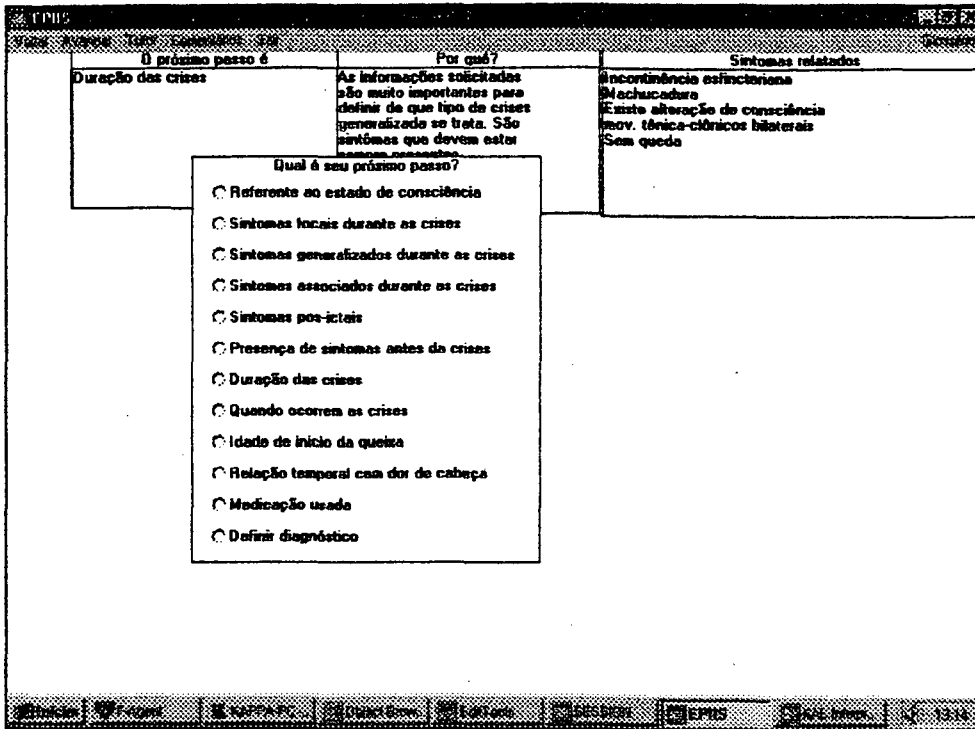


FIGURA 28 - Liberdade graduada (tela 6)

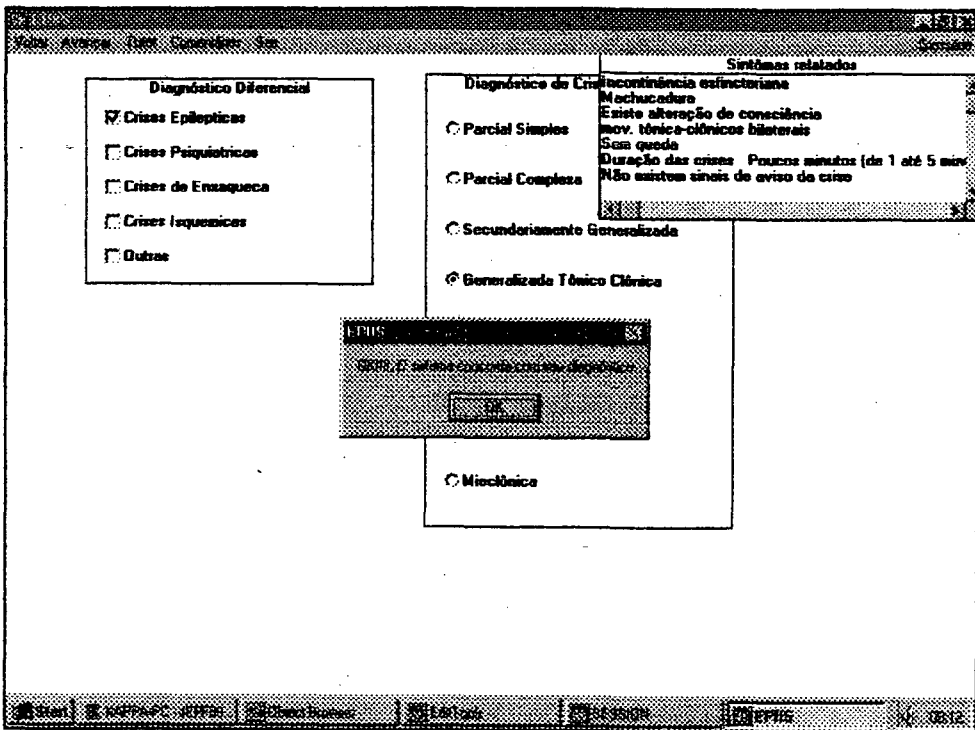
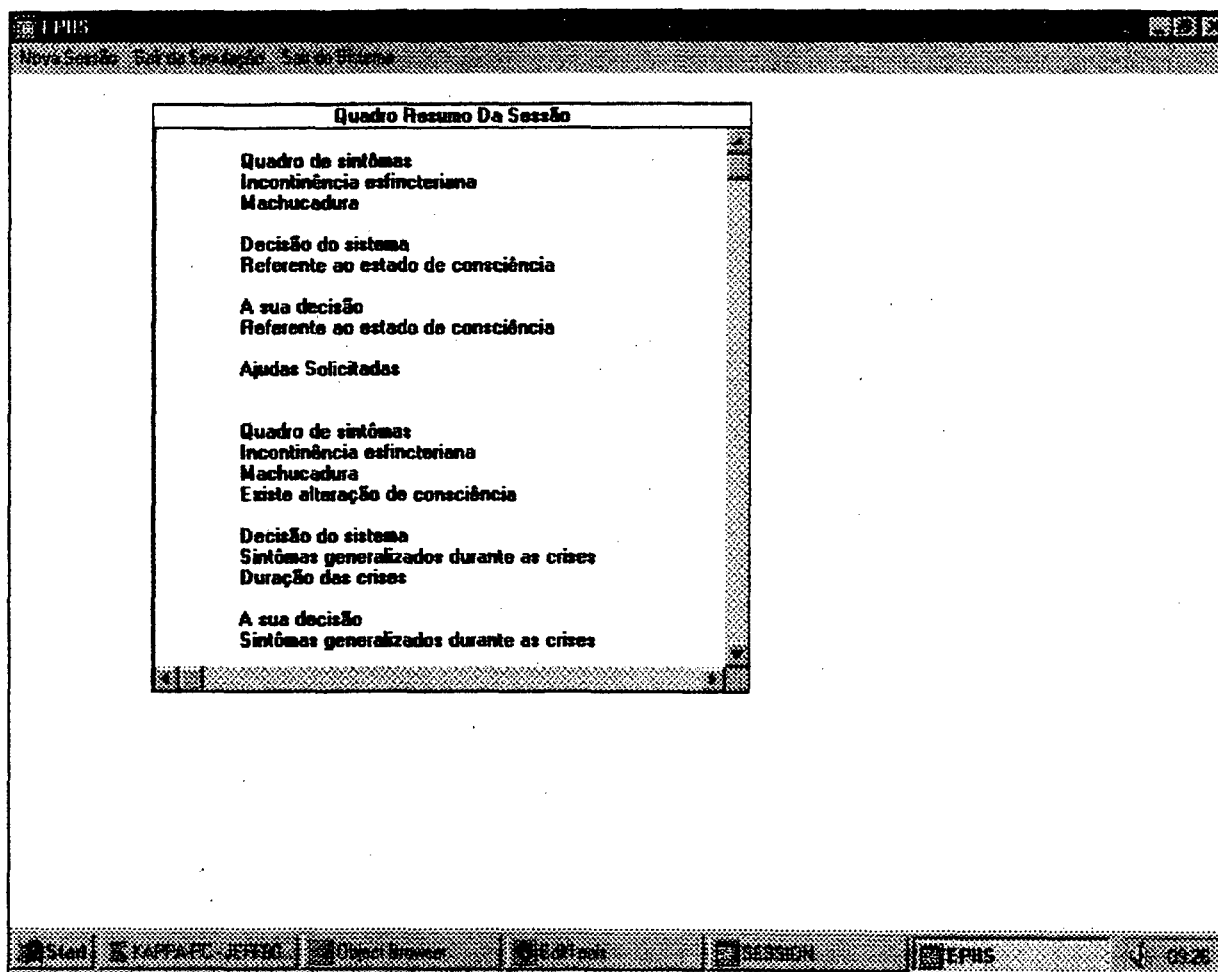


FIGURA 29 - Liberdade graduada (tela 7)





**FIGURA 30 - Liberdade graduada (tela 8)**

## 5.4 Discussões

Neste capítulo mostrou-se a filosofia de operação do sistema, assim como, apresentou-se sessões de trabalho como exemplos. Observou-se que o estudante está sempre de posse do controle da situação de ensino/ aprendizado decidindo a que nível operar o sistema e quando e que tipo de ajuda solicitar de forma a construir seu conhecimento na área.

Destaca-se aqui as principais características do sistema:

- a integração de dois paradigmas diferentes de ensino/ aprendizado por computador: hipermídia e simulação através de um especialista articulado;
- dois modos de operação do sistema de simulação: liberdade graduada e acompanhamento do especialista;
- auxílios em diferentes níveis: avisar ações incorretas, solicitar ações admissíveis, pedir indicação da ação correta, pedir a ação correta, perguntar qual é a hipótese atual, perguntar porque não está sendo considerada outra hipótese e finalmente ativar um "help windows";
- sempre é possível retornar um ou vários passos, para reavaliar a situação e modificar as opções realizadas.

O sistema é formado por 19 nós, ocupa um diretório com aproximadamente 20 Mbytes, os quais são formados por: 600 kbytes de programa, 13 Mbytes de video clips, 3 Mbytes de sons, 3 Mbytes de figuras e textos. Os 600 kbytes de programa são formados por todos os agentes do sistema, dos quais aproximadamente: 35% é o agente hipermídia, 30% o agente especialista, 20% o agente tutor e 15% o agente modelo do estudante. O sistema consta de uma base de casos com historias de pacientes (atualmente com 8 casos) e de um módulo gerador de casos de pacientes hipotéticos. Por trabalhar com multimídia, a configuração mínima do sistema é um PC DX2-66 IBM-compatível, com 8Mbytes de memória. No próximo capítulo se abordará a validação de EPIIS.

## **6. Validação do Sistema EPIIS.**

Durante a década passada o custo do software cresceu dramaticamente, os sistemas de software aumentaram de tamanho e a sua qualidade passou a ter caráter duvidoso. Um conjunto de técnicas chamadas de “engenharia de software” surgiu como resposta a esta crise. Essas técnicas trabalham com o software como um produto que requer planejamento, análise, projeto, implementação, teste e manutenção. O objetivo deste capítulo é uma apresentação resumida de cada passo no processo de engenharia de software e sua aplicação a sistemas inteligentes e mais particularmente a EPIIS.

### **6.1 Ciclo de Vida.**

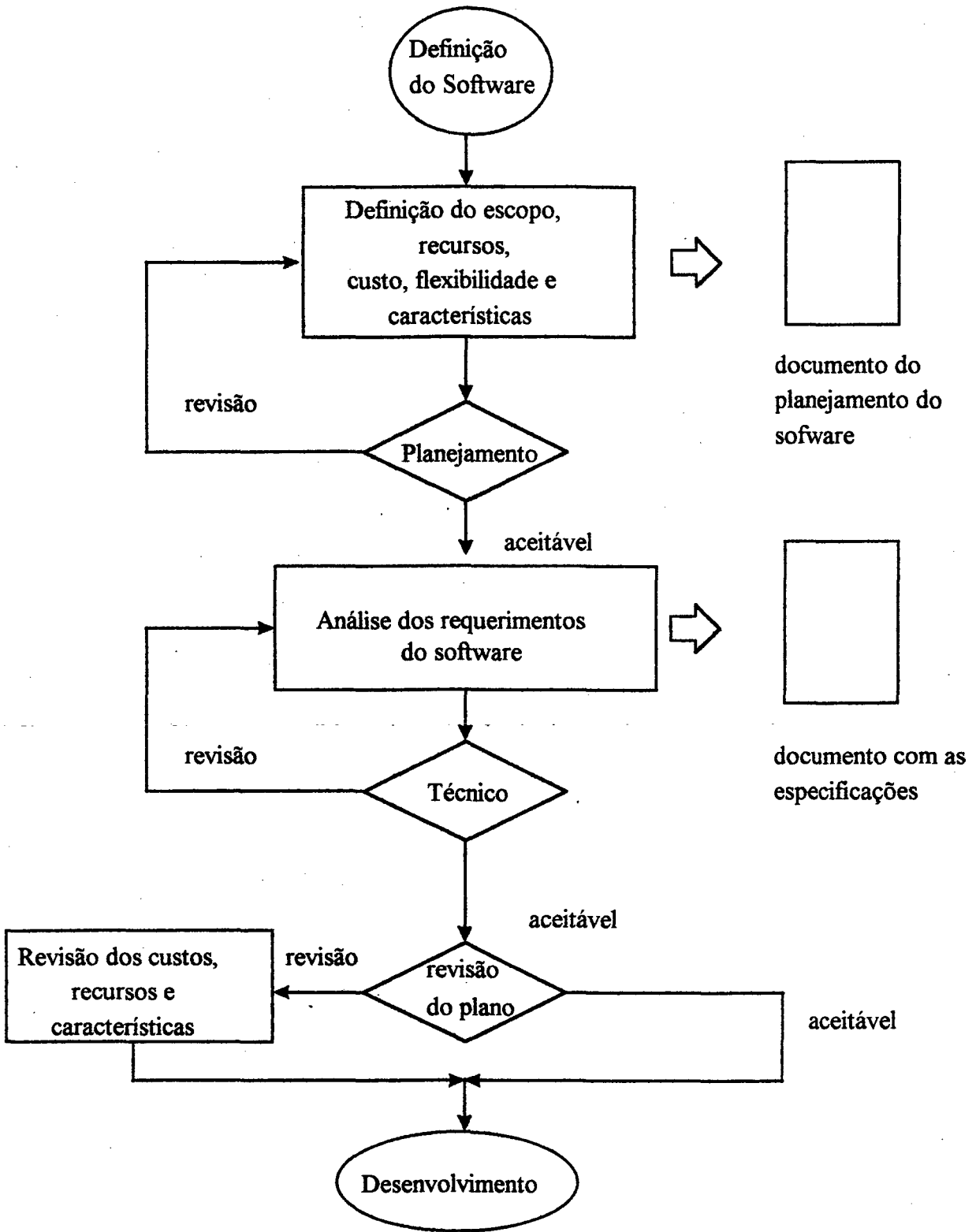
O objetivo chave da engenharia de software é fornecer resposta às seguintes perguntas:

- uma metodologia bem definida que oriente o ciclo de vida de um software desde o planejamento, desenvolvimento e manutenção;
- um conjunto pré-estabelecido de componentes de software que documentam cada passo do ciclo de vida;
- um conjunto de problemas de solução conhecida que podem ser revistos a intervalos regulares através do ciclo de vida do software.

A seguir se apresenta uma visão da metodologia de engenharia de software. O ciclo de vida de um software é o termo que descreve as atividades que ocorrem desde antes do início do desenvolvimento e vai até depois que o software se encontra em uso ativo. O ciclo de vida é

formado por três fases: fase de planejamento, fase de desenvolvimento e fase de manutenção. Estas fases a sua vez são divididas em diversos passos.

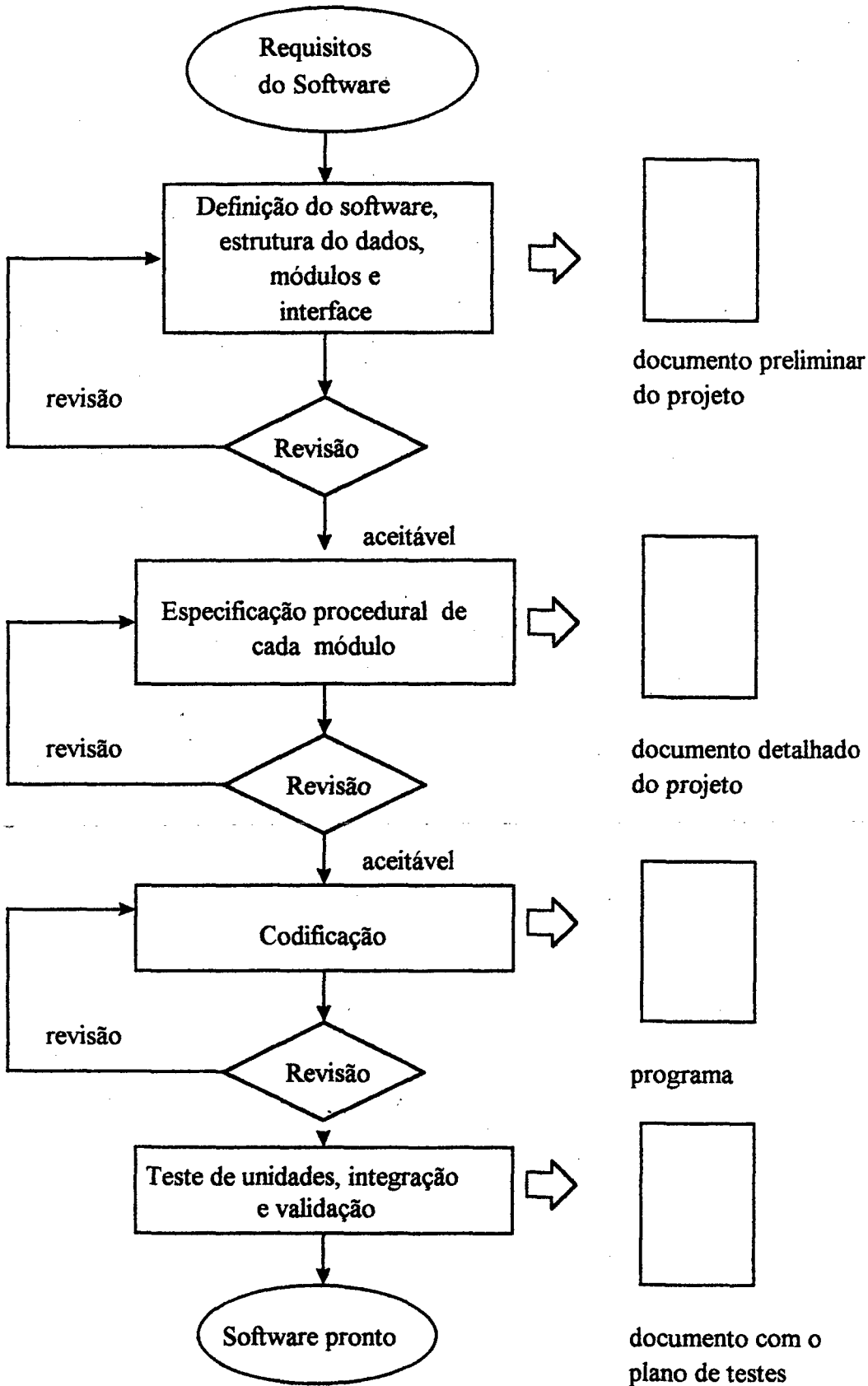
A fase de planejamento (figura 31) começa com o passo de planejamento do software. Durante este passo são descritos os limites e escopo do software. São feitas predições sobre custos e características gerais. O propósito deste projeto é ter uma indicação da viabilidade do projeto e suas restrições. O próximo passo nesta fase é o análise de requisitos e definição do software. Durante este passo os elementos alocados ao sistemas são definidos em detalhe. Fluxos de informação e sua estrutura são a chave para a definição dos elementos da interface do sistema e características funcionais do software. Requisitos de desempenho ou limitações de recursos são traduzidos em características do projeto do software. A análise global dos elementos do software define critérios de validação que devem ser usados para demonstrar que foram atingidos os requerimentos estabelecidos. A fase de planejamento termina com uma revisão técnica da especificação dos requisitos do software. A fase de desenvolvimento começa.



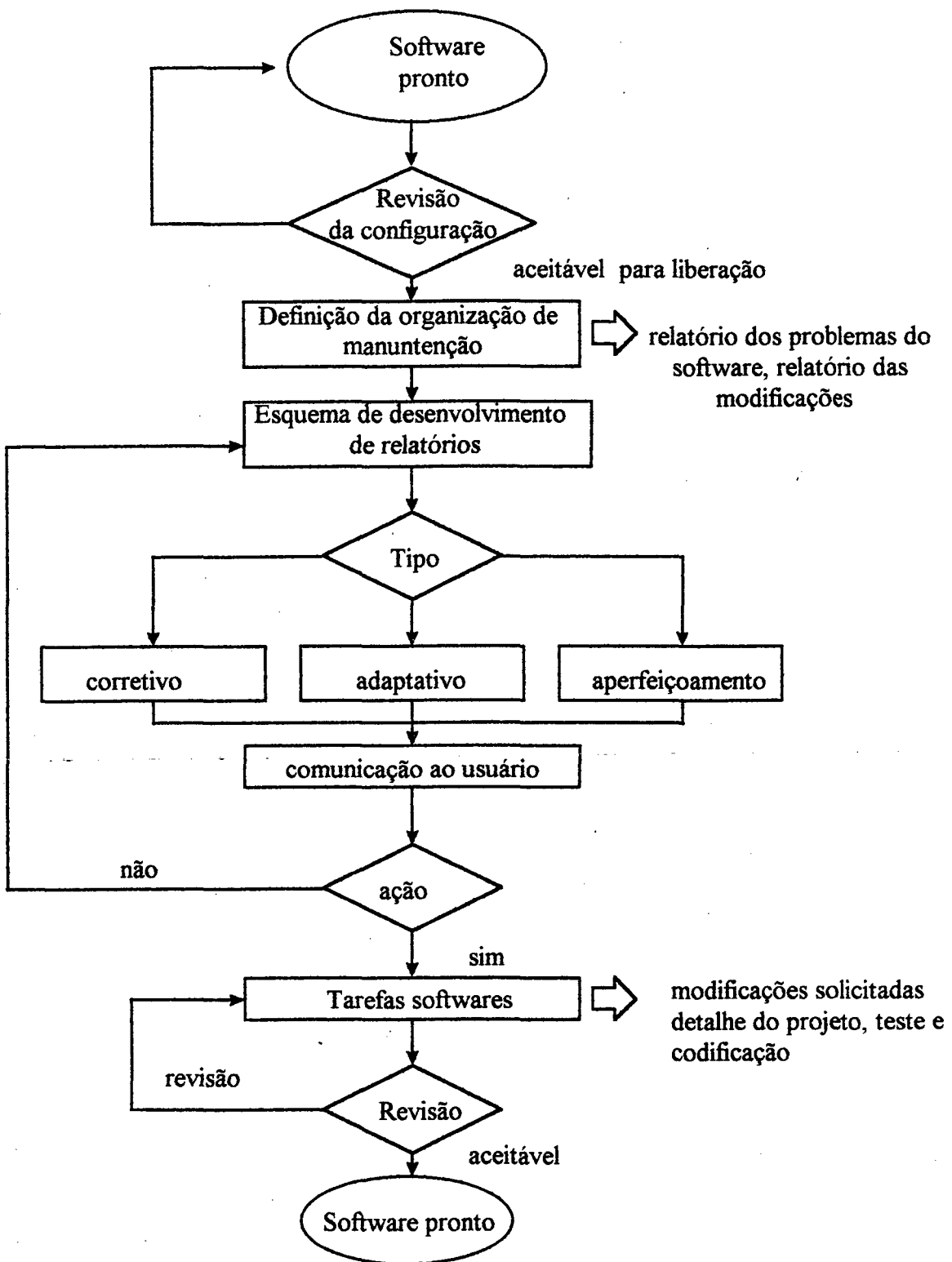
**FIGURA 31 - Fase de planejamento**

A fase de desenvolvimento (fig 32) traduz o conjunto de requisitos em elementos operacionais do sistema que corresponde ao software propriamente dito. O primeiro passo na fase de desenvolvimento concentra-se numa aproximação holística ao software. Isto é, se desenvolve a estrutura modular, são definidas as interfaces e é estabelecida a estrutura dos dados. Nasce o primeiro rascunho do documento do projeto. No próximo desta fase são considerados aspectos procedurais de cada elemento modular do software. Aqui podem ser aplicadas diversas técnicas de projeto de sistemas para chegar ao detalhe da descrição dos elementos do software. Isto é adicionado no documento do projeto após sua revisão e aprovação. Após estes dois passos procede-se a codificação, isto é, a geração de um programa com o uso apropriado de uma linguagem de programação. Finalmente, passa-se à etapa de teste de software que engloba testes de unidades e integração dos módulos. E o teste de validação que verifica o atendimento de todos os requisitos.

A fase de manutenção (figura 33) deve começar antes da liberação do software para o usuário. Revisa-se a configuração do software assegurando que toda a documentação está disponível para a tarefa de manutenção que seguirá até a morte do software, ou seja, o momento em que o software deixa de ser usado para ser substituído por outro mais conveniente ou por outra razão prática.



**FIGURA 32 - Fase de desenvolvimento**



**FIGURA 33 - Fase de manutenção**



## 6.2 Validação de Sistemas Inteligentes.

Igualmente ao desenvolvimento de sistemas clássicos, os sistemas inteligentes possuem um ciclo de vida. A validação está formalmente incluída nas diferentes fases deste ciclo de vida. Isto pode ser visto na proposta de Buchanan citada em [O'Leary et al., 1990], que divide o ciclo de vida em cinco fases iterativas (figura 34): identificação, conceitualização, formalização, implementação e teste. Mais recentemente, a necessidade de definir, de modo preciso, as várias etapas do ciclo de vida de um sistema especialista, a Comunidade Européia financiou um projeto, agora em sua segunda fase, que definiu toda uma metodologia envolvendo ciclo de vida de software de inteligência artificial, e que passou a ser conhecido como metodologia KADS [Schreiber et al., 1993].

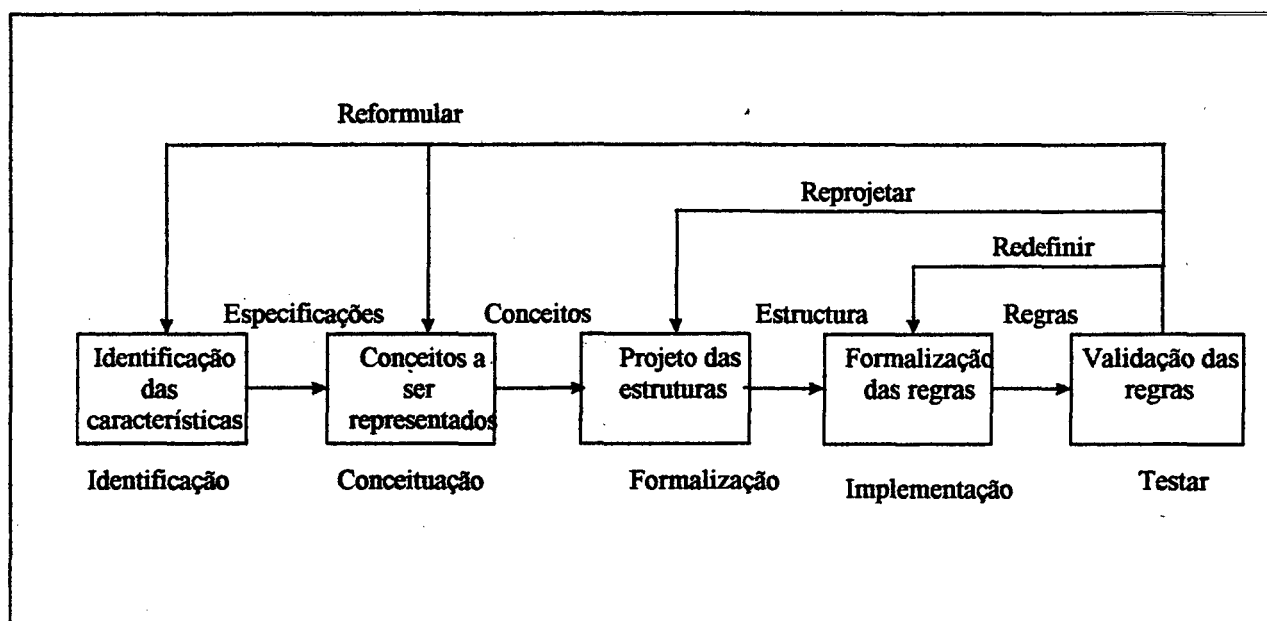
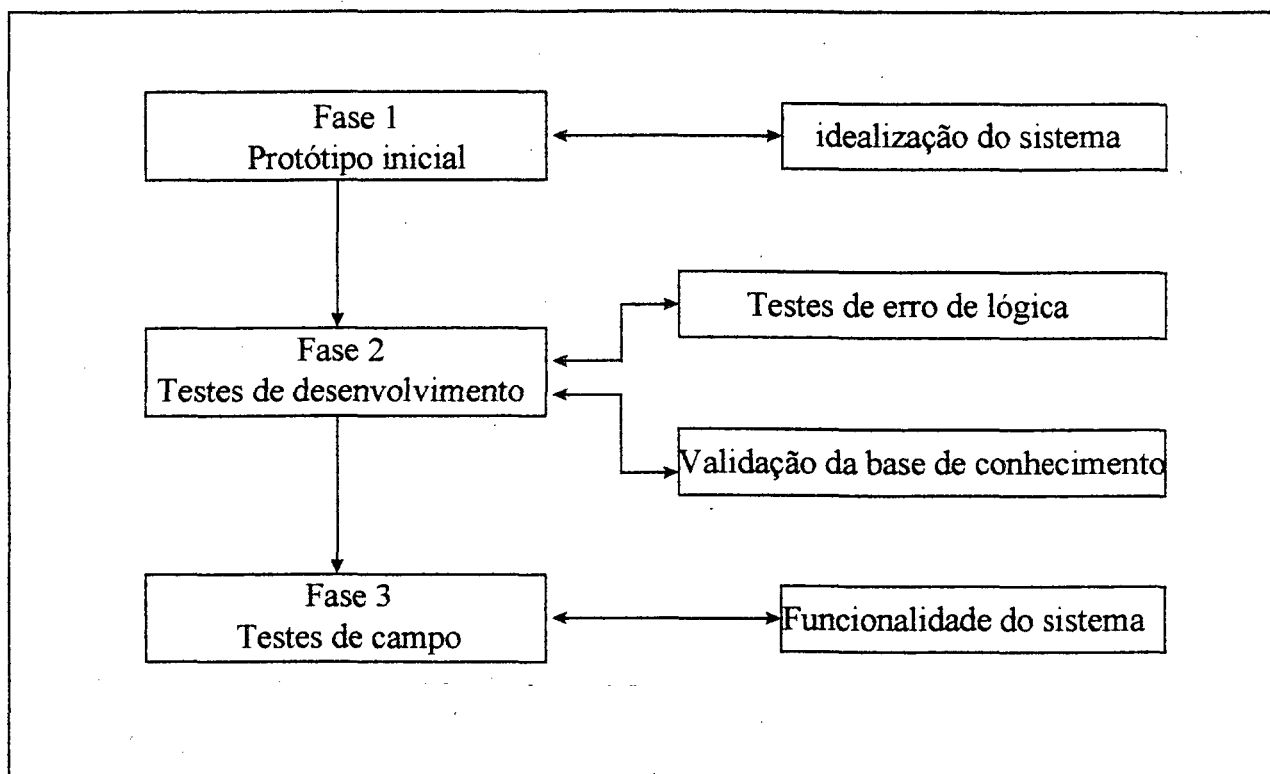


FIGURA 34 - Ciclo de vida de Buchanan, citado em [O'Leary et al, 1990]

Recentemente devido a importância do tema, foi desenvolvido no GPEB uma proposta de avaliação dos sistemas inteligentes [Pellegrini, 1995] voltada principalmente para o domínio médico, esta proposta apresenta três fases como mostra a figura 35.



**FIGURA 35 - Proposta de Pellegrini [1995]**

- Fase 1: Definição do projeto com a ajuda de um protótipo inicial;
- Fase 2: Uma vez definido o que se pretende alcançar, o engenheiro de conhecimento começa a estruturar o projeto. Cada item do protótipo deve ser refinado para ser implementado. Distingue-se duas etapas: teste de erro de lógica e validação da base de conhecimento;
- Fase 3: Compreende a avaliação da funcionalidade do sistema, seu impacto no ambiente de trabalho.

### **6.3 Validação de Sistemas de Ensino Inteligentes.**

Além das considerações feitas anteriormente referentes aos softwares, neste tipo de sistema deve se considerar os aspectos pedagógicos. Assim Stolurow [1969] comenta:

“Validação é o passo no qual são coletados dados a fim de demonstrar que tal processo de interação estudante-sistema é capaz de alterar o comportamento dos aprendizes de maneira específica”.

Neste ponto devem ser verificados a qualidade de algumas características de controle: desenho de telas, menus, níveis e estilos de linguagem, consistências nas convenções usadas, controle sobre o acesso às diferentes partes do módulo. Também devem ser consideradas características pedagógicas como interação, animação e motivação do estudante.

Não existe um procedimento estabelecido para verificar a qualidade do ensino/aprendizado destes tipos de software, visto que avaliação de ensino é sempre uma questão polêmica e complexa. Uma tentativa de medição é formar dois grupos de alunos. Um desses grupos teria interação com o sistema e o outro não. Logo após se compararia o comportamento dos dois grupos, de preferência diretamente nas atividades para as quais o sistema foi desenvolvido. Isto, para sistemas da área médica implicaria em estabelecer grupos de casos de pacientes para serem atendidos.

#### **6.4 Discussão de Validação do Sistema EPIIS.**

Para analisar a validação feita do sistema EPIIS se tomou como modelo a proposta realizada por Pellegrini [1995].

Fase 1: Esta etapa de definição do projeto foi realizada e revisada no projeto de tese de doutorado apresentado em 1994 [Ramírez, 1994]. Não obstante, sem apresentação de protótipo inicial.

Fase 2: Testes de desenvolvimento. O projeto começou a ser refinado, para isto passa-se pela etapa de aquisição de conhecimentos, onde além de ler diversos materiais a respeito da área de epilepsia, acompanhou-se o trabalho realizado por um médico do grupo no desenvolvimento de um sistema para apoio ao diagnóstico de crises epiléticas [Li, 1994]. Este sistema foi tomado como protótipo inicial para facilitar a interação com o especialista do projeto EPIIS que se encontrava geograficamente afastado. Além disto, o trabalho foi submetido a diferentes congressos nacionais e internacionais, onde se explicou a filosofia de operação do sistema, mostrando inclusive as interações estudante-sistema [Ramirez et al, 1995, a,b]. Uma vez refinada a base de conhecimento dos diversos módulos e feitos os testes de unidades e de integração (testes de erro lógica) procedeu-se a validação da base de conhecimentos junto ao especialista, os diversos itens apresentados em Pellegrini [1995] foram abordados. Isto implicou em algumas correções ao sistema EPIIS.

Fase 3. O sistema foi submetido a uma avaliação qualitativa. Para isto se contou com a colaboração do Departamento de Neurologia da Pontifícia Universidade Católica de Rio Grande do Sul. Diversos grupos de usuários utilizaram o sistema: alunos de graduação de medicina, monitores de neurologia e residentes de neurologia. As principais conclusões desta avaliação são:

- O sistema ilustra de forma clara e objetiva, as diversas formas de apresentação clínica das crises convulsivas, orientando os alunos sobre o assunto;
- A apresentação de video clips sobre as crises é muito útil para o aprendizado;
- A apresentação de casos clínicos e o seguimento de sua investigação é uma ferramenta eficaz para o treinamento do raciocínio clínico dos alunos;
- O nó simulação permite uma autoavaliação do conhecimento a respeito de crises de epilepsia;
- Existem alguns outros assuntos que poderiam ser abordados pelo sistema (ex: drogas, epilepsia da infância);
- EPIIS é um sistema didático de fácil utilização.

Uma avaliação mais detalhada do sistema significaria medir quantitativamente os efeitos que o sistema tem sobre seus usuários, seus comportamentos e todo processo de cuidado com a saúde. É difícil determinar com exatidão quanto tempo é necessário para esta fase, mas sem dúvida esta fase vai além do escopo deste trabalho, visto que implica na disponibilidade de estudantes de medicina e de toda uma estrutura além do grupo GPEB. Isto é amplamente discutido em [Pellegrini, 1995]. Uma esperança para a manutenção das bases de conhecimentos destes tipos de sistemas está na incorporação de algoritmos de aprendizado automático,

utilizando por exemplo algoritmos genéticos [Lopes et al, 1993(b)] que podem dar aos sistemas uma flexibilidade adequada para se adaptar dinamicamente à evolução de sua base de conhecimento implícita, conferindo ao sistema elevada adaptabilidade e robustez. Porém a supervisão é fundamental pois mantém a base de conhecimentos atualizada e consistente, impedindo que o sistema introduza conhecimento atípico que o leve a um resultado indesejado.

No próximo capítulo se discutirá sobre a utilidade do sistema EPIIS e suas extensões.

## 7. Conclusões

Este trabalho mostra uma aplicação prática das idéias de IAD em um ambiente rico em complexidade como são os sistemas de ensino por computador. Neste ambiente, o conhecimento é composto por diferentes domínios e as interações entre eles são numerosas.

Foi desenvolvido um sistema de ensino para apoio ao diagnóstico de epilepsia (EPIIS) usando IAD e implementado usando um ambiente para desenvolvimento de sistemas especialistas, Kappa 2.0, que permite a programação orientada a objetos. O conceito de agente pode ser compreendido como uma especialização do conceito de objeto, sendo que cada agente tem três funções principais: comunicar, decidir e atuar. Os agentes que integram o sistema são: agente especialista, agente tutor, agente modelo do estudante e agente hipermídia.

A estrutura dada ao sistema com diferentes menus, trabalhando em ambiente “Windows<sup>®</sup>” possibilita ampla interação do aluno com o sistema. Basta acionar o “mouse” para escolher a opção. O aluno tem liberdade para escolher o momento de solicitar ajuda assim como o objetivo da sessão. Desta forma conclui-se que a proposta inicial foi mantida, criando um ambiente de ensino/ aprendizado, rico em recursos onde os alunos podem construir os seus conhecimentos segundo os estilos individuais de aprendizagem de cada um. Neste tipo de sistema a ênfase não está tanto na memorização de fatos ou na repetição de respostas corretas, mas na capacidade de pensar e de se expressar claramente, de solucionar problemas e de tomar decisões adequadas. Estas características de flexibilidade do sistema ajudam a torná-lo um agente estimulador do processo ensino/aprendizado, isto ficou demonstrado na validação feita do sistema.

A modelagem efetuada neste trabalho traz vantagens que se originam no projeto do sistema e mais tarde na implementação como: a distribuição do conhecimento que permite a

decomposição de tarefas; encapsulamento do conhecimento (só se conhece as habilidades dos agentes); projeto estruturado das interações via protocolos; possibilidade de distribuição geográfica, e para isto é necessário um suporte de sistemas distribuídos.

O sistema desenvolvido pode ser usado como protótipo para testar novas idéias no campo de I.A., I.A.D. e de sistemas de ensino por computador. Algumas destas idéias são:

◆ Em I.A.:

- experimentar o uso de redes neurais difusas para representar o conhecimento do especialista. As experiências vividas no processo de aquisição de conhecimentos deste trabalho fizeram pensar na adequação da estrutura proposta por [Machado et al., 1992];
- incorporar ao especialista uma máquina de aprendizado automático. Sugere-se a utilização de algoritmos genéticos para o aprendizado incremental das redes neurais difusas.

◆ Em I.A.D.:

- incorporar ao Kappa-PC um suporte para a troca de mensagens entre agentes. O mecanismo de passagem de mensagens, demonstrou deficiências, permitindo pouca versatilidade, visto que o número de informações era fixo para todas as mensagens;
- criar ambientes para a experimentação do conceito de cooperação e coordenação de agentes.

◆ Em sistemas de ensino por computador:

- incorporar ao tutor e ao modelo do aluno novos conhecimentos pedagógicos que venham a detectar-se necessários;
- aumentar o número de casos relatados pelo especialista;



- utilizar os recursos de multimídia nas orientações tutoriais;
- definir formas de medir o nível de desempenho dos ICAI's

Há alguns anos, a maioria dos sistemas especialistas eram protótipos de laboratório. Hoje em dia eles atingem o nível industrial. A maioria dos sistemas de ensino por computador estão na última fase de seus desenvolvimentos, somente alguns são comerciais. Como os trabalhos neste setor se intensificam, e como a indústria começa a interessar-se por eles, pode-se pensar que eles seguirão o mesmo caminho que os sistemas especialistas.

Restam algumas perguntas, como por exemplo: a pedagogia pode ser colocada numa máquina?. Os sistemas existentes não fornecem resposta, visto que cada um desenvolveu uma faceta da pedagogia, nenhum deles possuindo um módulo capaz de realizar 80% das tarefas de um pedagogo humano. Os tutores artificiais certamente cumpriram a função de complementar o pedagogo humano e não a de substituí-lo.

A IAD ajuda a explorar aspectos fundamentais do comportamento inteligente que nasce das ações e interações entre agentes. Para migrar de uma estrutura de KBS (IA clássica) para uma estrutura de agentes, alguns módulos devem ser adicionados; ao refinar estes módulos é possível projetar agentes que possuem seus próprios objetivos, planos, intenções e crenças. Estes tipos de agentes, os chamados agentes intencionais, são uma grande área para pesquisas futuras. Cooperação e coordenação são conceitos pouco conhecidos. Espera-se que o uso do sistema leve a uma melhor compreensão destes conceitos.

## 8. Bibliografia

- [1] **Aegerter P. & B. Auvert & V. Gilbos & F. Andrianiriana & W. Bertrand & X. Emmanuelli & E. Benillouche & M. Landre & D. Bos.** An Intelligent Computer-Assisted Instruction System Designed for Rural Health Workers in Developing Countries. Methods of Information in Medicine, 31(3): 193-204, 1992.
- [2] **Aikins P.** Prototypical Knowledge for Expert Systems: A Retrospective Analysis. Artificial Intelligence, 60(59: 207-211), 1993.
- [3] **Aizenstein H. J.** Computer Systems for Medical Consultation. Journal of the American Medical Association, 267(1): 166-170, 1992.
- [4] **Aliferis C. & R. Miller.** On the Heuristic Nature Of Medical Decision-Support Systems. Methods of Information in Medicine, 34(1,2):5-15, 1995.
- [5] **Andaloro G. & L. Bellomonte & R. Sperandeo-Mineo.** A Computer-Based Diagnostic Tutor for Average Velocity. Computers and Education, 17(3): 227-233, 1991.
- [6] **Andreassen S.** Knowledge Representation by Extended Linear Models. In: **Keravnou, E.** (ed.) Deep Models for Medical Knowledge Engineering. Amsterdam: Elsevier Science Publishers: 129-146, 1992.
- [7] **Apté C. & R. Dionne & J. Griesmer & M. Karnaugh & J. Kastner & M. Laker & E. Mays.** An Experiment in Constructing an Open Expert System Using a Knowledge Substrate. IBM Journal Research Development, 36(3): 409-433, 1992.
- [8] **Ardot J. & G. Pujolle & A. Teste.** Une Interface Relationnelle de Type Hypertexte. In: Proceedings of INFORSID'89, 223-244, 1989.

- [9] **Bankowitz R. A. & J.R. Lave & M.A. Mcneil.** A Method for Assessing the Impact of a Computer-Based Decision Support System on Health Care Outcomes. Methods of Information in Medicine, 31(1): 3-11, 1992.
- [10] **Barahona P.A.** A Causal-Functional Model for Medical Knowledge Representation. In: **Keravnou, E. (ed.)** Deep Models for Medical Knowledge Engineering. Amsterdam: Elsevier Science Publishers: 101-128, 1992.
- [11] **Barden J. & K. Srinivas.** Overcoming Rule-Based Rigidity and Connectionist Limitations Through Massively-Parallel Case -Based Reasoning. International Journal of Man-Machine Studies, 36(2): 221-246, 1992
- [12] **Barletta R.** An Introduction to Case-Based Reasoning. AI Expert, 6(8): 43-49, 1991.
- [13] **Barr A. & M. Beard & R. Atkinson.** The Computer as a Tutorial Laboratory the Stanford BIP Project. International Journal of Man-Machine Studies, 8: 567-596, 1976.
- [14] **Barras-Baker S.** Using computers to improve thinking skills. Computer-Based Education for Southern Africa. Nov./Dec., 24-28, 1993.
- [15] **Barreto J. & F. Azevedo.** On The Robot Neural Control. Facultées Universitaires Notre Dame De La Paix (UNDP), Institut d'Informatique, Internal Report 08/93, Namur (Belgique), 1993.
- [16] **Barreto J. & F. Azevedo & I. Bottemane & A. Roucoux.** Control of the Standing Position: a Neural Network Model Study". In: **PROCEEDINGS OF 16<sup>th</sup> ANNUAL MEETING OF THE EUROPEAN NEUROSCIENCE ASSOCIATION**. Madrid (España), 281, 1993.
- [17] **Barreto J. & W. Lima & J. Lefevre.** An Artificial Intelligence Approach to Qualitative Modeling of the Right Ventricle. **CONF. INT. INFORMATICA 88**. La Habana (Cuba), 1988.

- [18] **Barreto J. & W. Lima & M. Fraiture.** Simulação Cualitativa del Ventrículo Isquierdo usando Inteligência Artificial. In: **ANALES DEL CONGRESO CHILENO DE INGENIERIA ELÉCTRICA**, Santiago (Chile), 48-51, 1987.
- [19] **Barreto J. & R. Pagano.** The Role of Qualitative Simulation in Computer Aided Learning. **THE TWELFTH EDUCATIONAL COMPUTING ORGANIZATION OF ONTARIO CONFERENCE AND THE EIGHTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON TECHNOLOGY AND EDUCATION**. Toronto, Ontario, 1991.
- [20] **Baxt W.G.** Use of an Artificial Neural Network for Data Analysis in Clinical Decision-Making: The Diagnosis of Acute Coronary Occlusion. Neural Computation, 2: 480-489, 1990
- [21] **Becker L. & S. Gupta.** Intelligent Computer-Aided Instruction for the Coding Task. Computers and Education, 13, (2): 205-212, 1989.
- [22] **Beevers C & M. Foster & G. McGuire & J. Renshaw.** Some Problems of Mathematical CAL. Computers and Education, 18(1-3): 119-126, 1992.
- [23] **Betts T.** Pseudocrises: Crises não Epilépticas. In: **Costa J.** (ed. trad.). The Lancet. Epilepsy: A Lancet Review. Biogalênica produtos Ciba-Geigy, 23-28, 1990.
- [24] **Bittencourt P (a).** Dez Razões para a Criação do Centro Catarinense da Epilepsia. Arquivo Catalogo Médico, 17:175-176, 1988.
- [25] **Bittencourt P (b).** Quando Tratar Crises Unicas ou Raras. Arquivo Catalogo Médico, 17: 95-97, 1988.
- [26] **Bittencourt P.** Redução de Politerapia em Pacientes com Epilepsia Refrataria. Dissertação de mestrado. Programa de Medicina Interna. Universidade Federal de Santa Catarina, 1993.

- [27] **Bittencourt P. & J. Sander & J. Ducan.** Tratamento das Crises Epilépticas. Arquivo Catalogo Médico., 15: 77-84, 1986.
- [28] **Bittencourt P. & J. Sander & C. Pozzi & N. Becker.** Epilepsia em uma Instituição Psiquiátrica. Arquivos de Neuro-Psiquiatria, 261-269, 1990.
- [29] **Blackstock J. & L. Miller.** The Impact of New Information Technology on Young Children's Symbol-Weaving Efforts. Computers and Education, 18(1-3): 209-221, 1992.
- [30] **Bliss J. & J. Ogborn & R. Boohan & J. Briggs & T. Brosnan & D. Brough & H. Mellar & R. Miller & C. Nash & C. Rodgers & B. Sakonidis.** Reasoning Supported by Computational Tools. Computers and Education, 18(1-3): 1-10, 1992.
- [31] **Bloor C. & D. A.S. Curran & J. Fowler & K. Manktelow & W. Middleton & A.O. Moscardini.** A Hypertext System for Teaching Employment-Related Language to Hearing-Impaired School Leavers. Computers and Education, 18(1-3): 201-207, 1992.
- [32] **Böckenholt U. & E.U. Weber.** Toward a Theory of Hypothesis Generation in Diagnostic Decision Making. Investigate Radiology, 28(1): 76-80, 1993.
- [33] **Bond A. & L. Gasser (Eds.)** Readings in Distributed Artificial Intelligence. Morgan Kaufmann, USA, 1988.
- [34] **Boruchovitch E.** A Psicologia Cognitiva e a Metacognição: novas perspectivas para o fracasso escolar brasileiro. Tecnologia Educacional, 22(110/111): 22-27, 1993
- [35] **Boshuizen H.P.A. & H. G. Schmidt.** On the Role of Biomedical Knowledge in Clinical Reasoning by Experts, Intermediates and Novices. Cognitive Science, 16: 153-184, 1992.
- [36] **Bowerman C.** Writing and the Computer: An Intelligent Tutoring Systems Solution. Computers and Education, 18(1-3): 77-84, 1992.
- [37] **Boyle T & S. Margetts.** The CORE Guided Discovery Approach to Acquiring Programming Skills. Computers and Education, 18(1-3): 127-134, 1992.

- [38] **Brahams D. & J. Wyatt.** Computer Consultants: The Future of Medical Decision Making?. Medical and Health Annual. Chicago (IL): Enciclopedia Britanica Inc., 366-370, 1991.
- [39] **Brasil M. Lourdes.** Aquisição de Conhecimento Aplicada ao Diagnóstico de Epilepsia. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 1994.
- [40] **Brinkley J. & K. Eno & J. Sundsten.** Knowledge-based Client-Server Approach to Structural Information Retrieval: the Digital Anatomist Browser. Computer Methods and Program in Biomedicine, 40: 131-145, 1993.
- [41] **Brodie M.** Anticonvulsivantes Existentes e o Tratamento da Epilepsia Refrataria. In: **Costa J.** (ed. trad.). The Lancet. Epilepsy: A Lancet Review. Biogalênica produtos Ciba-Geigy, 57-68, 1990.
- [42] **Brodie M.** Monitoramento da Epilepsia Durante a Gravidez e Lactação. In: **Costa J.** (ed. trad.). The Lancet. Epilepsy: A Lancet Review. Biogalênica produtos Ciba-Geigy, 83-88, 1990.
- [43] **Brodie M.** Status Epilepticus em Adultos. In: **Costa J.** (ed. trad.). The Lancet. Epilepsy: A Lancet Review. Biogalênica produtos Ciba-Geigy, 107-112, 1990.
- [44] **Brodie M. & R. Porter.** Anticonvulsivantes Novos e Potenciais. In: **Costa J.** (ed. trad.). The Lancet. Epilepsy: A Lancet Review. Biogalênica produtos Ciba-Geigy, 77-82, 1990.
- [45] **Brown J. & R. Burton.** Diagnostic Models for Procedural Bugs in Basic Mathematical Skills. Cognitive Science, 2: 155-192, 1978.
- [46] **Brown J. & R. Burton.** Pedagogical, Natural Language and Knowledge Engineering in SOPHIE I, II, III. In: **Sleeman D. & J.S. Brown** (eds.). Intelligent Tutoring Systems. London. Academic Press, New York, 227-282, 1982.

- [47] **Brown J. & R. Burton & F Zdybel.** A Model-Driven Question-Answering System for Mixed-Initiative Computer-Assisted Construction. IEEE Transaction on System, Man and Cybernetic, 3 (3): 248-257, 1973.
- [48] **Brusilovsky P. & T. Gorskaya-Belova.** An Environment for Physical Geography Teaching. Computers and Education, 18(1-3): 85-88, 1992.
- [49] **Burton R.** Diagnosing Bugs in a Simple Procedural Skin. In: **Sleeman D. & J.S. Brown** (eds.). Intelligent Tutoring Systems. London. Academic Press, New York, 157-184, 1982.
- [50] **Burton R. & J. Brown.** An investigation of computer coaching for informal learning activities. International Journal of Man-Machine Studies, 11: 5-24, 1979.
- [51] **Bylander T.** Some Causal Models are Deeper than Other. In: **Keravnou, E.** (ed.) Deep Models for Medical Knowledge Engineering. Amsterdam: Elsevier Science Publishers: 169-176, 1992.
- [52] **Byrd T.A. & K.L. Cossick & R.W. Zmud.** A Synthesis of Research on Requirements Analysis and Knowledge Aquisition Techniques. MIS Quarterly, 16(1): 117-138, 1992.
- [53] **Campbell J. A. & J. Wolstencroft.** Cases and the Elucidation of Deep Knowledge. In: **Keravnou E.** (ed.) Deep Models for Medical Knowledge Engineering. Amsterdam: Elsevier Science Publishers: 218-230, 1992.
- [54] **Campbell J.A. & J. Wolstencroft.** Structure and Significance of Analogical Reasoning. In: **Keravnou, E.** (ed.) Deep Models for Medical Knowledge Engineering. Amsterdam: Elsevier Science Publishers: 199-218, 1992.
- [55] **Carbonell J.** AI in CAI. An Artificial Intelligence Approach to Computer Assisted Instruction. IEEE Trasaction on Man-Machine Systems, 11: 190-202, 1970.

- [56] **Cardozo E.** Inteligência Artificial. Notas de aula. Departamento de Engenharia de Computação e Automação Industrial. Faculdade de Engenharia Elétrica. Universidade Estadual de Campinas, 1993.
- [57] **Cardozo E. & J. Sichman.** DPSK+P User's Manual C++ Interface, Version 1.0, FEE/Unicamp Internal Report, 1992.
- [58] **Caudill M. & C. Butler.** Naturally Intelligent Systems. Cambridge (MA): The MIT Press, 1990.
- [59] **Chadwik D.** Diagnóstico da Epilepsia. In: **Costa J.** (ed. trad.). The Lancet. Epilepsy: A Lancet Review. Biogalênica produtos Ciba-Geigy, 39-50, 1990.
- [60] **Chalmers D.J. & R.M. French & D.R. Hofstadter.** High-Level Perception, Representation, and Analogy: A Critique of Artificial Intelligence Methodology. Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence, 4(3): 185-211, 1992.
- [61] **Chandrasekaran B. & W.R. Swartout.** The Role of Explicit Representation of Design Knowledge. IEEE Expert, 6(3): 47-49, 1991.
- [62] **Charles D.** Diagnosis by Computer. New Scientist, 133: 19, 1992.
- [63] **Cimino J.J.** Saying What You Mean and Meaning What You Say: Coupling Biomedical Terminology and Knowledge. Academic Medicine, 68(4): 257-260, 1993.
- [64] **Cios K. J. & I. Shin.** Using Fuzzy Sets to Diagnose Coronary Artery Stenosis. IEEE Computer Magazine, 24(3):57-63, 1991.
- [65] **Clancey W.** Tutoring rules guiding a case method dialogue. International Journal of Man-Machine Studies, 11: 25-49, 1979.
- [66] **Clancey W.** Knowledge-Based Tutoring - The Guidon Program. MIT Press, USA, 1987.
- [67] **Clancey W.** Notes on Epistemology of a Rule-Based Expert System. Artificial Intelligence, 59:197-204, 1993.



- [68] Clancey W. Notes on Heuristic Classification. Artificial Intelligence, 59:191-196, 1993.
- [69] Clancey W. The Learning Process in the Epistemology of Medical Information. Methods of Information in Medicine, 34(1,2):122-131, 1995.
- [70] Clancey W. & R. Letsinger (a). NEOMYCIN: Reconfiguring a Rule-Based Expert System for Application to Teaching. In: Clancey W.J. & E.H. Shortliffe (eds.). Readings in Medical Artificial Intelligence: the first decade. Reading (MA): Addison-Wesley Publishing Co., 361-381, 1984.
- [71] Clancey W. & E. Shortliffe & B. Buchanan (b). Intelligent Computer-Aided Instruction for Medical Diagnosis. In: Clancey W.J. & E.H. Shortliffe (eds.). Readings in Medical Artificial Intelligence: the first decade. Reading (MA): Addison-Wesley Publishing Co., 1-17, 1984.
- [72] Clark D. Object -Lessons from Self-Explanatory Objects. Computers and Education, 18(1-3): 11-22, 1992.
- [73] Coimbra A. Fragmentação Automática do Sono Utilizando Redes Neurais. I SIMPÓSIO DE APLICAÇÕES DA INFORMÁTICA EM BIOLOGIA. Campinas (Brasil), 1993.
- [74] Colera E. Monitoring Diseases with Empirical and Model Generated Histories. In: Keravnou E. (ed.) Deep Models for Medical Knowledge Engineering. Amsterdam: Elsevier Science Publishers: 71-88, 1992.
- [75] Conklin J. Hypertext: An Introduction and Survey. IEEE Computer, 20(9): 17-41, 1987.
- [76] Console L. & G. Molino & V. Ripa di Meana & P. Torasso. LIED - Liver: Information, Education and Diagnosis. Methods of Information in Medicine, 31(4):284-298, 1992.

- [77] **Corkill D.D. & K.Q. Gallagher & K.E. Murray.** GBB: A Generic Blackboard Development System. In: **Engelmore R. & T. Morgan.** Blackboard Systems, Wokingham: Addison-Wesley Publishing Company Inc., 503-518, 1988.
- [78] **Cox J.J. & K.J. Dawson & K.E.F. Hobbs.** The Electronic Information Revolution and How to Exploit It. British Journal of Surgery, 79: 1004-1010, 1992.
- [79] **Custodio R. & J. Dias & F. Muller Neto & R. Garcia & W.C. Lima.** A Proposal for Efficient Neural Network Data Structuring. **9th INT. CONF. ON SYSTEMS ENGINEERING.** University of Nevada, Las Vegas (USA), 1993.
- [80] **Custodio R. & J. Dias & F. Muller Neto & R. Garcia & W.C. Lima.** Estructuración Eficiente de los Datos de Las Redes de Neuronas. **X CONGRESO CHILENO DE INGENIERIA ELECTRICA**, Valdivia (Chile), 1993.
- [81] **Dale Buenett J.** Who's in the Driver's Seat? Technology, the Arts and Education. Computers and Education, 18(1-3): 149-154, 1992.
- [82] **Davis R. & H. Shrobe & P. Szolovits.** What Is a Knowledge Representation?. AI Magazine, 14(1):17-34, 1993.
- [83] **Dear B.** AI and the authoring process. IEEE Expert, 2(2): 16-24, 1987.
- [84] **Degouley P. & M. Fieschi & G. Chatellier.** Decision Support Systems from the Standpoint of Knowledge Representation. Methods of Information in Medicine, 34(1,2):202-209, 1995.
- [85] **Degoulet P. & L. Lucas & M. Jaulent & F. Jean & D. Sauquet & M. Lavril.** An Approach for the Evaluation of Software Engineering Environments in Medicine. Medical Informatics, 18(3):195-209, 1993.

- [86] **Denneheuvel S. van & P. van Emde Boas & F. de Geus & E. Rotterdam.** Reduced Constraint Models. In: **Keravnou, E. (ed.) Deep Models for Medical Knowledge Engineering.** Amsterdam: Elsevier Science Publishers: 89-100, 1992.
- [87] **Devinsky O. & E. Feldmann & E. Bromfield & S. Emoto & R. Raubertas.** Structured Interview for Partial Seizures: Clinical Phenomenology and Diagnosis. Epilepsy, 4: 107-116, 1991.
- [88] **Dombal, F.** "Computer-Aided Decision Support: In Praise of Level Playing Fields". Methods of Information in Medicine, 33(2):161-164, 1994.
- [89] **Du Plessis J. & J. Van Biljon & C. Tolmie & T. Wollinger.** A Model for Intelligent Computer-Aided Education Systems. . Computers and Education, 24(2):89-107, 1995.
- [90] **Duchastel P.** ICAI Systems: Issues in Computer Tutoring, Computers and Education, 13 (1): 95-100, 1989.
- [91] **Duchessi P. & R. O'Keefe.** Contrasting successful and unsuccessful Expert Systems. European Journal of Operation Research, 61: 122-134, 1992.
- [92] **Durfee E.H.** The Distributed Artificial Intelligence Melting Pot. IEEE Transaction on System, Man and Cybernetic, 21(6): 1301-1306, 1991.
- [93] **Dwer T. A.** Heuristic Strategies for using computers to Enrich Education. Intelligent Journal on Man-Machine Systems, 11 (4): 137-154, 1970.
- [94] **Edmonds E.** Human-Computer Interface Evaluation: not User-Friendliness but Design for Operation. Medical Informatics, 15(3): 253-260, 1990.
- [95] **Engle Junior R.L.** Attempts to Use Computers as Diagnostic Aids in Medical Decision Making: a Thirty-Year Experience. Perspectives in Biology and Medicine, 35(2): 207-219, 1992.

- [96] **Ensor J. R. & J.D. Gabbe.** Transactional Blackboards. In: **Engelmore R. & T. Morgan.** Blackboard Systems, Wokingham: Addison-Wesley Publishing Company Inc., 465-474, 1988.
- [97] **Epprecht E.K. & M. Noirhomme-Fraiture & W.C. Lima.** Statistical Analysis Process Systematization Applied to Biomedical Modelling. In: **PROCEEDINGS OF THE IASTED INTERNATIONAL SYMPOSIUM**, 211-214, 1990.
- [98] **Er M.** Process Frame: a Cognitive Device for Recursion Comprehension. . Computers and Education, 24(1):31-37, 1995.
- [99] **Erceau J. & J. Ferber.** L'Intelligence Artificielle Distribuée. La Recherche, 22(233) : 750-758, 1991.
- [100] **Erman, L.D. & Hayes-Roth & F., Lesser, V. R. & D. R. Reddy (a).** The Hearsay-II Speech understanding System: Integrating Knowledge to Resolve Uncertainty. Comput. Surveys. 12: 213-253, 1980. Reprinted In: **Engelmore R. & T. Morgan.** Blackboard Systems, Wokingham: Addison-Wesley Publishing Company Inc., 31-86, 1988.
- [101] **Erman L.D. & P.E. London & S. F. Fickas (b).** The Design and an Example Use of Hearsay-III. In: **Engelmore R. & T. Morgan.** Blackboard Systems, Wokingham: Addison-Wesley Publishing Company Inc., 281-296, 1988.
- [102] **Etzioni O.** A Structural Theory of Explanation-Based Learning. Artificial Intelligence, 60:93-139, 1993.
- [103] **Fagundes Léa.** Informática na Escola. Tecnologia Educacional, 21(107):79-84, 1994.
- [104] **Farr B.R. & R.D. Shachter.** Representation of Preferences in Decision-Support Systems. Computers and Biomedical Research, 25: 324-335, 1992.

- [105] **Fath L. J. & C.M. Mitchell & T. Govindaraj.** An ICAI Architecture for Troubleshooting in Complex, Dynamic Systems. IEEE Transaction on System, Man and Cybernetic, 20 (3): 537-558, Maio-Junho, 1990.
- [106] **Feigenbaum E & B. Buchanan.** DENDRAL and Meta-DENDRAL: Roots of Knowledge Systems and Expert System Applications. Artificial Intelligence, 59:233-240, 1993.
- [107] **Ferber J. & L. Gasser.** Intelligence Artificielle Distribuée. In: **International Workshop on Expert Systems & Their Applications**, 11, France, 1991.
- [108] **Fernandes J.** Epidemiologia das Crises Epiléticas em Porto Alegre: um Estudo Populacional. Tese de Doutorado. Clínica Médica da Universidade Federal de Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Junho de 1993.
- [109] **Fernandez-Valmayor A. & C. Fernández Chamizo.** Educational and Research Utilization of a Dynamic Knowledge Base. Computers and Education, 18(1-3): 51-62, 1992.
- [110] **Feurzeig W. & P. Munter & J. Swets & M. Breen.** Computer-Aided Teaching in Medical Diagnosis. Journal of Medical Education, 39: 746-754, 1964.
- [111] **Fontaine D. & P. Beux & C. Riou & C. Jacquelinet.** An Intelligent Computer-Assisted Instruction System for Clinical Case Teaching. Methods of Information in Medicine, 33(4):433-446, 1994.
- [112] **Frankenfeld F.M.** Trends in Computer Hardware and Software. American Journal of Hospital Pharmacists, 50: 707-711, 1993.
- [113] **Freire P.** **Pedagogia do Oprimido.** Editora Paz e Terra. São Paulo, Brasil, 1985.
- [114] **French P.** A Domain-Independent Student Model for an AI-Based Training System. Computers and Education, 15(1-3): 49-61, 1990.

- [115] **Friend J.** New directions in software for strategic choice. European Journal on Operational Research, 61: 154-164, 1992.
- [116] **Frost R. & M. Gillenson.** Integrated Clinical Decision Support Using an Object-Oriented Database Management System. Methods of Information in Medicine, 32(2):154-161, 1993.
- [117] **Gamal S. & M. Rafeh & I. Eissa.** Case-Based Reasoning Algorithms Applied in A Medical Acquisiton Tool. Medical Informatics, 18(2):149-163, 1993.
- [118] **Garcia A.** Intelligent Training Systems: Smart Tutors. Bulletin of the American Society for Inf. Science, 16(6): 8-9, 1990.
- [119] **Garcia O. & W. C. Lima & J. Barreto.** Training Neural Networks for Medical Knowledge Representation. **9th INT. CONF. ON SYSTEMS ENGINEERING.** University of Nevada, Las Vegas (USA), 1993.
- [120] **Garcia O. & W. de Lima & D. Duarte.** "Redes Neurales para Diagnostico en Anestesiologia". **IV CONGRESSO LATINOAMERICANO DE AUTOMÁTICA,** Mexico, 962-966, 1990.
- [121] **Garcia O. & W. de Lima & D. Duarte & C. Zanchin.** "Sistema Computacional Inteligente para Planejamento de Anestesia". **XII ENCONTRO NACIONAL DE AUTOMÁTICA - 42ª REUNIÃO ANUAL SBPC,** Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1990
- [122] **Garg P.** Abstraction Mechanisms in Hypertext. Communications of the ACM, 31(7):862-870, 1988.
- [123] **Gasser L.** Social Conceptions of Knowledge and Action: DAI Foundations and Open Systems Semantics. Artificial Intelligence, 47: 107-138, 1991.

- [124] **Gasser L & C. Braganza & N. Herman.** MACE: a Flexible Testbed for Distributed AI Research. In: **Huhn M. (Ed.) Distributed Artificial Intelligence**. M. Kaufmann, USA, 1987.
- [125] **Gastaut H.** Diccionario de Epilepsia. OMS, Ginebra, 1973.
- [126] **Gilhooly K. J. & S. Simpson.** Deep Knowledge in Human Medical Expertise. In: **Keravnou E. (ed.) Deep Models for Medical Knowledge Engineering**. Amsterdam: Elsevier Science Publishers: 273-285, 1992.
- [127] **Ginneken A.** Modelling Domain-Knowledge: a Step Toward Intelligent Data Management. Methods of Information in Medicine, 32(4):270-272, 1993.
- [128] **Goldstein I.** The Genetic Graph: a Representation for the Evolution of Procedural Knowledge. International Journal of Man-Machine Studies, 11: 51-77, 1979.
- [129] **Goldstein I. & Carr.** The Computer as a Coach. An Athletic Paradigm for Intellectual Education. In: **PROCEEDINGS OF THE ANNUAL MEETING OF THE ASSOCIATION FOR COMPUTING MACHENERY**, Washington 1977.
- [130] **Gram L.** Crises e Síndromes Epilépticos. In: **Costa J. (ed. trad.) The Lancet. Epilepsy: A Lancet Review**. Biogalênica produtos Ciba-Geigy, 15-23, 1990.
- [131] **Grandbastein M.** Intelligent Tutoring Systems on Scientific Subjects: Are Prototypes Ready for Broad Experimentation?. Computers and Education, 18(1-3): 63-70, 1992.
- [132] **Greenes R.A. & E.H. Shortliffe.** Medical Informatics: An Emerging Academic Discipline and Institutional Priority. Journal of the American Medical Association, 263(8): 1114-1120, 1990.
- [133] **Grémy F. & P. Degoulet.** Assessment of Health Information of Software Engineering Environments in Medicine. Medical Informatics, 18(3):185-195, 1993.

- [134] **Hammond N. & N. Gardner & S. Heath & M. Kibby & T. Mayes & R. McAleese & C. Mullings & A. Trapp.** Blocks to the Effective Use of Information Technology in Higher Education. Computers and Education, 18(1-3): 155-162, 1992.
- [135] **Harding R. & S. Lay & H. Moule & D. Quinney.** Multimedia Interactive Mathematics Courseware: The Mathematics Experience within the Renaissance Project. Computers and Education, 24(1):1-25, 1995.
- [136] **Hartley J. & D. Sleeman.** Towards Intelligent Teaching Systems. Intelligent Journal of Man-Machine Systems, 5: 215-236, 1973.
- [137] **Hayes-Roth B.** Book Review: "On Building Integrated Cognitive Agents: A Review of Allen Newell's Unified Theories of Cognition. Artificial Intelligence, 59: 329-341, 1993.
- [138] **Hayes-Roth B.** Intelligent Control. Artificial Intelligence, 59: 213-220, 1993.
- [139] **Hayes-Roth B.** On Building Integrated Cognitive Agents: A Review of Allen Newell's Unified Theories of Cognition. Artificial Intelligence, 59:329-341, 1993.
- [140] **Hayes-Roth B.** An Architecture for Adaptive Intelligent Systems. Artificial Intelligence, 72(1,2):329-365, 1995.
- [141] **Hayes-Roth B. & F. Hayes-Roth & S. Rosenschein & S. Cammarata.** Modeling Planning as an Incremental, Opportunistic Process. In: **Engelmore R. & T. Morgan.** Blackboard Systems, Wokingham: Addison-Wesley Publishing Company Inc., 231-246, 1988.
- [142] **Hayes-Roth B. & M. Hewett.** BB1: An Implementation of the Blackboard Control Architecture. In: **Engelmore R. & T. Morgan.** Blackboard Systems, Wokingham: Addison-Wesley Publishing Company Inc., 297-314, 1988.



- [143] **Hayes-Roth B. & M.V. Johnsons & A. Garvey & M. Hewett.** Building Systems in the BB\* Environment. In: **Engelmore R. & T. Morgan.** Blackboard Systems, Wokingham: Addison-Wesley Publishing Company Inc., 543-560, 1988.
- [144] **Heathfield H. & N. Kirkham.** A Cooperative Approach To Decision Support In The Differential Diagnosis of Breast Disease. Medical Informatics, 17(1):21-35, 1992.
- [145] **Heathfield H. & J. Wyatt.** Philosophies for the Design and Development of Clinical Decision-Support Systems. Methods of Information in Medicine, 32(1): 1-9, 1993.
- [146] **Hendley R. & N. Jurascheck.** CASCADE: Introducing AI into CBT. Computers and Education, 18(1-3): 71-76, 1992.
- [147] **Hernández Cossio O. & O. Hernández Fustes.** Clasificación de Las Crisis o Ataques Epilepticos. Instituto de Neurología y Neurocirugía, Relatorio interno, (2)1-21, La Habana (Cuba) 1990.
- [148] **Hewitt C. & J. Inman.** DAI Betwixt and Between: From "Intelligent Agents" to Open Systems Science. IEEE Transaction on System, Man and Cybernetic, 21(6): 1409-1419, 1991.
- [149] **Hewitt C.** Open Information Systems Semantics for Distributed Artificial Intelligence. Artificial Intelligence, 47: 79-106, 1991.
- [150] **Hidaka K.** User-Interface of a Tool for Learning Geometry. . Computers and Education, 24(1):59-67, 1995.
- [151] **Hilal D. & H. Soltan.** To Prototype or Not to Prototype? That is the Question. Software Engineering Journal, Nov. 388-392, 1992.
- [152] **Hollan J. & E. Hutchins & L. Weitzman.** Steamer an Interactive Inspectable Simulation-Based Training System. AI Magazine, 5 (2): 15-27, 1984.

- [153] **Holland J. H.** Adaptation in Natural and Artificial Systems. Cambridge (MA): The MIT Press, 1992.
- [154] **Hong J.** Computer Education in R.O.C. High Schools. Computers and Education, 13 (2): 213-216, 1989.
- [155] **Horn W.** Utilizing Detailed Anatomical Knowledge for Hypothesis Formation and Hypothesis Testing in Rheumatological Decision Support. In: **Keravnou, E.** (ed.) Deep Models for Medical Knowledge Engineering. Amsterdam: Elsevier Science Publishers: 27-50, 1992.
- [156] **Horslen S. & A. Capey & A. Casey & P. Helms.** Basic Health Care Functions: An Object-Oriented Analysis. Medical Informatics, 17(3):187-195, 1992.
- [157] **Horslen S. & A. Capey & A. Casey & P. Helms.** PACE Project: Object-Oriented Modelling of Paediatric Practice. Medical Informatics, 17(3):179:187, 1992.
- [158] **Huhn M.** (Ed.) Distributed Artificial Intelligence. M. Kaufmann, USA, 1987.
- [159] **Hutchings G. & W. Hall & J. Briggs & N. Hammond & M. Kibby & C. McKnight & D. Riley.** Authoring and Evaluation of Hypermedia for Education. Computers and Education, 18(1-3): 171-177, 1992.
- [160] **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, 11(1), 1981.
- [161] **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, 21(1), 1991.
- [162] **ILAE International League Against Epilepsy.** Proposal for Revised Clinical and Electroencephalographic Classification of Epileptic Seizures. Epilepsia, 22:489-501, 1981.
- [163] **ILAE International League Against Epilepsy.** Proposal for Revised Classification of Epilepsies and Epileptic Syndromes. Epilepsia, 30(4): 389-399, 1989.

- [164] **Ironi L. & M. Stefanelli & G. Lazola.** Qualitative Models in Medical Diagnosis. In: **Keravnou, E. (ed.) Deep Models for Medical Knowledge Engineering.** Amsterdam: Elsevier Science Publishers: 51-70, 1992.
- [165] **Johnson B. & R. Bergeron & P. Malcolm.** Modeling the Teaching Consultant. Computers and Education, 14 (2): 125-136, 1990.
- [166] **Johnson W.** Book Review: Intelligent Tutoring Systems: Lessons Learned. Psotka J. & L. Massey & S. Mutter (eds.). Artificial Intelligence, 47: 125-134, 1991.
- [167] **Jones A. & G. Kirrup & A. Kirkwood & R Mason.** Providing Computing for Distance Learners: A Strategy for Home Use. Computers and Education, 18(1-3): 183-193, 1992.
- [168] **Jousimaa J. & I. Kunnamo.** PDRD - A Computer-Based Primary Care Decision Support System. Medical Informatics, 18(2):103-113, 1993.
- [169] **Kaindl H. & H. Ziegeler.** HIS - An Information System About Hypertext on Hypertext. Siglink Newsletter, 1(1):1-7, 1992.
- [170] **Kambhampati & J. Hendler.** A Validation-Structured-Based Theory of Plan Modification and Reuse. Artificial Intelligence, 55: 193-258, 1992.
- [171] **Kearsley G.** Artificial Intelligence and Instruction Applications and Methods. Addison-Wesley Publishing Company, 1987.
- [172] **Kennewell S.** Computing for the Terrified. Computers and Education, 18(1-3): 195-200, 1992.
- [173] **Kimball.** A Self Improving Tutor for Symbolic Integration. In: **Sleeman D. & J.S. Brown (eds.)**. Intelligent Tutoring Systems. London. Academic Press, New York, 283-308, 1982.
- [174] **Kleer de J. & A. Mackworth & R. Reiter.** Characterizing Diagnoses and Systems. Artificial Intelligence, 56: 197-222, 1992.

- [175] **Koffman E. & S. Blount.** Artificial Intelligence and Automatic Programming in CAI. Artificial Intelligence, 6: 137-154, 1974.
- [176] **Kornfield W. & C. Hewitt.** "The Scientific Community Metaphor". IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics, 11(1): 24-33, 1981.
- [177] **Korpinen L.** Computer-aided decision-making for Epilepsy and Sleep Diagnostics. Acta Neurologica Scandinavica Supplementum, 87(144), 1993.
- [178] **Korpinen L. & H. Frey.** Sleep Expert - An Intelligent Medical Decision Support System For Sleep Disorders. Medical Informatics, 18(2):163-171, 1993.
- [179] **Korpinen L. & M. Partinen & T. Telakivi & K. Martikainen & T. Pietila & J. Peltola & B. Falck & H. Frey.** Evaluation of Sleep Expert - A Computer-Aided Decision Support System for Sleep Disorders. Medical Informatics, 19(3):247-253, 1994.
- [180] **Korver M. & P. Lucas.** Converting a Rule-Based Expert System Into a Belief Network. Medical Informatics, 18(3):219-243 , 1993.
- [181] **Kowalski K.** Expert System Shells in Student Advising. Computers and Education, 19(4): 359-368, 1992.
- [182] **Krusinska E. & A. Babic & U Mathiesen & S. Chowdhury & O. Wigertz & G. Bodemar & L. Franzén.** A Statistically Rule-Based Decision Support System For The Manegement of Patients with Suspected Liver Disease. Medical Informatics, 18(2):113-131, 1993.
- [183] **Lantz B. & S. Bregar & Farley.** An Intelligent CAI System for Teaching Equation Solving. Journal of Computers Based Instruction, 10:35-42, 1983.
- [184] **Lanzola G. & S. Quaglini & M. Stefanelli.** Knowledge-Acquisition Tools for Medical Knowledge-Based Systems. Methods of Information in Medicine, 34(1,2:25-40), 1995.

- [185] **Lavrac N. & I. Mozetic.** Second Generation Knowledge Acquisition Methods and their Application to Medicine. In: **Keravnou, E. (ed.) Deep Models for Medical Knowledge Engineering.** Amsterdam: Elsevier Science Publishers: 177-198, 1992.
- [186] **Lawrence J.** Introduction to Neural Networks and Expert Systems, 4<sup>th</sup> ed. Nevada City: California Scientific Software Inc., 1992.
- [187] **Leaning M. & K. Ng & D. Cramp.** Decision Support For Patient Management in Oncology. Medical Informatics, 17(1):35-47, 1992.
- [188] **Leão B.F. & A.F. Rocha.** A Proposed Methodology for Knowledge Acquisition: A Study on Congenital Heart Disease Diagnosis. Methods of Information in Medicine, 29(1): 30-40, 1990.
- [189] **Leiblum M.** Implementing CAL at a University. Computers and Education, 18(1-3): 109-118, 1992.
- [190] **Lesser V.R.** A Retrospective View of FA/C Distributed Problem Solving. IEEE Transaction on System, Man and Cybernetic, 21(6): 1347-1362, 1991.
- [191] **Lesser V.R. & D.D. Corkill.** The Distributed Vehicle Monitoring Testbed: A Tool for Investigating Distributed Problem Solving Networks. AI Magazine, 4: 15-33, 1983. Reprint. In: **Engelmore R. & T. Morgan.** Blackboard Systems, Wokingham: Addison-Wesley Publishing Company Inc., 353-386, 1988.
- [192] **Lesser, V. R. & L.D. Erman.** A Retrospective View of the Hearsay-II Architecture. In: **Engelmore R. & T. Morgan.** Blackboard Systems, Wokingham: Addison-Wesley Publishing Company Inc., 87- 124, 1988.
- [193] **Li Min Shih.** Dissertação de Mestrado. Sistema Baseado em Conhecimentos para Detecção e Classificação de Crises Epilépticas. Programa de Medicina Interna. Universidade Federal de Santa Catarina, 1994.

- [194] Lima W. & J. Barreto. Inteligência Artificial e Diagnóstico Médico Automático. Ciência Hoje, 6(38):51-56, 1987.
- [195] Lima W. & R. Ojeda & D. Duarte. Using Neural Network in an Anesthetic Procedure Intelligent System. In: **PROCEEDINGS WORLD CONGRESS ON MEDICAL PHYSICS AND BIOMEDICAL ENGINEERING**, Kyoto, Japan, 1991.
- [196] Linnarsson R. Decision Support for Drug Prescription Integrated with Computer-Based Patients Records in Primary Care. Medical Informatics, 18(2):131-143, 1993.
- [197] Litto F. A Escola do Futuro da Universidade de São Paulo. Tecnologia Educacional, 22(116/117): 32-34, 1994.
- [198] Livergood N. Specification and Design Procedures, Functions, and Issues in Developing Intelligent Tutoring Systems. Journal of Educational Technology Systems, 19(3) 251-264, 1990-91.
- [199] Long W. & S. Naimi & M.G. Criscitiello & R. K. Adusumilli. Validation of a Causal Probabilistic Medical Knowledge Base for Diagnostic Reasoning. In: Keravnou, E. (ed.) Deep Models for Medical Knowledge Engineering. Amsterdam: Elsevier Science Publishers: 147-160, 1992.
- [200] Lopes H.S. & S.M. Nassar & A. Ramirez & W.C. Lima & J. Barreto & A.R. Alves (a). Clasificación Difusa de la Obesidad para Anestesia. **X CONGRESO CHILENO DE INGENIERIA ELECTRICA**, Valdivia (Chile), 1993.
- [201] Lopes H.S. & S.M. Nassar & A. Ramirez & W.C. Lima (b). Arquiteturas Híbridas Integrando Paradigmas Conexionistas e Simbolistas. **I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AUTOMAÇÃO INTELIGENTE**, Rio Claro (SP, Brasil), 1993.
- [202] Lucena M. Reflexões: sobre teorias do conhecimento apoiando teorias e modelos instrucionais de CBIs e ITSS. Tecnologia Educacional, 22(116/117): 38-42, 1994.

- [203] **Machado R. & C. Ferlin & A.F. Rocha.** Combining Semantic and Neural Networks in Expert Systems. Centro Científico IBM-Rio, Relatório Técnico CCR-140, 1992.
- [204] **Machado R. & R. Freitas & B. Leão.** Calculating the Mean Knowledge Representation from Multiple Experts. In: *Multiperson Decision Making Using Fuzzy Sets and Possibility Theory.* Kluwer Academic Publishers, 113-127, 1990.
- [205] **MacIntosh D.J. & S.E. Conry & R.A. Meyer.** Distributed Automated Reasoning: Issues in Coordination, Cooperation and Performance. IEEE Transaction on System, Man and Cybernetic, 21(6): 1307-1316, 1991
- [206] **Mansour A. & J. Poyser & J. McGregor & M. Franklin.** An Intelligent Tutoring System for the Instruction of Medical Students in Techniques of General Practice. Computers and Education, 15 (1-3): 83-90, 1990.
- [207] **Maranhão A.** A Pedagogia de Meios: Informática Educativa. Tecnologia Educacional, 22(110/111): 19-21, 1993.
- [208] **Marechal C. & J. Barreto & W. Lima.** EDESYS: An Experimental System of Epilepsy Diagnosis. **IX CONGRESO DE INGENIERIA ELECTRICA, UNIVERSIDAD DE TARAPACA (Chile) 8.1.1-8.1.6, 1991.**
- [209] **Mazer M.S.** Reasoning About Knowledge to Understand Distributed AI Systems. IEEE Transaction on System, Man and Cybernetic, 21(6): 1301-1306, 1991
- [210] **Mazoué J.** Diagnosis without Doctors. Journal of Medicine and Philosophy, 15(6): 581-591, 1990.
- [211] **McDonough D & J. Strivens & R. Rada.** Current Development and Use of Computer-Based Teaching at the University of Liverpool. Computers and Education, 22(4): 345-355, 1994.

- [212] **McKenzie D. & P. McGorry & C. Wallace & L. Low & D. Copolov & B. Singh.** Constructing a Minimal Diagnostic Decision Tree. Methods of Information in Medicine, 32(2):161-167, 1993.
- [213] **McLeish M.D. & P. Yao & T. Stirtzinger.** A Study on the Use of Belief Functions for Medical Expert Systems. Journal of Applied Statics, 28(1): 155-174, 1991.
- [214] **Meira N.** A Técnica pela Técnica - ou de como dar a ela o seu lugar. Tecnologia Educacional, 22(121):46-48, 1994.
- [215] **Meldrum Bs.** Anatomia, Fisiologia e Patologia da Epilepsia. In: **Costa J.** (ed. trad.). The Lancet. Epilepsy: A Lancet Review. Biogalênica produtos Ciba-Geigy, 29-38,1990.
- [216] **Miller R.** A Structural Planing and Debugging Environment for Elementary Programing. In: **Sleeman D. & J.S. Brown** (eds.). Intelligent Tutoring Systems. London. Academic Press, New York, 119-136, 1982.
- [217] **Miller R.** Why the Standard View is Standard: People not Machines Understand Patients' Problems. Journal of Medicine and Philosophy, 15(6): 581-591,1990.
- [218] **Miller R.** Taking Inventory of Medical Decision Support Software Development. Methods of Information in Medicine, 32(1):9-12, 1993.
- [219] **Miller R. & H. E. Pople Jr. & J. D. Myers.** INTERNIST-1, An Experimental Computer-Based Diagnostic Consultant for General Internal Medicine. In: **Clancey W.J. & E.H. Shortliffe** (eds.). Readings in Medical Artificial Intelligence: the first decade. Reading (MA): Addison-Wesley Publishing Co., 190-209, 1984.
- [220] **Moffatt I. & J. Greenman.** The Use of Computing in Scottish Schools: a Preliminary Survey. Computers and Education, 24(1):25-31, 1995.



- [221] **Mozetic I. & B. Pfahringer.** Improving Diagnostic in KARDIO: Abstractions, Constraint Propagation and Model Compilation. In: **Keravnou, E. (ed.) Deep Models for Medical Knowledge Engineering.** Amsterdam: Elsevier Science Publishers: 1-26, 1992.
- [222] **Mulligen E & T. Timmers & J. Bommel.** A New Architecture for Integration of Heterogeneous Software Components. Methods of Information in Medicine, 32(4):292-302, 1993.
- [223] **Musen M. & K. Wieckert & E. Miller & K. Campbell & L. Fagan.** Development of a Controlled Medical Terminology: Knowledge Acquisition and Knowledge Representation. Methods of Information in Medicine, 34(1,2):85-96, 1995.
- [224] **Nagai M. & M. Yamamoto & T. Numata.** Current Assessment and Proposed Improvement to Emergency Medical Information Systems in Japan. Medical Informatic, 19(1):21-37, 1994.
- [225] **Nagao M. & T. Matsuyama & H. Mori.** Structural Analysis of Complex Aerial Photographs. In: **Engelmore R. & T. Morgan.** Blackboard Systems, Wokingham: Addison-Wesley Publishing Company Inc., 219-230, 1988.
- [226] **Nassar S.** Sistema Especialista Estatístico para Apoio a Pesquisas Médicas. Projeto de Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, 1994.
- [227] **Nassar S.** Sistema Especialista Estatístico para Apoio a Pesquisas Médicas. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.
- [228] **Neto J.** Quem Será o Novo Protagonista na Escola?. Tecnologia Educacional, 22(113/114): 57-60, 1993.
- [229] **Newell A.** Some Problems of the Basic Organization in Problem-Solving Programs. In: **Yovits M. & G. Jacobi & G. Goldstein (eds).** Proceedings of the Second Conference on Self-Organizing Systems. 393-423, 1962.

- [230] Newell A. Reflections on the Knowledge Level. Artificial Intelligence, 59:31-38, 1993.
- [231] Nicaud J. & M. Vivet. Les Tuteurs Intelligent: Réalisations et Tendances de Recherches. Technique et Science Informatiques, 7(1) : 21-45, 1988.
- [232] Nievola J. Um ICAI para Emergencias em Traumatologia. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.
- [233] Nievola J. & W. Lima & W. Dantas. Icter: An Expert System for Medical Diagnosis in Gastroenterology. In: **PROCEEDINGS OF THIRD IASTED INTERNATIONAL CONFERENCE - EXPERT SYSTEMS - THEORY AND APPLICATIONS**. Los Angeles (USA), 12-14, 1988.
- [234] Nievola J. & W. Lima & C. Zanchin & W. Dantas. An Expert System of Medical Diagnosis of Icteric Patients. In: **PROCEEDINGS OF WORLD CONGRESS ON MEDICAL PHYSICS AND BIOMEDICAL ENGINEERING**. San Antonio, Texas (USA), 6-12, 1988.
- [235] Nii H. P. Blackboard Systems: The Blackboard Model of Problem Solving and the Evolution of Blackboard Architectures. AI Magazine, 7(2), 1986.
- [236] Nii H. P. & N. Aiello & J. Rice. Frameworks for Concurrent Problem Solving: A Report on CAGE and POLIGON. In: **Engelmore R. & T. Morgan. Blackboard Systems**, Wokingham: Addison-Wesley Publishing Company Inc., 475-502, 1988.
- [237] Nii H. P. & E. A. Feigenbaum & J.J. Anton & A. J. Rockmore. Signal-to-Symbol Transformation: HASP/SIAP Case Study. In: **Engelmore R. & T. Morgan. Blackboard Systems**, Wokingham: Addison-Wesley Publishing Company Inc., 135-158, 1988.
- [238] Nogueira, A. Multimídia na Construção do Conhecimento. Tecnologia Educacional, 22(113/114): 39-42, 1993.

- [239] Oliveira J.P. & R. G. Ojeda & R.F. Custódio & W. C. Lima. Redes Neurais Artificiais para Representação de Conhecimento Médico em Anestesiologia. **X CONGRESSO CHILENO DE INGENIERIA ELECTRICA**. Valdivia (Chile), 1993.
- [240] O'Leary T. & M. Gaul & K. Moffitt & A. Radwan. Validating Expert Systems. IEEE Expert, 5(3):51-58, 1990.
- [241] O'Shea. A Self Improving Quadratic Tutor. In: Sleeman D. & J.S. Brown (eds.). Intelligent Tutoring Systems. London. Academic Press, New York, 309-336, 1982.
- [242] Pagano R. Computer Simulation as an Educational Tool. Tese ("Docteur em Sciences Appliquées"). Université Catholique de Louvain, 1992.
- [243] Pagano R. & J. Barreto. Laboratory Experiment Simulation in Electrical Engineering Education. ESC 89, In: **PROCEEDINGS OF THE 3<sup>RD</sup> EUROPEAN SIMULATION CONGRESS**, Edinburgh, Scotland, 311-317, 1989.
- [244] Pagano R. & J. Barreto. A Theoretical Model of Hypertext. In: **PROCEEDINGS OF AINN'90 ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATION & NEURAL NETWORKS**, Zurich, 10-15, 1990.
- [245] Pagano R. & J. Barreto. Hypermedia Supporting a Psychodramatic Experience: a case study. In: **PROCEEDINGS OF TWELFTH EDUCATIONAL COMPUTING ORGANIZATION OF ONTARIO CONFERENCE AND THE EIGHTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON TECHNOLOGY AND EDUCATION**, Toronto-Ontario, 85-87, 1991.
- [246] Pagano R. & J. Barreto. Hypertext Information Technology in Medical Education. In: **PROCEEDINGS OF 6<sup>th</sup> MEDITERRANEAN ELECTROTEHNICAL CONFERENCE**, Slovenia (Yugoslavia), 2: 1577-1580, 1991.

- [247] **Pal S.K. & D.P. Mandal.** Linguistic Recognition System Based on Approximate Reasoning. Information Sciences, 61: 135-161, 1992.
- [248] **Pan J.Y.C. & J.M. Tenenbaum.** An Intelligent Framework for Enterprise Integration. IEEE Transaction on System, Man and Cybernetic, 21(6): 1391-1408, 1991
- [249] **Papa F. & S. Meyer.** A Computer-Assisted Learning Tool Designed to Improve Clinical Problem-Solving Skills. Annals of Internal Medicine, 18(3), 269-273, 1989
- [250] **Papa F. & J. Young & G. Knezek & R. Bourdage.** A Differential Diagnostic Skills Assessment and Tutorial Tool. Computers and Education, 18(1-3): 45-50, 1992.
- [251] **Papert S.** Mindstorm: Children, Computers and Powerful Ideas. Basic Books Inc., New York, 1980.
- [252] **Paris C.L.** Generation and Explanation: Building an Explanation Facility for the Explainable Expert Systems Framework. In: **Paris & Swartout & Mann** (eds.) Natural Language Generation in Artificial Intelligence and Computational Linguistics. Kluwer Academic Publishers, 49-82, 1990.
- [253] **Passarelli, B.** Hipermidia na Aprendizagem: Construção de um Protótipo Interativo: A Escravidão no Brasil. Tecnologia Educacional, 22(113/114): 35-38, 1993.
- [254] **Passold F. & J.P. Oliveira & J.S. Dias & R.G. Ojeda & W.C. Lima.** Proposta e Avaliação de Procedimentos Anestésicos para Pacientes Críticos/Problemáticos através de Sistema Especialista Híbrido. **X CONGRESSO CHILENO DE INGENIERIA ELECTRICA**, Valdivia (Chile), 1993.
- [255] **Patel V. & J. Arocha.** Cognitive Models for Clinical Reasoning and Conceptual Representation. Methods of Information in Medicine, 34(1,2): 47-57, 1995.
- [256] **Patel V.L. & G.J. Groen & M.F. Ramoni & D.R. Kaufman.** Machine Depth versus Psychological Depth: a lack of equivalence. In: **Keravnou, E.** (ed.) Deep Models for

- Medical Knowledge Engineering. Amsterdam: Elsevier Science Publishers: 249-272, 1992.
- [257] **Pearson G.** Mission Planning within the Framework of the Blackboard Model. In: **Engelmore R. & T. Morgan.** Blackboard Systems, Wokingham: Addison-Wesley Publishing Company Inc., 433-442, 1988.
- [258] **Pellegrini G.** Proposta de uma Metodologia de Avaliação para Sistemas Especialistas na Área Médica. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.
- [259] **Peters A. & J. Bourne & K. Kawamura.** The Use of Intelligent Hypertutoring Systems Technology for Engeneering Education. International Symposium Digest., Trans. IEEE Antennas & Propagation, 4:1681-1683, 1990.
- [260] **Peters M. & P.M.G. Broughton.** The Role of Expert Systems in Improving the Test Requesting Patterns of Clinicians. Annals of Clinical Biochemistry, 30(1): 52-59, 1993
- [261] **Petrovecki, M. & M. Marusic & G. Dezelic.** An Algorithm For Leukaemia Immunophenotype Pattern Recognition. Medical Informatics, 18(1):11-23, 1993.
- [262] **Piemme T.E.** Computer-Assisted Learning and Evaluation in Medicine. Journal Of the American Medical Association, 260(3): 367-372, 1988.
- [263] **Pitcher N.** A Computer-Based Laboratory Course in Mathematical Sciences. Computers and Education, 18(1-3): 135-141, 1992.
- [264] **Polkey C. E.** Tratamento Cirúrgico da Epilepsia. In: **Costa J.** (ed. trad.). The Lancet. Epilepsy: A Lancet Review. Biogalênica produtos Ciba-Geigy, 113-119, 1990.
- [265] **Porter R.J.** Novos Agentes Antiepilépticos: Estratégias para o Desenvolvimento de uma Droga. In: **Costa J.** (ed. trad.). The Lancet. Epilepsy: A Lancet Review. Biogalênica produtos Ciba-Geigy, 69-76, 1990.

- [266] Pozzi S. & C. Hoyles & L. Healy. Towards a Methodology for Analysing Collaboration and Learning in Computer-Based Groupwork. Computers and Education, 18(1-3): 223-229, 1992.
- [267] Pressman R. Software Engineering: A Practitioner's Approach. McGraw-Hill Book Company. USA 1982.
- [268] Quentin-Baxter M. & D. Dewhurst. A Method for Evaluating the Efficiency of Presenting Information in a Hypermedia Environment. Computers and Education, 18(1-3): 179-182, 1992.
- [269] Ramirez A. Sistema Inteligente para Treinamento do Controle da Infecção Hospitalar. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (Brasil), 1991.
- [270] Ramirez A. Um Sistema de Ensino Inteligente para o Diagnóstico de Epilepsia. Projeto de Tese. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (Brasil), 1994.
- [271] Ramirez A. & W. Lima & J. Barreto. An AI Based Trainig<sup>v</sup> for Nosocomial Infections Control. In: Adlashing, G. Grabner, S. Bengtsson, R. Hansen (Eds). Medical Informatics Europe 91. K.P.. Springer-Verlag, Lecture Notes in Medical Informatics, Berling, 955-959, 1991.
- [272] Ramirez A. & W. Lima & J. Barreto & J. Fernandes (a). EPIIS: An Epilepsy Intelligent Instruction System Using Multi-Agents Society Paradigm. In: **38<sup>th</sup> MIDWEST SYMPOSIUM ON CIRCUITS AND SYSTEMS**. R.J., Brasil, Agosto 13-16, 1995.
- [273] Ramirez A. & W. Lima & J. Barreto & J. Fernandes (b). Sociedad de Multi-Agentes y su Aplicación en un Sistema de Enseñanza en el Area Medica. In: **XI CONGRESSO CHILENO DE INGENIERIA ELECTRICA**. Punta Arenas, Chile, H007-H012, 1995.

- [274] **Ramirez A. & W. Lima & C. Zanchin.** Instrução Inteligente Auxiliada por Computador para Controle da Infecção Hospitalar. **II CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE CONTROLE DE INFECCÕES HOSPITALARES. IV ENCONTRO BRASILEIRO DE PROFISSIONAIS EM CONTROLE DE INFECCÕES HOSPITALARES.** Belo Horizonte, 1990.
- [275] **Ramirez A. & W. Lima & Zanchin.** Sistema Inteligente para Treinamento do Controle da Infecção Hospitalar. **III CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA EM SAÚDE.** Gramado, Brasil, 1990.
- [276] **Ramirez A. & S. Nassar & W. Lima.** Aplicação da Inteligência Distribuída em Sistemas de Ensino Inteligentes. In: **V SIMPÓSIO DE INFORMÁTICA EM EDUCAÇÃO.** P. A., Brasil, 286-290, 1994.
- [277] **Rickel J.** Intelligence Computer-Aided Instructions: A survey organized around system components. IEEE Transaction on System, Man and Cybernetic, 19 (1): 40-57, 1989.
- [278] **Ridderikhoff J.** Medical Problem-Solving: An Exploration of Strategies. Medical Education, 25(3) : 196-207, 1991.
- [279] **Robertson S. & J. Calder & P. Fung & A. Jones & T. O'Shea.** Computer Attitudes in an English Secondary School. . Computers and Education, 24(2):73-83, 1995.
- [280] **Rothwell D.** SNOMED-Based Knowledge Representation. Methods of Information in Medicine, 34(1,2):202-209, 1995.
- [281] **Rouse W.B. & J.M. Hammer.** Assessing the Impact of Modeling Limits on Intelligent Systems. IEEE Transaction on System, Man and Cybernetic, 21(6): 1549-1559, 1991
- [282] **Rylance G.W.** Tratamento da Epilepsia e Convulsões Febris em Crianças. In: **Costa J.** (ed. trad.). The Lancet. Epilepsy: A Lancet Review. Biogalênica produtos Ciba-Geigy, 97-106, 1990.

- [283] **Salvador V.** Hiperídia Interactiva - uma alternativa tecnológica para a educação. Tecnologia Educacional, 22(121):41-42, 1994.
- [284] **Sanders S.** Developing Computer Use During a Primary Post-Graduate Certificate of Education Course. Computers and Education, 18(1-3): 231-241, 1992.
- [285] **Saunders M. & J. Bisset.** The Alternative Conference: An Evaluation of CAL91. Self J. Students Models and Artificial Intelligence Computers and Education, 3: 309-312, 1979.
- [286] **Schalkoff R.** Artificial Intelligence An Engineering Approach. McGraw-Hill, Inc, 1990.
- [287] **Schank R. & M. Jona.** Book Review: Issues for Psychology, AI, and Education: A Review of Newell's Unified Theories of Cognition. Artificial Intelligence, 59: 375-388, 1993.
- [288] **Schank R. & M. Jona.** Issues for Psychology, AI, and Education: A Review of Newell's Unified Theories of Cognition. Artificial Intelligence, 59: 375-388, 1993.
- [289] **Schank R. & S. Slade.** Education and Computers. An AI Perspective. Yale Univ., Report 431, 1985.
- [290] **Schmidt H. & H. Boshuizen & G. Norman.** Reflections on the Nature of Expertise in Medicine. In: **Keravnou, E. (ed.)** Deep Models for Medical Knowledge Engineering. Amsterdam: Elsevier Science Publishers: 231-248, 1992.
- [291] **Schreiber A. & B. Wielinga & J. Breuker (eds.)**. KADS: A Principled Approach to Knowledge-Based System Development. In: Knowledge-Based Systems Book Series, Academic Press, London, 11, 1993.
- [292] **Scott R.** Artificial Intelligence: Its Use in Medical Diagnosis. The Journal of Nuclear Medicine, 34(3): 510-514, 1993.
- [293] **Selfridge O.** Pandemonium: a Paradigm for Learning. In: **Proceedings of Symposium on the Mechanisation of Thought Processes**. HMSO, London, 511-529, 1959.



- [294] Shoham Y. Agent-Oriented Programming. Artificial Intelligence, 59: 51-92, 1993.
- [295] Shoham Y & M. Tennenholtz. On Social Laws for Artificial Agent Societies: Off-Line Design. Artificial Intelligence, 73(1,2):231-252 , 1995.
- [296] Shorvon Sd (a). Epidemiologia. Classificação, História Natural e Genética da Epilepsia. In: Costa J. (ed. trad.). The Lancet. Epilepsy: A Lancet Review. Biogalênica produtos Ciba-Geigy, 3-14, 1990.
- [297] Shorvon Sd (b). Epidemiology, Classification, Natural History and Genetics of Epilepsy. The Lancet, 336: 93-96, 1990.
- [298] Shorvon Sd. & Y.M. Hart & J. Sander & F. Ander. The Management of Epilepsy in Developing Countries: An Iceberg Manual. In: **PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL CONGRESS AND SYMPOSIUM SERIES, ROYAL SOCIETY OF MEDICINE SERVICES LIMITES**, London 66, 1991.
- [299] Sichman J. & E. Cardozo. A Monitoring Facility for An Object-Oriented Distributed Problem Solving Kernel. In: **REPRESENTATION PAR OBJETS: LE POINT SUR LA RECHERCHE ET LES APPLICATIONS**, La Grande Motte, France, 291-390, 1992.
- [300] Sichman J. & Y. Demazeau & O. Boissier. When can Knowledge-Based Systems be called agents?. In: **IX Simpósio Brasileiro de IA**. Rio de Janeiro, Brasil, 172-185, 1992.
- [301] Silva A. Energy in Electrical Circuits: A Computer Assisted Approach. . Computers and Education, 24(1):51-59, 1995.
- [302] Siviter D. & K. Brown. Hypercourseware. Computers and Education, 18(1-3): 163-170, 1992.
- [303] Smeaton A. F. Using Hypertext for Computer Based Learning. Computers and Education, 17 (3): 173-179, 1991.

- [304] **Smith R.** The Contract Net Protocol: High-Level Communication and Control in a Distributed Problem Solver. IEEE Transactions on Computers, 29(12): 1104-1113, 1980.
- [305] **Smith R. & R. Davis.** "Framework for Cooperation in Distributed Problem Solving". IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics, 11(1): 60-70, 1981.
- [306] **Smith W & D. Lancaster & D. McClish.** Computer-Assisted Instruction in Probabilistic Reasoning during the Impatient Medicine Clerkship. Methods of Information in Medicine, 32(4):309-314 , 1993.
- [307] **Sowa J.** Conceptual Analysis for Knowledge-Base Design. Methods of Information in Medicine, 34(1,2):165-172 , 1995.
- [308] **Spillman R.** Managing Uncertainty with Bilief Functions. AI Expert, 45-49, 1990.
- [309] **Stevens A. & A. Collins.** The Goal Structure of a Socratic Tutor. In: **PROCEEDINGS OF THE ANNUAL MEETING FOR COMPUTING MACHINERY**, Seattle Washington 1977.
- [310] **Stevens A. & A. Collins & S. Goldin.** Misconceptions in student's understanding. International Journal of Man-Machine Studies, 11: 145-156, 1979.
- [311] **Stolurow R.C.** Somes Factors in the Design of Systems for Computer-Assisted Instruction. In: **Atkinson R.C. & H.A. Wilson (eds).** Computer-Assisted Instruction. New York: Academic Press, 1969.
- [312] **Stotts P.** Petri-Net-Based Hypertext: Document Structure with Browsing Semantics. ACM Transactions on Information Systems, 7(1):3-29, 1989.
- [313] **Suppes P.** Some Theoretical Models for Matematics Learning. Journal of Research Development of Education, 1: 5-22, 1967.

- [314] **Suppes P.** University-level computer assisted instruction at Stanford 1968-1980. Institute for Mathematical Studies in the Social Sciences, Technical Report, . Stanford, California, 1981.
- [315] **Swartout W.R. & C. Paris & J. Moore.** Design for Explainable Expert Systems. IEEE Expert, 6(3): 58-64, 1991.
- [316] **Szolovits, P.** Uncertainty and Decisions in Medical Informatics. Methods of Information in Medicine, 34(1,2):111-122 , 1995.
- [317] **Taylor A.** MXA - A Blackboard Expert System Shell. In: **Engelmore R. & T. Morgan.** Blackboard Systems, Wokingham: Addison-Wesley Publishing Company Inc., 315-334, 1988.
- [318] **Tait K.** The Building of a Computer-Based Teaching System. Computers and Education, 8 (1): 15-19,1984.
- [319] **Tallis R.** Epilepsia na Idade Avançada. In: **Costa J. (ed. trad.).** The Lancet. Epilepsy: A Lancet Review. Biogalênica produtos Ciba-Geigy, 51-56, 1990.
- [320] **Tanner H.** Developing the Use of IT within Mathematics Through Action Research. Computers and Education, 18(1-3): 143-148, 1992
- [321] **Terry A.** Using Explicit Strategic Knowledge to Control Expert Systems. In: **Engelmore R. & T. Morgan.** Blackboard Systems, Wokingham: Addison-Wesley Publishing Company Inc., 159-188, 1988.
- [322] **Timpka T.** The Health Care Crisis: End or Beginning of the Heyday Of Medical Support Systems?. Methods of Information in Medicine, 33(4):332-336, 1994.
- [323] **Timpka T. & M. Johansson.** The Need for Requirements Engineering in the Development of Clinical Decision-Support Systems: A Qualitative Study. Methods of Information in Medicine, 33(2):227-234 , 1994.

- [324] **Todd B. & R. Stamper.** Limits to Diagnostic Accuracy. Medical Informatics, 18(3):255-271, 1993.
- [325] **Todd, B. & R. Stamper.** The Relative Accuracy of a Variety Of Medical Diagnostic Programs. Methods of Information in Medicine, 33(4):402-417, 1994.
- [326] **Todd P.** Book Review: Emergent Computation: Self-Organizing, Collective, and Cooperative Phenomena in Natural and Artificial Computing Networks. Stephanie Forrest (ed.). Artificial Intelligence, 60: 171-183, 1993.
- [327] **Toth J.** Book Review of Reasoning Agents in a Dynamic World: The Frame Problem. Eds. Kenneth M. Ford & Patrick J. Hayes. Artificial Intelligence, 73(1,2): 323-369, 1995.
- [328] **Tuttle, M. & W. Cole & D. Sherertz & S. Nelson.** Navigating to Knowledge. Methods of Information in Medicine, 34(1,2):214-220, 1995.
- [329] **Uma G. & B.E. Prasad & O.N. Kumari.** Distributed Intelligent Systems: Issues, Perspectives and Approaches. Knowledge-Based Systems, 6(2): 77-86, 1993.
- [330] **Uhr L.** Teaching Machine Program That Generative Problems as a Function of Interaction with Students. In: **PROCEEDINGS OF THE 24<sup>th</sup> NATIONAL CONFERENCE**, 125-134, 1969.
- [331] **Upitis R.** Technology and Music: An Intertwining Dance. Computers and Education, 18(1-3): 243-250, 1992.
- [332] **Van der Lei, J.** Experience from Computer-Based Patient Records for Computer-Assisted Decision Making. Methods of Information in Medicine, 32(1):14 -16, 1993.
- [333] **Vassileva J.** Pedagogical Decisions within and ITS-Shell. Computers and Education, 18(1-3): 39-44, 1992.
- [334] **Vaultrin M & J. Sant.** Exemplo de uma Experiência de Informática numa Escola Francesa. Tecnologia Educacional, 22(113/114): 63-66, 1993.

- [335] **Vazquez Federico.** Using Object Oriented Structured Development to Implement A Hybrid System. Software Engineering Notes, 18(4): 44-53, 1993.
- [336] **Vranes S. & M. Lucin & M. Stanojevic & V. Stevanovic & P. Subasic.** Blackboard Metaphor in Tactical Decision Making. European Journal on Operational Research, 61: 86-97, 1992.
- [337] **Wallace S.J.** Síndromes Epilépticas na Infância. In: **Costa J.** (ed. trad.). The Lancet. Epilepsy: A Lancet Review. Biogalênica produtos Ciba-Geigy, 89-96, 1990.
- [338] **Washbrook J. & E. Keravnou.** Making Deepness Explicit. In: **Keravnou, E.** (ed.) Deep Models for Medical Knowledge Engineering. Amsterdam: Elsevier Science Publishers: 161-168, 1992.
- [339] **Waterfield M. & S. Furber.** Computers in Teaching Medicine. Computers and Education, 19(1,2): 145-151, 1992.
- [340] **Watkins J. & J. Davies & G. Calverley & T. Cartwright.** Evaluation of a Physics Multimedia Resource. . Computers and Education, 24(2):83-89, 1995.
- [341] **Webb M.** Learning by Building Rule-Based Models. Computers and Education, 18(1-3): 89-100, 1992.
- [342] **Wenger E.** Artificial Intelligence and Tutoring. Morgan Kaufmann, 1987.
- [343] **Wexler J.** Information Networks in Generative Computer-assisted Instruction. IEEE Transaction on Man, Machine and System, 11 (4): 181-190, 1970.
- [344] **Wick M. & W. Thompson.** Reconstuctive Expert System Explanation. Artificial Intelligence, 47: 33-69, 1992.
- [345] **Wiederhold, G.** Objects and Domains for Managing Data and Knowledge. Methods of Information in Medicine, 34(1,2):40-47, 1995.

- [346] **Williams B. & J. Yoder & E. Littell.** Probability Graphics Support for Medical Reasoning. Methods of Information in Medicine, 32(3):229-233, 1993.
- [347] **Williams M. A.** Hierarchical Multi-expert Signal Understanding. In: **Engelmore R. & T. Morgan.** Blackboard Systems, Wokingham: Addison-Wesley Publishing Company Inc., 387-416, 1988.
- [348] **Williams N.** The Artificial Intelligence Applications to Learning Programme. Computers and Education, 18(1-3): 101-108, 1992.
- [349] **Williams P.** Keynote Address CAL Production: Strategies and Tactics. Computers and Education, 12 (1): 17-21, 1988.
- [350] **Woods P & J. Hartley.** Some Learning Models for Arithmetic Tasks and Their Use in Computer-Based Learning. British Journal of Educational Psychology, 41 (1): 35-48, 1971.
- [351] **Woolf B. & D. Donald.** Building a Computer Tutor: Design Issues, IEEE Computer, 4: 61-73, Sept. 1984.
- [352] **Wouter R & T. Jong.** Modelling Domain Knowledge for Intelligent Simulation Learning Environments. Computers and Education, 18(1-3): 29-38, 1992.
- [353] **Wyatt J. & D. Altman.** Design-a-Trial, a Knowledge-Based Aid for Writers of Clinical Trial Protocols. In: **PROCEEDINGS OF THE MEDICAL INFORMATICS EUROPE**, 68-73, 1993.
- [354] **Wyatt J. & D. Spiegelhalter.** Evaluating Medical Expert Systems: What to Test and How?. Medical Informatic., 15(3): 205-217, 1990.
- [355] **Yip K.** Understanding Complex Dynamics by Visual and Symbolic Reasoning. Artificial Intelligence, 51: 179-221, 1991.

- [356] **Zhao Y. & T. Tsutsui & A. Endo & K. Minato & T. Takahashi.** Design and Development of an Expert System to Assist Diagnosis and Treatment of Chronic Hepatitis Using Traditional Chinese Medicine. Medical Informatics, 19(1):37-47, 1994.
- [357] **Zheliaskova I.** An Intelligent System for Teaching and Learning Algorithms. Computers and Education, 24(2):117-127, 1995.

**Anexos**



**Anexo I. Protocolo de Investigação de Epilepsia (versão 1.0)**

## AMBULATORIO DE EPILEPSIA - PAM - CENTRO - FLORIANÓPOLIS

### 1- IDENTIFICAÇÃO:

Número do protocolo:

Registro do PAM:

Nome:

Sexo: M F

Data do nascimento: / /

Data: / /

Natural:

Procedência:

Instrução: 1- analfabeto 2- primário incompleto 3- primário (até 8ª)  
4- secundário incompleto 5- secundário 6- superior incompleto  
7- superior

Profissão:

Telefone para contato:

### II- HISTÓRIA DA DOENÇA ATUAL:

1- Início da crise:

2- Houve um fator causal: não sim Qual:

3- Tipo da primeira crise:

4- Frequência inicial: /semana, mês, ano

5- Frequência atual: /semana, mês, ano

6- O tratamento foi iniciado logo após a primeira e única crise: sim não

7- Qual foi o intervalo entre a 1ª, 2ª e 3ª crise: /h, d, m, ano.

8- Essas crises foram semelhantes: sim não Como foram:

9- Tem aviso da crise (aura): não às vezes sim Qual:

10- Tenta abortar a crise: não às vezes sim Como:

11- Perde a consciência: não às vezes sim no início durante

12- Você se machuca nas crises: não às vezes sim Aonde:

13- Em que período do dia ocorre mais as crises: 1-dia 2- logo antes de dormir  
3- durante o sono, logo ao despertar

14- Quantos tipos de crises você tem:

15- Quais os tipos e a duração das crises:

Parcial:

1- Motora:

2- Sensitiva:

3- Psíquica:

4- Autonômica:

Complexas:

Generalizadas: Primária      Secundária

1- Atônica:

2- Tônica:

3- Clônica:

4- Tônico - clônica:

5- Ausência

6- Mioclônica:

### III- HISTÓRIA PREGRESSA:

16- Condições do parto: 1- sem problema    2- com sofrimento

17- Infecção do SNC: não sim qual e quando:

18- TCE: não sim quando:                      Perda de consciência, fratura do crânio,  
afundamento, sem sequela, com sequela, teve crises:

19- Convulsão febril: não sim                  idade:                      n<sup>o</sup> de crises:  
duração:                      tratamento:

20- Doença vascular cerebral: não sim quando

21- Neurocirurgia: não sim quando:                      por quê:

22- Já teve status epiléptico: não sim                      quantas vezes:  
E o que desencadeou:

- 23- Já tentou suicídio: não sim Como: quando:  
por quê:
- 24- Já pensou em suicídio: não sim Como: quando:  
por quê:
- 25- Caso mulher: durante qual fase menstrual nota que há maior número de crises: 1- período não menstrual 2- logo antes do p. menstrual. 3- durante o período 4- no final do p. menstrual 5- não nota diferença.
- 26- Caso mulher e tenha usado DAE durante gestação, houve efeito teratogênico não sim qual o tipo:  
qual a DAE e a dose:
- 27- Caso mulher e tenha usado DAE durante gestação, houve aborto:  
não sim qual DAE e a dose:
- 28- Número de médicos anteriores: Especialidades:
- 29- Fez algum exame complementar: não sim  
EEG:  
Radioimagem:  
Outros:
- 30- Qual o esquema de tratamento anterior e atual:
- | Droga | dose x frequência | Resposta | Duração | Mot. interrupção |
|-------|-------------------|----------|---------|------------------|
|       |                   |          |         |                  |
- Efeitos colaterais: não sim Qual a droga:
- Gerais:
- Sono:
- 1- Insônia:
- 2- Hipersônia:
- 3- Alteração do ciclo sono-vigília:
- 4- Parasônia:
- Função cognitiva:
- 1- Memória anterógrada 2- Memória retrógrada 3- raciocínio
- Fez uso de tratamento alternativo: não sim qual:

**IV- HÁBITOS DE VIDA:**

- 31- É tabagista? não sim /cigarros/dia  
32- É etilista? não sim quanto:  
33- É drogado? não sim qual o tipo:

**V- HISTÓRIA FAMILIAR:**

- 34- Alguém na família tem epilepsia: não sim 1- pais 2- irmãos  
35- Epidemiologia para cisticercose: não sim

**VI- EXAME FÍSICO:**

36- Geral:

37- Neurológico:

**VII- IMPRESSÃO DIAGNÓSTICA:**

- 38- Tipo de crise:  
39- Síndrome epiléptica: 1- Criptogênica 2- Idiopática 3- Sintomática

**VIII- CONDUTA:**

40- Plano terapêutico:

41- Exame solicitado:

42- Evolução:

## **Anexo II. Classificação de Crises de Epilepsia**

## CRISES PARCIAIS SIMPLES

Os ataques ocorrem sem perda ou alteração de consciência ou amnésia, com um ou mais dos seguintes itens:

- a. Abalos ou movimentos tônicos, tônico-clônicos ou clônicos (de face, extremidades ou cabeça);
- b. Paralisia de um membro;
- c. Versão da cabeça;
- d. Parestesias ou dormência na face ou membros;
- e. Alucinações ou ilusões ópticas (metamorfopsias, teleopsias ou poliopsias);
- f. Alucinações olfativas ou gustativas;
- g. Alucinações ou ilusões auditivas;
- h. Manifestações vegetativas (sensação epigástrica, etc.);
- i. Alteração temporária da memória (déjà vu, jamais vu, etc.);
- j. Alteração da linguagem;
- k. Sintomas afetivos (medo, choro, etc.).

## CRISES PARCIAIS COMPLEXAS

Os ataques ocorrem com perda ou alteração de consciência ou amnésia, sem progredir para crises generalizadas, mas com qualquer dos seguintes sintomas ou sinais:

- a. Abalo focal ou movimentos tônicos (face, extremidades ou cabeça);
- b. Paralisia de um membro;
- c. Versão da cabeça;
- d. Parestesias ou dormência na face ou membros;
- e. Alucinações ou ilusões ópticas (metamorfopsias, teleopsias ou poliopsias);
- f. Alucinações olfativas ou gustativas;
- g. Alucinações ou ilusões auditivas;
- h. Manifestações vegetativas (sensação epigástrica, etc.);
- i. Alteração temporária da memória (déjà vu, jamais vu, etc.);
- j. Alteração da linguagem;
- k. Sintomas afetivos (medo, choro, etc.);
- l. Automatismos (gestuais, faciais, verbais, ambulatoriais, etc.).



## **CRISES PARCIAIS SECUNDARIAMENTE GENERALIZADAS**

**São crises generalizadas tônico-clônicas precedidas por crises parciais simples ou complexas. Se uma crise generalizada tônico-clônica está associada às crises parciais simples ou complexas independentes, por definição a crise é classificada como parcial com generalização secundária.**

## CRISES GENERALIZADAS TÔNICO-CLÔNICAS

Para ser classificada como generalizada tônico-clônica, a crise deve apresentar os itens a, b e c, além de dois ou mais dos itens de d ao j.

- a. Perda da consciência de 1 a 30 minutos;
- b. Contratura tônica bilateral seguida por c;
- c. Movimentos clônicos bilaterais;
- d. Incontinência esfinteriana;
- e. Queda;
- f. Queda com machucadura;
- g. Mordedura da língua;
- h. Cianose ou palidez;
- i. Sonolência, sono, confusão, cefaléia, ou dores musculares pós-ictais;
- j. Paresia de membro, unilateral, pós-ictal.

## AUSÊNCIA

Se os ataques têm a forma de perda breve da consciência, com amnésia e quatro das seguintes manifestações, a crise é classificada como ausência:

- a. Sem queda;
- b. Duração geralmente de poucos segundos;
- c. Sem movimentos associados, exceto leve pestenejar ou abalos da cabeça;
- d. Início entre 5 e 15 anos;
- e. Sem sonolência ou cefaléia pós-ictal;

Para Ausências Atípicas consideram-se os seguintes aspectos: duração das crises em minutos; confusão ou cefaléia pós-ictal; outros movimentos automáticos.

## CRISES ATÔNICAS

Os ataques têm a forma de queda súbita com perda do tônus, sem movimentos clônicos, com perda da consciência e duas das seguintes manifestações:

- a. Rápida (geralmente segundos);
- b. Machucadura no ataque;
- c. Confusão, cefaléia, ou sonolência pós-ictal.

## CRISES TÔNICAS

Os ataques têm a forma de queda súbita com rigidez, sem movimentos clônicos, com perda da consciência e com duas das seguintes manifestações:

- a. Rápida (geralmente segundos);
- b. Machucadura no ataque;
- c. Mordedura da língua;
- d. Confusão, cefaléia, ou sonolência pós-ictal.

## **CRISES MIOCLÔNICAS**

Os ataques têm a forma de abalos breves e com qualquer uma das seguintes manifestações:

- a. Abalos únicos ou em breves séries;
- b. Pior ao acordar ou no início do sono;
- c. Geralmente em grupos.

## CONVULSÕES FEBRIS

Crises que ocorrem entre as idades de 6 meses e seis anos e com os seguintes itens presentes:

- a. As crises ocorrem somente na vigência de febre;
- b. As crises têm características convulsivas;
- c. Em geral ocorrem menos de seis crises no total.

## **CRISES NÃO CLASSIFICADAS**

**Quando não for possível classificar as crises em nenhuma das categorias, devido a informações inadequadas ou incompletas.**