

**UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS**  
**CURSO DE CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO**  
**(Bacharelado)**

**PROTÓTIPO DE SOFTWARE PARA O AUXÍLIO NO APRENDIZADO  
EM MEDICINA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO À UNIVERSIDADE  
REGIONAL DE BLUMENAU PARA A OBTENÇÃO DOS CRÉDITOS NA  
DISCIPLINA COM NOME EQUIVALENTE NO CURSO DE CIÊNCIAS DA  
COMPUTAÇÃO – BACHARELADO

**JAMES ROSA**

**BLUMENAU, JULHO/2000**

2000/1-31

# **PROTÓTIPO DE SOFTWARE PARA O AUXÍLIO NO APRENDIZADO EM MEDICINA**

**JAMES ROSA**

ESTE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, FOI JULGADO ADEQUADO PARA OBTENÇÃO DOS CRÉDITOS NA DISCIPLINA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO OBRIGATÓRIA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE:

**BACHAREL EM CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO**

---

Prof. Oscar Dalfovo – Orientador na FURB

---

Prof. José Roque Voltolini da Silva – Coordenador do TCC

## **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Oscar Dalfovo

---

Prof. Carlos Eduardo Negrão Bizzotto

---

Prof. Roberto Heinzle

## **AGRADECIMENTOS**

À todos que me ajudaram a conseguir atingir mais uma das metas da minha vida.

Agradecimentos aos amigos do curso e especialmente àqueles mais próximos que estavam comigo nos trabalhos e provas.

Agradecimentos ao amigo Vitor Jorge W. Brasil, por colaborar na idealização do protótipo e material nele contido.

Agradecimentos aos professores que dedicaram seu tempo e atenção para auxiliarme no desenvolvimento do protótipo.

Ao orientador Oscar Dalfovo pelo incentivo e horas dedicadas à mim e ao meu projeto.

Agradecimentos à minha família, meu pai João A. da Rosa (em memória) por terem me proporcionado o início de tudo isso, em especial minha mãe Almerinda Maria da Rosa.

À Deus.

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS .....</b>	<b>vii</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.2 SINOPSE .....	2
<b>2 EDUCAÇÃO MÉDICA NO BRASIL.....</b>	<b>4</b>
<b>3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....</b>	<b>8</b>
3.1 CONCEITOS.....	8
3.2 HISTÓRICO .....	9
3.3 ÁREAS DA IA .....	14
3.4 DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS.....	14
3.5 DEFINIÇÃO DE FATOS E REGRAS .....	15
3.6 ENCAMINHAMENTO PARA FRENTE .....	15
3.7 ENCAMINHAMENTO PARA TRÁS.....	17
3.8 ENGENHARIA DO CONHECIMENTO .....	19
3.9 ENGENHEIRO DO CONHECIMENTO.....	20
3.10 DEFINIÇÕES DE ESPECIALISTA .....	22
<b>4 SISTEMAS ESPECIALISTAS .....</b>	<b>23</b>
4.1 CONCEITOS .....	23
4.2 CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS ESPECIALISTAS .....	25
4.3 ELEMENTOS DE SISTEMAS ESPECIALISTAS .....	26
4.4 VANTAGENS NA UTILIZAÇÃO DOS SISTEMAS ESPECIALISTAS .....	27
4.5 DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DOS SISTEMAS ESPECIALISTAS .....	29
4.6 RACIOCÍNIO E ENCADEAMENTO.....	29
4.7 REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	30
4.7.1 FORMAS DE REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO .....	31

4.7.1.1	Lógica Formal .....	31
4.7.1.2	Redes Semânticas .....	31
4.7.1.3	Script.....	32
4.7.1.4	Frames.....	32
4.7.1.5	Triplas Objeto-Atributo-Valor (O-A-V) .....	33
4.7.1.6	Regras de Produção .....	34
4.7.2	ÁRVORES DE DECISÃO.....	37
4.8	APLICABILIDADE DOS SISTEMAS ESPECIALISTAS.....	37
4.9	PORQUE NÃO ESPECIALISTAS HUMANOS? .....	41
4.10	PORQUE MANTER ESPECIALISTAS HUMANOS? .....	41
4.11	SISTEMAS ESPECIALISTAS VS. SISTEMAS CONVENCIONAIS .....	42
<b>5</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO.....</b>	<b>43</b>
5.1	FERRAMENTAS E TECNOLOGIAS UTILIZADAS .....	43
5.1.1	BANCO DE DADOS.....	43
5.1.2	FERRAMENTA CASE .....	44
5.1.3	AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO .....	45
5.1.4	ANÁLISE ESTRUTURADA .....	46
5.1.5	MODELO ENTIDADE RELACIONAMENTO (MER) .....	46
5.1.6	DIAGRAMA DE FLUXO DE DADOS – DFD .....	48
5.1.7	DICIONÁRIO DE DADOS .....	50
5.1.8	ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA ESPECIALISTA.....	51
5.2	APRESENTAÇÃO DAS TELAS .....	54
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>62</b>
6.1	DIFICULDADES .....	63
6.2	SUGESTÕES .....	63
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>65</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b>	<b>Processos básicos de tomada de decisão em Medicina... 6</b>
<b>FIGURA 2</b>	<b>Configuração e operação de um programa de IA ..... 19</b>
<b>FIGURA 3</b>	<b>Arquitetura de um sistema especialista ..... 27</b>
<b>FIGURA 4</b>	<b>Modelo Entidade Relacionamento – MER ..... 48</b>
<b>FIGURA 5</b>	<b>Diagrama de Fluxo de Dados do Protótipo – DFD ..... 49</b>
<b>FIGURA 6</b>	<b>Conhecimento do protótipo e sua representação..... 51</b>
<b>FIGURA 7</b>	<b>Diagnograma utilizado no protótipo..... 52</b>
<b>FIGURA 8</b>	<b>Código da máquina de inferência do sistema ..... 53</b>
<b>FIGURA 9</b>	<b>Interface explanatória usada no sistema ..... 54</b>
<b>FIGURA 10</b>	<b>Tela inicial do protótipo ..... 55</b>
<b>FIGURA 11</b>	<b>Tela principal do protótipo ..... 56</b>
<b>FIGURA 12</b>	<b>Tela referente as áreas médicas e suas patologias ..... 56</b>
<b>FIGURA 13</b>	<b>Tela inicial de sistemas especialista ..... 58</b>
<b>FIGURA 14</b>	<b>Tela com alguns níveis no diagnograma ..... 59</b>
<b>FIGURA 15</b>	<b>Tela com um caminho concluído ..... 60</b>
<b>FIGURA 16</b>	<b>Tela dos resumos sobre assunto e dicionário ..... 61</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

AC	Aquisição de conhecimento
EC	Engenharia do conhecimento
IA	Inteligência Artificial
IAM	Inteligência Artificial em Medicina
RC	Representação do conhecimento
SBC	Sistema Baseado em Conhecimento
SE	Sistema Especialista

## **RESUMO**

Este trabalho visa a especificação e implementação de um protótipo de um sistema especialista para o auxílio no aprendizado aplicado à um caso na medicina - hipertiroidismo, baseado no estudo sobre Inteligência Artificial, mais especificamente na área de Sistemas Especialistas, baseado na técnica regras de produção como forma de representação do conhecimento.



## **ABSTRACT**

This work aims at the specification and implementation of an archetype of a system specialist for the aid in the applied learning to the one case in the medicine - hyperthyroidism, based on the study on Artificial Intelligence, more specifically in the area of Systems Specialists, based in the technique production rules as form of representation of the knowledge.

# 1. INTRODUÇÃO

Atualmente a área de informática na educação é uma das que apresentam maiores taxas de crescimento. Conforme a diretora Executiva da Associação Brasileira de Ensino Médico em relato a revista Prodoctor-Resident [LAM1997], descreve que “ Há uma tendência dos estudantes e médicos ao uso de exames sofisticados, enquanto a avaliação e interpretação de procedimentos simples, como por exemplo sedimentos urinários e radiografias de tórax mostraram-se deficientes pelos estudantes e este quadro precisamos mudar rapidamente.” Sendo assim, constata-se que é relativamente baixa o domínio dos alunos a análise dos sinais e sintomas, para a formação de hipóteses diagnósticos, bem como a realização de exames.

Observa-se que a prática médica exige uma constante tomada de decisões. Segundo [RAB1993] “ a metodologia clássica de resolução de problemas, que envolve a análise de dados para determinar a explicação patofisiológica<sup>1</sup> dos sintomas do paciente, é uma das partes do processo de decisão. Igualmente desafiante é o processo diagnóstico, é por isso que o diagnóstico envolve não apenas decidir o que é verdade sobre um paciente, mas também quais dados são necessários para determinar o que é verdade. O processo de tomada de decisão médica envolve, portanto, a coleta de dados, a diagnose e recomendação terapêutica. A Cardiologia, como outras áreas da medicina, tem um grande potencial de aplicação da tecnologia computacional baseada em conhecimento (Inteligência Artificial) ”.

De acordo com [RIB1987], Sistema Especialista é a aplicação de técnicas de Inteligência Artificial e o conhecimento em problemas específicos por especialistas humanos, em um programa de computador que visa simular a forma como os mesmos especialistas humanos tomariam suas decisões em problemas específicos.

---

<sup>1</sup> Patofisiologia s.f. Fisiologia dos distúrbios funcionais.

O grau de eficiência destes sistemas depende diretamente de sua quantidade de conhecimento e da qualidade destes conhecimentos.

Com isso, este trabalho visa a especificação e implementação de um protótipo de um sistema especialista para o auxílio no aprendizado aplicado à um caso na medicina - hipertiroidismo, baseado no estudo sobre Inteligência Artificial, mais especificamente na área de Sistemas Especialistas, baseado na técnica regras de produção como forma de representação do conhecimento.

O desenvolvimento do software será baseado na metodologia Análise Estruturada. Para o armazenamento de dados será utilizado o Banco de Dados Paradox, e para fazer a interface com o usuário será utilizado o ambiente de programação visual Borland Delphi.

## **1.1 OBJETIVOS**

O objetivo principal deste trabalho é a implementação de um protótipo de um sistema especialista para o auxílio no aprendizado aplicado à um caso na medicina - hipertiroidismo. Desenvolver uma ferramenta didática multimídia para a área médica com idioma nacional, que proporcionará um maior dinamismo no ensino diagnóstico.

## **1.2 SINOPSE**

O texto está disposto em 6 capítulos, descritos a seguir:

O capítulo 1 introduz o assunto correspondente ao trabalho, seus objetivos e como está disposto o texto em relação à sua organização.

O capítulo 2 fornece uma visão geral sobre a Educação Médica no Brasil.

O capítulo 3 apresenta uma visão geral sobre Inteligência Artificial, mostrando os conceitos e sua abordagem histórica. Apresenta áreas da IA, partes integrantes essenciais em um sistema de IA. É apresentado neste capítulo formas de encaminhamento para se alcançar os objetivos e é explicado seu funcionamento. Fala também sobre engenharia do conhecimento e conceitua engenheiro do conhecimento mostrando características necessárias ao engenheiro de conhecimento.

O capítulo 4 descreve sobre Sistemas Especialistas, seus conceitos e características, mostrando suas vantagens e desvantagens, uma abordagem histórica. Fala sobre árvores de decisão, componentes de um SE, quais são as formas de representação do conhecimento, onde é explicado seu funcionamento. Apresenta uma comparação entre sistemas convencionais e sistemas especialistas e uma comparação entre especialistas humanos e especialistas artificiais. É apresentado áreas de aplicabilidade dos SEs.

O capítulo 5 apresenta as ferramentas e tecnologias que foram utilizadas para a confecção do trabalho e do protótipo, é apresentado a metodologia de análise e ambiente utilizado para o desenvolvimento do protótipo e apresenta as telas do protótipo.

O capítulo 6, que complementa o trabalho, apresenta as conclusões sobre o desenvolvimento do mesmo, benefícios para a área da medicina, as dificuldades encontradas e sugestões para trabalhos futuros.

## 2 EDUCAÇÃO MÉDICA NO BRASIL

Observou-se pelos dados obtidos conforme o [LAM1997], em relato a revista Prodoctor - que “ Há uma tendência dos estudantes e médicos ao uso de exames sofisticados, enquanto a avaliação e interpretação de procedimentos simples, como por exemplo sedimentos urinários e radiografias de tórax mostraram-se deficientes pelos estudantes e este quadro precisamos mudar rapidamente.” Sendo assim constata-se que é relativamente baixa o domínio dos alunos a análise dos sinais e sintomas, para a formação de hipóteses diagnósticos, bem como a realização de exames corriqueiros que em geral são simples e possuem um custo bem menor para os pacientes, e convênios principalmente para o Estado.

Conforme o presidente da Sociedade Brasileira de Clínica Médica e criador do Programa de educação médica continuada, Dr. Antônio Carlos Lopes “ Precisamos encurtar distâncias e criar uma rede de informação para a otimização do exercício da medicina em todo o Brasil. Hoje dispõem-se de uma parafernália tecnológica que pode abreviar distâncias em segundos, só é preciso criatividade e vontade de fazer .”

Segundo Goytá Fernandes Villela Jr. os médicos que clinicam em regiões remotas e menos desenvolvidas do Brasil têm enormes dificuldades em se manterem atualizados. E mesmo aqueles que trabalham nos grandes centros urbanos do Centro-Sul do país, e que teoricamente teriam mais oportunidades nesse sentido, freqüentemente se atualizam muito menos do que seria desejável, por uma série de motivos. Num quadro como este, o computador poderia ser uma ferramenta extremamente valiosa para colocar ao alcance do médico brasileiro recursos de educação médica continuada, de alta qualidade e a um custo relativamente baixo. Além da desinformação generalizada a respeito das possibilidades desta abordagem, um grande obstáculo, talvez o maior, é a falta de bom material didático (courseware) disponível no mercado brasileiro. A recente liberalização do comércio exterior tornou mais fácil trazer para cá bons produtos comerciais existentes nos países industrializados, mas isto está longe de ser uma solução: além de pressupor

o domínio de línguas estrangeiras, notadamente o inglês, as situações clínicas encontradas são, muitas vezes, dissociadas da realidade brasileira.

Segundo [SAB1994], os CD-ROMs também estão tendo grande impacto no ensino prático das matérias clínicas. Existem também diversos CD-ROMs para a informação e educação dos pacientes, como o Family Doctor, O Mayo Clinic Health Family Book e o Family Medical Advisor Pro, que estão fazendo grande sucesso. São verdadeiras enciclopédias médicas, ilustradas com filmes de vídeo, animações gráficas, fotos, radiografias, etc, estes são tão completos do ponto de vista médico, que podem ser usados no ensino e aperfeiçoamento dos profissionais da saúde.

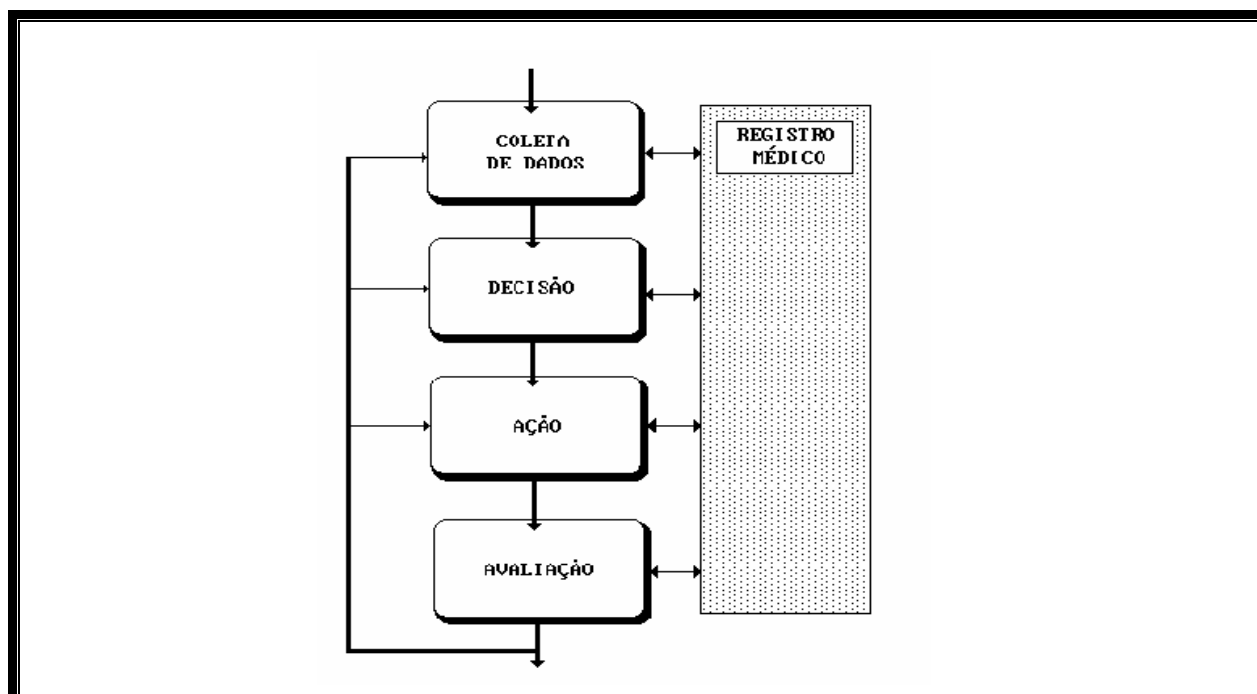
De acordo com [SAB1999], a medicina é uma ciência, ou profissão, que vive de informação. O médico e outros profissionais de saúde lidam constantemente, diariamente, com um grande volume e complexidade de informação, e a qualidade e a eficácia da assistência dependem diretamente do acesso e manipulação da mesma. Portanto, qualquer coisa que ajude esse trabalho passa a ser essencial, e de uso praticamente obrigatório. É necessário, antes de tudo, que o profissional de saúde reconheça esse fato, e que mude radicalmente de paradigma passando a valorizar mais a qualidade da informação.

Érico Coiera [COI1998], diz que uma comunidade pequena mas talentosa de cientistas da computação e profissionais da saúde se dedicaram a dar forma a um programa de pesquisa em uma nova área chamada Inteligência Artificial em Medicina (IAM).

Atualmente, a importância da diagnose como uma tarefa que requeira apoio computacional nas situações clínicas rotineiras têm recebido menos ênfase. No entanto, embora sejam o foco de muitas pesquisas no sentido de entender e apoiar o encontro clínico, os sistemas especialistas existentes atualmente provavelmente são mais usados no laboratório e em ambientes educacionais, para vigilância e alertas clínicos ou em áreas muito ricas em dados, como na medicina intensiva.

Segundo [SAB1993], processo de tomada de decisões ocorre em diversos pontos da atividade do médico. Algumas delas são bastante elementares, como é o caso da interpretação de um resultado de laboratório. Entretanto existem três outras importantes situações ao longo da atenção médica, nas quais o computador pode auxiliar as decisões. Elas estão relacionadas basicamente à resolução de problemas que caracteriza a Medicina clínica: o diagnóstico, o planejamento terapêutico e o prognóstico.

Figura 1 - Processos básicos de tomada de decisão em Medicina



Fonte: [SAB1993]

Estes três níveis de decisão são fortemente interrelacionados, e fazem parte de um ciclo repetitivo e auto-modificável de avaliação – decisão – ação - avaliação . Em conseqüência, muitos programas de computador de apoio a decisão incluem os três aspectos como um todo.

A área médica poderá ser beneficiada por dispor de uma ferramenta didática multimídia, que proporcionará um maior dinamismo no auxílio ao ensino diagnóstico,

podendo o médico e o estudante de medicina chegar – de modo rápido e preciso – a um diagnóstico diferencial e ao diagnóstico provável da doença, a uma resposta sobre possíveis causas, ou ainda, à indicação de exames necessários ou do tratamento mais adequado em cada caso.



## 3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

### 3.1 CONCEITOS

A pesquisa de Inteligência Artificial é uma área da computação que está constantemente em estudo e evolução, e não tem uma única definição para ela. Os pesquisadores em IA preocupam-se em desenvolver sistemas de computador que produzam resultados que normalmente se associam à inteligência humana. Infelizmente ninguém sabe o que é inteligência ou como estar certo de que alguém está se comportando inteligentemente. Ao longo dos anos, incontáveis trabalhos de pensamento filosófico vem sendo escritos para tentar definir e medir este conceito de difícil compreensão. A inteligência humana é uma função complexa que os cientistas apenas começam a entender, mas já se sabe o bastante para podermos fazer certas suposições sobre como pensamos e assim poder aplicar essas suposições ao projeto dos programas de IA.

Segundo [LEV1988] , Inteligência Artificial é simplesmente uma maneira de fazer o computador pensar inteligentemente. Isto é conseguido estudando como as pessoas pensam quando estão tentando tomar decisões e resolver problemas, dividindo esses processos de pensamento em etapas básicas e desenhando um programa de computador que solucione problemas usando essas mesmas etapas .

Segundo [KEL1991], a pesquisa básica em Inteligência Artificial preocupa-se com áreas do comportamento inteligente, tais como a compreensão da linguagem, o raciocínio, o aprendizado e muitas outras. Estas pesquisas não estão limitadas ao estudo da inteligência humana. Elas também abrangem outros tipos de consciência exibidos por outras criaturas animadas, como as plantas, por exemplo .

Basicamente IA é uma maneira de representar o conhecimento humano em forma de modelos computacionais, para que possamos fazer que a máquina pense inteligentemente sobre um determinado domínio.

## 3.2 HISTÓRICO

Desde os anos 40, na segunda guerra mundial, os computadores vem sendo utilizados para planejamentos de ações estratégicas de exércitos, simulações de avanço de tropas.

A partir daí, a IA vem evoluindo gradativamente. Por volta de 1966 as empresas investiram muito em aplicações comerciais práticas que fracassaram porque o custo dos programas de IA eram muito altos, eram lentos e seus resultados não eram muito satisfatórios. Os programas eram demasiadamente complexos para rodarem nos computadores da época. Mesmo assim os pesquisadores não morreram com a idéia e continuaram com as pesquisas nos laboratórios tendo um progresso teórico firme. Os anos passaram e com o desenvolvimento da tecnologia, os computadores ficaram mais rápidos e potentes e relativamente mais baratos, possibilitando assim, a volta da IA dos laboratórios com significativos progressos teóricos, segundo [ HAR1988].

O termo “inteligência artificial” nasceu em 1956 no famoso encontro de Dartmouth. Dentre os presentes a este encontro incluíam-se Allen Newell, Herbert Simon, Marvin Minsky, Oliver Selfridge e John McCarthy. No final dos anos 50 e início dos anos 60, os cientistas Newell, Simon, e J. C. Shaw introduziram o processamento simbólico. Ao invés de construir sistemas baseados em números, eles tentaram construir sistemas que manipulassem símbolos. A abordagem era poderosa e foi fundamental para muitos trabalhos posteriores.

A seguir será mostrado um histórico da IA através das décadas [MÜL1999]:

### **Anos 40**

Segunda guerra mundial. Há a necessidade do avanço tecnológico para fornecer mais instrumentos para o combate bélico. O dinheiro de pesquisas científicas estão à disposição dos cientistas que se preocupam em desenvolver

mecanismos para a morte em massa, de modo a fazer com que a guerra seja ganha pelo poder tecnológico. A maior arma idealizada na época (que matava mais gente em menos tempo) era a bomba atômica, mas para seu desenvolvimento seria necessário uma quantidade gigantesca de cálculos, os quais deveriam ser precisos. Neste contexto, e para que fosse possível o cálculo da bomba atômica, foi desenvolvido o computador. Como diz seu nome, uma máquina de fazer cálculos (cálculos).

Mas não somente para cálculos, o computador foi utilizado também em outros recursos voltados à morte: o planejamento de ações estratégicas de exércitos. Simulações do avanço de tropas era possível informando-se as variáveis envolvidas na ação, permitindo assim a elaboração automática de diversas hipóteses de estratégias. Tal como um jogo de guerra, combinações de possibilidades eram simuladas. Foi então o início dos jogos por computador, utilizados também para situações mais reais além de jogos de dama e xadrez. Eis aí o início da inteligência artificial tradicional, baseada em regras.

Por outro lado, havia outro ramo de pesquisas interessado na realização da representação das células nervosas do ser humano no computador, uma vez que o cérebro é formado de neurônios e é ele que realiza o processamento das informações do corpo. Esta linha de pesquisas motivou o desenvolvimento de uma formalização matemática para o neurônio, estabelecendo o neurônio formal. Esta formalização permitiu a realização de diversas concepções matemática sobre a forma de aprendizado dos neurônios, ou seja, como os neurônios armazenam informações. Isso derivou na década seguinte em modelos de redes de neurônios artificiais.

## **Anos 50**

Nesta década iniciou-se o estudo, na linha de pesquisa psicológica, da utilização da lógica de estratégia para finalidades matemáticas, como a prova de

teoremas. Iniciou-se também a modelagem através de regras de produção, regras estas baseadas na lógica de predicados. A introdução da programação através de comandos de lógica de predicados proporcionou um grande avanço para a programação de sistemas que utilizassem esquemas de raciocínio. Daí foi possível o aperfeiçoamento do que já existia: jogos, aplicações matemática e simuladores. E o avanço foi tanto que nos anos 60 houve uma euforia diante do potencial tecnológico vislumbrado.

Mas, passando à história da linha biológica, esta década foi de grande sucesso dada a implementação do primeiro simulador de redes neurais artificiais e do primeiro neurocomputador. A partir do modelo matemático de MacCulloch e Pitts (1943) e da teoria de aprendizado de Donald Hebb (1949), foi possível nesta década a união desses conhecimentos no modelo de rede neural artificial chamado Perceptron .

## **Anos 60**

Na linha biológica, prosseguiram os desenvolvimentos de conceitos relativos às redes neurais artificiais com o aprimoramento do modelo Perceptron e o surgimento de uma variante, o Adaline . Ambos utilizavam as mesmas idéias de rede, porém a lógica de aprendizado os diferenciava.

Para a linha psicológica esta década foi a descoberta da Inteligência Artificial . Utopicamente, os pesquisadores desta linha acreditavam ser possível realizar tarefas humanas, tais como o pensamento e a compreensão da linguagem, através do computador. Realmente acreditava-se ser possível a reprodução pura e simplesmente do raciocínio humano no computador.

Neste sentido, foi tentada a interpretação da linguagem no computador, tal como compreendida pelo ser humano. No ímpeto da racionalização imposta pelo desenvolvimento de suas pesquisas, acreditaram que apenas através do raciocínio

seria possível a interpretação da linguagem. Obviamente a linguagem humana não é fruto apenas da razão, mas de todo o aparato sensorial e lógico do ser humano.

Por outro lado, em 1969, Marvin Minsky e Sigmour Papert publicaram um livro denominado *Perceptrons*, o qual destinava-se a ridicularizar as pesquisas em torno das redes neurais artificiais. Os autores sustentavam a hipótese de os modelos apresentados não tinham sustentação matemática para terem credibilidade. Tiveram êxito na sua empreitada, levando ao ostracismo os pesquisadores da linha biológica.

### **Anos 70**

Houveram pesquisadores que, por outros caminhos, chegaram a novas concepções de redes neurais artificiais. Estas concepções analisavam o aprendizado de informações como sendo fruto de uma união das potencialidades de redes de neurônios interagindo entre si. Nasceram as redes neurais representadas na forma de mapas cerebrais, onde não havia o aprendizado de um neurônio, mas de toda uma rede, através do compartilhamento de recursos.

Já na linha psicológica, estudos mais aprofundados demonstraram o óbvio: que não seria possível a representação numa máquina dos estados mentais humanos responsáveis pelo pensamento. Ao menos naquele estado da tecnologia. A saída para esta linha de desenvolvimento era dada por uma empresa: a Rand Corporation. Foi de sua equipe de pesquisa que partiram os sistemas especialistas, os quais foram responsáveis pela ampliação da Inteligência Artificial Tradicional.

### **Anos 80**

As redes neurais artificiais tiveram seu reconhecimento recuperado através do físico John Hopfield, que em 1982 provou ser possível a simulação de um sistema físico através de um modelo matemático baseado na teoria das redes neurais.

Assim, em 1986, uma equipe de especialistas das mais diversas áreas reuniram-se para validar as pesquisas em torno das redes neurais, possibilitando a volta da pesquisa nesta linha. Uma das formas de recuperação do prestígio das redes neurais foi a proposta de um modelo, chamado Backpropagation, que ampliava o potencial do Perceptron de modo a permitir a superação das limitações do modelo primitivo.

Enquanto isso, na IA tradicional, ampliavam-se as técnicas e aplicações dos sistemas especialistas. Além disso, houve o interesse de trabalho conjunto com outras áreas, tais como interfaces inteligentes, sistemas de apoio à decisão, controle de robôs, etc.

## **Anos 90**

Nesta década, as redes neurais tiveram uma explosão exponencial de aplicações e desenvolvimento de modelos. São centenas de propostas de novos ou aperfeiçoamento de modelos a cada ano, tal o interesse pela área. A partir daí, consolidam-se as redes neurais como parte integrante do estudo da Inteligência Artificial propriamente dita.

Reconhece-se, também, que os paradigmas biológico e psicológico são complementares e necessários para sistemas mais evoluídos. Desta forma, começam nesta década a serem construídos os chamados Sistemas Híbridos . Estes sistemas são a união das concepções das duas linhas de pesquisa, permitindo a construção de grandes sistemas que pretendem abranger uma forma mais completa de representação do comportamento humano. Ideal este da própria Inteligência Artificial.

### 3.3 ÁREAS DA IA

Dentre as principais áreas da IA, destacam-se :

- a) **processamento da linguagem natural** : área que direcionada para o desenvolvimento de modelos computacionais que leiam, falem ou entendam a linguagem humana;
- b) **robótica** : área que se ocupa com o desenvolvimento de programas de computador para construção de robôs inteligentes, passíveis de compreensão das contínuas alterações do ambiente que o cerca;
- c) **sistema especialista** : área voltada à confecção de programas que utilizem conhecimento simbólico para simular o comportamento de especialistas humanos;
- d) **redes neurais** : área voltada à criação de bases de conhecimento de sistemas inteligentes não necessitando a presença do especialista, simulam o sistema nervoso vivo em computador;
- e) **algoritmos genéticos** : podem ser considerados algoritmos de busca, ou seja, a partir de candidatos à solução são gerados novos candidatos e estes são avaliados até chegar-se a uma solução satisfatória.

### 3.4 DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS

Os resultados finais para os quais todos os processos de pensamento estão dirigidos são chamados *objetivos*. A meta de qualquer sistema de IA é alcançar os objetivos, assim antes de começar a escrever um programa de IA, deve-se definir um conjunto de objetivos, saber que tipo de problema quer solucionar e ser capaz de descreve-lo em termos concretos. Em um programa de IA todos os fatos e regras são irrelevantes, exceto aqueles que ajudam a alcançar o objetivo definido.

Quando se projeta um sistema de IA, o objetivo do sistema deve sempre ser mantido em mente. Segundo [LEV1988], não fazemos as coisas porque pensamos, pensamos porque existem coisas que temos de fazer.

### **3.5 DEFINIÇÃO DE FATOS E REGRAS**

Todo objetivo tem seus próprios fatos, sendo assim os fatos são um ingrediente essencial em um sistema de IA, pois sem eles não haveria jeito de alcançar os objetivos. Depois de reunidos todos os fatos, precisa-se adquirir dados necessários para instanciar as variáveis, convertendo os fatos em perguntas cujo as respostas serão os dados.

Mas precisa-se de regras para aplicar os fatos. Tais regras devem ser bem planejadas para a avaliação dos dados de forma que se possa alcançar o objetivo. Sem regras, se teria uma infinidade de fatos e dados associados mas sem meios de processá-los.

### **3.6 ENCAMINHAMENTO PARA FRENTE**

O processo de se alcançar os objetivos usando os dados para chegar a uma conclusão é conhecido como encaminhamento para frente. Ele nos permite prosseguir de uma maneira lógica de uma etapa para outra.

Os sistemas de encadeamento para frente fazem prognósticos através da análise de condições definidas na parte SE da regra e chegam a conclusões na parte ENTÃO.

Por exemplo, tem-se uma condição (superaquecimento) , e quer se saber qual será seu resultado ou consequência (será que o carro vai enguiçar ?). Primeiro



afirma-se que uma condição havia ocorrido – o superaquecimento do motor. Depois pensa-se nas regras que eram conhecidas e que eram relacionadas àquela condição. Algumas dessas regras são :

Regra 1:

SE o motor superaquecer ENTÃO o carro vai enguiçar.

Regra 2 :

SE o carro enguiçar ENTÃO isso vai custar muito dinheiro.

A condição que disparou a cadeia de eventos foi “ superaquecimento ”. Isso fez com que a primeira parte da *regra1*, a parte da condição, ou parte SE, fosse chamada. A condição da *regra1* sendo verdadeira, faz com que a parte ENTÃO da regra seja invocada. O encaminhamento continua : a parte SE da *regra2* é acionada pelo fato de o carro realmente enguiçar ou porque a *regra1* foi chamada. Sua conclusão de que essa quebra vai lhe custar caro pode resultar da quebra em si ou da observação de um motor superaquecido.

Quando uma condição como um superaquecimento ocorre, alguma coisa é afetada por ela (a parte ENTÃO, ou conclusão). Como a condição vem antes da conclusão, e como começamos com as condições, vamos para frente. É por isso que usa - se o termo *encaminhamento para frente*.

### **Funcionamento de um típico sistema de encaminhamento para frente :**

- 1- O sistema é apresentado com uma ou mais condições.
- 2- Para cada condição o sistema pesquisa em seu banco de conhecimentos as regras que contenham essa condição na parte SE da regra.

- 3- Cada regra pode, por sua vez, *gerar novas condições* a partir das conclusões da parte ENTÃO que for chamada. Essas novas condições são incorporadas àquelas já existentes.
- 4- Qualquer condição que tenha sido incorporada ao sistema é processada. Se houver tal condição, o sistema volta ao passo 2 e pesquisa novamente as regras no banco de conhecimentos. Se não houver nenhuma condição nova, a sessão termina.

### **3.7 ENCAMINHAMENTO PARA TRÁS**

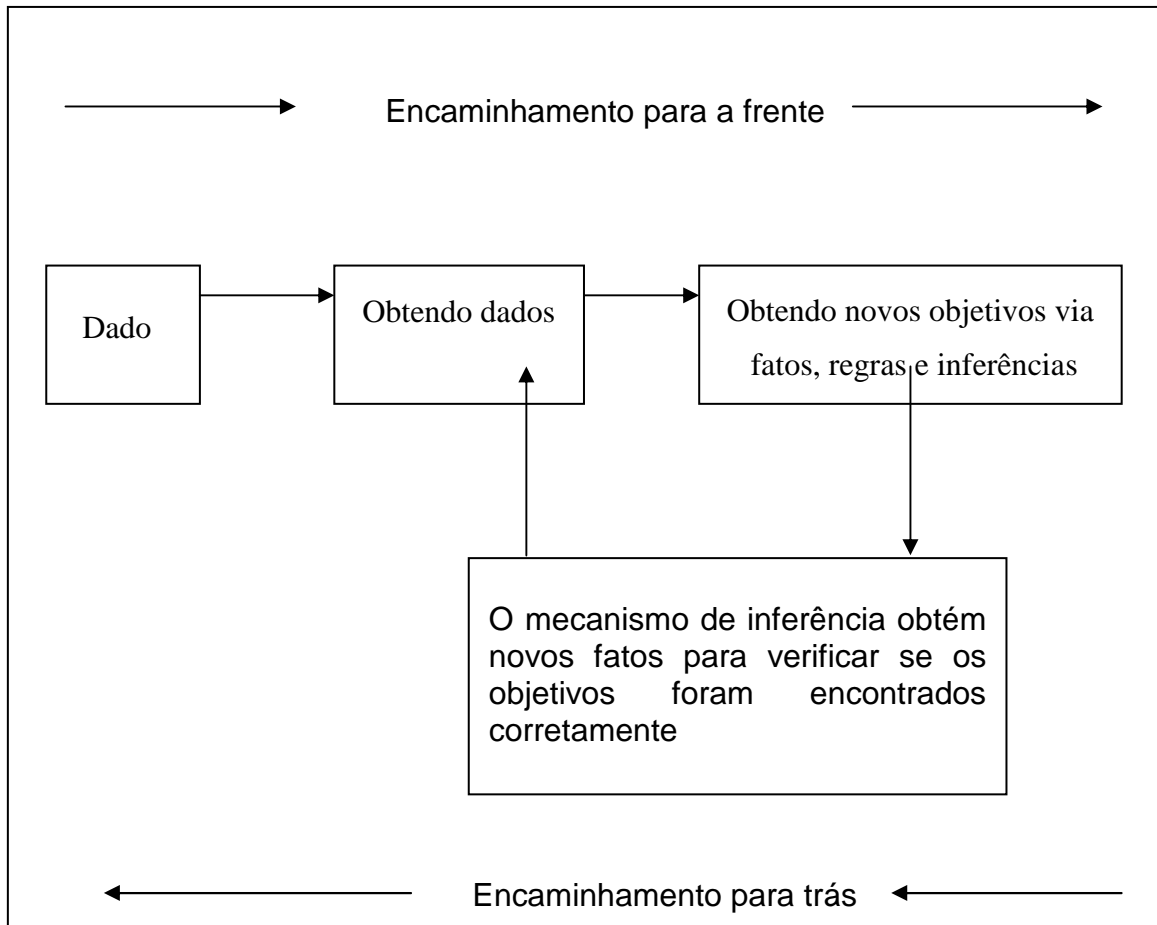
O processo de usar uma conclusão para procurar por dados que a sustentem é conhecido como encaminhamento para trás. Obtendo novos dados e vendo se eles são consistentes com a conclusão original, atingimos nosso objetivo. Em lugar de se deslocar na direção de um objetivo definindo fatos e obtendo dados, o encadeamento para trás começa depois que o objetivo tiver sido alcançado. A ferramenta de encadeamento para trás nos ajuda a diagnosticar problemas nos quais a conclusão é conhecida e as causas são procuradas.

#### **Funcionamento de um típico sistema de encaminhamento para trás:**

- 1- Identifique a conclusão;
- 2- Procure na lista de conclusões a primeira ocorrência do nome da conclusão. Se encontrado, coloque a regra na pilha de conclusões usando o número da regra e um (1) para representar o número da cláusula. Se não encontrado, notifique o usuário de que a resposta não pode ser encontrada;

- 3- Instancie cláusula SE ( isto é, cada variável de condição ) da regra;
- 4- Se uma das variáveis da cláusula SE não tiver sido instanciada, conforme indicar a lista de variáveis, e se ela também não for uma variável de conclusão, isto é, se ela não estiver na lista de conclusões, peça ao usuário para inserir um valor;
- 5- Se uma das cláusulas for uma variável de conclusão, coloque o número da regra da variável de conclusão no topo da pilha e volte ao passo 3;
- 6- Se a unidade do topo da pilha não puder ser instanciada usando-se a regra SE-ENTÃO atual, remova a unidade do topo da pilha e procure na lista de conclusões uma outra ocorrência do nome daquela variável de conclusão.
- 7- Se tal sentença for encontrada, volte ao passo 3;
- 8- Se não houver mais nenhuma conclusão com aquele nome na pilha de conclusões, a regra de conclusão anterior será falsa. Se não houver uma conclusão anterior, então notifique o usuário de que a resposta não pode ser encontrada. Se houver uma conclusão anterior, volte ao passo 6;
- 9- Se a regra do topo da pilha puder ser instanciada, remova-a da pilha. Se uma outra variável de conclusão estiver abaixo dela, incremente o número da cláusula; e, para as cláusulas restantes, volte ao passo 3. Se não houver mais nenhuma variável de conclusão embaixo, teremos respondido nossa pergunta. O usuário pode chegar a uma conclusão.

Figura 2 – Configuração e operação de um programa de inteligência artificial.



Fonte: [KEL1991]

### 3.8 ENGENHARIA DO CONHECIMENTO

O processo de construção de um SE é geralmente chamado de Engenharia do Conhecimento (EC). Tipicamente envolve uma forma especial de interação entre o construtor do SE, chamado Engenheiro do Conhecimento, e um ou mais especialistas em alguma área. O engenheiro do conhecimento extrai dos especialistas seus procedimentos, estratégias e regras práticas para solução de problemas e constrói este conhecimento em um SE. O resultado é um programa que soluciona problemas a maneira dos especialistas humanos.

A Aquisição de Conhecimento (AC), processo pelo qual acontece esta

extração do conhecimento, foi identificada como uma geradora de dificuldades no processo de construção de SEs, passando a constituir uma importante área de pesquisa em IA.

O domínio especialista envolve o conhecimento de uma pessoa capaz de produzir boas soluções para problemas em um campo específico. O especialista utiliza estratégias para tornar a pesquisa de uma solução mais eficiente e o SE modela estas estratégias. Embora o SE geralmente modele um ou mais especialistas, ele pode também conter conhecimento especialista de outras fontes, como livros, artigos, etc.

### **3.9 ENGENHEIRO DO CONHECIMENTO**

De acordo com [SCH1987], as questões principais a serem contornadas pelo projetista de um sistema IA são: aquisição, representação e manipulação de conhecimento e, geralmente, uma estratégia de controle ou máquina de inferência que determina os itens de conhecimento a serem acessados, as deduções a serem feitas, e a ordem dos passos a serem usados. Adotando um procedimento particular - máquina de inferência - o desenvolvimento de um sistema IA é reduzido à obtenção e codificação de regras e fatos que sejam suficientes para um determinado domínio do problema. Este processo de codificação é chamado de engenharia do conhecimento.

O engenheiro de conhecimento é o responsável pela aquisição do conhecimento : (coleta, seleção, decomposição e modelagem ), do especialista.

O processo de aquisição do conhecimento junto aos especialistas pode ser feito de várias maneiras. Em geral, o engenheiro do conhecimento entra em contato com um ou mais peritos (agentes do conhecimento), em uma ciência ou ramo particular da ciência, que lhe fornece o conhecimento que será implementado para a resolução de um número determinado de problemas.

Em alguns casos, especialistas de diferentes áreas do conhecimento trabalham juntos para analisar diferentes aspectos de um mesmo problema ou para definir diferentes formas de resolução de problemas.

### **Características necessárias ao engenheiro de conhecimento:**

**Comunicabilidade:** deve estabelecer um bom relacionamento com o especialista. E deve ter uma boa capacidade de argumentação e sustentação do raciocínio.

**Inteligência:** deve possuir boa capacidade intelectual para utilizar terminologias técnicas (as mesmas do especialista). Além de saber discriminar quais os conhecimentos necessários e descartar aqueles que não são claros ou úteis.

**Paciência:** deve saber observar e coletar pacientemente as informações de forma sistemática e metódica, a fim de realizar sucessivas reuniões com o especialista até a perfeita modelagem do conhecimento.

**Metodologia ou Modelo de Aquisição de Conhecimento (AC):** o especialista deve possuir uma boa metodologia ou modelo de AC.

## **Dificuldades do engenheiro do conhecimento:**

Uma das problemáticas que envolvem a função do engenheiro de conhecimento é que ele seleciona e coleta dados para realizar uma abstração estática de um mundo dinâmico, cujos problemas e soluções sempre se renovam.

### **3.10 DEFINIÇÕES DE ESPECIALISTA**

Especialistas são pessoas reconhecidas por possuírem um considerável grau de conhecimento em determinada especialidade.

O especialista deve possuir um alto grau de especialização na sua área, ou seja, ser um perito altamente qualificado, conhecedor do seu potencial e dos seus limites. Além disso deve ter autoconfiança, determinação, versatilidade e uma grande capacidade de organização na resolução de problemas.

O especialista é quem detém o conhecimento, os conceitos, regras, os dados, as teorias, as questões e as possíveis soluções para o problema que se quer resolver. E o engenheiro do conhecimento é quem extrai o conhecimento do especialista e é responsável por sua formalização e estruturação.

## 4 SISTEMAS ESPECIALISTAS

Inicia-se este capítulo provendo alguns conceitos e informações históricas sobre os Sistemas Especialistas (SE). A seguir são apresentadas suas características, seus componentes e organização. Por fim, descreve-se os formalismos de Representação de Conhecimento (RC) mais utilizados nesta área.

### 4.1 CONCEITOS

Sistemas especialistas segundo [LIM1999], são sistemas desenvolvidos para conter em si o conhecimento de um ou mais especialistas, ou seja, são sistemas projetados para solucionar problemas e realizar tarefas simulando a tomada de decisão de especialistas em diferentes áreas.

Os SE são capazes de aprender, analisar, controlar, interpretar, aconselhar, consultar, monitorar, comunicar, instruir, classificar, diagnosticar, prever, projetar, testar, etc. Além da capacidade de aprender o SE pode melhorar seu desempenho, aprimorar seu raciocínio e aperfeiçoar suas decisões.

São estruturados para atender a uma aplicação restrita ou domínio limitado do conhecimento. Quanto mais restrito o domínio e mais conhecimento tiver o programa mais eficiente tende a ser o SE.

Dentre os programas que utilizam a tecnologia dos SE pode-se citar o:

**DENDRAL** - Foi o primeiro sistema especialista a surgir (1971), criado por Edward Feigenbaum na Universidade Stanford. Serve para detectar a estrutura molecular de um componente orgânico, sendo de grande ajuda na química e na medicina.



**MYCIN** (Shortliffe, 1976) - É um programa que tem na sua base de conhecimento dados inseridos por diversos especialistas da área da saúde. Serve para realizar consultas, solicitar exames e diagnosticar doenças como a meningite e infecções do sangue.

**PROSPECTOR** - É um programa que contém na sua base de conhecimento informações sobre mapas geológicos e levantamento de terrenos. Serve para auxiliar na localização de veios de minerais.

Sistemas especialistas podem freqüentemente fazer melhor que um especialista, podem combinar a capacidade de um especialista com a velocidade e precisão de uma máquina. Eles podem fazer uma análise detalhada e completa de uma situação que dificilmente um humano seria capaz de fazer. Se um sistema foi bem estruturado, ele não cometerá erros que eventualmente um humano pode cometer. Finalmente, um sistema especialista seria capaz de fazer tarefas detalhadas e repetitivas - que um especialista talvez as desprezasse, em uma situação em que as chances de resolver o problema são muito pequenas .

Para começar a criar um programa de inteligência artificial, deve-se primeiro pensar em um domínio, um conhecimento de uma área específica, este por sua vez deve conter uma quantidade razoável de informações.

De acordo com [LEV1988], um sistema de inteligência artificial criado para resolver problemas em um determinado domínio é chamado de sistema especialista. Todo o conhecimento em um sistema especialista, é fornecido por pessoas especialistas naquele domínio. As regras heurísticas não são formuladas como resultado de um conhecimento comum e reconhecido por todos; elas são regras que apenas um especialista conhece .

Segundo [KEL1991] “ é melhor pensar num sistema especialista como um aprendiz ou um assistente inteligente, em vez de um substituto para os especialistas humanos. Este enfoque é mais agradável e realístico a curto prazo ”.

## 4.2 CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS ESPECIALISTAS

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

Para representar o desempenho de especialistas humanos, o SE deve possuir não só um conjunto de informações mas, também, a habilidade de utilizá-las na resolução de problemas de forma criativa, correta e eficiente. Esta habilidade representa uma série de palpites e regras intuitivas que o especialista utiliza para resolver os problemas, e sua aplicação possibilita, de uma maneira mais econômica, a chegada à soluções aceitáveis, embora nem sempre ótimas.

Quadro nº1. Características dos SE

<b>Características dos Sistemas Especialistas</b>	
Alto desempenho	Explicação mais elaborada
Tempo de resposta adequado	Listar razões
Boa confiabilidade	Listar hipóteses
Capaz de entendimento	Explicar conseqüências
Flexibilidade	Justificar perguntas
Raciocínio simbólico	Justificar conhecimento

Fonte: Adaptado de [LIM1999]

### 4.3 ELEMENTOS DE SISTEMAS ESPECIALISTAS

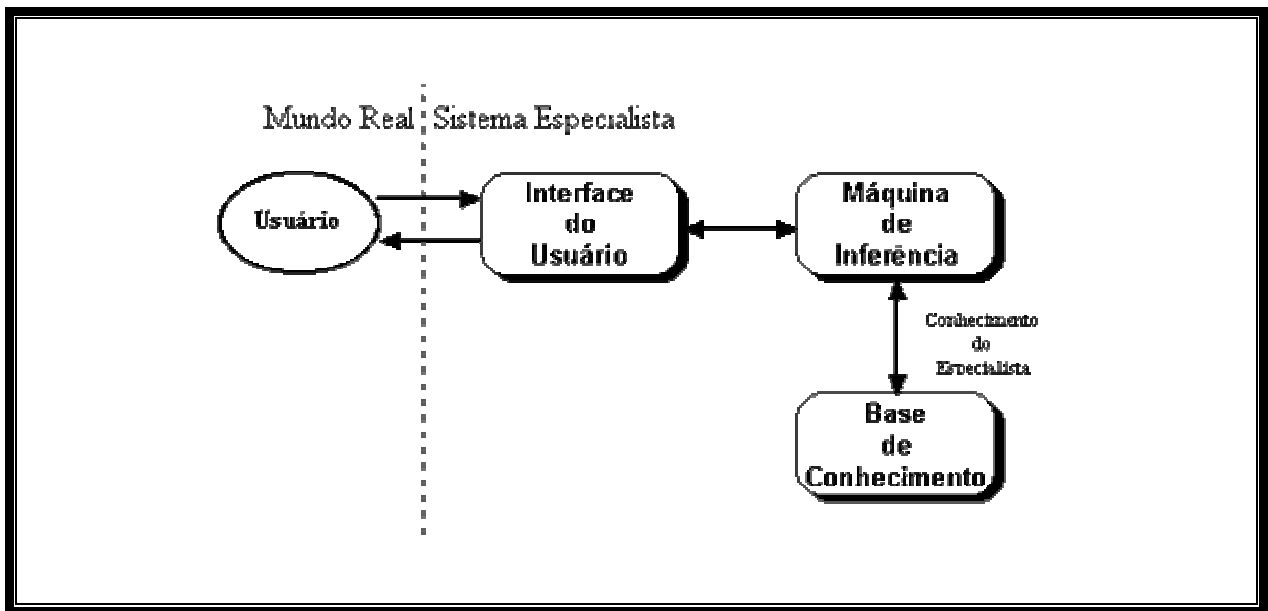
Segundo [RAB1995], representa-se o conhecimento para posteriormente recuperá-lo, para raciocinar com ele e para adquirir mais conhecimento. A estrutura de um sistema de conhecimento pode ser compreendida a partir de três de suas principais partes :

A primeira parte é a base de conhecimento, onde armazena o conhecimento de uma área específica sob a forma de regras de produção, quadros, redes semânticas, ou outra forma qualquer. A estrutura da base de conhecimento é definida pelo projetista preferivelmente tendo em vista o tipo de conhecimento armazenado.

A segunda parte é a máquina de inferência, que por sua vez, manipula a base de conhecimento. Tal manipulação realiza-se através da seleção e da aplicação da regra apropriada a cada passo da resolução de um problema quando sistema especialista envolve regras de produção. Ela pode partir de premissas ou elementos de informação e, através da combinação dessas premissas e desses elementos de informação, tentar alcançar o seu objetivo. O processo de se alcançar os objetivos usando os dados para chegar a uma conclusão é conhecido como encamionamento para frente. Porém, em outras formas de representação do conhecimento, pode estar intimamente ligado à estrutura de representação, sendo algo até um tanto difuso. Para a implementação da máquina de inferência, em alguns casos pode-se adotar *softwares* disponíveis, enquanto que em outros é preciso elaborá-los.

A terceira parte é a interface explanatória, a qual corresponde àquela parte de um sistema de conhecimento que está voltada para a interação com o usuário. Para definir a forma como o conhecimento é apresentado na interface explanatória, o projetista pode valer-se de recursos multimídia, envolvendo textos explicativos, gráficos estáticos, sons de alerta, animações e outras formas de representação das informações.

Figura 3 - Arquitetura de um sistema especialista.



#### 4.4 VANTAGENS NA UTILIZAÇÃO DOS SISTEMAS ESPECIALISTAS

Para Carrico (1989), algumas vantagens dos SEs, frente aos especialistas humanos, incluem:

- estão sempre disponíveis, não sendo afetados por distração, cansaço, etc.;
- algumas tarefas são melhor realizadas por eles do que pelo especialista que emprestou o conhecimento;
- um uso de conhecimento mais flexível é possível quando comparados a programas convencionais similares;

Segundo [LIM1999], existem muitas vantagens na utilização dos SE, dentre elas:

- Ajuda a reduzir falhas humanas e acelerar tarefas;

- Apresenta estabilidade e flexibilidade;
- Aumenta o desempenho e a qualidade na resolução de problemas;
- Combina e preserva o conhecimento dos especialistas;
- Contempla hipóteses múltiplas simultaneamente;
- Integra várias ferramentas;
- Não é afetado por questões psicológicas, estresse e fatores externos;
- Apresenta maior eficiência e otimização de resultados;
- Possui maior rapidez na resolução de problemas ;
- Soluciona problemas tão bem quanto um especialista humano.

Quadro nº2. Vantagens dos Sistemas Especialistas

<b>Vantagens dos Sistemas Especialistas</b>	
Disponibilidade	Respostas
Custo reduzido	Estáveis
Registro permanente	Completas
Múltipla perícia	Não emocionais
Explicação	Tutor inteligente
Rapidez de resposta	Base de dados inteligente

## 4.5 DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DOS SISTEMAS ESPECIALISTAS

Os sistemas especialistas também podem gerar problemas. Com a introdução da automação, os trabalhadores podem se sentir inseguros - eles podem achar que irão perder o emprego (e isto realmente acontece). Esta situação pode ser evitada com uma migração lenta e responsável do sistema humano para o sistema máquina.

Um outro problema pode surgir quanto a política. Sistemas especialistas não possuem senso de política, podendo produzir resultados embaraçosos a alguém . Portanto, nessas situações, é necessário subordinar o sistema a um analista humano, que interage com ele e desvia a situação se necessário.

## 4.6 RACIOCÍNIO E ENCADEAMENTO

Sistemas Especialistas geralmente adotam uma das seguintes estratégias de raciocínio:

**Raciocínio para frente ("forward chaining"):** o sistema é dirigido pelos dados, parte de fatos conhecidos e tenta deduzir novos fatos, através do motor de inferência, até chegar a solução.

**Raciocínio para trás ("backward chaining"):** dirigido pela meta. O sistema faz o caminho inverso, partindo da solução do problema (meta) e tenta verificar se é verdadeira através de suas condições, que passam a ser então submetas a serem também provadas. Isto ocorre sucessivamente até se chegar a um conjunto de condições verificáveis.

## 4.7 REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO

Primeiramente, deve-se esclarecer que Representação de Conhecimento (RC) são métodos usados para modelar os conhecimentos de especialistas em algum campo, de forma eficiente, e colocá-los prontos para serem acessados pelo usuário de um sistema inteligente. Ou seja, RC é uma combinação de estruturas de dados e procedimentos interpretativos, que se usados corretamente em um programa terão uma conduta inteligente.

De fato, o desempenho e grau de "inteligência" de um Sistemas Baseado em Conhecimento estão diretamente ligados à qualidade e usabilidade do conhecimento contido no sistema. Segundo autores como Alty (1984), Fikes (1985), Woods (1986) e Wah (1989), a ênfase sobre o conhecimento nos SBC fez com que a área de RC assumisse papel fundamental, levando ao desenvolvimento de vários formalismos de representação do conhecimento.

Trabalhar com RC em IA tem envolvido o projeto de várias classes de estruturas de dados para armazenamento de informações, bem como o desenvolvimento de procedimentos para manipulação destas estruturas.

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

Para saber qual o tipo de RC que deverá ser usado em um determinado problema, considera-se o uso final do conhecimento, que pode ser aquisição de mais conhecimento, recuperação de conhecimento ou "raciocínio" sobre esse conhecimento para se obter uma solução.

As formas de representação do conhecimento mais comumente usados em IA são as seguintes : Lógica Formal, Redes Semânticas, Frames, Scripts, Triplas Objeto-Atributo-Valor (O-A-V) e Regras de Produção.

## **4.7.1 FORMAS DE REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO**

### **4.7.1.1 Lógica Formal**

A Lógica Formal é a maneira clássica para representar o conhecimento contido em sentenças do tipo "Todos os pássaros tem asas.". Sob o prisma da lógica formal a sentença citada anteriormente tomaria a seguinte forma "x. Pássaro(x) TemAsas(x)".

Que se lê: para cada objeto x no mundo, se for pássaro então terá asas.

A vantagem da representação formal é a existência de um conjunto de regras, chamadas regras de inferência, onde fatos conhecidos como verdadeiros são usados para derivar outros fatos que serão verdadeiros também. É preciso salientar, também, que deve haver uma regra de inferência específica que permitirá fazer uma tal dedução baseada na sintaxe das sentenças e que novos fatos derivados através de aplicações destas regras de inferência são sempre verdade durante o tempo que os fatos originais forem verdade.

### **4.7.1.2 Redes Semânticas**

No formalismo de Redes Semânticas o conhecimento é representado utilizando-se uma estrutura de rede. Criada por Quillian em 1968, foi desenvolvida como um modelo explicitamente psicológico de memória associativa humana, e tornou-se um método padrão de representação para IA e SE. Uma Rede Semântica



consiste de pontos (nodos) conectados por ligações (arcos) que descrevem as relações entre estes pontos. Os nodos representam objetos, conceitos e eventos; os arcos podem ser definidos numa variedade de modos, dependendo do tipo de conhecimento a ser representado.

Uma característica chave da Rede Semântica é que importantes associações podem ser feitas explicitamente ou sucintamente: fatos relevantes sobre um objeto ou conceito podem ser inferidos dos nodos com os quais eles estão ligados, sem uma busca através da ampla base de dados. São um modo usual para representar conhecimento em domínios que usam taxonomias bem estabelecidas para simplificar resolução de problemas. Esta representação provê um modo padrão de análise de significado de uma sentença e indica as similaridades nos significados destas.

### **4.7.1.3 Script**

Desenvolvido em 1977 por Schank e Abelson, o Script (roteiro), é uma estrutura que representa, de uma forma narrativa, a seqüência de eventos e outros acontecimentos que tipicamente estão presentes numa certa ocasião. Um Script usa uma série de campos contendo conhecimento declarativo ou procedural. Componentes típicos de um Script incluem condições, objetos, papéis e cenários.

### **4.7.1.4 Frames**

Basicamente um *Frame* é uma estrutura de dados que inclui informação declarativa e procedural em relações internas pré-definidas. Em 1975 Marvin Minsky, quem originou a idéia de Frame, descreve o seguinte: "Um Frame é uma estrutura de dados para representar uma situação estereotipada, como um certo tipo

de sala existente, ou ir à festa de aniversário de uma criança. Vinculado a cada Frame estão vários tipos de informações. Algumas destas são sobre como usar o Frame. Algumas são sobre o que esperar para acontecer em seguida. Outras são sobre o que fazer se essas expectativas não forem confirmadas."

Segundo Elaine Rich e Kevin Knight: "Um frame é uma coleção de atributos, em geral chamados de escaninhos (slots), e valores a eles associados (e possivelmente restrições a estes valores) que descrevem alguma entidade do mundo."

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

Existem dois tipos de Frames :

Frames Construtores: São frames que funcionam como esquemas para a construção de outros frames.

Frames de Instância: São frames específicos, construídos a partir do frame construtor.

Os frames possuem dificuldades por não possuir uma definição formal de método, o que ocasiona perda da simplicidade e da uniformidade. Não apresenta uma metodologia específica para a implementação.

#### **4.7.1.5 Triplas Objeto-Atributo-Valor (O-A-V)**

As triplas Objeto-Atributo-Valor (O-A-V), utilizadas no MYCIN, são outro formalismo de representação de informação.

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

Triplas O-A-V são uma variação de Redes Semânticas, onde a relação objeto atributo representa o arco "faz parte" e a relação atributo valor representa o arco "é um". Os nodos são classificados em três categorias: objetos, atributos e valores. Relacionamentos e prioridades também podem ser representados em árvores de triplas, estabelecendo uma estratégia estática e uma estrutura dinâmica.

#### **4.7.1.6 Regras de Produção**

É a representação de um domínio específico do conhecimento na forma de um conjunto de regras (se...então...) baseadas na lógica. Essas regras formam a base do sistema. Constitui a técnica mais famosa utilizada pelos sistemas especialistas.

É um esquema onde o conhecimento é representado através de regras do tipo SE condição ENTÃO ação. Estes pares condição-ação são chamados produções. Sua utilização vem do fato de que as condições em que cada regra é aplicável são descritas explicitamente e as interações entre regras são minimizadas (uma não chama a outra). As regras provêm um modo formal de representar recomendações, diretivas ou estratégias. Muitas vezes são apropriadas quando o domínio do conhecimento resulta de associações empíricas desenvolvidas através de anos de experiência em resolução de problemas em uma área.

## **Características das Regras de Produção:**

São constituídas por duas partes: premissa (se) e conclusão (então).

Por exemplo:

Sentença (expressa informações sobre o mundo - fatos) - Todo homem é racional.

Regra:

SE X é homem (premissa)

ENTÃO X é racional (conclusão).

As premissas servem como parâmetro para mapear a memória de trabalho. Contém os antecedentes da conclusão, ou seja, as condições que permitem ao sistema chegar a determinados resultados.

A conclusão representa o resultado de um encadeamento lógico das premissas, pode representar também as possíveis saídas do sistema. Implica uma alteração ou adição de novos fatos à memória de trabalho.

A forma como as premissas e as conclusões se relacionam depende das estratégias de controle que podem ser : encadeamento para frente, para trás e sistema híbrido.

Seu objetivo é fazer com que a máquina seja capaz de realizar deduções a partir das regras que lhe foram previamente fornecidas (é uma das formas mais conhecidas de representação do conhecimento para sistemas de pequeno porte).

## **Vantagens das Regras de Produção:**

- Possibilidade de atualizar os conhecimentos;

- Fácil implementação;
- Mecanismo de inferência similar ao do ser humano;
- Modularidade;
- Simplicidade sintática e apelo intuitivo;
- Utilização de vários shells.

### **Desvantagens das Regras de Produção:**

- Alguns fluxos de controle são difíceis de seguir, o que ocasiona dificuldades nos testes de apuração dos conhecimentos;
- Os conjuntos de regras não possuem uma estrutura específica, pois nem sempre os métodos de resolução de problemas são fáceis de representar;
- Não provêm facilidades de representação de estruturas mais complexas
- Parcelam o conhecimento e nem sempre se adequam ao modo de raciocínio humano.

Além disso, SBC que utilizam apenas Regras de Produção como formalismo de representação do conhecimento tendem a apresentar um baixo desempenho quando o número de regras, torna-se grande.

## **4.7.2 ÁRVORES DE DECISÃO**

De acordo com [JOA1993], quando a lógica for complexa, para ser detalhada pela utilização de linguagens estruturadas, então podemos recorrer a outras ferramentas, entre elas a das Árvores de Decisão.

A árvore de decisão é uma ferramenta “top-down” que através da divisão das ações em diferentes ramos, consegue cobrir todos os possíveis desdobramentos de uma determinada lógica.

As árvores de decisão são bem simples de modificar, de acordo com a evolução das especificações. A tarefa mais difícil é organizar os critérios de decisão para que cada teste ocorra somente uma vez, mas, uma vez executada, será fácil acrescentar novas condições de teste e atualizar a árvore. As minispecs em árvore de decisão são fáceis para os programadores seguirem: a ramificação lógica do programa já está desenhada em forma diagramática.

## **4.8 APLICABILIDADE DOS SISTEMAS ESPECIALISTAS**

Os SEs se aplicam a determinadas classes de problemas entre os quais : interpretação de dados, simulação, diagnóstico, projeto, planejamento, monitoramento, depuração, reparo, instrução e controle [WAT1986].

Quadro nº3. Aplicabilidade dos SE

<b>Classes</b>	<b>Definição</b>	<b>Aplicação</b>
<b>Interpretação</b>	Consiste na análise de dados para determinar seu significado.	Processamento de imagens, análise de medidas vindas de sensores de massa espectrográfica.
<b>Simulação</b>	Consiste em prever conseqüências de dadas situações. Estes SEs muitas vezes utilizam modelos de simulação para gerar cenários que podem ocorrer a partir de um fato particular inicial	Previsão de tempo; Demografia; Bolsa de valores.
<b>Diagnóstico</b>	É o processo de classificar uma situação a partir de suas características, ou seja, determinar a doença através dos sintomas do paciente, localizar falhas nos circuitos elétricos.	Medicina; Diagnóstico de falhas em máquinas, equipamentos eletrônicos e " softwares ".
<b>Projeto</b>	É o desenvolvimento da especificação de objetos baseando-se num conjunto de restrições que deve ser satisfeito. Estes objetos podem ser tanto objetos concretos, como abstratos.	Concretos – ( " layout " de circuitos integrados, computadores); Abstratos (programas de computadores).

Fonte : [WAT1986]

continuação

<b>Planejamento</b>	É o processo de determinar uma seqüência de ações a serem realizadas para se alcançar um objetivo	Planejamento da série de reações químicas aplicada em grupos de átomos para sintetizar um composto orgânico complexo;  Planejamento estratégico militar.
<b>Monitoramento</b>	É o processo de observar o comportamento de um sistema e compará-lo com o comportamento esperado.	Sistema de controle de tráfego aéreo.
<b>Depuração</b>	Consiste em achar soluções para mal funcionamento. Estes sistemas muitas vezes incorporam componentes de diagnóstico para descobrir a causa do problema.	Seleção do tipo de manutenção necessária para corrigir falhas nos cabos telefônicos;  Escolha de um procedimento de reparo para fixar um mal funcionamento conhecido em uma locomotiva.
<b>Sistemas de reparo</b>	Seguem um plano para administrar alguma solução prescrita. Estes sistemas usualmente requerem facilidades de diagnóstico,	

Fonte:[WAT1986]

continuação



	depuração e planejamento para configurar o contexto de reparo.	
<b>Instrução</b>	É o processo de ensinar estudantes para que sejam eliminadas deficiências em seu conhecimento. Sistemas de instrução desenvolvem um modelo de o quê o estudante conhece e como o conhecimento é aplicado para resolver o problema	Sistemas para o ensino de linguagens de programação,  Consertos eletrônicos e diagnósticos médicos.
<b>Controle</b>	Consiste em gerenciar comportamentos de sistemas. Porém, um sistema de controle deve Ter uma combinação de tarefas: monitoramento, diagnóstico, depuração, planejamento, e simulação.	Controle de tratamento pós-cirúrgico de pacientes em uma UTI e gerenciamento de manufatura

Fonte : [WAT1986]

Cada classe apresenta particularidades que determinam o grau de dificuldade para construir sistemas aplicáveis a cada uma delas. A resolução de sistemas que envolvem outras classes de problemas, além da sua própria, torna-se mais

complexa, implicando na resolução de outros tipos de problemas para alcançar a sua solução.

## 4.9 PORQUE NÃO ESPECIALISTAS HUMANOS?

Quadro nº4. Especialistas Humanos X Especialistas Artificiais

<b>ESPECIALISTAS HUMANOS</b>	<b>ESPECIALISTAS ARTIFICIAIS</b>
Perecível	Permanente
Difícil transferir	fácil transferência
Difícil documentar	fácil documentar
Imprevisível	Consistente
Caros	Relativamente barato

## 4.10 PORQUE MANTER ESPECIALISTAS HUMANOS?

Quadro nº5. Especialistas Humanos X Especialistas Artificiais

<b>ESPECIALISTAS HUMANOS</b>	<b>ESPECIALISTAS ARTIFICIAIS</b>
Criativo	Sem inspiração
Adaptativo	Ensinado
Experiência sensorial	Estruturas simbólicas

Foco aberto	Foco estreito
Senso comum	Conhecimento técnico

## 4.11 SISTEMAS ESPECIALISTAS VS. SISTEMAS CONVENCIONAIS

- Sistemas Especialistas manipulam conhecimento
- Programas convencionais manipulam dados

Quadro nº6. Sistemas Convencionais X Sistemas E especialistas

<b>SISTEMAS CONVENCIONAIS</b>	<b>SISTEMAS ESPECIALISTAS</b>
Processamento De Dados	Engenharia De Conhecimento
Representação e uso de dados	Representação e uso de conhecimento
Algorítmico	Heurística
Processos repetitivos	Processos de inferência
Efetiva manipulação de grandes bases de dados	Efetiva manipulação de grandes bases de conhecimento

## **5 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO**

Para a construção do protótipo foram utilizadas a metodologia de desenvolvimento análise estruturada e uma técnica de representação do conhecimento em sistemas especialistas, regras de produção.

No capítulo 4 deste trabalho foram apresentadas algumas técnicas de representação do conhecimento para sistemas especialistas. Neste trabalho será desenvolvido um protótipo de sistema especialista baseado na técnica de regras de produção como forma de representação do conhecimento.

### **5.1 FERRAMENTAS E TECNOLOGIAS UTILIZADAS**

Neste capítulo serão apresentados conceitos sobre banco de dados, ferramentas CASE, o ambiente de desenvolvimento Delphi e serão apresentados também conceitos sobre análise estruturada.

#### **5.1.1 BANCO DE DADOS**

Conforme [DAT1994], de um modo geral, um Banco de Dados é um sistema de armazenamento de dados que pode incluir, conforme as necessidades e necessidades e estratégias da empresa as informações detalhadas sobre a clientela, os produtos ou serviços, as pesquisas de mercado, a performance da empresa, a concorrência, a tecnologia disponível ou em desenvolvimento, as redes de vendas, os preços e descontos, pode-se ainda detalhar os interesses pessoais dos indivíduos relacionais, e outros.

## 5.1.2 FERRAMENTA CASE

Segundo [GAN1990], esta sigla é geralmente usada para significar Engenharia de Software Auxiliada por computador (em inglês, Computer Aided Software Engineering), apesar de alguns autores terem tentado estender seu significado para Engenharia de Sistemas Auxiliada por Computador, argumentando que o campo se estende além da produção de software.

Todavia, logo ficou evidente que a simples capacidade gráfica não era suficiente; os objetos diagramados deveriam ser colocados num banco de dados do projeto, que poderia também conter detalhes dos elementos dos dados e a lógica do processo. O modelo lógico do sistema construído no banco de dados do projeto poderia ser testado para se verificar suas completude e consistência, antes de ser impresso para formar uma especificação de sistema.

A característica distinta de um produto CASE é que ele constrói dentro de si próprio um banco de dados do projeto, a um nível mais alto do que comandos de linguagens de programação ou definição de elementos de dados. Este banco de dados do projeto, que chamamos de Repositório, mantém informações sobre os dados a serem armazenados no sistema, sobre a lógica comercial dos processos a serem implementados, a diagramação das telas e relatórios e outras informações relativas aos requisitos dos sistemas e do projeto. Segundo esta definição, não é necessário ter capacidade gráfica para ser um produto de CASE, apesar de que a maioria dos produtos a tem.

As ferramentas para engenharia de software computadorizada reduzem substancialmente, ou eliminam, inúmeros problemas de projeto e desenvolvimento inerentes aos projetos de médio e grande porte, por meio da geração automática de grande parte do software e com base nos projetos especificados pelo seu arquiteto.

Em vários aspectos, as ferramentas CASE são um desenvolvimento direto das antigas metodologias estruturadas feitas no papel. Atualmente, várias daquelas mesmas metodologias estruturadas e técnicas organizacionais estão sendo

implementadas em forma de programas, em vez de confiar em que programadores e engenheiros de software pratiquem religiosamente as metodologias.

Uma das definições de engenharia de software computadorizada segundo [FIS1991] é a utilização de ferramentas que oferecem auxílio nas fases de análise dos requisitos e de especificação de projeto de software. Esta definição mais restrita será usada a fim de focar as ferramentas de projeto de maior impulso e as de geração automática de código que estão sendo apresentadas por uma série de vendedores de ferramentas CASE.

O DataArchitect é um banco de dados poderoso para projetar ferramentas. Isto trás todas as vantagens de uma aproximação em dois níveis de projeto: conceitual e o nível físico. O DataArchitect trás facilidades como modelar um sistema de informação usando um diagrama de entidade-relacionamento – DER, gerar um modelo de dados físico correspondente, para um sistema de administração de banco de dados de alvo (SABD), considerando a especificação do SABD escolhido. Personaliza e imprime relatórios do modelo entre outras facilidades.

### **5.1.3 AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO**

O Delphi é um ambiente de desenvolvimento de aplicações, orientado a objeto, que permite o desenvolvimento de aplicações para os sistemas operacionais Windows 3.11 ou superior e Windows NT. Possui ferramentas de desenvolvimento, como *templates* e *experts* de aplicações e formulários, que aumentam muito a produtividade, facilitando a programação de aplicação. O Delphi é RAD, o termo RAD se refere ao Desenvolvimento Rápido de Aplicativo. Esse é o termo cunhado para uma nova linhagem de ambientes de desenvolvimento de softwares. Nesse novo mundo RAD, os programadores usam ferramentas intuitivas e visuais.

## 5.1.4 ANÁLISE ESTRUTURADA

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste protótipo será baseada na análise estruturada. Existem duas versões análogas de análise estruturada: Gane e Sarson e De Marco e Yourdon. Ambas representam uma disciplina estruturada fundamentada nos seguintes conceitos de estruturação :

- a) organização *top-down*, hierárquica;
- b) dividir para conquistar;
- c) ferramentas gráficas de comunicação/documentação.

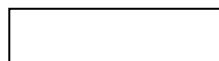
Yourdon [YOU1990] define análise como sendo “ um grupo de normas e recursos gráficos de comunicação, permitindo que o analista de sistema substitua a especificação em linguagem natural por um tipo de especificação clara que os usuários possam realmente ler e entender”.

## 5.1.5 MODELO ENTIDADE RELACIONAMENTO (MER)

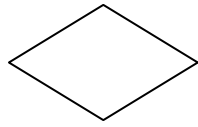
De acordo com [JOA1993], o modelo conceitual de dados é representado por um gráfico denominado DIAGRAMA ENTIDADES X RELACIONAMENTOS. Trata-se de um diagrama que detalha as associações existentes entre as entidades de Dados e utiliza componentes semânticos próprios.

A elaboração do Modelo Entidades x Relacionamentos (Modelo E x R) segue aos seguintes princípios:

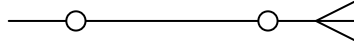
- cada Entidade é representada por um retângulo na posição horizontal;



- cada tipo de relacionamento é representado por um losango;



- pode haver um tipo de relacionamento entre mais do que duas Entidades;



- os relacionamentos podem conter atributos;
- pode haver mais de um tipo de relacionamento entre duas Entidades;

Para a compreensão do Modelo E x R é necessário considerar cada Entidade sob o enfoque de dados, não levando em conta os processos (procedimentos ou rotinas). Os relacionamentos se dão entre os dados de uma Entidade em relação aos dados das demais Entidades que formam o Modelo.

Resumidamente, é a seguinte a terminologia básica do Modelo Entidade x Relacionamento:

- **ENTIDADE:** são os componentes físicos e abstratos utilizados pela empresa, sobre os quais são armazenados dados;
- **ATRIBUTO:** corresponde à representação de propriedades de uma Entidade. Um atributo não tem vida própria ou independente. Existe apenas para caracterizar uma Entidade;
- **OCORRÊNCIA:** conjunto de atributos de uma determinada Entidade;
- **RELACIONAMENTO:** é uma correspondência entre duas entidades. Uma associação entre dois conjuntos de dados (entidades);
- **IDENTIFICADOR ou ATRIBUTO DETERMINANTE:** um atributo ou uma coleção de atributos que determina de modo único uma Ocorrência de Entidade;
- **GRAU DE RELACIONAMENTO:** o número de entidades que participam da associação;



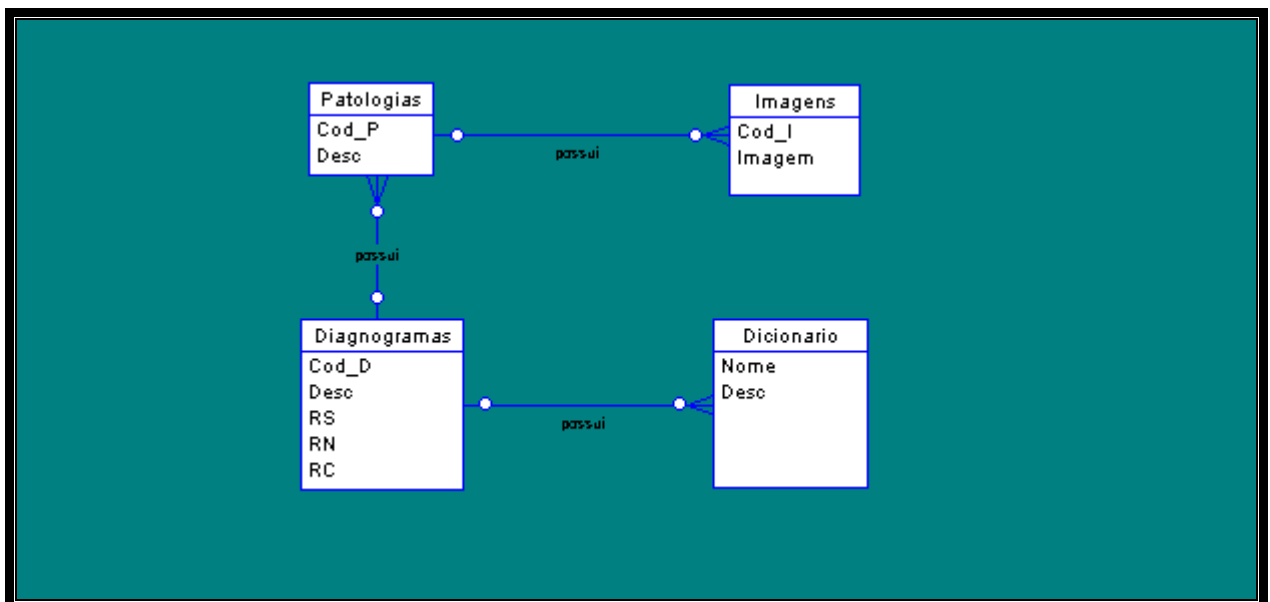
- **CLASSE DE RELACIONAMENTO** ou **CARDINALIDADE**: quantas ocorrências de cada entidade estão envolvidas no relacionamento. Pode ser:

1:1 (um para um)

1:n (um para muitos)

m:n (muitos para muitos)

Figura 4 – MER ( Modelo Entidade Relacionamento do protótipo )



### 5.1.6 DIAGRAMA DE FLUXO DE DADOS – DFD

A técnica utilizada pela análise estruturada baseia-se nos diagramas de fluxo de dados. A grande vantagem da utilização dessa técnica é a de permitir a avaliação do modelo junto com os usuários, de forma a se identificar as falhas o mais cedo possível. Além do mais, esta técnica permite um comprometimento maior do usuário com o processo de desenvolvimento de sistemas.

Segundo [GAN1983], o propósito de um DFD é mostrar para uma área de negócios ou um sistema ou parte dele, de onde os dados surgem, para onde vão, quando são armazenados, que processos os transformam e as iterações entre armazenamento de dados e processos.

A terminologia básica usada em um DFD :

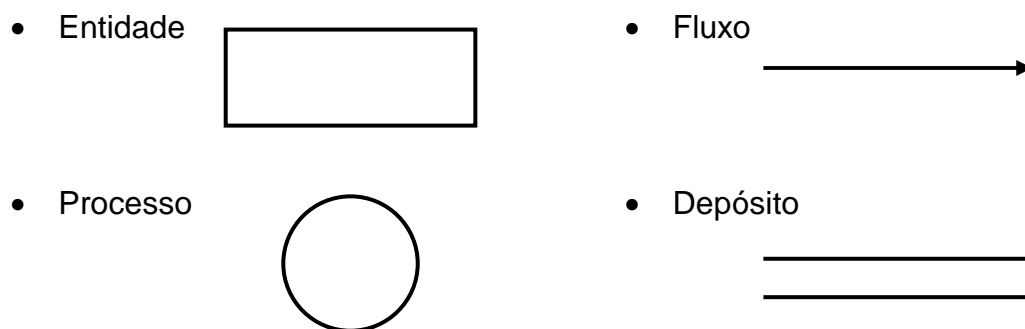
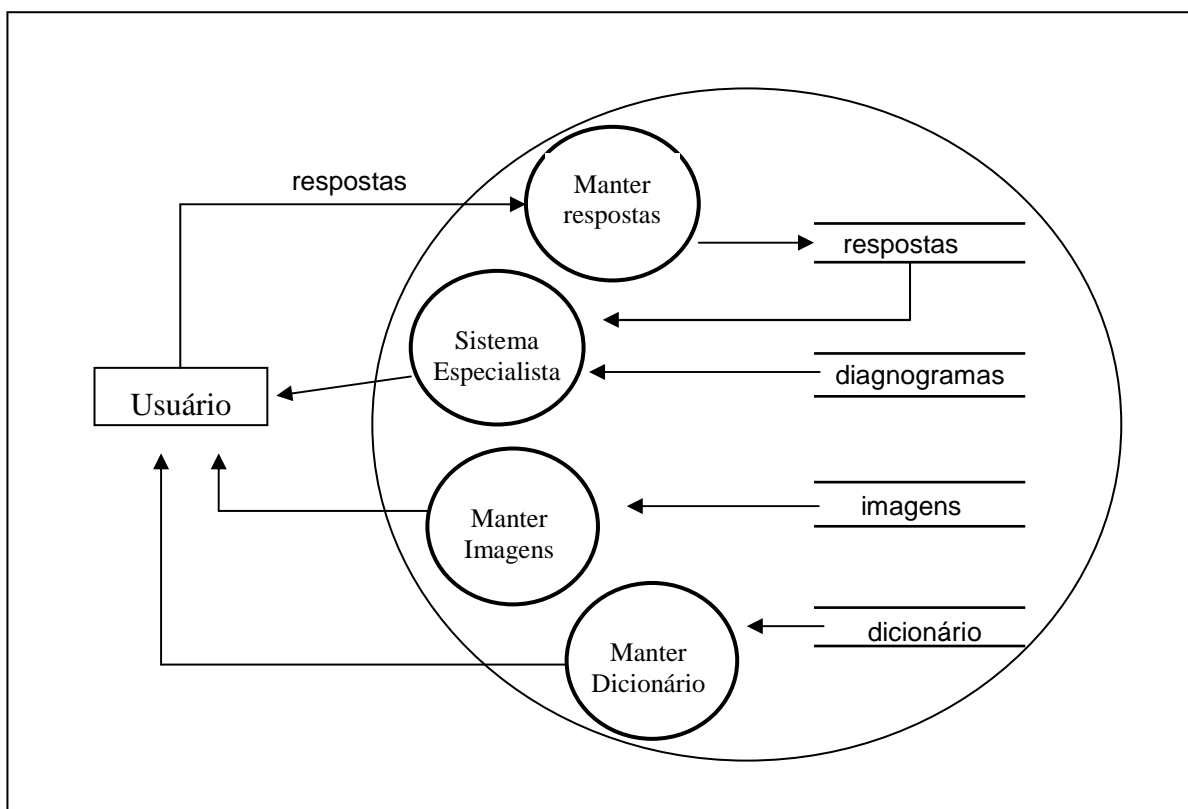


Figura 5 – Diagrama de Fluxo de Dados do Protótipo – DFD



## 5.1.7 DICIONÁRIO DE DADOS

A análise estruturada advoga fortemente a documentação de todos os fluxos de dados, armazenamento de dados e processos em um dicionário de dados

O uso do dicionário de dados fornece uma definição padrão desses dados para subsequente referência associada aos Diagramas de Fluxo de Dados

Fornece a informação de texto de suporte para complementar a informação gráfica mostrada no DFD. Um dicionário de dados é simplesmente um grupo organizado de definições, de todos os elementos de dados do sistema sendo modelado.

Quadro nº7 – Dicionário de Dados

<b>Nome</b>	<b>Descrição</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tamanho</b>
Cod	Código	Alfanumérico	9
Desc	Descrição ( Texto )	Alfanumérico	255
RS	Resposta SIM	Alfanumérico	255
RN	Resposta NÃO	Alfanumérico	255
RC	Resposta CONT.	Alfanumérico	255

## 5.1.8 ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA ESPECIALISTA

Entre os vários modelos propostos de componentes que compõem um sistema especialista, este trabalho baseou-se no modelo descrito por [RAB1995] que contempla um sistema especialista com os seguintes componentes: base de conhecimento, máquina de inferência e a interface explanatória.

### BASE DE CONHECIMENTOS

A base de conhecimento é onde armazena-se o conhecimento de uma área específica. A estrutura da base de conhecimento é definida pelo projetista preferivelmente tendo em vista o tipo de conhecimento armazenado.

A base do conhecimento do protótipo foi constituída através da coleta de dados de um diagnograma fornecido por profissionais da área médica.

A forma de representação do conhecimento utilizado neste protótipo foi regras de produção, armazenados numa tabela conforme mostra a figura 6.

Figura 6 - Tabela contendo o conhecimento do protótipo e sua representação.

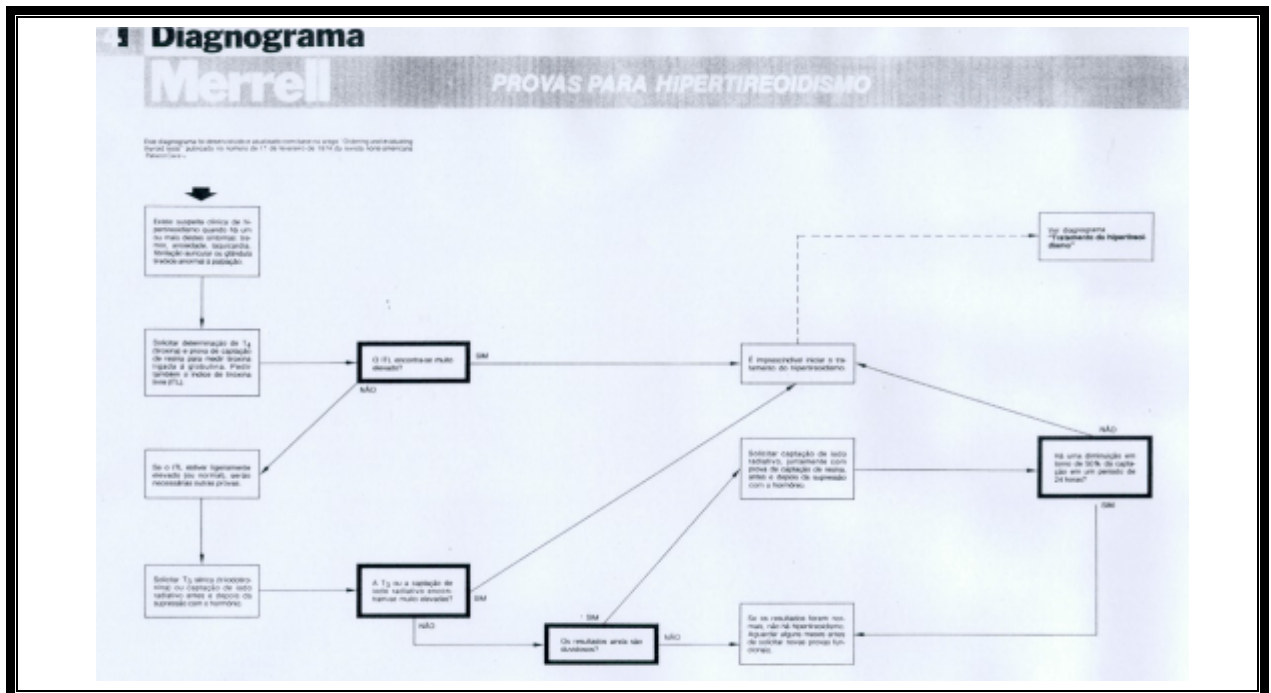
Cod	Desc	Rs	Rn	Rc
pato4_1	Existe suspeita de clínica de hipertiroidismo quando há um ou mai	*	*	pato4_2
pato4_10	Se os resultados forem normais, não há hipertireoidismo. Aguarda	*	*	*
pato4_11	Há uma diminuição em torno de 50% da captação em um período	pato4_10	pato4_8	*
pato4_2	Solicitar determinação de T4 ( tiroxina) e prova de captação de res	*	*	pato4_5
pato4_3	Se o ITL estiver ligeiramente elevado( ou normal ), serão necessári	*	*	pato4_4
pato4_4	Solicitar T3 sérica ( trioduronina ) ou captação de iodo radioativo a	*	*	pato4_6
pato4_5	O ITL encontra-se muito elevado ?	pato4_8	pato4_3	*
pato4_6	A T3 ou a captação de iodo radioativo encontram-se muito elevada	pato4_8	pato4_7	*
pato4_7	Os resultados ainda são duvidosos ?	pato4_9	pato4_10	*
pato4_8	É imprescindível iniciar o tratamento do hipertireoidismo.	*	*	*
pato4_9	Solicitar captação de iodo radioativo, juntamente com prova de cap	*	*	pato4_11

# DIAGNOGRAMAS

Como um sistema tutor, são apresentadas várias áreas de consulta e dentro destas as respectivas patologias. Para cada patologia é seguido um algoritmo de procedimentos e condutas, onde o usuário navega respondendo as perguntas pré – definidas, onde as respostas tem fator de certeza sim ou não.

Os diagnogramas são fluxogramas constituídos de pequenos quadros ligados por setas indicativas contendo, resumidamente, em forma de perguntas e respostas ou breves descrições, as queixas, os sintomas e os sinais de determinada patologia. Apresentam também as informações ou os pontos - chaves de orientação ou decisão referentes a diagnósticos, causa, exames ou tratamento da doença. Percorrendo os quadros, dispostos em seqüências, através de alternativas, pode o médico e o estudante de medicina chegar a um diagnóstico diferencial e ao diagnóstico provável da doença, a uma resposta sobre possíveis causas, ou ainda, à indicação de exames necessários ou do tratamento mais adequado em cada caso.

Figura 7 - Diagnograma utilizado no protótipo.



## MÁQUINA DE INFERÊNCIA

A máquina de inferência, manipula a base de conhecimento. Tal manipulação realiza-se através da seleção e da aplicação da regra apropriada a cada passo da resolução de um problema.

Figura 8 - Código da máquina de inferência do sistema.

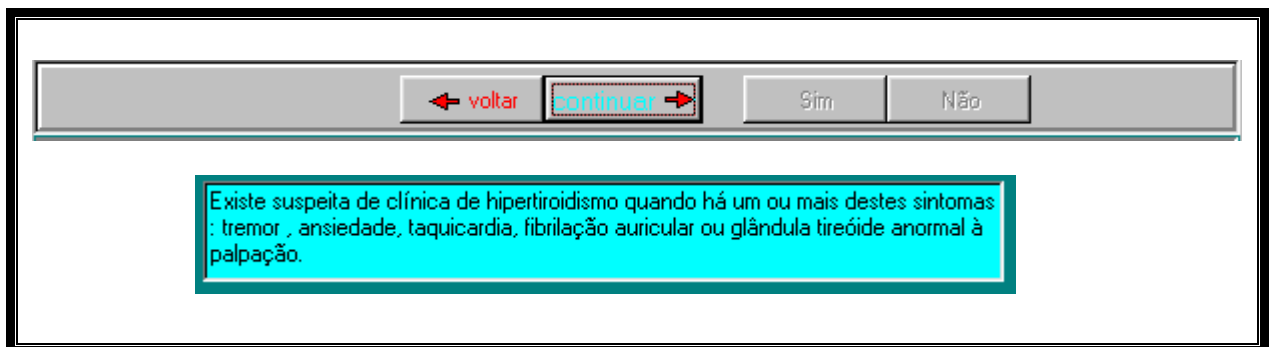
```
// resposta do usuário
:
MostraClick('cont');
:
If Resposta = 'cont' then
resp:= Tabela_DiagnosisRc.Value
:
Tabela_Diagnosis.FindKey([resp]);
:
// memo recebe conteúdo da tabela
:
MeuMemo.Lines.Text:= Tabela_Diagnosis.FieldName('desc').AsString;
:
```

## INTERFACE EXPLANATÓRIA

A interface explanatória, a qual corresponde àquela parte de um sistema de conhecimento que está voltada para a interação com o usuário. Para definir a forma como o conhecimento é apresentado na interface explanatória, o projetista pode valer-se de recursos multimídia, envolvendo textos explicativos, gráficos estáticos, sons de alerta, animações e outras formas de representação das informações.

No desenvolvimento deste protótipo será utilizado de recurso botões, de textos e imagens.

Figura 9 – Interface explanatória usada no sistema.



## 5.2 APRESENTAÇÃO DAS TELAS

Aqui serão demonstradas algumas telas do protótipo.

Na figura 10 é visualizada a tela inicial do protótipo, onde é feita uma apresentação do nome do autor do trabalho bem como o nome do orientador.

Figura 10 – Tela Inicial do Protótipo.



A figura 11 apresenta a tela principal do sistema. Possui um menu com três opções:

Arquivo: possui duas opções;

Fechar: possibilita o usuário fechar uma janela filha;

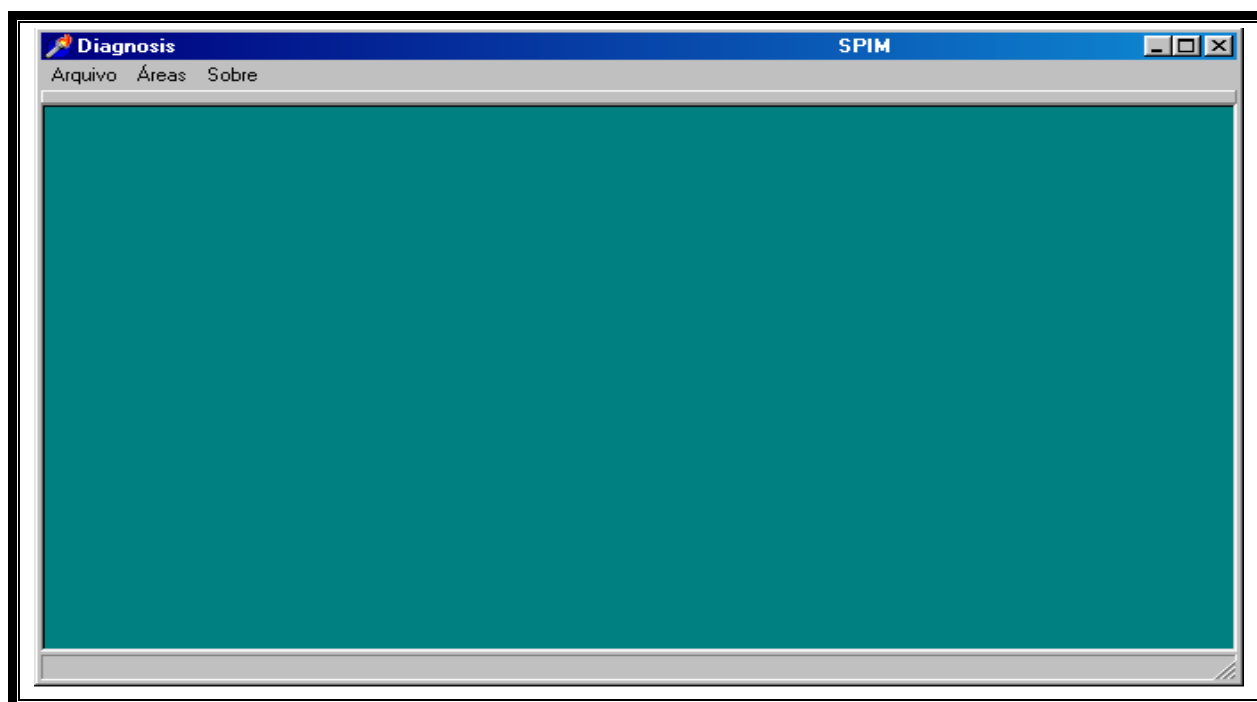
Sair: possibilita o usuário sair do protótipo;

Áreas: ao clicar sobre Áreas, aparecerá uma lista de áreas médicas e suas patologias a serem estudadas como mostra a figura 12;

Sobre : abre uma tela com informações sobre o protótipo.

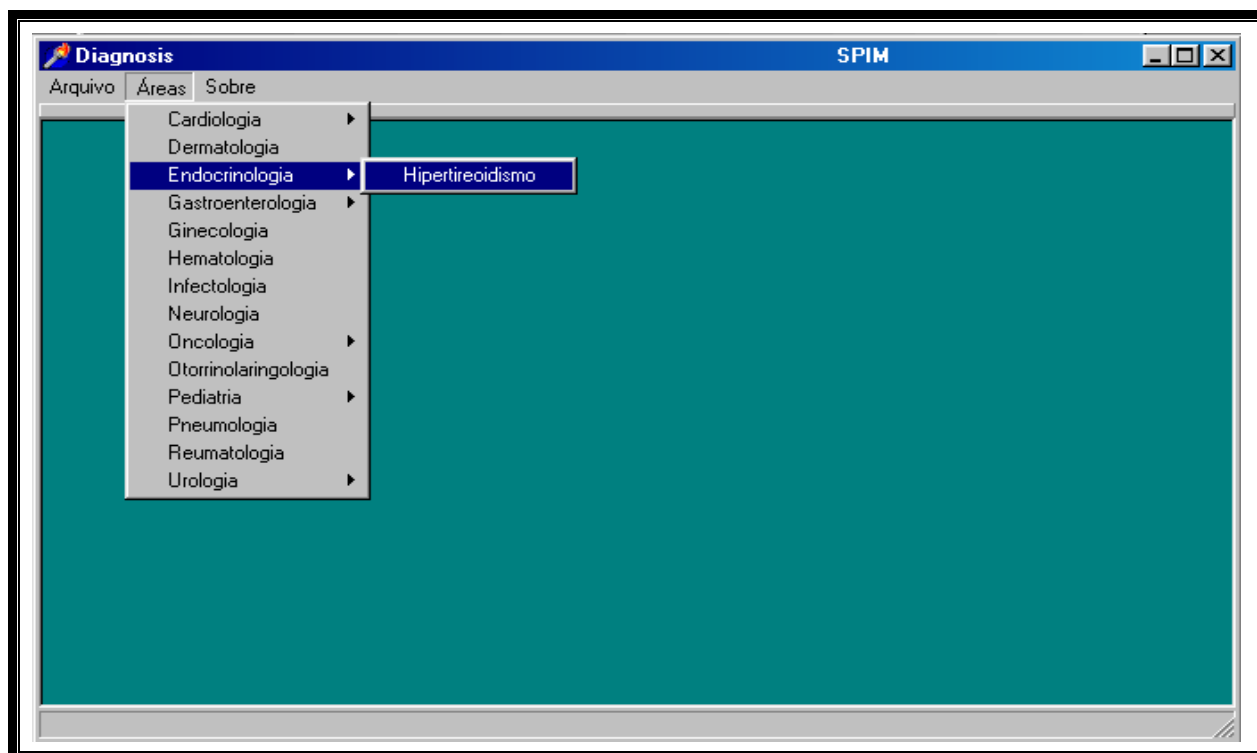


Figura 11 – Tela principal do protótipo.



A figura 12 mostra o menu com as áreas médicas e suas patologias a serem estudadas.

Figura 12 – Tela referente as áreas médicas e suas patologias.



Como um sistema tutor, são apresentadas várias áreas de consulta e dentro destas as respectivas patologias. Para cada patologia é seguido um algoritmo de procedimentos e condutas, onde o usuário navega respondendo as perguntas pré – definidas, onde as respostas tem fator de certeza sim ou não.

Clicando sobre a área Endocrinologia aparecerá a opção Hipertireoidismo, que se clicado, abrirá uma janela onde mostrará uma área com as informações primordiais sobre o assunto escolhido, para posterior navegação na árvore de decisão como mostra a figura 13.

Clicando sobre a área Cardiologia, aparecerá algumas patologias a serem consultadas, que ao ser clicado abrirá uma janela onde mostrará uma área com as informações primordiais sobre o assunto escolhido, para posterior navegação na árvore de decisão. As outras opções seguem o mesmo exemplo.

A figura 13 nos mostra a janela filha criada com o assunto escolhido pelo usuário. Aqui caracteriza-se o início do funcionamento do sistema especialista. Mostra também uma área com as informações primordiais sobre o assunto para posterior navegação. Possui quatro botões que servem para a navegação na árvore de decisão médica – diagnograma.

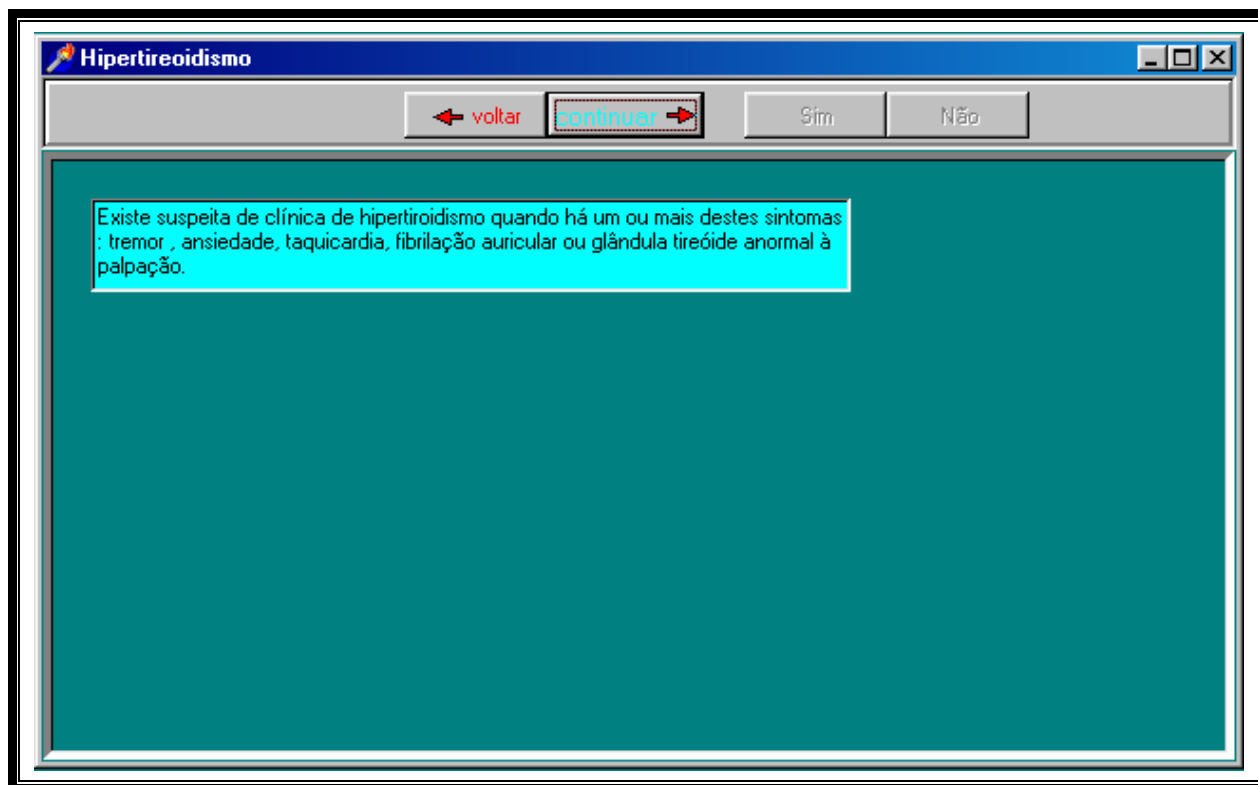
Voltar : possibilita que o usuário volte um nível no diagnograma a cada clique.

Continuar: ao ser clicado o sistema busca o próximo procedimento ou conduta médica a ser tomada ou busca uma pergunta a ser respondida pelo usuário;

Sim : serve para responder as perguntas feitas pelo sistema.

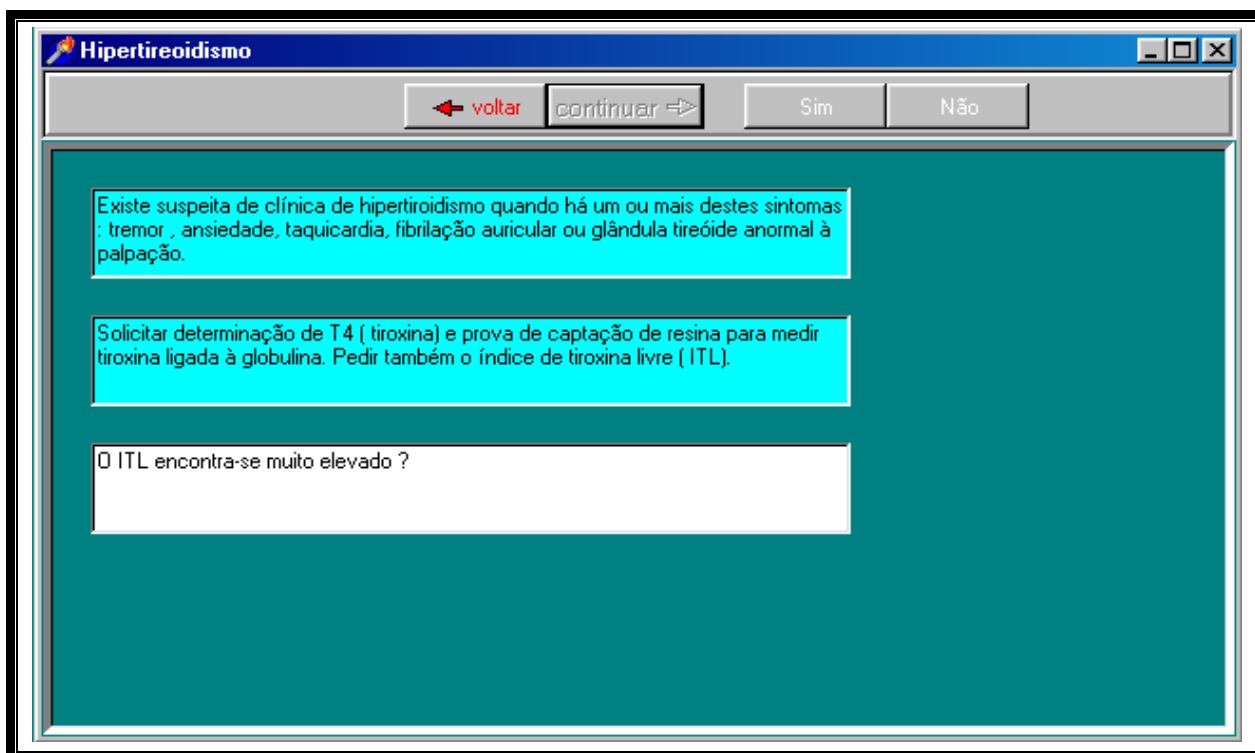
Não : serve para responder as perguntas feitas pelo sistema.

Figura 13 – Tela inicial do SE



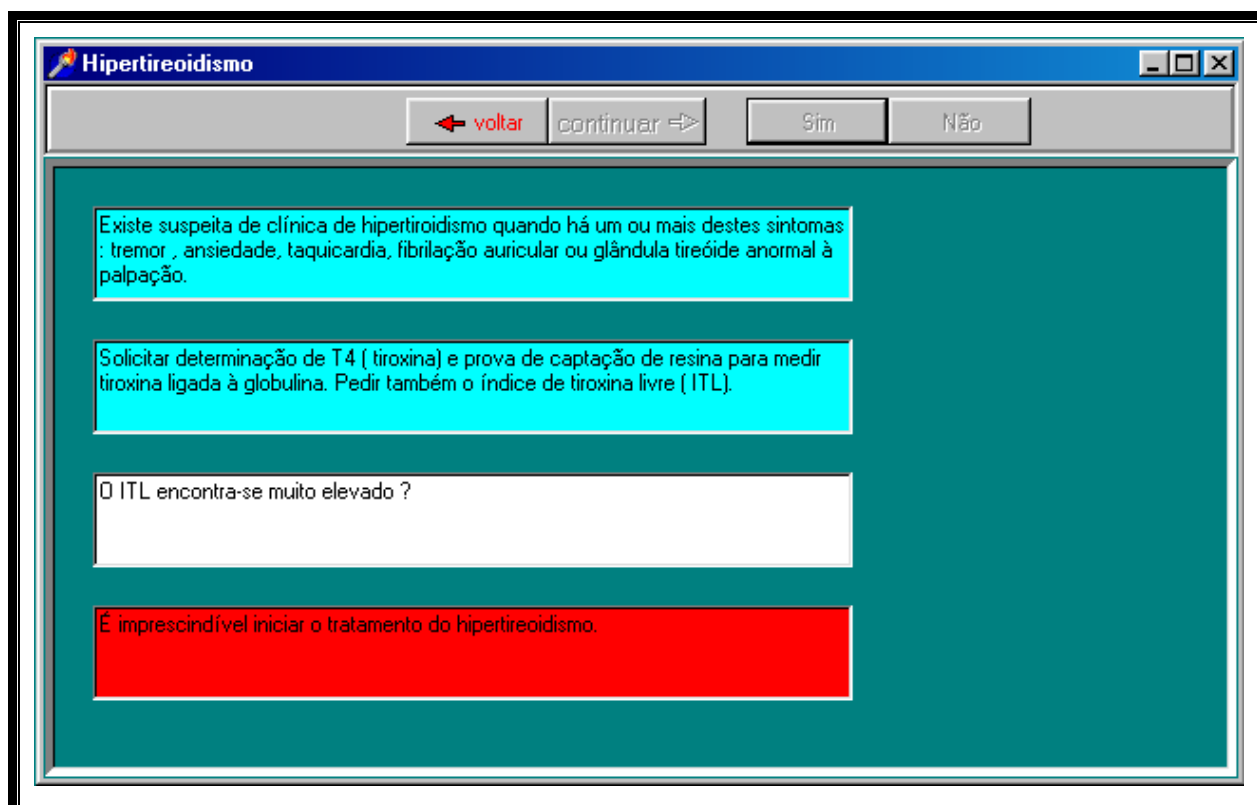
A figura 14 mostra uma janela onde o usuário já navegou no diagnograma e encontra-se diante de uma pergunta feita pelo sistema. Conforme sua resposta ele tomará um caminho diferente no diagnograma, a fim de chegar em uma conclusão ou diagnóstico final.

Figura 14 – Tela com alguns níveis no diagnograma.



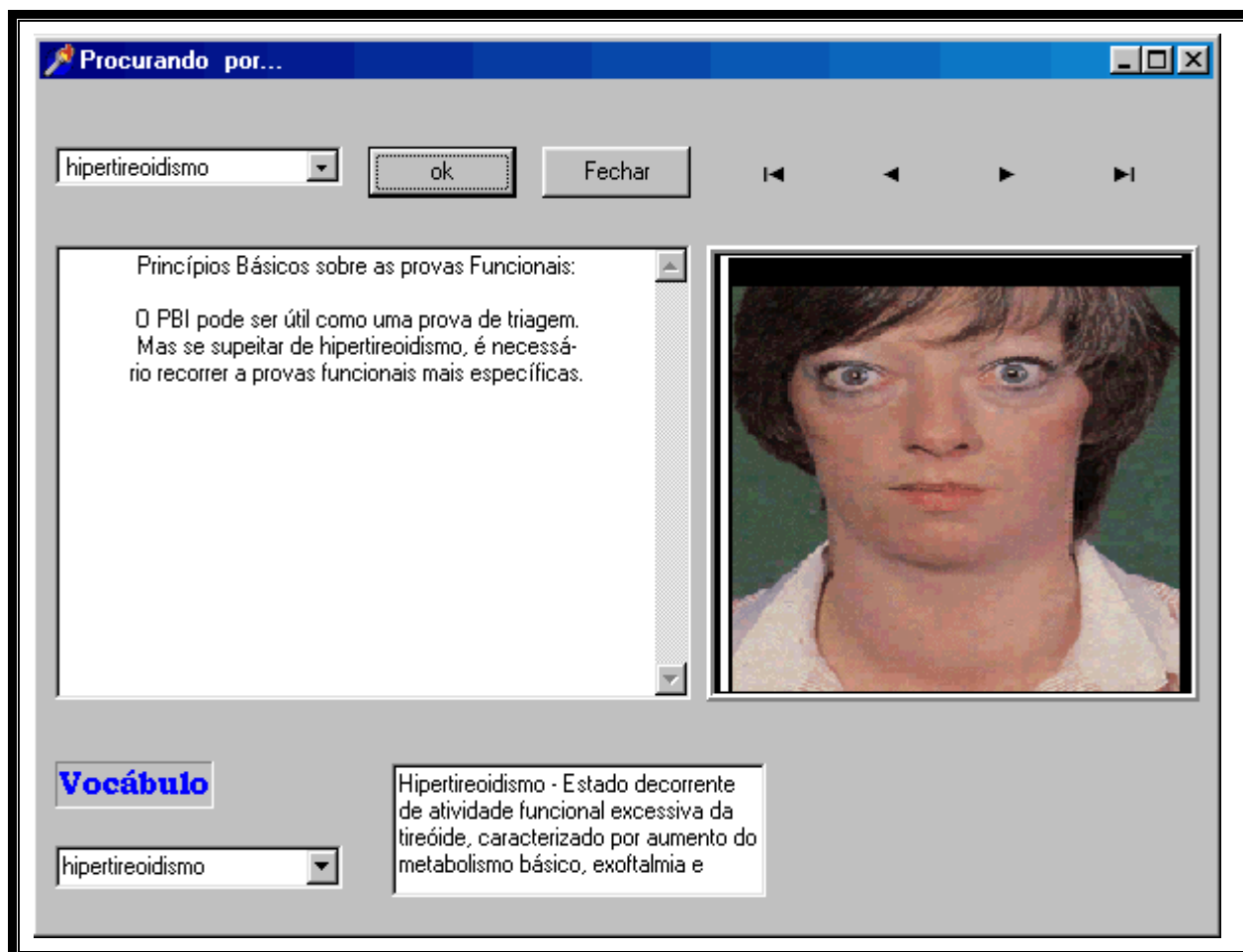
A figura 15 mostra um caminho completo no diagnograma. Visualiza-se os dados clínicos e laboratoriais sugestivos de hipertireoidismo evidenciado nos quadros azuis e conduta clínica no quadro vermelho. O quadro branco é direcionado a perguntas do sistema para o usuário sobre os dados referentes as características do paciente. Em qualquer momento na execução do protótipo, o usuário tem a opção de chamar a janela do dicionário ( figura 16 ), clicando sobre qualquer um dos campos em que aparecem os textos, pode o usuário obter informações mais detalhadas e precisas utilizando-se de exemplos em ilustrações, multimídia, textos explicativos, para o melhor diagnóstico e/ou aprendizado .

Figura 15 - Caminho concluído.



A figura 16 mostra a tela com um campo ao lado esquerdo, com referência ao resumo da doença, ao lado direito fotos sobre a patologia que ajudam na identificação da doença ou mostra algum procedimento médico a ser executado. Tem-se também um campo para procura de informações sobre algum vocábulo que deseja saber seu significado, um dicionário médico.

Figura 16 - Tela dos Resumos sobre o assunto e dicionário.



## 6 CONCLUSÃO

Sistemas especialistas são sistemas computacionais que resolvem problemas de uma maneira bastante parecida com o especialista humano, são sistemas com um conhecimento específico sobre campos restritos do conhecimento e torna - se uma poderosa ferramenta de treino, sendo, em especial, úteis na instrução e na educação.

Sendo assim, o protótipo serve como um importante instrumento para a orientação em diversas patologias podendo ser utilizado por profissionais médicos e estudantes em vários níveis. Permitirá que o usuário possa de forma dinâmica e atrativa fixar e ampliar seus conhecimentos sobre assuntos que são apresentados na maioria das vezes de uma forma estática e não estimulante ao raciocínio.

Observa-se que o uso da informática no auxílio na educação médica é de grande importância, já que o profissional da área deve-se manter freqüentemente atualizado, mas por vários motivos esta realidade encontra-se abaixo do desejável. Num quadro como este, o computador torna-se uma ferramenta extremamente valiosa para colocar ao alcance do médico brasileiro recursos de educação médica continuada, de alta qualidade e a um custo relativamente baixo. Os CD-ROMs estão tendo grande impacto no ensino prático das matérias clínicas. Existem diversos CD-ROMs para a informação e educação dos profissionais médicos, são verdadeiras enciclopédias médicas, ilustradas com filmes de vídeo, animações gráficas, fotos, etc, estes são tão completos do ponto de vista médico, que podem ser usados no ensino e aperfeiçoamento dos profissionais da saúde.

A metodologia de desenvolvimento aplicada neste trabalho, análise estruturada, foi bastante adequada por facilitar a organização das idéias, melhorando a especificação do protótipo.

O desenvolvimento deste trabalho contribuiu para um melhor entendimento de uma área de grande importância na computação como a inteligência artificial,

mais especificamente sistemas especialistas, compreendendo seus conceitos e suas aplicabilidades na prática.

Finalmente, observou-se, que a técnica de sistema especialista estudada e utilizada para desenvolvimento deste trabalho, concluiu-se numa ferramenta de grande utilidade para o auxílio ao ensino, não tendo como limitação uma única área de estudo (ensino) ou domínio. O domínio especialista envolve o conhecimento de uma ou mais pessoas, livros, artigos, capaz de produzir boas soluções para problemas em um campo específico. O domínio da área médica foi utilizada por apresentar grande aplicabilidade prática.

## **6.1 DIFICULDADES**

As dificuldades encontradas durante o trabalho, foi a obtenção de material da área médica para construção da base do conhecimento bem como textos explicativos e imagens referentes às patologias apresentadas. Outra dificuldade encontrada foi no auxílio de profissionais da área médica, devido a falta de horários disponíveis dos mesmos.

## **6.2 SUGESTÕES**

Buscando dar continuidade ao protótipo sugere – se:

- Desenvolvimento do protótipo com facilidades para o acesso das informações via internet utilizando JDBC, para consultas sobre os diagnósticos contidos no sistema;



- Dar continuidade e desenvolver a parte de vídeo e som;
- Desenvolvimento de um módulo para verificação do aprendizado, em forma de testes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [COI1998] COIERA, Érico W. **Inteligência Artificial na Medicina**. jul/ago 1998. Informática Médica vol1 nr4.
- [DAT1994] DATE, C. J. **Introdução ao Sistema de Banco de Dados**. São Paulo: Campus, 1994.
- [FIS1991] FISCHER, Alan S. **CASE: Utilização de Ferramentas para Desenvolvimento de Software**. Rio de Janeiro: Campus, 1991.
- [GAN1990] GANE, Chris. **CASE: O Relatório Gane**. Rio de Janeiro: LTC- Livros Técnicos e Científicos, 1990.
- [GAN1983] GANE, Chris. **Análise estruturada de sistemas**. Rio de Janeiro : LTC - Livros Técnicos e Científicos, 1983.
- [HAR1988] HARMON, Paul; King, David. **Sistemas especialistas**. Rio de Janeiro : Campus, 1988.
- [JOA1993] JOÃO, Belmiro N. **Metodologias de desenvolvimento de sistemas**. São Paulo : Érica, 1993.
- [KEL1991] KELLER, Robert – **Tecnologia de sistemas especialistas : desenvolvimento e aplicação**. São Paulo : Makron, McGraw –Hill 1991.
- [LAM1997] LAMPERT, Jadete. **Prodoctor resident**. São Paulo : Ed Aché Laboratórios Farmacêutico S/A. Ano IV, nºV pag.11 - 1997.
- [LEV1988] LEVINE, Robert I., DRANG, Diane E., EDELSON, Barry; – **Inteligência Artificial e Sistemas Especialistas**. São Paulo : McGraw – Hill , 1988.

- [LIM1999] LIMA, Cynthia Moreira. **Introdução à inteligência artificial** Endereço eletrônico: <http://www.elo.com.br/~cynthia/>, 1999.
- [MÜL1999] MÜLLER, Daniel Nehme. **Inteligência Artificial**. 1999, Endereço Eletrônico: <http://www.ulbra.tche.br/~danielnm/ia/defbas/de.html>.
- [RAB1993] RABELO, Álvaro Jr. **Um sistema especialista para diagnóstico de cardiopatias isquêmicas**. Revista Informédica, 1(1): 5-11, 1993. Endereço Eletrônico : <http://www.epub.org.br/informed/isquem.htm>
- [RAB1995] RABUSKE, Renato Antônio. **Inteligência artificial**. Florianópolis : Ed. da UFSC, 1995.
- [RIB1987] RIBEIRO, Horácio de Cunha e Souza. **Introdução aos sistemas especialistas**. Rio de Janeiro : LTC – Livros Técnicos e Científicos S.A., 1987.
- [SAB1993] SABBATINI, Renato M.E. **Uso do computador no apoio ao diagnóstico médico**. Informédica, 1993. Endereço Eletrônico: <http://nib.unicamp.br/~sabbatin>
- [SAB1994] SABBATINI, Renato M.E. **O CD-ROM na Medicina**. 1994, Informédica. Endereço Eletrônico: [www.nib.unicamp.br](http://www.nib.unicamp.br)
- [SAB1999] SABBATINI, Renato M.E. **Porque usar a Informática**. Jan/Fev 1999 Informática Médica.
- [SCH1987] SCHUTZER, D., **Artificial Intelligence - An Applications-Oriented Approach** ,Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1987.
- [WAT1986] D.A. Waterman. **A Guide to Expert Systems**. Addison-Wesley, Reading,MA,1986.
- [YOU1990] YOURDON, Edward. **Análise Estruturada Moderna**. Rio de Janeiro: Campus, 1990.