

Renata Valim Almeida Toledo

ATA DA
DE
UNI

Sistema de Auxílio ao Diagnóstico Diferencial de Cefaléia

Dissertação apresentada à Pontifícia
Universidade Católica do Paraná para a
obtenção do título de Mestre em
Informática Aplicada.

Área de concentração:
Informática em Saúde

Orientador:
Prof. Dr. João da Silva Dias
Co-orientadora:
Prof^a. Dr^a. Silvia Modesto Nassar

Curitiba
2000



ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE EXAME DE DISSERTAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA APLICADA DA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ.

Exame de dissertação nº 021

Aos 04 dias do mês de maio de 2000, realizou-se a sessão pública de defesa de dissertação "SISTEMAS DE AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL DE CEFALÉIA", apresentada por Renata Valim Almeida Toledo, ano de ingresso 1997, para obtenção do título de Mestre em Ciências. A Banca Examinadora foi composta pelos seguintes professores:

MEMBROS DA BANCA	ASSINATURA
Presidente: Prof. Dr. João da Silva Dias (PUCPR)	<i>João da Silva Dias</i>
Prof. Dr. Júlio Cesar Nievola (PUCPR)	<i>Júlio Cesar Nievola</i>
Profa. Dra. Aurora Ramirez Pozo (UFPR)	<i>Aurora Ramirez Pozo</i>
Profa. Dra. Silvia Modesto Nasar (UFSC)	<i>Silvia Modesto Nasar</i>

De acordo com as normas regimentais a Banca Examinadora deliberou sobre os conceitos a serem atribuídos e que foram os seguintes:

MEMBROS DA BANCA	CONCEITOS
Presidente: Prof. Dr. João da Silva Dias (PUCPR)	<i>Aprovado</i>
Prof. Dr. Júlio Cesar Nievola (PUCPR)	<i>Aprovado</i>
Profa. Dra. Aurora Ramirez Pozo (UFPR)	<i>Aprovado</i>
Profa. Dra. Silvia Modesto Nasar (UFSC)	<i>Aprovado</i>
Conceito Final	

Observações da Banca Examinadora

sem restrições.

Júlio Cesar Nievola

Profº Júlio Cesar Nievola

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada-PUC-PR

Para meu marido Marcelo, meus filhos Lucas e
Guilherme.

Agradecimentos

A minha família.

Ao Prof. João da Silva Dias e a Prof. Silvia Modesto Nassar pela orientação e atenção.

As especialistas Mônica Koncke Fiuza Parolin e Jussara Mathias Netto Khouri pela colaboração e dedicação na realização deste trabalho.

Ao Prof. Guilherme Vilar pelo incentivo e apoio.

A Cristiane Koehler pelos esclarecimentos durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos amigos e colegas Omero Francisco Bertol, Guilherme Del Fiol, Raquel Stasiu e Heliz Regina Neves.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram na realização deste trabalho.

Publicações

1. **Sistema Informatizado de Auxílio ao Diagnóstico Diferencial de Cefaléias em uma Unidade de Emergência.** Renata V. A Toledo, Mônica K.F. Parolin, João da S. Dias. – XIII Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Cefaléia. Salvador – Bahia, maio 1999.
2. **Projeto de Gerenciamento de Informações Clínicas em uma Anamnese Neurológica com Auxílio Diagnóstico** – Mônica K. F. Parolin, Renata V.A Toledo, Maria Tereza F. Abrahão, Guilherme Vilar – I Congresso Latinoamericano de Engenharia Biomédica – Mazatlan, México, novembro 1998.
3. **Sistema de Auxílio ao Diagnóstico Diferencial de Cefaléia em uma Unidade de Emergência-** Renata V.A Toledo, Silvia Modesto Nassar, João da Silva Dias – XVII Congresso Brasileiro em Engenharia Biomédica, CBEB' 2000, Florianópolis, SC – artigo aceito (aguardando publicação).

Sumário

Agradecimentos	ii
Publicações	iii
Sumário	iv
Lista de Figuras	vii
Lista de Tabelas	viii
Lista de Símbolos	ix
Resumo	x
Abstract	xi
Capítulo 1	
Introdução	1
1.1 Objetivos	3
1.1.1 Objetivo Geral	3
1.1.2 Objetivos Específicos	3
1.2 Justificativa do Trabalho	4
1.3 Estrutura do Trabalho	5
1.4 Especialistas no Domínio da Aplicação	5
Capítulo 2	
Fundamentação Teórica	7
2.1 Inteligência Artificial e Sistemas Especialistas	7
2.1.1 Componentes Básicos de um Sistema Especialista	10
2.1.2 Aquisição do Conhecimento	11
2.1.3 Representação do Conhecimento	12
2.1.4 Regras	13
2.1.5 Redes Semânticas	14
2.1.6 Frames	15
2.1.7 Redes Neurais Artificiais	16

2.1.8 Sistema Híbrido	17
2.1.9 Redes Bayesianas	17
2.2 Sistemas Especialistas Probabilísticos	18
2.2.1 Hipóteses Multivaloradas	19
2.2.2 Tratamento de Incerteza	21
2.2.3 Teoria da Probabilidade e Teorema de Bayes	23
2.2.4 Teoria da Evidência ou Teoria de Dempster-Shafer	27
2.2.5 Lógica Fuzzy ou Conjuntos Nebulosos	27
2.2.6 Fator de Certeza	28
2.3 SHELL para desenvolvimento de Sistemas Especialistas	29
Capítulo 3	
Domínio da Aplicação	31
3.1 Cefaléia na Emergência	31
3.1.1 Requisitos do Sistema	32
3.1.2 Anamnese	33
Capítulo 4	
Proposta do Sistema	38
4.1 Introdução	38
4.1.1 Modelagem geral do sistema	39
4.1.2 Aquisição do Conhecimento	40
4.1.3 Modelagem dos Módulos do Sistema	42
4.1.4 Representação do Conhecimento	49
4.2 Representação Gráfica da Rede	50
4.2.1 Consulta ao sistema ou à Base de Conhecimentos	50
4.2.2 Inferência do sistema	51
Capítulo 5	
Avaliação e Resultados	52
5.1 Introdução	52
5.2 Avaliação do Protótipo	53
5.2.1 Análise do desempenho	53
5.2.2 Taxa de erro	55
5.2.3 Análise de sensibilidade e especificidade do sistema	55
5.3 Demonstração dos resultados	57
5.4 Considerações Finais	59
Capítulo 6	
Conclusões	60
6.1 Estudos futuros	63

Anexo A	
Classificação e Critérios Diagnósticos das Cefaléias, Nevralgias Cranianas e Dor Facial	66
Anexo B	
Tabela de Diagnósticos	73
Referências Bibliográficas	78

Lista de Figuras

Figura 2.1	Módulos Básicos de um Sistema Especialista.	10
Figura 2.2	Exemplo de representação por Regras.	13
Figura 2.3	Exemplo de representação utilizando Redes Semânticas	14
Figura 2.4	Exemplo de representação por Frames [WARNER et al., 1997]	16
Figura 2.5	Exemplo de Probabilidade Condicional	23
Figura 2.6	Exemplo de Fator de Certeza	28
Figura 3.1	Procedimentos de abordagem de um paciente que se apresenta em uma Unidade de Emergência com dor de cabeça.	33
Figura 4.1	Esquema de Representação Geral do Sistema.	40
Figura 4.2	Hipóteses Diagnósticas (saída do sistema)	42
Figura 4.3	Exemplo de um nó que compõe a Base de Conhecimento	42
Figura 4.4	Representação Gráfica da Base de Conhecimento do Sistema de Classificação e Auxílio ao Diagnóstico Diferencial de Cefaléia.	50
Figura 5.1	Exemplo de Sensibilidade.	55
Figura 5.2	Exemplo de Especificidade	56

Lista de Tabelas

Tabela 4.1	Exemplo das Hipóteses Diagnósticas do Sistema	41
Tabela 4.2	Exemplo da Tabela da Probabilidade Condicional- Duração	45
Tabela 5.1	Tabela dos diagnósticos do Sistema em relação ao Especialista	57
Tabela 5.2	Tabela de distribuição dos resultados do Sistema em relação ao Especialista	57
Tabela 5.3	Tabela dos diagnósticos do Clínico em relação ao Especialista.	58
Tabela 5.4	Tabela de distribuição dos resultados do Clínico em relação ao Especialista	59
Tabela B.1	Tabela de Diagnósticos.	74

Lista de Símbolos

- IA- Inteligência Artificial
- IHS- Internacional Headache Society
- RB- Rede Bayesiana
- RNA- Redes Neurais Artificiais
- SE – Sistema Especialista
- SEM- Sistema Especialista Médico
- SEP- Sistema Especialista Probabilístico
- SIH- Sistema de Informação Hospitalar
- UE- Unidade de Emergência

Resumo

A cefaléia é uma das queixas principais em Unidades de Emergência e seus atuais critérios de classificação são desconhecidos por muitos dos médicos que prestam atendimento nestas Unidades. A incerteza associada ao domínio médico tornou necessária a utilização de alguma forma de representação de incertezas associados aos dados dos pacientes.

Para auxiliar o médico generalista, plantonista ou residente no diagnóstico diferencial das cefaléias, foi desenvolvido um protótipo de Sistema Especialista Médico (SEM) utilizando rede Bayesiana (RB). Na RB a inferência é feita através da propagação das evidências, explorando a dependência condicional através de tabelas de probabilidades condicionais, evitando assim a estimação de probabilidades para todas as possíveis combinações de proposições.

A base de conhecimento foi construída baseada nos Critérios de Classificação da Sociedade Internacional de Cefaléias (*IHS-1988*), nos sinais e sintomas dos pacientes e nos valores de probabilidades fornecidos pelos especialistas que participaram do projeto.

A avaliação do sistema foi realizada através da comparação: entre as respostas fornecidas pelo sistema e as respostas fornecidas pelos especialistas, e entre as respostas fornecidas por um clínico geral e as respostas fornecidas pelos especialistas, a partir de um conjunto de fichas médicas de pacientes com cefaléia selecionadas aleatoriamente pelos especialistas do projeto. Os resultados experimentais, indicam que o sistema foi capaz de fornecer os mesmos diagnósticos que os especialistas do sistema em 95% dos casos, enquanto o clínico acertou 53% em relação ao especialista, atendendo desta forma o objetivo inicialmente proposto.

Resumo

A cefaléia é uma das queixas principais em Unidades de Emergência e seus atuais critérios de classificação são desconhecidos por muitos dos médicos que prestam atendimento nestas Unidades. A incerteza associada ao domínio médico tornou necessária a utilização de alguma forma de representação de incertezas associados aos dados dos pacientes.

Para auxiliar o médico generalista, plantonista ou residente no diagnóstico diferencial das cefaléias, foi desenvolvido um protótipo de Sistema Especialista Médico (SEM) utilizando rede Bayesiana (RB). Na RB a inferência é feita através da propagação das evidências, explorando a dependência condicional através de tabelas de probabilidades condicionais, evitando assim a estimação de probabilidades para todas as possíveis combinações de proposições.

A base de conhecimento foi construída baseada nos Critérios de Classificação da Sociedade Internacional de Cefaléias (*IHS-1988*), nos sinais e sintomas dos pacientes e nos valores de probabilidades fornecidos pelos especialistas que participaram do projeto.

A avaliação do sistema foi realizada através da comparação: entre as respostas fornecidas pelo sistema e as respostas fornecidas pelos especialistas, e entre as respostas fornecidas por um clínico geral e as respostas fornecidas pelos especialistas, a partir de um conjunto de fichas médicas de pacientes com cefaléia selecionadas aleatoriamente pelos especialistas do projeto. Os resultados experimentais, indicam que o sistema foi capaz de fornecer os mesmos diagnósticos que os especialistas do sistema em 95% dos casos, enquanto o clínico acertou 53% em relação ao especialista, atendendo desta forma o objetivo inicialmente proposto.

Abstract

Migraine Headache has become the most constant complaint in the ER and its classification criteria is unknown by many healthcare professionals who perform in those units.

An expert system prototype was created as a resource for helping general practitioner or healthcare providers to diagnose different migraine by using a Bayesian net. The inference is made by spreading the evidences, exploring the conditional dependency through conditional probabilities tables, avoiding so the evaluation of the probabilities for all likely prepositions.

The Knowledge base was grounded on the criteria provided by the International Headache Society (IHS-1988], the symptoms given by the patients, and the probability values provided by the specialists who took part in this project.

The evaluation was performed comparing the answers given by the system and by specialists, and general practitioner to profiles from clinical records, which were randomly selected.

The results of the Expert System experiment has indicated that the system was able to provide the same diagnosis in 95% of the cases given by the specialist, whereas the general practitioner scored 53% in relation to the specialists, go the goal of this project was achieved.

Abstract

Migraine Headache has become the most constant complaint in the ER and its classification criteria is unknown by many healthcare professionals who perform in those units.

An expert system prototype was created as a resource for helping general practitioner or healthcare providers to diagnose different migraine by using a Bayesian net. The inference is made by spreading the evidences, exploring the conditional dependency through conditional probabilities tables, avoiding so the evaluation of the probabilities for all likely prepositions.

The Knowledge base was grounded on the criteria provided by the International Headache Society (IHS-1988], the symptoms given by the patients, and the probability values provided by the specialists who took part in this project.

The evaluation was performed comparing the answers given by the system and by specialists, and general practitioner to profiles from clinical records, which were randomly selected.

The results of the Expert System experiment has indicated that the system was able to provide the same diagnosis in 95% of the cases given by the specialist, whereas the general practitioner scored 53% in relation to the specialists, go the goal of this project was achieved.

Capítulo 1

Introdução

A cefaléia ou cefalalgia é o termo técnico dado a dor de cabeça, e é um dos sintomas mais freqüentes em diversas doenças e muitas vezes a queixa principal do paciente. Cefaléia, por definição, é uma dor sentida na cabeça [MARCONDES et al., 1976]. Por si mesma, a cefaléia pode não constituir uma enfermidade, e sim representar um sintoma e ser o fator que leva o paciente a consultar um médico.

A partir da Classificação Internacional de Cefaléias (Anexo A), tornou-se evidente a divisão em dois grandes grupos [SILBERSTEIN et al., 1998]: cefaléias primárias e secundárias. As primárias são as cefaléias como doença, ou seja enxaqueca e cefaléia relacionadas [FELDMAN & GORDON, 1995] e as secundárias, onde a dor de cabeça é secundária a uma doença subjacente, como por exemplo, tumor cerebral e meningite.

Classificar e definir um diagnóstico diferencial de cefaléia apresenta dificuldades, principalmente, para médicos generalistas e residentes, devido à complexidade e a grande diversidade dos tipos de cefaléia. Visando uniformizar os dados para fins de pesquisa e a melhoria no atendimento dos pacientes a *Internacional Headache Society (IHS-1988)* [HEADACHE, 1988], organizou um conjunto de critérios diagnósticos que conseqüentemente reduziu o grau de incerteza e imprecisão. O desconhecimento dos critérios pode resultar no diagnóstico equivocado, levando a má prática médica e suas conseqüências.

Lipton e colaboradores [LIPTON et al., 1992] relataram que o uso de questionários por clínicos, formulados a partir das principais características dos critérios da *IHS-1988*, possibilitou o diagnóstico correto da Migrânea sem aura em

quase 80% dos casos por eles avaliados. Por outro lado quando os critérios não foram utilizados, o diagnóstico correto foi obtido em somente 55% dos casos. Estes dados aproximam-se de outros estudos [STANG & KORFF, 1994] [MARCUS et al., 1994], onde clínicos gerais, sem o devido conhecimento dos critérios da *IHS-1988* obtiveram acerto diagnóstico na faixa de 30 à 68% dos casos.

Portanto, é de fundamental importância a utilização correta dos critérios da *IHS-1988*, onde foram catalogados os sinais e sintomas característicos de cada tipo de cefaléia que consequentemente podem reduzir os erros diagnósticos [PIOVESAN et al., 1998], [GARCÍA, 1999].

Os generalistas ou residentes prestam atendimento a grande maioria dos pacientes com cefaléia nas UE (estatísticas em Unidades de Emergência em pequenos centros urbanos brasileiros), ficando apenas 3 a 5% para os especialistas. Faz-se necessários que estes médicos tenham conhecimento dos critérios de classificação da *IHS-1988*, através de programas de reciclagem e/ou de uma “aplicação” que os auxilie [PIOVESAN et al., 1998].

Esta aplicação pode ser um sistema informatizado que consiste em modelar os sinais e sintomas dos pacientes em informações necessárias para o diagnóstico, adaptados aos Critérios de Classificação pertinentes ao diagnóstico diferencial de cefaléia.

Muitos problemas na vida real são repletos de incerteza, pode-se também constatar a incerteza no domínio médico. Especialistas humanos, neste domínio, são capazes de chegar as conclusões e tomar decisões baseados em informações incertas e incompletas [NASSAR 98]. Em muitos casos, o médico realiza seu diagnóstico com a informação que possui, ainda que limitada. Outras vezes os pacientes podem descrever incorretamente seus sintomas, ou ocorrer falso positivos ou falso negativos como conseqüências de exames laboratoriais. Devido a essas razões torna-se necessário a utilização de alguma técnica que possa tratar a incerteza associada as esses tipos de informações específicas do domínio.

Quando técnicas de Inteligência Artificial (IA) são associados a um sistema informatizado, este pode ser classificado como um Sistema Especialista (SE), e é aplicado em situações onde são requeridos raciocínios para a solução de problemas, como por exemplo, o raciocínio médico para tomada de decisão. Os sistemas

especialistas têm o propósito de usar técnicas computacionais para manipular e representar os dados, de maneira a organizar e modelar o conhecimento, transformando-os em informações relevantes ao domínio específico da aplicação. Algumas das técnicas representativas, no domínio médico, disponíveis para resolver esse tipo de problema serão vistas no Capítulo 2.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um Sistema de Auxílio ao Diagnóstico Diferencial de Cefaléia, no domínio específico para Migrânea e Cefaléia tipo Tensionais, alertando o médico generalista, plantonista ou residente quanto a probabilidade de se estar diante a uma cefaléia secundária, ou seja, sintoma de uma doença que se não diagnosticada e tratada com presteza, poderá gerar risco de vida ou graus variados de sequelas (Morbidade).

1.1.2 Objetivos Específicos

Dentre os objetivos específicos deste trabalho, destacam-se:

- Modelar uma anamnese específica para pacientes com cefaléia, bem como exame clínico e neurológico viável de ser utilizado em uma Unidade de Emergência, tendo por base os critérios definidos pela *IHS-1988*;
- Definir o formalismo de representação do conhecimento, que melhor se adapte ao domínio definido;
- Levantar os requisitos, especificar e utilizar uma ferramenta para representar o conhecimento incerto;
- Definir técnicas e realizar a aquisição do conhecimento, para construção da base de conhecimento;
- Analisar o desempenho do sistema e a viabilidade de utilização em Unidades de Emergência.

1.2 Justificativa do Trabalho

A ocorrência de cefaléias atinge 93% (estatísticas recentes americanas e dinamarquesas) da população geral que sofre ou já sofrera deste mal em alguma época de sua vida. Desse número, 31% precisaria de tratamento, devido a incapacidade funcional que as crises causam, como por exemplo, a perda ou diminuição de produtividade no trabalho [RAFFAELLI & MARTINS, 1999].

Souza e colaboradores [SOUZA et al., 1999] comprovaram que a falta de esclarecimento da população e de alguns médicos tem feito com que os pacientes com queixa de cefaléia demorem desnecessariamente a obter o diagnóstico e conseqüentemente a terapêutica adequada. Outro enfoque dado a esta pesquisa é a questão de qual profissional é procurado pelos pacientes com cefaléia:

- 23% dos pacientes procuram um neurologista;
- os demais 77%, inicialmente, procuram médicos de outras especialidades ou outros profissionais de saúde;
- Os profissionais mais procurados foram: oftalmologistas, clinico geral, otorrinolaringologista, ortopedista, ginecologista e dentista;
- tempo médio que o paciente leva para procurar um especialista é 13 anos.

O paciente quando procura atendimento, geralmente, em uma Unidade de Emergência (UE) devido a sua cefaléia, quase sempre é por uma das seguintes razões [CARVALHO, 1999]:

- Por não conseguir controlar mais uma de suas crises com as mesmas características já recorrentes há vários meses ou anos;
- Por apresentar uma dor muito forte (a pior cefaléia) e/ou diferente (a primeira cefaléia) que os deixam assustados.

A maioria das pessoas que sofre de cefaléia acabam aprendendo a conviver com a dor e não procuram atendimento. Se esse quadro fosse revertido, talvez os médicos generalistas se dedicassem, mais ativamente, ao estudo das cefaléias, suas variações e seus critérios, com conseqüente melhora da qualidade de vidas dessas pessoas.

1.3 Estrutura do Trabalho

A seguir, no Capítulo 2, será apresentado uma revisão sobre Inteligência Artificial e Sistemas Especialistas, bem como seus componentes e alguns exemplos de sistemas desenvolvidos na área médica. Também será apresentado uma revisão sobre conceitos de probabilidades, sistemas especialistas probabilísticos, tratamento de informações incertas e alguns dos programas *shell's* probabilísticos. No Capítulo 3, é definido o Domínio da Aplicação através da apresentação dos principais conceitos sobre o tema cefaléia na emergência e requisitos do sistema. No Capítulo 4, será apresentada a Proposta do Sistema, juntamente com a metodologia e a ferramenta utilizada no desenvolvimento. A Avaliação e Resultados do sistema são descritas no Capítulo 5. Finalizando o Capítulo 6, as Conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

1.4 Especialistas no Domínio da Aplicação

O desenvolvimento deste trabalho foi realizado com o suporte técnico de duas especialistas em Neurologia:

◆ Mônica Koncke Fiuza Parolin.

Profissão: Médica;

- Chefe de Neurologia do Hospital São Vicente, Curitiba, PR;
- Coordenadora do COPCA/CPD do SIATE, Curitiba, PR;
- Residência médica em Neurologia na Universidade de São Paulo (USP), Ribeirão Preto;
- Mestrado em Informática Aplicada à Saúde na Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Curitiba, PR;

Membro da Academia Brasileira de Neurologia; Sociedade Brasileira de Cefaléia; *International Headache Society* e Associação Médica do Paraná.

◆ Jussara Mathias Netto Khouri

Profissão: Médica;

- Chefe de Neurologia da Santa Casa de Misericórdia, Curitiba, PUCPR;

- Preceptora da Residência Médica em Neurologia, credenciada pelo MEC, da Santa Casa de Misericórdia de Curitiba, PUCPR;
 - Atividades como docente junto ao programa de residência Médica da Santa Casa de Misericórdia de Curitiba- PUCPR;
 - Residência médica em Neurologia no Instituto de Neurologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ);
 - Curso de Especialização em Neurologia na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro PUC-RJ;
 - Mestrado em Neurologia, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (USP);
- Membro da Sociedade Brasileira de Cefaléia e *International Headache Society*.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

Neste capítulo será apresentada uma revisão sobre IA e SE. No que se refere a SE serão vistos: componentes básicos, exemplos de sistemas desenvolvidos na área médica, formas de adquirir o conhecimento com especialista e formalismos utilizados na representação do conhecimento. Será apresentado uma revisão sobre conceitos de probabilidades, sistemas especialistas probabilísticos, alguns dos paradigmas numéricos utilizados no tratamento de informações incertas e alguns dos programas *shell's* probabilísticos.

2.1 Inteligência Artificial e Sistemas Especialistas

Por ser difícil definir exatamente Inteligência Artificial, foi adotada a conceituação de Rabuske [RABUSKE, 1995], onde diz que IA é “o resultado da aplicação de técnicas e recursos, especialmente, de natureza não numérica, viabilizando a solução de problemas que exigiriam, do humano, certo grau de raciocínio e de perícia. A solução destes problemas com recursos tipicamente numéricos é muito difícil”. Por isso, é que IA caracteriza uma nova era da computação: a era do processamento não numérico.

Na década de 70, deu-se início a relação entre IA e a Medicina. Desde então, surgiu o interesse em desenvolver sistemas especialistas que utilizam técnicas de IA [WIDMAN, 1998].

Em IA existem duas linhas principais de pesquisa para construção de sistemas especialistas [BITTENCOURT, 1998]:

1. Linha conexionista: visa a modelagem da inteligência humana através da simulação dos componentes do cérebro, isto é, de seus neurônios e suas interligações;
2. Linha simbólica: segue a tradição lógica. O sucesso dos sistemas especialistas, a partir da década de 70, estabeleceu a manipulação simbólica, de acordo com regras obtidas a partir de princípios lógicos.

Para Díez [DÍEZ, 1994] é considerado ainda a Linha Probabilística, embasada no cálculo da probabilidade, utilizando o teorema de Bayes para realizar sua inferência.

Sistemas Especialistas são sistemas de computadores que tomam decisões ou auxiliam no processo diagnóstico, baseado em conhecimentos, fatos e regras definidos por um especialista humano em um determinado domínio de aplicação [KEUNG-CHI & ABRAMSOM, 1990].

A principal diferença e vantagem entre um sistema especialista e uma representação algorítmica é a separação da base de conhecimento dos outros módulos do sistema, facilitando assim, eventuais mudanças e correções, sem a necessidade de constantes recompilações do sistema [BARTELS et al., 1995].

Os sistemas especialistas são aplicados a situações que requerem raciocínio formal para solucionar problemas como por exemplo, o diagnóstico médico. Podem ser utilizados como sistemas de monitoração, avisando os médicos sobre as condições de seus pacientes, ou emitindo lembretes sobre o uso indevido de medicamentos ou interações que possam provocar alguma reação não satisfatória ao paciente [DEL FIOLE, 1999].

Como exemplo, pode ser citado o sistema *HELP*, do *LDS Hospital*, situado na cidade de Salt Lake City, para monitoração de doenças infecciosas, integrado a um sistema hospitalar [EVANS et al., 1986]. O sistema utiliza dados laboratoriais de pacientes e uma base de conhecimento com o objetivo de detectar casos suspeitos de infecção hospitalar e antibioticoterapia inadequada. Em 2 meses de avaliação, o sistema foi capaz de detectar 37 pacientes, recebendo antibióticos inadequados, 31 recebendo antibióticos que poderiam ser substituídos por similares de menor custo e 142, recebendo antibioticoterapia profilática por um período além do necessário [DEL FIOLE, 1999].

Os sistemas especialistas de auxílio ao diagnóstico têm o objetivo de ajudar a encontrar o diagnóstico, baseado em dados, como sinais e sintomas dos pacientes, principalmente em situações onde o médico atendente não é um especialista, como acontece nas Unidades de Emergência de um grande número de cidades brasileiras.

Uma outra aplicação para sistemas especialistas é na área educacional, sendo utilizados como ferramentas de ensino para estudantes.

Dentre os sistemas especialistas já desenvolvidos, podemos citar os mais conhecidos na área médica: *MYCIN*, *QMR* e *ILLIAD*.

O sistema *MYCIN* foi desenvolvido por Edward Shortliffe [SHORTLIFFE, 1976] da Universidade de Stanford nos Estados Unidos, com o objetivo de diagnosticar doenças infecciosas. A partir de informações do paciente e utilizando sua base de regras, o sistema é capaz de estabelecer um diagnóstico e propor uma terapia adequada.

A base de regras do sistema contém 450 regras, que permite diagnosticar e prescrever tratamentos para bacteremia (infecção no sangue), meningite e cistite infecciosa. As regras são representadas, internamente, na forma de uma lista (em *Lisp*).

QMR (*Quick Medical Reference*) é um sistema de auxílio ao diagnóstico originalmente, desenvolvido por J. D. Myers e Randy Miller na Universidade de Pittsburgh [ELSON et al., 1995].

O *QMR* contém informações de mais de 600 doenças e 4500 sinais e sintomas de doenças. Inicialmente, sua base de conhecimento continha dados de literatura médica com problemas de inconsistência ou deficiências que, posteriormente, foram complementadas por especialistas. O seu mecanismo de inferência gera uma lista de diagnósticos prováveis, baseados em redes bayesianas e revisões de probabilidade. O fator decisivo no *QMR* é o valor da probabilidade condicional da doença: dados os sinais e sintomas qual a hipótese diagnóstica com maior probabilidade de ocorrência [ELSON et al., 1995].

ILLIAD (*Applied Medical Informatics*) foi desenvolvido pelo Departamento de Informática Médica da Universidade de Utah em Salt Lake City e foi designado, originalmente, como ferramenta acadêmica para os estudantes de medicina e residentes. O *ILLIAD* não teve muito sucesso devido sua complexidade, é um

sistema mais instrutivo do que prático. Também é pouco utilizado em ambiente hospitalar, devido a falta de integração com o sistema de informação do paciente e também a exigência de entrada de muitos dados para desenvolver uma lista de diagnósticos diferenciais. No *ILLIAD*, cada ponto de decisão ou diagnóstico é representado por um *frame* (quadro), onde cada *frame* contém manifestações relevantes ao diagnóstico apresentado [WARNER et al., 1997].

Existem algumas restrições no desenvolvimento e uso de sistemas especialistas. No desenvolvimento, a restrição é devido ao domínio médico ser complexo, pois envolve as diferenças individuais e particularidades de dados clínicos, associado à incerteza desses dados. Existindo também a preocupação ética e riscos legais da margem de erros de diagnósticos [WIDMAN, 1998].

No caso do uso em um consultório médico, ambiente hospitalar ou qualquer outro serviço médico, os sistemas devem ser simples no manuseio e no aprendizado, devendo existir a integração do sistema especialista com o sistema de registro clínico computadorizado ou sistema de informação hospitalar (SIH).

2.1.1 Componentes Básicos de um Sistema Especialista

A estrutura de um Sistema Especialista (SE) compreende quatro componentes básicos (Figura 2.1) que são: Base de Conhecimento, Mecanismo de Inferência, Interface com o usuário, Módulo de Explicação de raciocínio e conceito utilizado pelo SE.

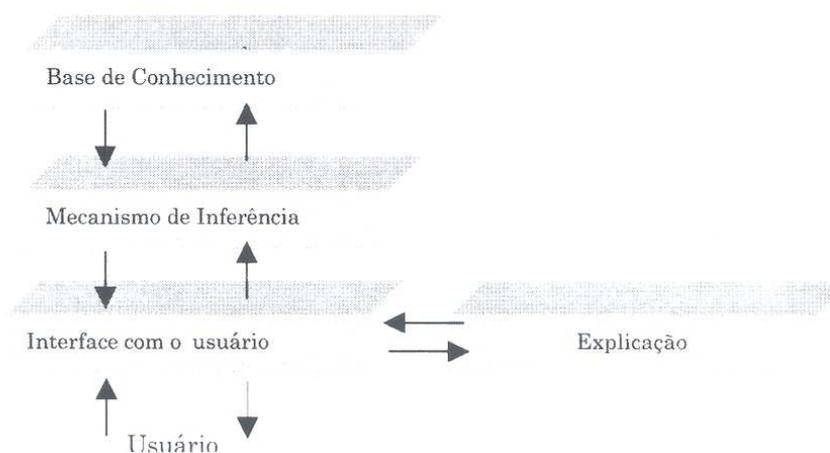


Figura 2.1 Módulos Básicos de um Sistema Especialista.

Base de Conhecimento: Contém as informações específicas a serem utilizadas nas decisões pertinentes ao domínio de aplicação do sistema. As informações são obtidas de especialistas, no domínio específico, por meio de entrevistas e através de consulta à literatura e base de dados.

Mecanismo de inferência: é o algoritmo capaz de elaborar as conclusões à partir das informações pertinentes ao domínio do conhecimento. O mecanismo de inferência determina a forma de como o conhecimento é representado na base de conhecimento. Este mecanismo pode ser utilizado sozinho, quando as informações são categóricas, ou em combinação com uma técnica matemática, normalmente algoritmos baseados em modelos probabilísticos, quando as informações envolve incerteza [ELSON et al., 1995], [BITTENCOURT, 1998].

Interface do Usuário: forma de comunicação entre o usuário e o sistema especialista. A interface com o usuário deve ser desenvolvida de maneira simples, clara e objetiva. A exigência de entrada de muitas informações para que o sistema apresente os resultados, faz com que os usuários fiquem desinteressados quanto ao uso do sistema.

Explicação: explicação do raciocínio e conceito utilizado para se chegar aos resultados. Através deste módulo o usuário possui informações sobre uma decisão que o sistema tomou, ou sobre qualquer fato ou conhecimento que armazenou na base.

Além dos componentes citados acima, fazem parte do desenvolvimento de um sistema especialista a aquisição e representação do conhecimento.

2.1.2 Aquisição do Conhecimento

A aquisição do conhecimento é o processo de coleta de informações de um especialista humano, para compor a base de conhecimento do sistema. A aquisição do conhecimento é o primeiro passo no desenvolvimento de um sistema especialista, e certamente é a parte mais difícil [HOFFMAN, 1987].

Como dito por Goudard [GOUDARD et al., 1992] “a aquisição do conhecimento consiste na extração do conhecimento específico de um ou mais especialistas num domínio e na transferência deste conhecimento obtido para a máquina, utilizando alguma linguagem específica de aplicação”.

Geralmente é feita através de entrevistas abertas ou estruturadas (focadas) [CARVALHO, 1995]:

Entrevistas abertas: são feitas para que o engenheiro do conhecimento¹, se familiarize com o assunto, com o objetivo de facilitar o processo de aquisição das informações do especialista.

Entrevistas estruturadas (focadas): direcionam a entrevista de forma que possa ser percebido o raciocínio do especialista.

O processo de aquisição do conhecimento pode ser muito trabalhoso, podendo consumir de 50 a 80% do esforço total para implementação do SE [GOUDARD et al., 1992].

Devido as dificuldades associadas à aquisição do conhecimento, algumas ferramentas foram desenvolvidas, como por exemplo: *MOLE* e o *SALT*. O *MOLE* foi desenvolvido por Larry Elshelman [ESHELMAN, 1988], para área de desenvolvimento de sistemas de auxílio ao diagnóstico. Através de técnicas de classificação heurística, interpreta o conhecimento obtido do especialista, e apresenta um conjunto de várias explicações até encontrar a melhor explicação apresentada para o conjunto de informações.

O *SALT* [MARCUS & MCDERMOTT, 1989] utiliza o método de resolução do problema “propor e revisar”, isto é, o sistema gera, testa, modifica e refaz a base de conhecimento, repetindo o processo até identificar a melhor solução para resolver o problema.

2.1.3 Representação do Conhecimento

A representação do conhecimento é o processo de representar (codificar) o conhecimento usado pelo sistema especialista.

Barr [BARR, 1981] define a representação do conhecimento, como sendo “uma combinação de estrutura de dados e de procedimentos de interpretação, que se usados de maneira correta em um programa, levarão a um comportamento que simule o conhecimento dos seres humanos”.

¹ Engenheiro do conhecimento é a pessoa responsável em adquirir e modelar o conhecimento do especialista humano em uma representação passível de implementação computacional.

Sua finalidade é organizar a informação necessária ao sistema de maneira que o mecanismo de inferência possa acessá-la para a tomada de decisão.

Antes de se fazer um sistema especialista, deve-se determinar [WARNER et al., 1997]:

- Como, onde e com que finalidade será utilizado;
- Se será utilizado de modo isolado ou conectado a um banco de dados;
- Quem serão os usuários do sistema;
- Se o conhecimento da base é suficiente para cobrir as alternativas pertinentes à decisão.

A resposta a cada uma destas questões, não só influenciará a seleção das ferramentas para modelar o sistema, mas também na adequação do formalismo de representação do conhecimento do “mundo” real a ser representado.

Alguns dos formalismos mais utilizados para representar o conhecimento são: Regras, Redes Semânticas, *Frames*, Redes Neurais Artificiais, Sistema Híbrido, Redes Bayesianas.

2.1.4 Regras

O modelo de decisão mais comum é baseado em regras, envolvendo os operadores lógicos (modelos booleanos). As regras são utilizadas em domínios, onde o conhecimento é categórico, onde valores como verdadeiro ou falso se enquadram adequadamente.

SE (condição)

ENTÃO (ação)

Onde: condição pode ser qualquer conjunto de variáveis, previamente definidas, separadas por operadores lógicos com ou sem operadores numéricos, como exemplificado na Figura 2.2.

<p>SE paciente tem dor de cabeça E a dor é intensa E a dor pulsátil e piora com a luz ENTÃO diagnóstico é Enxaqueca</p>

Figura 2.2 Exemplo de representação por Regras.

Existem basicamente dois modos de raciocínio aplicados às regras [FIESCHI, 1987]:

Encadeamento progressivo (*Forward chaining*): O encadeamento progressivo trabalha em seqüência, analisando os fatos e aplicando as regras até que a conclusão seja encontrada. Parte da análise das causas para as conseqüências.

Encadeamento regressivo (*Backward chaining*): O encadeamento regressivo faz o caminho inverso, como o próprio nome sugere. Formula-se uma hipótese e procura-se confirmá-la através das causas ou fatos.

Vantagens e desvantagens:

A representação utilizando regras, permite uma expressão do conhecimento e raciocínio que, muitas vezes, se assemelha ao raciocínio utilizado pelos especialistas humanos. Uma de suas principais vantagens é a possibilidade de acrescentar novas regras durante todo o processo de construção da base, deixando que o motor de inferência se encarregue de encadeá-las.

Mesmo aparecendo como uma de suas vantagens, existe uma preocupação em relação a este acréscimo, que implica em uma representação não estruturada, podendo dificultar a verificação do conteúdo da base. Quando um sistema baseado em regras cresce acima de um certo limite, fica impossível prever os efeitos da adição de novas regras, podendo ocorrer regras redundantes e conseqüentemente gerar inconsistência [ÁVILA, 1991][DÍEZ, 1994].

2.1.5 Redes Semânticas

Consiste em um conjunto de nós conectados por um conjunto de arcos. Os nós representam objetos, conceitos ou eventos, e os arcos representam as relações do tipo “*isa*” (é um) e “*ako*” (é parte de), dentro de uma hierarquia [ÁVILA, 1991]. Como pode ser observado pelo exemplo da Figura 2.3.

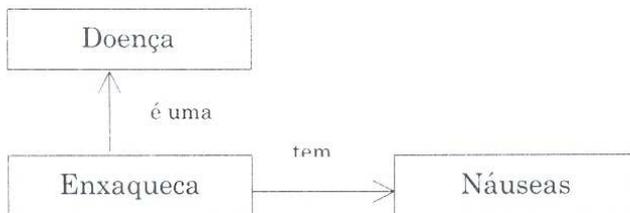
Enxaqueca <i>isa</i> doença.
Enxaqueca <i>ako</i> (<i>a kind of</i>) cefaléia.

Figura 2.3 Exemplo de representação utilizando Redes Semânticas

Isso significa: Enxaqueca (objeto) é um tipo de cefaléia, e faz parte de uma classe de doenças (genérico).

Vantagens e desvantagens:

A técnica de rede semântica ao mesmo tempo que apresenta vantagens em relação ao poder de associação (*isa*, *ako*), pode ter este aspecto voltado também para um agravante do seu entendimento. A interpretação dos nós pode ser ambígua, podendo causar problemas de confiabilidade nas inferências realizadas. Por exemplo, quando se diz que enxaqueca é um tipo de doença, a associação afirma ser um fato verdadeiro, mas nem toda enxaqueca tem náuseas como sintoma, ou seja, a associação não é extensível a todos os membros da classe enxaqueca.



2.1.6 Frames

Originalmente proposto por Minsky, um *frame* consiste em um conjunto de atributos que através de seus valores, descrevem as características do objeto. Os valores dos atributos podem estar associados a outro *frame*, criando assim, uma rede de dependência entre eles [MINSKY, 1975].

Um *frame* (Figura 2.4) é composto por: nome, slots e seus valores, parentes (hierarquia de herança), predicados, relacionamentos (valores de slots podem ser outros *frames*) [BITTENCOURT, 1998].

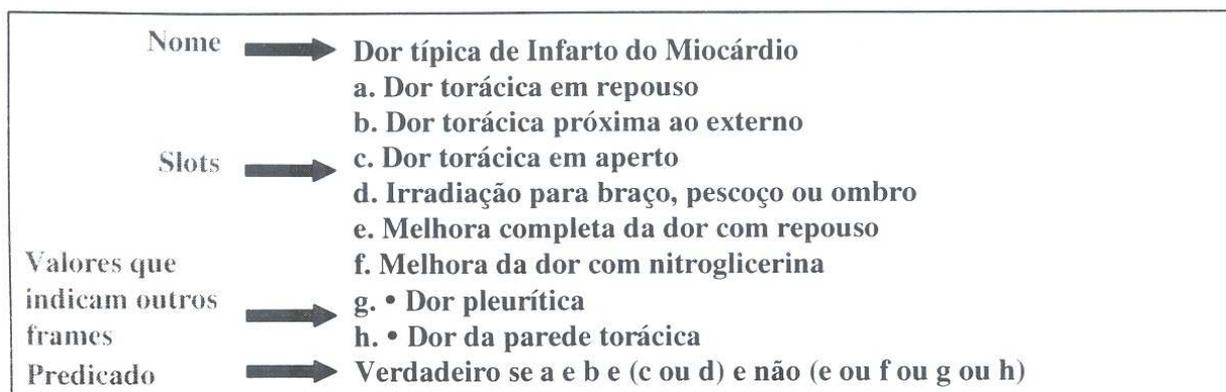


Figura 2.4 Exemplo de representação por Frames [WARNER et al., 1997]

Vantagens e desvantagens:

Os *frames* fornecem uma representação estrutural das relações e suportam uma técnica de definição por especialização que facilmente pode ser utilizada pelos especialistas. Permite a organização em árvores hierárquicas e o relacionamento com outros *frames*.

Entretanto, sistemas baseados em *frames* não fornecem facilidades para descrever declarativamente como o conhecimento armazenado deve ser utilizado.

2.1.7 Redes Neurais Artificiais

As Redes Neurais Artificiais (RNA) foram concebidas para imitar a organização paralela do cérebro, com as propriedades computacionais de paralelismo real e processamento distribuído.

Uma RNA adquire conhecimento diretamente de uma base de exemplos com um número suficiente de casos significativos, do domínio do conhecimento, selecionados por um especialista. Nas RNA's a representação do conhecimento é feita, automaticamente, durante o seu processo de aprendizado pelas conexões sinápticas que representam matematicamente o conhecimento abstraído pelas redes para o problema [CAUDILL, 1991].

Vantagens e desvantagens:

Uma de suas vantagens é a capacidade de trabalhar com grande quantidade de informações e de domínio complexo, como por exemplo problemas estocásticos ou não-lineares [LAWRENCE, 1992].

Uma de suas desvantagens é a falta de explanação do seu raciocínio, ficando associado o seu funcionamento ao de uma “caixa preta” [HART & WYATT, 1990].

2.1.8 Sistema Híbrido

Consiste em, pelo menos, dois formalismos diferentes, utilizados para representar o conhecimento.

A representação pode ser declarativa, onde os fatos gerais sobre objetos, situações e suas relações sobre o mundo são enfatizados, ou representação procedimental, onde o conhecimento do mundo está contido em procedimentos que realizam tarefas específicas, comportando de acordo com determinadas situações [ÁVILA, 1991].

Vantagens e desvantagens:

Uma das principais vantagens na utilização de Sistemas Híbridos, está relacionada a representação do conhecimento para domínios associados à incerteza.

No caso do diagnóstico médico por exemplo, a representação mista, utilizando regras e *frames* se adapta muito bem, podendo o *frame* ser utilizado na forma de representação do conhecimento e regras na inferência, onde *frames* podem ser ativados por regras e vice-versa. As suas desvantagens estão, diretamente, ligadas as próprias desvantagens das técnicas empregadas.

2.1.9 Redes Bayesianas

A Rede Bayesiana (RB) consiste em um grafo direcionado acíclico, no qual os nós representam variáveis e os arcos significam o relacionamento existentes entre as variáveis conectadas. A força desta relação são quantificadas por probabilidades condicionais. São também chamadas de Diagramas de Influência Probabilístico [KAHN et al., 1997].

As RB são modelos bastante adequados à implementação de técnicas de inferência que simulem o raciocínio evidencial, pois exploram a dependência condicional através da tabela de probabilidades condicionais. Conceito este que permite evitar a estimação de probabilidades para todas as possíveis combinações de proposições [HADDAWY, 1990], [VAREJÃO et al., 1991].

O formalismo de RB provê uma representação concisa de uma distribuição conjunta de probabilidades em um grupo de variáveis estatísticas; esta representação é denominada de crença. Uma RB compreende duas partes [LINDA, 1996]:

Parte Qualitativa: é o modelo gráfico (grafo direcionado acíclico), onde as variáveis são os nós, e as relações entre elas são os arcos direcionados. Assim, um arco ligando as variáveis $A \rightarrow B$, indica que a variável B é a consequência e a variável A é a causa, e estas apresentam uma relação de dependência.

Parte Quantitativa: é o conjunto de probabilidades condicionais associadas aos arcos existentes no modelo gráfico e probabilidades estimadas, *a priori*, das hipóteses diagnósticas.

Alguns pesquisadores dizem que probabilidades representam valores subjetivos, opiniões, acredita-se que a probabilidade de um evento neste caso, é a medida do grau de crença nele depositado, dada a informação correntemente disponível. Outros afirmam que probabilidades representam informações empíricas e que a probabilidade de um evento corresponde a frequência relativa de ocorrência do mesmo [VAREJÃO et al., 1991].

Nas RB's, as estimativas de crença e evidência são obtidas do especialista, da sua experiência na prática médica diária. Crença e Evidência não têm a mesma definição, mas estão associadas à incerteza das informações que podem ser um problema na representação do conhecimento. Crença é quando se acredita na informação e tenta justificá-la, e Evidência é quando se tem como justificar sua crença [KOEHLER, 1998].

2.2 Sistemas Especialistas Probabilísticos

Sistemas Especialistas Probabilísticos (SEP) são programas de inferência sobre uma base de conhecimentos específicos, coletados de um especialista na área

de aplicação [TESSARI, 1998]. Aos fatos e regras contidos na base de conhecimento, é associado a incerteza presente no domínio e são explicitadas as crenças através de valores de probabilidade.

O conhecimento é representado como um conjunto de probabilidades, probabilidades *a priori* (iniciais), *a posteriori* e probabilidades condicionais.

O mecanismo de inferência aplica a teoria da probabilidade juntamente com o teorema de Bayes, para calcular a probabilidade de cada resultado, quando dado uma descrição de um caso particular.

2.2.1 Hipóteses Multivaloradas

Diz-se que um SEP tem um conjunto multivalorado de hipóteses, quando existe a concorrência de várias hipóteses diagnósticas para um conjunto distinto de evidências. Assim, o SEP deve realizar o diagnóstico, a partir de um conjunto de evidências conhecidas [NASSAR, 1998].

Supondo que se tenha K hipóteses e N evidências, o vetor de probabilidades condicionais das várias hipóteses concorrentes é obtido da seguinte maneira:

Dado um conjunto de evidências $e_1, e_2, e_3, \dots, e_p, \dots, e_n$ a crença na i -ésima hipótese H_i é dada pela equação (2.1):

$$P(H_i | e_1 \wedge e_2 \wedge e_3, \dots, e_p \wedge \dots \wedge e_n) = \frac{P(e_1 \wedge e_2 \wedge e_3, \dots, e_k \dots e_n | H_i) \cdot P(H_i)}{P(e_1 \wedge e_2 \wedge e_p \wedge \dots \wedge e_n)} \quad (2.1)$$

A probabilidade $[P(e_1 \wedge e_2 \wedge \dots \wedge e_p \wedge e_n)]^{-1}$ é chamada de constante de normalização (α), supondo a independência condicional das evidências com relação a cada hipótese H_i então:

$$P(H_i | e_1 \wedge e_2 \wedge \dots \wedge e_n) = \alpha \cdot P(H_i) \cdot \prod_{p=1}^n P(e_p | H_i) \quad (2.2)$$

Duas ou mais variáveis são ditas independentes se a ocorrência de uma não alterar a probabilidade de ocorrência da(s) outra(s) [DOYLE et al., 1990].

Note que:

a) $P(H_i)$ é o vetor de probabilidade *a priori* das diferentes hipóteses em consideração;

b) a constante de normalização deve ser calculada pela restrição da soma unitária das probabilidades $P(H_i | e_1 \wedge e_2 \wedge \dots \wedge e_p \wedge \dots \wedge e_n)$.

Assume-se que para a evidência e_p é definido o vetor λ_p de probabilidades condicionais das K hipóteses, isto é: $\lambda_p = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k)$ onde:

$$\lambda_i = P(e_p | H_i) \quad (2.3)$$

Finalmente, pode-se rescrever a equação original (2.2) na seguinte forma:

$$P(H_i | e_1 \wedge e_2 \wedge \dots \wedge e_p \wedge \dots \wedge e_n) = \alpha \cdot P(H_i) \cdot \Delta \quad (2.4)$$

onde $\Delta = (\lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \dots \cdot \lambda_n)$

Assim, fica computacionalmente mais fácil obter o vetor de probabilidades condicionais da hipóteses H_i 's, dado um conjunto de evidências. Por outro lado, a expressão acima é uma forma de verificação que as regras *bayesianas* apresentam um esquema computacional recursivo e incremental a cada nova evidência que ocorrer [NASSAR, 1998].

A seguir apresenta-se dois SEP desenvolvido para área médica:

Mammonet: é um sistema de suporte à decisão médica para auxiliar no diagnóstico do câncer de mama. Foi desenvolvido no laboratório de Inteligência Artificial, Departamento de Engenharia Elétrica e Ciência da Computação da Universidade de Wisconsin-Milwaukee.

Para representação do conhecimento foi utilizado RB baseada em cinco sintomas históricos de pacientes, dois sintomas físicos e quinze sintomas de mamografias extraídas da experiência de radiologistas [KAHN et al., 1995].

A base de conhecimento do **Mammonet** foi construída através de dados de literatura, censo, relatórios estatísticos de saúde, e também de informações que foram obtidas de especialistas.

Para avaliação do sistema, foram submetidos 67 casos de um atlas de mamografias. Cada caso inclui dados clínicos, sintomas mamográficos, diagnóstico do médico especialista e o diagnóstico histológico, baseado em resultados de biópsias clínicas. O atlas oferece um conjunto de dados relativamente claros: dos 77 casos, 25 foram positivos para câncer de mama.

Como exemplo do resultado do sistema pode ser citado o caso 32 do atlas, que descreve malignidade em uma mulher com 65 anos de idade, com massa de baixa densidade, não possui sinal de auréola, e não possui calcificações. **Mammonet** calculou a probabilidade de ocorrer câncer de 99,6%, o que é compatível com o diagnóstico de um especialista [KAHN et al., 1997].

SISPAN [KOEHLER,1998]: é um sistema pediátrico para avaliação do estado nutricional em crianças de 0 a 2 anos de idade.

Para representação do conhecimento foi utilizada uma rede Bayesiana, baseada nos sinais e sintomas considerados relevantes ao processo de tomada de decisão. A base de conhecimento foi construída a partir dos conhecimentos extraídos de um médico especialista na área de nutrição.

Um dos principais objetivos do sistema foi testar sua sensibilidade às mudanças nos valores de probabilidades das hipóteses diagnósticas e testar o seu comportamento em função do tamanho da base de conhecimento.

Como resultado verificou-se que as pequenas alterações não modificam o diagnóstico médico. Quanto a análise da sensibilidade do sistema às mudanças nos valores das probabilidades condicionais, observou-se que quando apresentado alguns casos de teste à base, o sistema se manteve estável até o ruído de 30%.

2.2.2 Tratamento de Incerteza

Aplicações médicas são exemplos de domínios, onde a incerteza é praticamente constante em todos os procedimentos de raciocínio clínico.

A medicina envolve informações de um “mundo” não determinístico, onde as mesmas causas podem produzir efeitos diferentes em pessoas diferentes [DÍEZ 98].

Como quantificar ou mesmo valorizar informações imprecisas ou subjetivas, como por exemplo, reclamações de “muita” dor? O que pode ter muito valor para uns, pode não ter para outros.

O tratamento de incerteza é uma área ativa de pesquisa em Sistemas Especialistas, pois os domínios adequados à implementação de SE's se caracterizam por não serem modelados, exatamente, por nenhuma teoria geral, o que implica em descrições incompletas, inexatas ou incertas [BITTENCOURT, 1998]. A incerteza pode ser vista também através de informações inconsistentes, possibilísticas e probabilísticas.

Para melhor diferenciá-las foi utilizado o exemplo encontrado em [BITTENCOURT, 1998]:

Supondo que se queira descobrir a que horas começa um determinado filme. Algumas das respostas que se pode obter são:

Informação incompleta: Eu não sei a que horas começa o filme, mas, usualmente, os filmes neste cinema começam às 8 hs.

Informação incerta: Eu acho que o filme começa às 8 hs. (mas não tenho certeza);

Informação imprecisa: o filme começa entre 8 e 9 hs.

Informação inconsistente: Maria disse que o filme começa às 8hs. mas João disse que começa às 10 hs.

Informação Possibilística: é possível que o filme comece às 8hs.

Informação Probabilística: é provável que o filme comece às 8hs.

Informações como estas são comuns no que diz respeito à prática médica, podendo dificultar o processo diagnóstico [HECHERLING et al., 1991], [DÍEZ, 1998]. Ocorrem casos, onde os pacientes não se lembram de todos os sintomas que tenham sentido, ou até mesmo passam informações erradas para os médicos.

Alguns paradigmas numéricos foram propostos para tratar o raciocínio sobre informações incertas. Dentre eles: a Teoria da Probabilidade e Teorema de Bayes; Teoria da Evidência ou Teoria de Dempster-Shafer; Lógica Fuzzy ou conjuntos nebulosos e Fator de Certeza.

2.2.3 Teoria da Probabilidade e Teorema de Bayes

A Probabilidade é um número associado a um evento, destinado a medir sua chance de ocorrência [COSTA NETO, 1977].

No raciocínio probabilístico são utilizadas variáveis aleatórias para representar eventos do domínio da aplicação. Entre essas variáveis as relações de dependência são expressas por valores de probabilidades, que refletem a crença em sua ocorrência.

A probabilidade condicional utiliza a ocorrência de evidência(s), para se chegar a uma conclusão sobre uma hipótese diagnóstica, assim pode ser considerada uma forma de raciocínio probabilístico [NASSAR, 1998].

Aplicando o conceito de probabilidade condicional, elimina-se a necessidade de enumerar todas as exceções possíveis, através do uso de valores numéricos que indiquem com que frequência pode ocorrer determinado tipo de exceção. Como o exemplo da Figura 2.5.

Dado que um paciente tenha náuseas ou vômitos qual a probabilidade de ocorrer Migrânea sem aura.
SE Migrânea sem aura **ENTÃO** probabilidade de ocorrência de náuseas ou vômitos é expresso em valor de probabilidade (%).

Figura 2.5 Exemplo de Probabilidade Condicional

A seguir serão apresentados alguns dos conceitos básicos em relação à Teoria da Probabilidade como: Propriedades da Probabilidade Condicional; Razões de Probabilidade e Independência de Eventos [NASSAR, 1998].

Propriedades da Probabilidade Condicional :

Seja um espaço de probabilidade (ε, P) . Se $C \subseteq \varepsilon$ então $P(C) \neq 0$

Segue-se que [NASSAR 98]:

$$1) P(A|C) = P(A \wedge C) / P(C)$$

$$2) \text{Se } A \subseteq B \subseteq \varepsilon \text{ então } 0 \leq P(A|C) \leq P(B|C) \leq 1$$

$$3) \text{Se } A, B \subseteq \varepsilon \text{ então } P(A|C) = P(A \wedge B|C) + P(A \wedge \bar{B}|C) e$$

$$P(A \vee B | C) = P(A | C) + P(B | C) - P(A \wedge B | C)$$

4) Se $A_i \subseteq \varepsilon$ para $1 \leq i \leq n$ e $A_i \cap A_j = \emptyset$ então para todo $i \neq j$

$$P(A_1 \vee A_2 \vee \dots \vee A_n | C) = P(A_1 | C) + P(A_2 | C) + \dots + P(A_n | C)$$

5) Se $A \subseteq \varepsilon$, $B_1 \vee B_2 \vee \dots \vee B_n$ para $1 \leq i \leq n$ e $B_i \cap B_j = \emptyset$ para todo $i \neq j$ então

$$P(A) = P(A | B_1) \cdot P(B_1) + P(A | B_2) \cdot P(B_2) + \dots + P(A | B_n) \cdot P(B_n)$$

Razões de Probabilidades:

No contexto de Sistemas Especialistas Probabilísticos as razões são chamadas de *ODDS* e *LIKELIHOOD ratio*, e podem ser expressas das seguintes maneiras:

ODDS a priori: é dada pelo especialista do sistema e significa quanto uma hipótese diagnóstica é mais provável que outra hipótese.

$$O(H_i) = P(H_i) / P(H_j) \quad (2.1)$$

ODDS a posteriori: é calculada pelo sistema. Conhecendo uma evidência, qual a hipótese mais provável.

$$O(H_i / e) = P(H_i / e) / P(H_j / e) \quad (2.2)$$

LIKELIHOOD ratio: é dada pelo especialista do sistema. Quanto uma hipótese suporta uma evidência em relação a quanto outra hipótese suporta a mesma evidência.

$$L(e / H_i) = P(e / H_i) / P(e / H_j) \quad (2.3)$$

Independência de Eventos:

A idéia básica, subjacente ao conceito probabilístico de independência de eventos, é que o conhecimento de certa informação não traz informação adicional sobre outra.

Se e somente se o evento e_1 ocorreu e não trouxe informação sobre o evento e_2 e sabe-se que o evento e_2 ocorreu e não trouxe informação sobre o evento e_1 , então, diz-se que ocorre a independência entre estes eventos.

Seja um espaço de probabilidade (ε, P) e sejam os eventos $e_1, e_2 \subseteq \varepsilon$ segue-se que:

Se $P(e_1 \wedge e_2) = P(e_1) \cdot P(e_2)$ então os eventos e_1 e e_2 são independentes.

Genericamente, para qualquer subconjunto $E = \{e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{ik}\}$ de $\{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ se $P(e_{i1} \wedge e_{i2} \wedge \dots \wedge e_{ik} | H) = P(e_{i1} | H) \cdot P(e_{i2} | H) \dots P(e_{ik} | H)$, então, pode-se dizer que os eventos e_i 's são eventos mutuamente independentes dado a hipótese H .

O Teorema de Bayes provê a base para o tratamento da incerteza da informação em diversos sistemas especialistas desenvolvidos [RICH & KNIGHT, 1993]. O teorema de Bayes fornece uma abordagem para calcular as probabilidades para cada diagnóstico, dado um conjunto de indicadores. É uma maneira de combinar probabilidades condicionais, produzindo uma probabilidade final.

Seja o espaço de Probabilidade (ε, P) e os eventos compostos $H_1, H_2, \dots, H_k \subseteq \varepsilon$, desde que nenhum desses eventos tenha probabilidade nula, então [NASSAR, 1998]:

$$P(H_i | e) = \frac{P(e | H_i) \cdot P(H_i)}{P(e)} \quad (2.4)$$

Se $P(H_i \wedge e) \neq 0$ para todo i então:

$$\frac{P(H_i | e)}{P(H_j | e)} = \frac{P(H_i)}{P(H_j)} \cdot \frac{P(e | H_i)}{P(e | H_j)} \quad (2.5)$$

Se os eventos $H_1 \cup H_2 \cup \dots \cup H_k = \varepsilon$ $H_i \cap H_j = \emptyset$ para todo $i \neq j$ então

$$P(e) = P(H_1) \cdot P(e | H_1) + P(H_2) \cdot P(e | H_2) + \dots + P(H_k) \cdot P(e | H_k) \quad \text{resultando}$$

em:

$$P(H_i | e) = \frac{P(e | H_i) \cdot P(H_i)}{\sum_{j=1}^k (P(H_j) \cdot P(e | H_j))} \quad (2.6)$$

onde:

$P(H_i | e)$: a probabilidade que a hipótese H_i seja verdadeira dada a evidência e ;

$P(e | H_i)$: a probabilidade que a evidência e será observada se a hipótese H_i for verdadeira;

$P(H_i)$: probabilidade à priori da hipótese H_i ser verdadeira na ausência de qualquer evidência específica;

j : número de hipóteses possíveis.

Nas aplicações dos SEP os H_i 's são as hipóteses concorrentes. O evento e pode ser pensado como uma evidência. O conhecimento da ocorrência desta evidência leva a mudança na probabilidade à priori $P(H_i)$ para a probabilidade condicional $P(H_i | e)$, que por sua vez considera a evidência e .

Atualização Bayesiana para uma nova evidência:

Seja H uma hipótese e $e^n = (e_1, e_2, \dots, e_n)$ uma seqüência de dados independentes, observados anteriormente e seja e um novo fato. A probabilidade condicional para a nova evidência é:

$$P(H | e^n \wedge e) = P(H \wedge e^n \wedge e) / P(e^n \wedge e) = \quad (2.7)$$

$$P(H | e^n \wedge e) = P(H | e^n) \cdot \left(\frac{P(e | e^n \wedge H)}{P(e | e^n)} \right)$$

resultando em:

$$P(H | e^n \wedge e) = P(H | e^n) \cdot \left(\frac{P(e | e^n \wedge H)}{P(e | e^n)} \right) \quad (2.8)$$

A equação (2.12) resultante significa que uma vez calculada a probabilidade condicional da hipótese H dado um conjunto e^n de evidências, isto é o valor

$P(H | e^n)$, os dados passados e^n podem ser desprezados e assim pode ser obtido o impacto da nova evidência e .

2.2.4 Teoria da Evidência ou Teoria de Dempster-Shafer

A teoria de Dempster-Shaffer foi desenvolvida por Dempster nos anos 60 e estendida por Shafer nos anos 70 [HENKIND & STEVEN, 1988]. Esta abordagem considera grupos de proposições e atribui a cada um deles um intervalo (Crença_ Plausibilidade).

Crença (Cr) mede a força da evidência em favor de um grupo de proposições, variando de 0 (indica a falta de evidência) a 1 (indica certeza) [RICH & KNIGHT, 1993].

A Plausibilidade (Pl) é definida como: $Pl(s) = 1 - Cr(\neg s)$. Ela também varia de 0 a 1 e mede até que ponto a evidência em favor de $\neg s$ deixa espaço para a crença em s .

O intervalo Crença-Plausibilidade além de medir a crença das proposições mede também a quantidade de informações. A abordagem (0 e 1) mostra inicialmente nenhuma informação, a medida que novas evidências vão surgindo, esse intervalo diminui, representando aumento de confiança em cada hipótese [RICH & KNIGHT, 1993].

2.2.5 Lógica Fuzzy ou Conjuntos Nebulosos

Este modelo introduzido por Zadeh [ZADEH, 1965] é utilizado no tratamento de informações imprecisas. Dentre seus objetivos, está o tratamento adequado para situações, onde a teoria clássica de conjuntos apresenta deficiências [ABE & PAPAVERO, 1992], e existe a necessidade de tratar, matematicamente, conjuntos cujos limites não estão bem definidos.

Por Exemplo: O conjunto “Homem Alto” é formado por todos os homens que possuem altura maior ou igual a 1,80 m. Mas, visualmente, não poderia um homem que possui a altura de 1,79 m. ser considerado um homem alto? Pela teoria clássica dos conjuntos, isto não é possível.

2.2.6 Fator de Certeza

Fator de certeza são valores numéricos atribuídos aos dados, e aos conhecimentos e indicam grau de confiança e validade que o SE associa as informações [VAREJÃO et al., 1991].

O Fator de Certeza ($FC[h,e]$) é definido em termos de dois componentes [RICH/KNIGHT 93]:

$$FC[h,e] = MC[h,e] - MD[h,e] \quad (2.1)$$

onde:

- $MC[h,e]$ = medida entre 0 e 1 da crença da hipótese h , dada a evidência e . MC mede até que ponto a evidência sustenta a hipótese. Se for zero, a evidência não consegue sustentar a hipótese.

- $MD[h,e]$ = medida entre 0 e 1 da descrença na hipótese h , dada a evidência e . MD mede até que ponto a evidência sustenta a negação da hipótese. Se for zero, a evidência sustenta a hipótese.

FC = denota a crença em <hipótese>, dado que a <evidência> é observada.

Um exemplo da aplicação do FC pode ser visto pela Figura 2.6.

SE <evidência> **ENTÃO** <Hipótese> **FC**

<p>SE tem dor de Cabeça</p> <p>E tipo de dor pulsátil</p> <p>E tem náuseas e vômitos</p> <p>E duração 4 a 72 horas</p> <p>ENTÃO diagnóstico é Migrânea (FC=70%)</p>
--

Figura 2.6 Exemplo da aplicação do Fator de Certeza

2.3 *SHELL* para desenvolvimento de Sistemas Especialistas Probabilísticos

Inicialmente cada SE era desenvolvido com sua base de conhecimentos específica para seu determinado propósito. Posteriormente, surgiram os programas gerais denominados *Shell's* ou “cascas”. Estes programas permitem trabalhar com diferentes bases de conhecimento, utilizando o mesmo sistema, através de mudança ou adição de novos conhecimentos [SILVA & PARIZE, 1995].

A seguir estão relacionados alguns dos *shells* disponíveis:

Hugin²: O sistema Hugin foi desenvolvido por Frank Jensen e Lars B. Nielsen em 1995, na Universidade de Aalborg na Dinamarca. É uma ferramenta utilizada para construir a base de conhecimento caracterizado pela incerteza. Foi modelado usando RB. Possui uma interface gráfica amigável ao usuário e funções de *API* (bibliotecas).

Spirit³: Foi desenvolvido por William Rödden e colaboradores na Universidade de Hagen na Alemanha em 1990. A parte qualitativa da RB é implementada a partir da inserção de regras de produção. Valores de probabilidades são associados a essas regras, caracterizando a parte quantitativa da rede.

Netica⁴: Foi desenvolvido pela *Norsys Software Corp.*, Vancouver, BC Canadá, 1990. Foi modelado utilizando redes bayesianas, que é criada a partir dos nós, onde são definidos as variáveis e seus atributos (parte qualitativa) e tabelas (parte quantitativa), caracterizadas por valores de probabilidade associados às variáveis. O programa *Shell Netica* é composto de dois ambientes de trabalho que são o *Netica Application* e *Netica API*. O *Netica Application* é a interface gráfica onde a base de conhecimento é visualizada na forma de rede, com os nós, representando as variáveis e atributos; arcos que representam as dependências causais entre as variáveis e valores de probabilidade que podem ser visualizados através de tabelas. O *Netica API* é uma biblioteca completa de funções escritas na

² HUGIN[on line] Documento disponível na Internet <http://www.hugin.dk>, setembro 1999.

³ SPIRIT[on line] Documento disponível na Internet <http://pawpaw.fernuni-hagen.de/BWLOR/forsch.html>, agosto 1999.

⁴ NETICA[on line] Documento disponível na Internet <http://www.norsys.com/>, outubro de 1999.

Linguagem C, para criar nós, adicionar *links*, realizar inferências, compilar e gravar.

Outras ferramentas *Shell's*, que utilizam RB, podem ser encontradas no site <http://bayes.stat.washington.edu/almond/belief.html>.

Capítulo 3

Domínio da Aplicação

Neste capítulo, é definido o Domínio da Aplicação através da apresentação dos tipos de cefaléias mais frequentes em Unidades de Emergência, o procedimento de atendimento aos pacientes cefalálgicos e os requisitos do sistema.

3.1 Cefaléia na Emergência

A maioria das cefaléias observadas nas Unidades de Emergência são caracterizadas por cefaléias primárias, mais especificamente 90% são cefaléias tipo Migrâneas e Tensionais. Os demais 10% estão entre todos os outros tipos de cefaléias, primárias e as secundárias [CARVALHO, 1999].

Portanto, na grande maioria das vezes, ao atender um paciente na Unidade de Emergência com queixa de cefaléia, se estará diante de uma Migrânea (com ou sem aura), ou de uma cefaléia do tipo Tensional (crônica ou episódica).

Migrânea sem aura e Migrânea com aura são termos usados para caracterizar o que anteriormente era conhecido como Enxaqueca Clássica e Enxaqueca Comum. Enxaqueca é uma palavra derivada do árabe “Saqiqa”, significando fendido, ou cortado ao meio. Os espanhóis, através da marcante influência árabe, adotaram o termo Jaqueca, que finalmente modificado para Enxaqueca, na linha portuguesa [FELDMAN & GORDON, 1995].

Cefaléias Tensionais são definidas como cefaléia de tensão, contração muscular e cefaléia do *stress*.

A cefaléia de um paciente pode mudar no decurso da vida, não só quantitativamente mas também qualitativamente. O objetivo é classificar a forma de cefaléia predominante na crise atual, motivo pelo qual o paciente procurou atendimento médico [RAFFAELLI et. al., 1988].

Os transtornos e conseqüências causados pela Migrânea aos seus pacientes, são bem mais significativos que as cefaléias Tensionais. Comprometendo a qualidade de vida e a produtividade durante as crises e impondo custos aos pacientes e ao Sistema de Saúde [SHEFTELL, 1997]. Dentre os principais custos destacam-se os com medicação, internamentos e devido a queda ou a perda de produtividade do paciente migranoso que, por muitas vezes, é obrigado a deixar de trabalhar, durante suas crises de enxaqueca.

O paciente que se apresenta a uma Unidade de Emergência com queixa de cefaléia, normalmente, é atendido por médicos generalistas ou residentes que deverão estar atentos à probabilidade de um cefaléia secundária [PIOVESAN et al., 1998].

3.1.1 Requisitos do Sistema

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver um Sistema de Auxílio ao Diagnóstico Diferencial de Cefaléia, no domínio específico para Migrêneas e Cefaléia tipo Tensionais, alertando o médico generalista, plantonista ou residente, quanto a probabilidade de se estar diante de cefaléias secundárias.

O atendimento do paciente na Unidade de Emergência deverá ser eficiente, porém não extenso, devido as necessidades reais de todo serviço de emergência. O paciente deverá ser examinado e encaminhado a ações terapêuticas ou de urgência, se necessário.

Por este motivo o sistema deve atender os seguintes requisitos:

- Apresentar o conhecimento sobre o assunto específico;
- Conter informações relevantes, realmente necessárias para o processo de tomada de decisão de um médico generalista;
- Classificar a cefaléia caracterizada pela crise atual do paciente;
- Oferecer respostas instantâneas e compatíveis com o processo de raciocínio utilizado pelo médico, e conseqüentemente pelo sistema.

O paciente cefalálgico ao procurar por atendimento em uma UE, deverá ser submetido a uma anamnese, exame clínico e neurológico. A identificação de algum fator de alarme, primeiramente, indica uma forma não classificável de cefaléia primária.

A anamnese específica foi modelada seguindo a seqüência de perguntas e respostas baseadas nos critérios elaborados pela *IHS-1988*. Ela consta de sinais e sintomas pertinentes ao diagnóstico que o paciente deverá responder, corretamente, com as respostas já preestabelecidas.

A estrutura geral do sistema é composta pelos módulos de anamnese, exame clínico e neurológico, conforme mostra a Figura 3.1. Esses módulos não foram implementados, mas foram modelados com o objetivo de conhecer as reais necessidades dos profissionais, para que fosse possível levantar os requisitos do sistema. O módulo anamnese específica será descrito no Capítulo 4 - Proposta do Sistema.

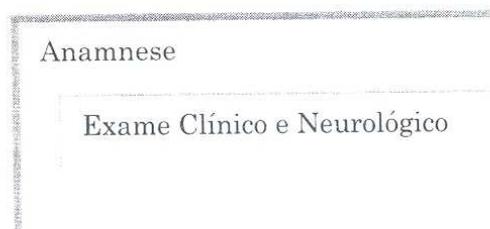


Figura 3.1 Procedimentos de abordagem de um paciente que se apresenta em uma Unidade de Emergência com dor de cabeça.

3.1.2 Anamnese

Anamnese, significa, rememorar a queixa principal do paciente. É realizada através da entrevista, onde são coletadas informações necessárias para elaborar as hipóteses diagnósticas, e estreitar o relacionamento entre médico e paciente. Ao término de uma anamnese, o médico deverá ter entendido o significado das palavras do paciente, e este, o que lhe foi questionado. O médico deverá obter o máximo de

informações que sejam relevantes e ter uma noção sobre o grau de exatidão dessas informações (veracidade, confiabilidade ou probabilidade).

A seguir, apresenta-se um roteiro de uma anamnese [BARRAQUER, 1976], [FUSTINONI, 1978], [DEJONG, 1979], [SANUITO, 1981], [BICKERSTAFF, 1984], [SAMUELS, 1984]:

Dados de identificação do paciente:

- Número do prontuário;
- Nome do paciente;
- Cor;
- Sexo: existem doenças específicas de cada sexo, ou com predomínio em determinado sexo.
- Idade: existem doenças específicas de cada faixa etária e outras que predominam segundo a idade. Por exemplo: arterite temporal que cursa com cefaléia somente em maiores de 50 anos.
- Profissão: existem as doenças desenvolvidas ou desencadeadas pelo exercício profissional, seja por exposição a toxinas ou lesões por esforços repetitivos (LER).

Queixa Principal: motivo pelo qual o paciente procurou atendimento médico. Através da queixa principal, o médico poderá direcionar a anamnese para um caminho mais específico, inclusive os exames pertinentes àquela queixa.

História da Doença Atual: é feito um levantamento geral de dados relevantes, para que o médico possa se colocar diante da nova situação. Relato breve da situação desde o início dos sintomas e sua evolução até o momento do exame.

História Patológica Progressiva: informações de doenças comuns da infância; história perinatal e desenvolvimento; menarca; climatério; gestações; cirurgias; trauma craniano; medicações presentes e prévias, incluindo dosagens e indicações; internamentos; doenças psíquicas; doenças maiores; crônicas; alergias e informações que podem ter alguma relação com a queixa atual.

História Familiar: árvore familiar; consangüinidade (aumenta a ocorrência de doenças genéticas); parentes com problemas similares ao problema do paciente, confirmando o caráter genético da doença; idade e estado de saúde de pais vivos; idade e causa mortis de parentes próximos. Todos esses dados são importantes, sempre tentando correlacionar com a doença atual.

História Social: grau de escolaridade, chamando atenção para nível intelectual e certas doenças com incidência maior em pessoas com baixo nível educacional (por ex. doença de Alzheimer), doenças ocupacionais, incluindo exposições perigosas; viagens recentes, visando áreas endêmicas e doenças regionais; problemas no serviço ou em casa; *hobbies*; animais de estimação, hábitos, especialmente álcool, tabaco e outras drogas; vida sexual.

Exame Clínico: existe uma sistematização para se realizar o exame clínico, mas geralmente, são investigados: pulso; pressão arterial; temperatura; pescoço (tireóide, adenomegalia) abdome; aparelho respiratório; aparelho cardiovascular (carótidas), aparelho gênito urinário; músculo esquelético e neurológico.

Exame Neurológico: A realização do exame neurológico é importante, porque qualquer alteração, associada à queixa de cefaléia pode ser considerada “fator de alarme”, aumentando a probabilidade de uma cefaléia secundária.

Dentre as principais observações a serem realizadas no exame neurológico destacam-se [BARRAQUER, 1976], [FUSTINONI, 1978], [DEJONG, 1979], [SANUITO, 1981], [BICKERSTAFF, 1984], [SAMUELS, 1984]:

Inspeção: facies; pele; cabeça; coluna; atitude.

Equilíbrio Estático: (vertigem; sinal de Romberg).

Marcha: pedir para o paciente:

- Andar pela sala;
- Virar e voltar;
- Andar em linha reta;
- Andar em linha reta (no calcanhar e nas pontas do dedos);

- Ficar em pé apoiado em apenas um pé;
- Levantar da posição sentada;
- Movimentos de braços associados durante a marcha.

Força Muscular:

- Monoparesia;
- Monoplegia;
- Paraplegia;
- Hemiplegia;
- Tetraplegia.

Tônus: Hipotonia; Hipertonia.

Coordenação:

- Membro superior;
- Membro inferior;
- Nistagmus (direção do olhar precipitante).

Reflexos:

- Membros superiores: bicipital; tricipital; estilorrádial; pronador da mão;
- Membros inferiores: patelares; cutâneo; aquileus, entre outros.

Sensibilidade:

- Subjetiva (dor, parestesia);
- Objetiva (tátil, dolorosa e profunda);
- Vibratória.

Sinais de Irritação das Meninges:

- Rigidez de nuca;
- Sinal de Kernig;
- Sinal de Brudzinski.

Nervos Cranianos: são examinados os pares de nervos cranianos que têm funções sensitivas, motoras e sensoriais.

- I Olfatório: identificação de odores (ausência- anosmia);
- II Óptico: (déficit visual, edema de papila OD-OE);
- III Motor Ocular Comum; IV Patético e VI Motor Ocular Externo: posição dos olhos (normal, estrabismo, visão dupla);

- V Trigêmeo: sensibilidade da face (parestesia, dor) e mastigação (motricidade);
- VII Facial: assimetria facial (paralisia central ou periférica);
- VIII Vestíbulo coclear: déficit de audição (zumbido);
- IX Glossofaríngeo; X Vago; XI Espinhal, XII Hipoglosso: disfagia; disfonia; atrofia da língua.

Estado Mental:

- Nível de consciência e conteúdo de consciência;
- Ansiedade;
- Depressão.
- **Palavra:** Disatria.
- **Linguagem:** Afasia.

Capítulo 4

Proposta do Sistema

Neste capítulo, será apresentada a Proposta do Sistema, dividida em 4 etapas: modelagem do sistema na sua forma completa, a descrição de como foi realizada a etapa da aquisição do conhecimento com os especialistas do projeto, a modelagem dos módulos de anamnese e base de conhecimento, e a técnica escolhida para representar o conhecimento contido na base.

4.1 Introdução

Com base nos requisitos do sistema levantados, anteriormente, no Capítulo 3, foi proposto um modelo de um Sistema de Auxílio ao Diagnóstico Diferencial entre cefaléias tipo Migrêneas e Tensionais para médicos generalistas, nas Unidades de Emergência.

A proposta do Sistema foi dividida em etapas que serão descritas a seguir:

- Modelagem geral do sistema: visão geral do sistema;
- Aquisição do conhecimento: obtenção do conhecimento necessário para compor a base de conhecimento do sistema;
- Modelagem dos módulos do sistema: Base de Conhecimentos; Anamnese Específica para pacientes com cefaléia;
- Representação do conhecimento.

4.1.1 Modelagem geral do sistema

No esquema representado pela Figura 4.1, pode-se ter uma visão geral e completa do Sistema de Classificação e Auxílio ao Diagnóstico de Cefaléia. As partes que foram modeladas e implementadas são: Anamnese Específica para pacientes com cefaléia, e a Base de Conhecimentos.

Foi utilizada a rede bayesiana como forma de representação do conhecimento do sistema, que faz sua inferência através da propagação das evidências, utilizando a teoria da probabilidade e o teorema de Bayes [BRUCE, 1990].

A rede Bayesiana é uma abordagem probabilística que:

- provê uma semântica bem definida para apresentar o conhecimento específico do domínio da aplicação;
- ilustra o encadeamento causal, o raciocínio dedutivo e abduutivo, utilizado para se chegar as conclusões, fazendo com que usuários e especialistas saibam porque um determinado sintoma ou resultado aparece, como consequência de alguma alteração ou não;
- oferece respostas instantâneas e compatíveis com o processo de raciocínio utilizado pelos especialistas.

Através de um conjunto de evidências, o teorema de Bayes calcula as probabilidades para cada diagnóstico e utiliza a combinação das probabilidades condicionais para produzir a probabilidade final, objetiva, expressa numericamente [KOEHLER, 1998].

As demais contribuições, para que o sistema fique completo, estão previstas para uma próxima etapa ou trabalhos posteriores, tendo como objetivo principal a comunicação entre o SE e o Sistema de Informação Hospitalar (SIH), para que o SE não fique isolado, fora do contexto da organização Hospitalar, o que dificultaria a sua utilização e poderia ocasionar desinteresse nos usuários.

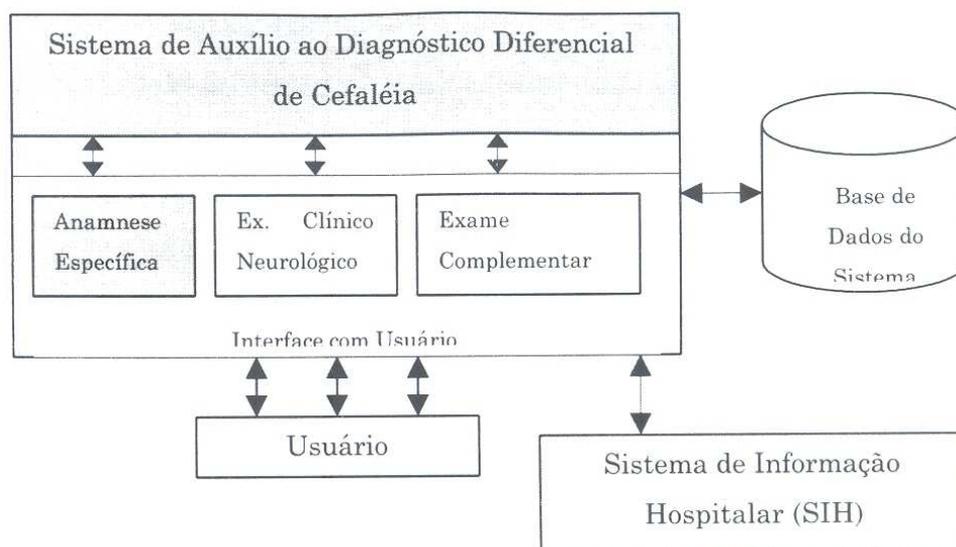


Figura 4.1 Esquema de Representação Geral do Sistema.

4.1.2 Aquisição do Conhecimento

A Aquisição do Conhecimento foi realizada, diretamente, com os especialistas que participaram do projeto, através de entrevistas, reuniões e dados retirados da literatura.

Para compor a base de conhecimento do sistema especialista as partes qualitativas e quantitativas foram realizadas da seguinte maneira:

Análise inicial: Definir qual o conhecimento necessário, como é o raciocínio médico e o conhecimento dos critérios diagnósticos, elaborados pela *IHS-1988*;

Organização do conhecimento: interpretação e representação do conhecimento, predominantemente, vindo dos especialistas.

Primeiramente foi definido o conjunto de doenças que seriam diagnosticadas (hipóteses diagnósticas). Para esse propósito, um estudo foi realizado sobre o tema em questão (Cefaléia).

Devido a complexidade de se classificar todos os tipos de cefaléias (150 tipos estabelecidos pela *IHS -1988*), as Migrêneas e cefaléias Tensionais foram selecionadas para pesquisa (Tabela 4.1), por sua prevalência em pacientes atendidos em UE e devido ao número menor de critérios exigidos em relação aos exigidos para classificação de todos os outros tipos de cefaléia. Casos cujas informações não

preenchem os critérios específicos para Migrêneas e cefaléias Tensionais foram agrupados como Não Classificáveis (como Migrânea e Cefaléia Tensionais), e são, na verdade, o alvo principal das investigações.

Após definido o escopo do modelo, foram definidos os sinais e sintomas relevantes ao processo de tomada de decisão. Associado a cada hipótese diagnóstica, foram selecionados o conjunto de sinais e sintomas que determinavam ou contribuíam para a validação da hipótese. Com esses dados se concluiu a parte qualitativa do modelo.

Para realizar a parte quantitativa foi necessário mais tempo e consideravelmente, mais esforços. Os especialistas do projeto apresentavam dificuldades em estimar probabilidades para seus conhecimentos e suas crenças. Esta tarefa não faz parte da sua rotina, pelo menos de forma explícita. Depois de várias entrevistas e reuniões, os especialistas passaram a “pensar numericamente” e raciocinar com a incerteza, sendo possível realizar o processo de atribuição de valores de probabilidades.

Para todos os sinais e sintomas foram atribuídos valores probabilísticos de forma diferenciada, de acordo com a hipótese em questão. Esse valores foram conseguidos dos especialistas baseados em seus conhecimentos, crenças e, principalmente, nos critérios diagnósticos da *IHS-1988*.

Tabela 4.1 Exemplo das Hipóteses Diagnósticas do Sistema

Node: HipotesesDiagnos Apply Okay

Chance Load Close

Migran...	Auratipi...	Aurapro...	Hemipl...	Basilar	Auraag...	Oftalmo...	Retiniana	TEpisod...	TCronica	NaoCla...
20.000	5.000	5.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	50.000	10.000	5.000

As hipóteses diagnósticas são melhores definidas no exemplo da Figura 4.2.

Figura 4.2 Hipóteses Diagnósticas (saída do sistema)

Cefaléias tipo Migrâneas:

- Migrânea sem Aura
- Migrânea com Aura:
 - aura típica;
 - aura prolongada;
 - hemiplégica;
 - basilar;
 - aura aguda.
- Migrânea Oftalmoplégica;
- Migrânea Retiniana;

Cefaléias Tipo Tensionais:

- Episódicas;
- Crônicas

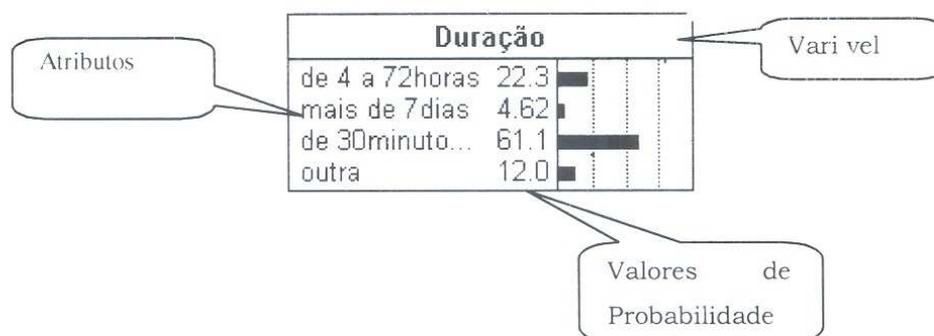
Não Classificáveis: todos os outros tipos de cefaléia (primárias e secundárias) que não se caracterizam por Migrâneas e Tensionais.

4.1.3 Modelagem dos Módulos do Sistema

Base de Conhecimento: é composta de duas partes (Figura 4.3):

- Qualitativa: sinais, sintomas (variáveis) e critérios (atributos);
- Quantitativa: valores de probabilidades, associados aos atributos, obtidos dos especialistas (Tab.4.1 e Tab.4.2) e calculados pelo sistema (Fig. 4.3).

Figura 4.3 Exemplo de um nó que compõe a Base de Conhecimento



Para que fosse possível definir os sinais, sintomas (variáveis) e critérios

(atributos) que determinam cada diagnóstico, foi necessário o conhecimento e o estudo sobre os critérios elaborados pela *IHS-1988*.

Por quase três anos, membros e sub-membros do comitê da Sociedade Internacional de Cefaléia, elaboraram um documento, onde consta os tipos de cefaléias e seus critérios diagnósticos.

Espera-se que, a existência dos critérios operacionais, para o diagnóstico, gerem no futuro um aumento da atividade de pesquisa no que diz respeito à cefaléia. A utilização de critérios se faz necessária como uma maneira de assegurar a padronização devido a diversidade entre opiniões dos especialistas [RAFFAELLI et al., 1988].

Bruce S. Schoenberg, do Instituto Nacional da Saúde dos Estados Unidos, formulou os quesitos básicos para um sistema de classificação e para critérios diagnósticos da seguinte maneira. “Qualquer forma de cefaléia num dado paciente deve obedecer a uma série de critérios e somente uma (mas um paciente pode muito bem ter mais de um tipo de cefaléia)”. Cada série de critérios diagnósticos deve ser o mais sensível e específica possível”, [RAFFAELLI et al., 1988].

Isto quer dizer que, somente os pacientes, que realmente, tenham a doença deverão receber o diagnóstico (sensibilidade), por outro lado, todos os pacientes que, realmente, tenham a doença deverão também preencher os critérios diagnósticos. A especificidade é atingida através de critérios rigorosos, que podem excluir um número excessivo de pacientes.

Os critérios selecionados, para cada diagnóstico, devem representar um compromisso entre sensibilidade e especificidade.

Para atribuir valores de probabilidades, foi necessário acompanhar o raciocínio médico. A parte quantitativa foi baseada na experiência dos especialistas, considerando a importância dos critérios.

Para compreender como os especialistas pensavam no processo de tomada de decisão, várias entrevistas e reuniões foram realizadas.

O raciocínio médico pode ser :

Raciocínio Dedutivo: o raciocínio dedutivo é baseado nos princípios lógicos. O raciocínio dedutivo trabalha do geral para o específico. Através das causas, pode se chegar às conseqüências. Como por exemplo: partindo de sinais e sintomas, obtém-se as hipóteses diagnósticas [DEGOULET & FIESCHI, 1997].

Raciocínio Abduativo: supondo que uma hipótese é verdadeira, o raciocínio abduativo faz com que se identifique os fatos ou regras respectivos daquela determinada hipótese. Como por exemplo: tendo a hipótese diagnóstica identifica seus sinais e sintomas (aspecto epidemiológico);

Raciocínio Plausível: maneira de chegar a conclusões, a partir de evidências sobre o fato que se está analisando. Este tipo de raciocínio se baseia na experimentação, indução, generalização, especialização, analogias e exclusão [COLLAZOS, 1997].

Para acompanhar o raciocínio médico e obter resultados, perguntas como esta foram feitas: *Dado que um paciente tenha dor de cabeça de localização unilateral, caráter pulsátil, intensidade moderada à severa, tendo como fator de piora o esforço físico, qual a probabilidade desse paciente ter Migrânea?*

As perguntas referentes a cada hipótese diagnóstica foram respondidas pelos especialistas do projeto através de um consenso. As respostas eram fornecidas na forma de valores de probabilidades, ou seja na atribuição adequada de “pesos” aos sinais e sintomas e critérios. Esses valores foram adquiridos através:

- Das experiências dos especialistas;
- Do conhecimento dos critérios, que teriam que ser total ou parcialmente preenchidos para caracterizar determinado diagnóstico.

O processo quantitativo da base de conhecimentos passou por sucessivos refinamentos, através de novas entrevistas com os especialistas. A apresentação de casos à rede bayesiana, levou os especialistas ponderarem quais sinais e sintomas influenciavam na validação de um determinado diagnóstico, e o grau desta influência. E constataram que para se chegar a um diagnóstico, ao contrário do que se pensa, foram necessárias poucas, embora relevantes informações. A falta de uma base de dados, onde pudesse ser extraído esse conhecimento dificultou o trabalho.

Através da Tabela 4.2, pode-se observar como os valores de probabilidades foram adquiridos e atribuídos às variáveis (sinais, sintomas e critérios).

Tabela 4.2 Exemplo da Tabela da Probabilidade Condicional- Duração

Node: **Duracao**

Chance

Hipoteses...	de_4_a...	mais_d...	de_30m...	outra
Migranease...	97.000	1.000	1.000	1.000
Auratipica	10.000	15.000	20.000	55.000
Auraprolon...	15.000	20.000	10.000	55.000
Hemiplegic...	20.000	15.000	10.000	55.000
Basilar	10.000	10.000	25.000	55.000
Auraaguda	10.000	25.000	10.000	55.000
Oftalmople...	1.000	97.000	1.000	1.000
Retiniana	10.000	10.000	25.000	55.000
TEpisodica	1.000	1.000	97.000	1.000
TCronica	1.000	1.000	97.000	1.000
NaoClassifi...	10.000	10.000	10.000	70.000

Depois de definida a Base de Conhecimento foi modelado o módulo de Anamnese Específica para pacientes com cefaléia.

Anamnese Específica:

A Anamnese do paciente cefalálgico é um passo fundamental para o diagnóstico¹. Erros na aquisição ou interpretação das informações obtidas dos pacientes podem prejudicar o diagnóstico. Perguntas vagas, abertas, ou de difícil interpretação podem induzir respostas erradas ou inconclusivas.

¹ Cefaléia-[on line]Documento disponível na Internet via WWW:<http://www.geocities.com/>

Na Anamnese Específica, é importante não usar palavras do tipo “freqüentemente”, “habitualmente”, “normalmente”, por serem informações subjetivas, difíceis de serem quantificadas.

Outro aspecto relevante a ser considerado é que deve ser afastado todo e qualquer tipo de alterações no exame clínico e neurológico (AEN) que o paciente possa vir manifestar, em períodos próximos, ou durante a crise; qualquer relação da queixa atual com trauma craniano (e o trauma anterior à queixa, deverá ser investigado). Deve ser considerada também, a importância dos chamados “fatores de alarme”, entre eles estão: [CARVALHO, 1999]:

- A primeira ou pior cefaléia da vida do paciente;
- Cefaléias de início recente ou início após os 50 anos;
- Cefaléias associadas a febre e/ou rigidez de nuca;
- Cefaléias de intensidade e freqüência com aumento progressivo.

A coexistência de qualquer “fator de alarme” na história do paciente e/ou nos exames clínico e neurológico é determinante de investigação através de exames complementares, mesmo nos casos, onde as cefaléias preencham todos os critérios para Migrânea ou para cefaléia tipo Tensional. Nestes casos, o sistema deverá considerar a cefaléia como não classificável como Migrânea e cefaléia Tensional, mesmo antes de propagar as informações na rede bayesiana.

A investigação é realizada obedecendo o procedimento descrito abaixo, através de perguntas e respostas, onde são caracterizados os sinais e sintomas dos pacientes na crise atual.

Anamnese Específica para paciente com Cefaléia:

1) Quando começou sua dor de cabeça?

- a) Abaixo de 40 anos;
- b) Entre 40 e 50 anos;
- c) Após os 50 anos.

2) Qual a intensidade da dor?

- a) Leve a moderada;
- b) Moderada e/ou severa.

3) Já apresentou crise de cefaléia como esta anteriormente?

- a) Pelo menos duas crises;
- b) Cinco ou mais crises;
- c) Pelo menos 10 crises;
- d) Nenhuma das alternativas.

4) Qual é a freqüência da sua dor?

- a) Menos de 15 dias por mês;
- b) Mais de 15 dias por mês;
- c) Não freqüente.

5) Qual a localização da sua dor?

- a) Unilateral;
- b) Bilateral (incluindo dor na Nuca);
- c) Sem localização precisa.

6) Qual o tipo de dor?

- a) Pulsátil;
- b) Em aperto;
- c) Nenhuma das alternativas.

7) Qual a duração da dor sem tratamento?

- a) De 4 a 72 horas;
- b) Uma semana ou mais;
- c) De 30 minutos a dias;
- d) Nenhuma das alternativas.

8) Piora com Exercício Físico?

- a) Sim;
- b) Não.

9) Apresenta náuseas e /ou vômitos na crise?

- a) Sim;
- b) Não.

10) Fotofobia e/ou Fonofobia:

- a) Sim;
- b) Não.

11) Apresenta falta de apetite ? (Anorexia)

- a) Sim;
- b) Não.

12) Ocorre perda de visão total na crise:

- a) Sim;
- b) Não.

13) Há relação com trauma craniano?

- a) Sim;
- b) Não.

14) Apresenta aura na crise atual?

- a) Sim;
- b) Não.

15) Como surgem os sintomas de aura?

- a) Rápido (até 4 minutos);
- b) Gradual.

16) Existe história familiar de aura idêntica?

- a) Sim;
- b) Não.

17) Que tipo de aura?

- a) Visual ou parestesia ou disfasia;
- b) Hemiparesia;
- c) Sintomas vértebro basilares: (ataxia, parestesia bilateral, vertigens, disatria, diplopia, hipoacusia, “tinitus”, alteração da consciência).

18) Qual o tempo de duração da aura?

- a) No máximo 1 hora;
- b) Mais que uma hora;
- c) Maior ou igual a 1 semana.

19) Hiperventilação:

- a) Sim;
- b) Não.

20) Comprometimento dos nervos III e IV:

- a) Sim;
- b) Não.

4.1.4 Representação do Conhecimento

Para representar o conhecimento do especialista, foi utilizada a rede bayesiana, através da ferramenta *Shell Netica*, selecionada para o trabalho.

A *Shell Netica* é uma ferramenta que utiliza técnicas de IA para geração automática de SE, tendo como objetivo principal simplificar o trabalho de implementação, através do uso de sua máquina de inferência, a construção automática de telas e menus, do tratamento probabilístico e da utilização de comentários.

A ferramenta permite o desenvolvimento e atualizações da base de conhecimento, através de uma interface gráfica interativa, de fácil visualização e entendimento, e de utilitários criados para depuração. Deste modo, proporciona uma economia de tempo para seus desenvolvedores.

O domínio médico a ser representado contém informações incertas, razão pela qual foi utilizado um modelo probabilístico.

4.2 Representação Gráfica da Rede

A rede é composta de 17 nós, onde um representa as Hipóteses Diagnósticas e os restantes os sinais e sintomas, conforme descrita na Figura 4.4.

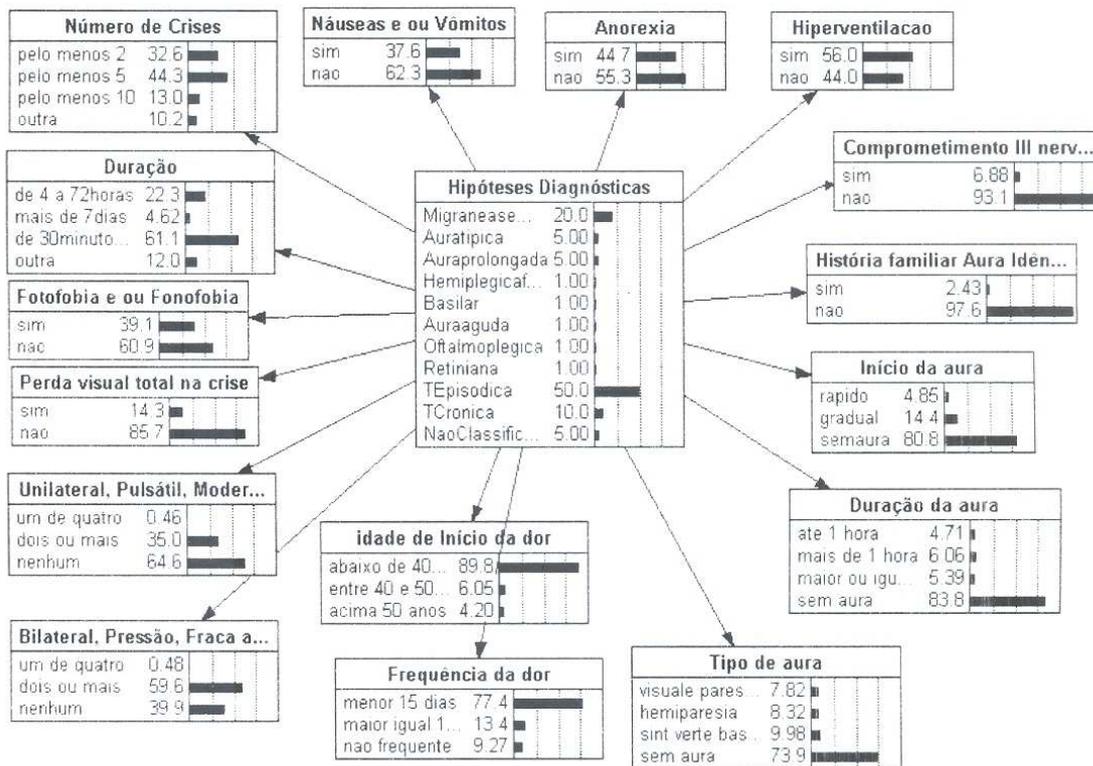


Figura 4.4 Representação Gráfica da Base de Conhecimento do Sistema de Auxílio ao Diagnóstico Diferencial de Cefaléia.

4.2.1 Consulta ao sistema ou à Base de Conhecimentos

A partir do grafo apresentado na Figura 4.4, pode-se consultar o sistema. A consulta à base de conhecimentos será feita a partir dos dados de entrada dos pacientes que consiste em informar ao sistema os sinais e sintomas pertinentes ao diagnóstico. Isto pode ser feito "clikando" em cima dos respectivos atributos de cada nó na rede.

4.2.2 Inferência do sistema

Este sistema trabalha com o processo de hipóteses multivaloradas, visto no Capítulo 2, isto é, o sistema consulta todas as entradas sem nenhuma ordem preestabelecida.

Assim o SEP realiza o diagnóstico, selecionando a(s) hipótese(s) com maior(es) probabilidade(s) de ocorrência, a partir de um conjunto de evidências conhecidas.

De acordo com as atualizações das evidências, o SEP, automaticamente, aponta novos resultados.

Capítulo 5

Avaliação e Resultados

A avaliação do protótipo foi realizada através dos seguintes cálculos: análise de desempenho, onde obtém-se resultados referentes a taxa de erros e acertos do sistema, análise de sensibilidade e especificidade, detecção de resultados positivos e negativos do sistema, bem como os valores preditivos positivos e negativos associados respectivamente aos cálculos de sensibilidade e especificidade.

5.1 Introdução

Avaliação é a coleta e a análise da informação de várias estratégias metodológicas que determinam a importância, abrangência, eficiência e impacto sobre o uso dos programas computacionais [LUNDSGAARDE, 1987].

Shortliffe [SHORTLIFFE, 1991] afirma que “avaliação deve ser feita desde o início do desenvolvimento do projeto, para que se tenha bons resultados”.

Para Clarke e colaboradores [CLARKE et al., 1994], “o desenvolvimento quando acompanhado de avaliações contínuas é uma maneira de se evitar erros futuros e economizar tempo e esforços para a equipe de desenvolvimento”.

No caso de SEM, o engenheiro do conhecimento precisa da avaliação do grupo médico para que seu projeto obtenha um crédito científico na classe médica, sendo o especialista responsável pela qualidade das informações contidas no sistema [WYATT & SPIEGELHALTER, 1990].

5.2 Avaliação do Protótipo

Dentre os modelos de avaliação de SE existentes [PELLEGRINI, 1995] o que melhor se adapta ao Protótipo é a Proposta de Gaschnig. Essa escala consiste nos seguintes passos [GASCHNIG et al., 1983]:

1. Definição dos objetivos do sistema;
2. Implementação de um protótipo para demonstrar sua utilidade;
3. Refinamento do sistema: esse refinamento é feito através de testes com casos aleatórios ou não, distribuição de cópias para usuários que devem analisar o sistema e aceitá-lo antes de colocá-lo em uso, e para o especialista que tem a responsabilidade de qualificar as informações contidas no sistema e fazer eventuais ajustes se for necessário;
4. Avaliação do desempenho: Taxa (proporção) de erro, Sensibilidade e Especificidade, Valor Preditivo Positivo e Valor Preditivo Negativo.
5. Avaliação da aceitação pelos usuários;
6. Funcionamento do protótipo em tempo integral;
7. Realização de pesquisa para demonstrar a utilidade do sistema em larga escala;
8. Alterações necessárias;
9. Liberação definitiva do sistema.

5.2.1 Análise do desempenho

A avaliação do Sistema de Auxílio ao Diagnóstico Diferencial de Cefaléia teve sua avaliação executada em duas partes:

Na primeira parte, foi feita a validação¹ das informações contidas na base de conhecimento: uma vez definidos os objetivos, o engenheiro do conhecimento faz a estruturação das informações que vão compor a base de conhecimento. São realizados testes de consistência² e abrangência³, detectando contradições, dados

¹ Validação determina os acertos das soluções encontradas com respeito as necessidades dos usuários e seus requisitos.

² Consistência é a capacidade de produzir sempre os mesmos resultados quando os mesmos dados são processados.

irrelevantes e erros. Nesta fase, são feitas alterações ou o recomeço de todo o processo se for necessário.

A segunda fase, refere-se aos resultados obtidos através da percentagem de acerto, taxa de erro, análise de sensibilidade e especificidade do sistema.

Para realização da análise do desempenho de um SE, é necessário dispor de um conjunto de casos do domínio de aplicação, base de teste, ou conjunto de amostra. Amostras são dados obtidos do conjunto de interesse. Assim sendo, se o objetivo é estudar a cefaléia e sua classificação, o conjunto amostral utilizado foi obtido, a partir, de pacientes cefalálgicos de UE ou de consultórios médicos.

O conjunto amostral do protótipo partiu de um conjunto aleatório, obtido a partir de 50 fichas de pacientes atendidos pelos especialistas que participaram do projeto (exceto pacientes com idade inferior a 13 anos). Os dados contidos nas fichas dos pacientes, foram filtrados e passados para o sistema como dados de entrada, sinais e sintomas.

O SE foi avaliado da forma descrita na Tabela B.1 (Anexo B) que consiste:

- Comparação das respostas dadas pelo sistema com os especialistas que participaram do desenvolvimento;
- Comparação das respostas do clínico geral com as resposta dos especialistas.

O especialista do sistema é considerado como padrão-ouro, isto é, o diagnóstico do especialista é o diagnóstico de referência para a avaliação do sistema [NASSAR, 1998].

Ao realizar a comparação entre o diagnóstico oferecido pelo sistema e o diagnóstico do especialista, obtém-se a taxa (proporção) de ocorrência de erro (p). Também é possível raciocinar de forma complementar, obtendo a percentagem de acerto do sistema.

³ Abrangência capacidade de produzir os mesmos resultados em um domínio específico, por exemplo um sistema desenvolvido para um determinado grupo racial e étnico pode apresentar resultados imprecisos se for aplicado em outro grupo.

5.2.2 Taxa de erro

A taxa de erro (proporção), p , na amostra é obtida pela seguinte expressão:

$$p = (n_e / n) \quad (5.1)$$

onde:

n_e é o número de casos classificados erroneamente pelo sistema;

n é o tamanho (número de casos) base de teste.

5.2.3 Análise de sensibilidade e especificidade do sistema

Sensibilidade: é definida como a probabilidade ou capacidade do sistema gerar resultado positivo, dado o caso pertencer à hipótese em questão. É a capacidade do sistema detectar casos positivos da hipótese diagnóstica [NASSAR 98].

O cálculo de sensibilidade é feito através da equação (5.2):

$$SENS = Prob(DS_{positivo} | DE_{positivo}) \quad (5.2)$$

onde:

$DS_{positivo}$ denota o evento em que o diagnóstico do sistema é positivo;

$DE_{positivo}$ denota o evento em que o diagnóstico do especialista é positivo.

A sensibilidade do sistema responde a questão de quantos casos positivos podem ser identificados por um diagnóstico positivo do sistema, como pode ser visto o exemplo na Figura 5.1.

Sensibilidade estima a probabilidade do sistema detectar que um paciente tem Migrânea sem aura se o paciente tiver Migrânea sem aura.

Figura 5.1 Exemplo de Sensibilidade.

Especificidade: é definida como a probabilidade do sistema gerar um diagnóstico negativo, dado que o caso não pertence à hipótese em questão. É a capacidade do sistema detectar casos negativos da hipótese diagnóstica [NASSAR, 1998].

O cálculo da especificidade é obtido pela equação (5.3):

$$ESP = \text{Pr ob}(DS_{\text{negativo}} | DE_{\text{negativo}}) \quad (5.3)$$

onde:

DS_{negativo} denota o evento em que o Diagnóstico do Sistema é negativo;

DE_{negativo} denota o evento em que o Diagnóstico do Especialista é negativo.

A especificidade avalia o desempenho do sistema e responde a questão de quantos casos que não pertencem à hipótese diagnóstica serão confirmados por um diagnóstico negativo do sistema, como o exemplo demonstrado na Figura 5.2.

Especificidade estima a probabilidade do sistema detectar que um paciente não tem Migrânea sem aura se o paciente não tiver Migrânea sem aura. Pacientes sem Migrânea sem aura serão diagnosticados pelo sistema como não portadores de Migrânea sem aura.

Figura 5.2 Exemplo de Especificidade

Associado ao teste de sensibilidade e especificidade tem-se os Valores Preditivos Positivos e Valores Preditivos Negativos do sistema.

Valor Preditivo Positivo (VPP): definido como a probabilidade do caso pertencer à hipótese diagnóstica em questão dado o diagnóstico positivo do sistema. É calculado através da equação (5.4).

$$VPP = \text{Pr ob}(DE_{\text{positivo}} | DS_{\text{positivo}}) \quad (5.4)$$

Valor Preditivo Negativo (VPN): definido como a probabilidade do caso não pertencer à hipótese diagnóstica dado um diagnóstico negativo do sistema.

É calculado através da equação (5.5).

$$VPN = \text{Pr ob}(DE_{\text{negativo}} | DS_{\text{negativo}}) \quad (5.5)$$

5.3 Demonstração dos resultados

Do total de 50 casos foram testados na rede 36 casos, porque 14 casos foram, previamente, classificados pelos especialistas como “Não classificáveis” como Migrânea e/ou Tensionais, devido a presença de alterações no exame clínico, neurológico ou relação com trauma craniano, conforme Tabela B.1 (Anexo B).

Os resultados são obtidos a partir da comparação entre o sistema e o especialista (Tabela 5.1 e 5.2), o clínico geral e o especialista (Tabela 5.3 e 5.4) e demonstrados separadamente em dois grupos: Migrâneas (a maioria dos diagnósticos) e Não Migrâneas (cefaléias Tensionais e Não classificáveis), conforme mostram as Tabelas 5.2 e 5.4.

Tabela 5.1 Tabela dos diagnósticos do Sistema em relação ao Especialista

Hipóteses Diagnósticas	Classificadas pelo Sistema	Classificadas pelo Especialista
Migrânea sem aura	14	14
Migrânea com aura	4	3
Tensional Episódica	5	5
Tensional Crônica	10	11
Não Classificável	3	3

Tabela 5.2 Tabela de distribuição dos resultados do Sistema em relação ao Especialista

Diagnóstico do Sistema	Diagnóstico do Especialista		Total
	Migrânea	Não Migrânea	
Migrânea	16	1	17
Não Migrânea	1	18	19
Total	17	19	36

erro=2

A taxa de erro (p) é obtida pela equação (5.1), com base nos dados obtidos na Tabela 5.1 e 5.2:

$$p = \frac{\text{Número de Casos Classificados Erroneamente pelo Sistema}}{\text{Número de Casos do Sistema}} = \frac{2}{36} = 0,055 \approx 5,5\%$$

A Sensibilidade determina a capacidade do sistema prever corretamente casos de Migrânea, ou seja, acreditar no diagnóstico positivo de Migrânea. O cálculo é realizado utilizando a equação (5.2), com base nos dados da Tabela 5.2:

$$\text{Sensibilidade} = \frac{D.\text{Sistema Migrânea Positivo}}{D.\text{Especialista Migrânea Positivo}} = \frac{16}{17} = 0,94$$

Refere-se a especificidade, a capacidade do sistema prever diagnóstico negativos de Migrânea, ou seja, acreditar no diagnóstico negativo. A especificidade é obtida aplicando a equação (5.3), com base nos dados da Tabela 5.2 :

$$\text{Especificidade} = \frac{D.\text{Sistema Migrânea Negativo}}{D.\text{Especialista Migrânea Negativo}} = \frac{18}{19} = 0,94$$

Valores próximos a 1 tanto para o cálculo de Sensibilidade e Especificidade, indicam ser um bom sistema na detecção de diagnóstico positivos e negativos de Migrânea.

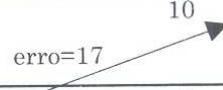
Para os Valores Preditivo Positivo e Preditivo Negativo, os mesmos resultados de Sensibilidade e Especificidade foram encontrados respectivamente.

Tabela 5.3 Tabela dos diagnósticos do Clínico em relação ao Especialista.

Hipóteses Diagnósticas	Classificadas pelo Clínico	Classificadas pelo Especialista
Migrânea sem aura	17	14
Migrânea com aura	3	3
Tensional Episódica	6	5
Tensional Crônica	7	11
Não Classificável	3	3

Tabela 5.4 Tabela de distribuição dos resultados do Clínico em relação ao Especialista

Diagnóstico do Clínico	Diagnóstico do Especialista		Total
	Migrânea	Não Migrânea	
Migrânea	10	10	20
Não Migrânea	7	9	16
Total	17	19	36

erro=17 

A Taxa de erro do clínico em relação ao especialista, aplicado a equação (5.1), com base nos dados da Tabela 5.3 e 5.4, foi de 47%.

$$p = \frac{\text{Número de Casos Classificados Erroneamente pelo Clínico}}{\text{Número de Casos}} = \frac{17}{36} = 0,47$$

5.4 Considerações Finais

O Sistema de Auxílio ao Diagnóstico Diferencial de Cefaléias segundo a escala de Gaschnig [GASCHNIG et al., 1993], cumpriu as etapas de 1 a 4, não chegando à implementação de uma Interface com outra linguagem, apenas utilizando a interface da própria ferramenta para representar o conhecimento, por não fazer parte dos objetivos do trabalho. Os objetivos do trabalho concentram-se no modelo probabilístico para a base de conhecimento, específica do domínio escolhido.

As próximas etapas serão cumpridas a partir do desenvolvimento do sistema na sua forma completa e serão descritas como sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 6

Conclusões

O modelo do sistema desenvolvido se caracteriza pela apresentação probabilística do conhecimento específico do domínio, e a utilização dos critérios de classificação elaborados pela *IHS-1988*. O conhecimento dos critérios foi necessário para padronizar a forma de raciocínio utilizada pelos especialistas, juntamente com o conjunto de sinais e sintomas relevante para reduzir o número de dados informados ao sistema.

O protótipo desenvolvido teve como objetivo principal a modelagem de uma base de conhecimento, cuja estrutura fosse capaz de classificar cefaléias tipo Migrâneas e Tensionais e auxiliar no seu diagnóstico diferencial.

Para atingir o objetivo, o modelo da base foi construído, obedecendo os seguintes recursos:

Estruturação da Anamnese Específica: desenvolvida obedecendo os critérios diagnósticos elaborados pela *IHS-1988*, juntamente com sinais e sintomas característicos das hipóteses a serem diagnosticadas.

Aplicação de técnicas de aquisição do conhecimento: através de entrevistas e reuniões com os especialistas foram realizados contínuos refinamentos, alterações e inclusões de novos conhecimentos na base até sua versão final. Nesta fase houve dificuldades dos especialistas que participaram do processo de desenvolvimento a expressarem numericamente, seus conhecimentos, ou seja, pensar através dos valores de probabilidades, visto que tais informações não constam como dados da literatura nacional e internacional. No início do projeto, esse tipo de raciocínio para os especialistas era uma realidade “impossível”, mas à

medida que os esclarecimentos eram colocados, principalmente na relação existente entre o raciocínio clínico com os dados incertos, o que era impossível, passou a ser menos distante e os valores puderam ser obtidos.

Definição do formalismo de representação do conhecimento mais adequado ao domínio: foi garantido através de redes bayesianas atendendo o objetivo de tratar informações incertas, e na capacidade de explanação do raciocínio clínico. Mostrando como se chegar a uma hipótese diagnóstica pelo conjunto de sinais e sintomas (raciocínio dedutivo), e a partir da hipótese diagnóstica mostrar seu quadro clínico (perfil epidemiológico), com todos os sinais e sintomas característicos (raciocínio abduutivo).

A capacidade de quantificar as informações e não somente qualificá-las fez com que a aplicação de um modelo probabilístico se adequasse muito bem ao domínio da aplicação, onde são obtidos diagnósticos probabilísticos e não diagnósticos de certeza. As informações incertas predominantes na medicina, reforçam a escolha de se adotar um modelo probabilístico na forma de representação e obtenção de melhores resultados.

Através da técnica bayesiana, utilizando a ferramenta *Shell Nética*, foi garantida a visualização simultânea dos resultados das inferências realizadas com a propagação das evidências, permitindo avaliar a importância de cada evidência no diagnóstico.

Apesar das vantagens já citadas, a ferramenta escolhida *Shell Nética*, também apresentou limitações quanto a seu uso. Na sua forma de inferência, utilizando hipóteses multivaloradas – uma evidência apenas não pode validar ou invalidar um conjunto de evidências que tendem para um determinado diagnóstico. Em probabilidade parte-se do fato que as evidências são independentes, assim sendo este tipo de estrutura considera que todas as evidências são independentes e relevantes para o diagnóstico. Provavelmente, estruturas de redes mais complexas, que representem e tratem as relações de dependência entre as variáveis, possam resolver esse tipo de problema.

Por exemplo: História de trauma craniano é uma evidência forte no processo diagnóstico. O paciente pode apresentar um perfil epidemiológico, com todas as características de uma Migrânea sem aura, por exemplo. Mas se por algum

momento, ele mencionar qualquer relação com trauma craniano, este diagnóstico terá que ser repensado e o paciente reavaliado.

Análise de desempenho do sistema: O sistema foi avaliado através da análise da taxa de erro e acerto, e através dos testes de sensibilidade e especificidade para os diagnósticos positivos e negativos. A comparação entre o clínico e o especialista teve como objetivo mostrar que o sistema especialista neste caso, teve um melhor desempenho que um médico generalista, atingindo assim seu objetivo.

Os resultados do experimento indicam que o sistema foi capaz de fornecer os mesmos diagnósticos que os especialistas do sistema em 95% (percentagem de acerto) dos casos, enquanto o clínico acertou 53% em relação aos especialistas. O fato da percentagem de acertos do sistema ser superior a do clínico geral, garante a utilidade do sistema nas Unidades de Emergência, e com isso atende aos objetivos propostos do trabalho.

Com relação ao desempenho do generalista, dois fatos devem ser considerados: Primeiro, foi fornecida, por parte do engenheiro do conhecimento, a lista das hipóteses diagnósticas limitando seu conjunto de opções, fato este que facilitaria a conclusão do diagnóstico. Segundo, a justificativa do clínico referente aos seus possíveis erros: “os eventuais erros que eu venha a cometer serão devido estar analisando casos (estudo de casos), onde estão presentes informações subjetivas, e não estar analisando o paciente, o que dificulta o diagnóstico”. A inspeção e exame físico do paciente realmente são partes integrantes e fundamentais para o diagnóstico correto, entretanto um dos especialistas analisou os mesmas fichas-prontuário sem ter tido acesso ao paciente (pessoa).

O conhecimento dos critérios deve ser considerado como fator fundamental na redução dos erros diagnósticos por parte dos médicos generalistas. O desenvolvimento do sistema na sua forma geral deverá levar em consideração este fato, na fase de projeto e implementação da Interface Homem/Máquina.

Esta aplicação foi direcionada para o médico generalista, residente ou estudante de medicina e não para um especialista em neurologia ou um cefaliatra¹.

¹ Cefaliatra – médico que se dedica ao estudo das cefaléias.

O sistema foi construído, obedecendo os critérios elaborados pela *IHS-1988* e apresenta respostas aceitáveis que colaboram para o aprendizado dos critérios e conseqüentemente a redução de erros cometidos por médicos não especialistas em cefaléia.

Muitos dos profissionais da área médica ainda têm dúvidas sobre os benefícios e os limites de um sistema de auxílio ao diagnóstico. É de fundamental importância que o profissional de saúde compreenda que os SE's ou outra aplicação da informática, na medicina, têm como objetivo ajudar no processo de tomada de decisão, sendo ferramentas auxiliares, e não substitutas. Além do mais, o desenvolvimento de um SE sem uma equipe de especialistas gestores (responsáveis pela qualidade do conhecimento) tem sua vida útil, praticamente, reduzida, ao seu período de desenvolvimento. Mesmo considerando o fato do SE cumprir à escala proposta por Gaschnig, não implica na garantia de sobrevivência ou "vida longa" para o sistema e sim na qualidade do mesmo. A sobrevivência do sistema pós-desenvolvimento depende principalmente do processo de manutenção.

Quanto à manutenção, avaliações e validações deverão ser realizadas, devido ao surgimento de novos conceitos. A possibilidade de evolução dos critérios de classificação (Anexo A), reforça a necessidade de alguma forma de apoio à decisão e pesquisas. Isto pode ser conseguido através do sistema na sua forma completa, aqui proposto, onde as diferenças entre a base de conhecimento e os especialistas sejam minimizadas.

6.1 Estudos futuros

O modelo probabilístico utilizado para representar o raciocínio médico e compor a base de conhecimento poderá ser utilizado posteriormente como modelo para outras aplicações na área médica que envolvam incerteza e imprecisão.

A disponibilização da base construída em um ambiente *on-line* poderá contribuir para realimentações, sugestões, adições de novos conhecimentos e eventuais correções que os especialistas julgarem necessárias, além de facilitar estudos multicêntricos em medicina, atualmente inviáveis no Brasil e de rotina em países desenvolvidos.

A implementação de uma interface, poderá contribuir para a comunicação entre o SE e o Sistema de Informação Hospitalar (SIH), viabilizando a passagem automática do prontuário do paciente, diminuindo o volume de informações necessárias no momento do atendimento. A falta de integração de um SE com o SIH dificulta sua aceitabilidade e seu uso.

Um sistema com *Help*, Alertas e Lembretes poderá ser implementado, contribuindo com o clínico nas seguintes situações:

- Documentação dos termos médicos usados pelos especialistas, que os generalistas ou residentes não se lembram ou mesmo desconhecem por não fazerem parte de suas rotinas;
- Alertas quanto aos critérios adotados pela *IHS-1988* e os chamados “fatores de alarme”;
- Lembretes sobre exames que deverão ser realizados para confirmação ou não de uma determinada hipótese diagnóstica.

A utilização do protótipo em tempo integral, inclusive em turnos alternativos deverá ser realizada, para que se tenha uma avaliação completa quanto ao uso e aceitabilidade do sistema. Isto poderá ser realizado na Unidade de Emergência da Santa Casa de Misericórdia de Curitiba- Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR).

A aplicação de questionários aos usuários sobre os aspectos relativos a utilidade e aceitabilidade do sistema, para que os usuários possam manifestar suas expectativas, criticar e/ou sugerir mudanças quanto ao sistema. Quanto as alterações, estas deverão ocorrer assim que julgadas necessárias por um comitê gestor do sistema.

Em relação ao fato de obter avaliação por mais especialistas e mais clínicos, é que como qualquer outro profissional de qualquer área, alguns médicos sentem-se constrangidos em fazer comparações de seus diagnósticos com o de outros profissionais, respeitando a ética médica, principalmente, quando este outro “profissional” é um sistema de computador [SHORTLIFFE, 1991]. Este tipo de procedimento é um grande impedimento que nada contribui com o desenvolvimento de SE, mas é a realidade, normalmente, encontrada.



Deve-se levar em conta, também, os custos e as dificuldades da realização das avaliações. O sistema será liberado após ter passado por todas as etapas previstas e cumpridos os requisitos propostos.

Anexo A

Classificação e Critérios Diagnósticos das Cefaléias, Nevralgias Cranianas e Dor Facial

O Comitê de Classificação das Cefaléias, da Internacional Headache Society (*IHS-1988*) propôs uma Classificação para as cefaléias em 1988 [HEADACHE, 1988] cuja tradução autorizada para a Sociedade Brasileira de Cefaléia [RAFFAELLI et al., 1988] foi utilizada neste trabalho. Esta classificação é mundialmente aceita, e está em constante evolução, podendo sofrer modificações no futuro.

O Documento descrito a seguir é apenas um sumário da Classificação, que é muito mais detalhada e explicativa.

1- Migrânea:

1.1) Migrânea sem aura;

1.2) Migrânea com aura:

- Típica;
- Prolongada;
- Hemiplégica familiar;
- Basilar;
- Aura de Migrânea sem cefaléia;
- Migrânea com aura de instalação aguda.

1.3) Migrânea oftalmoplégica;

1.4) Migrânea retiniana;

1.5) Síndrome periódicas da infância que podem ser precursoras de ou estar associadas a Migrânea

- Vertigem paroxística benigna da infância
- Hemiplegia alternante da infância.

1.6) Complicações da Migrânea:

- Estado migranoso;
- Infarto Migranoso.

1.7) Distúrbio migranoso que não preenche os critérios acima.

2- Cefaléia tipo Tensional:

2.1) Cefaléia do tipo Tensional Episódica:

- Cefaléia do tipo tensional episódica associada a distúrbio de músculos Pericranianos;
- Cefaléia do tipo Tensional episódica não associada a distúrbios de músculos Pericranianos.

2.2) Cefaléia do tipo Tensional Crônica:

- Cefaléia do tipo Tensional Crônica associada a distúrbio dos músculos Pericranianos;
- Cefaléia do tipo Tensional Crônica não associada a distúrbios de músculos Pericranianos.

2.3) Cefaléia do tipo Tensional que não preenche os critérios acima.

3- Cefaléia em salva e hemicrania paroxística crônica:

3.1) Cefaléia em salvas:

- de periodicidade não determinada;
- em salvas episódica;
- em salvas crônica;
- sem remissões desde o início;
- proveniente de episódica.

4- Cefaléias diversas não associadas a lesão estrutural:

4.1) Cefaléia idiopática em facada;

4.2) Cefaléia por compressão externa;

4.3) Cefaléia por estímulo frio:

- aplicação externa de um estímulo frio;
- ingestão de um estímulo frio.

4.4) Cefaléia benigna da tosse;

4.5) Cefaléia benigna do esforço;

4.6) Cefaléia associada a atividade sexual;

- tipo peso;
- tipo explosivo;
- tipo postural.

5- Cefaléia associada a trauma craniano:

5.1) Cefaléia pós-traumática aguda:

- com trauma craniano grave e/ ou sinais comprobatórios;
- com trauma craniano leve e sem sinais comprobatórios.

5.2) Cefaléia pós-traumática crônica:

- com trauma craniano grave e/ ou sinais comprobatórios;
- com trauma craniano leve e sem sinais comprobatórios.

6- Cefaléia associada a distúrbios vasculares:

6.1) Doença cerebrovascular isquêmica aguda:

- Ataque isquêmico transitório(TIA);
- Icto Tromboembólico.

6.2) Hematoma intracraniano:

- Intracerebral;
- Subdural;
- Epidural.

6.3) Hemorragia subaracnóidea;

6.4) Malformação vascular não rota:

- malformação arteriovenosa;
- aneurisma sacular.

6.5)Arterite:

- arterite de células gigantes;
- outras arterites sistêmicas;
- arterite intracraniana primária.

6.6) Dor das artérias carótidas ou vertebral:

dissecção de carótida ou de vertebral;

- carotidínia (idiopática);
- cefaléia pós-endarterectomia.

6.7) Trombose venosa;

6.8) Hipertensão arterial:

- resposta pressórica aguda a agente exógeno;
- feocromocitoma;
- hipertensão maligna(accelerada);
- pré-eclampsia e eclampsia.

6.9) Cefaléia associada a outro distúrbio vascular.

7-Cefaléia associada a distúrbio intracraniano não vascular:

7.1) Pressão liquórica elevada:

- hipertensão intracraniana benigna;
- hidrocefálica de pressão elevada.

7.2) Pressão liquórica baixa

7.3) Infecção intracraniana;

7.4) Sarcoidose intracraniana e outras doenças inflamatórias não infecciosas;

7.5) Cefaléia associada a outro distúrbio intracraniano;

7.6) Neoplasia intracraniana;

7.7) Cefaléia associada a outro distúrbio intracraniano.

8- Cefaléia associada ao uso de substância ou a sua supressão:

8.1) Cefaléia induzida pelo uso ou exposição aguda a uma substância:

- nitrato/nitrito;
- glutamato monossódico;
- monóxido de carbono;
- álcool;
- outras substâncias.

8.2)Cefaléia induzida pelo uso ou exposição crônica a uma substância:

- ergotamina;
- abusos de analgésicos;
- outras substâncias;

8.3) Cefaléia por supressão de uma substância (uso agudo):

- álcool (ressaca);
- outras substâncias;

8.4) Cefaléia por supressão de uma substância (uso Crônico):

- ergotamina;
- cafeína;
- abstinência de narcóticos;

8.5) Cefaléia associada a substâncias mas com mecanismo incerto:

- pílulas anticoncepcionais ou estrógenos;
- outras substâncias.

9- Cefaléia associada a infecção não cefálica:

9.1) Infecção virótica:

- não cefálica focal;
- sistêmica.

9.2) Infecção bacteriana:

- não cefálica focal;
- sistêmica (septicemia).

10- Cefaléia associada a distúrbio metabólico:

10.1) Hipóxia:

- cefaléia das alturas;
- cefaléia da hipóxia;
- cefaléia da apnéia do sono;

10.2) Hipercapnia;

10.3) Associação de hipóxia e hiperapnia;

10.4) Hipoglicemia;

10.5) Diálise;

10.6) Cefaléia relacionada a outra anormalidade metabólica.

11- Cefaléia ou dor facial associada a distúrbios de crânio, pescoço, olhos, ouvidos, nariz, seios, dentes, boca ou a outras estruturas da face ou crânio:

11.1) Osso craniano

11.2) Pescoço

- coluna cervical;
- tendinite retrofaríngea;

11.3) Olhos:

- glaucoma agudo;
- erros de refração;
- heteroforia ou heterotropia.

11.4) Ouvidos

11.5) Nariz e Seios

- cefaléia sinusal aguda;
- outras doenças do nariz ou dos seios.

11.6) Dentes, mandíbulas e estruturas correlatas;

11.7) Doenças da articulação temporomandibular.

12- Neuralgias cranianas, dor de tronco nervoso e dor de deafferentação:

12.1) Dor persistente (contrastando com a dor da neuralgia do trigêmeo) originada de nervo craniano:

- Compressão ou distorção de nervos cranianos e das segunda ou terceira raízes cervicais;
- Desmielinização de nervos cranianos: neurite óptica (neurite retrobulbar);
- Infarto de nervos cranianos: neurite diabética;
- Inflamação de nervos cranianos: Herpes Zoster; Neuralgia pós-herpética crônica;
- Síndrome de Tolosa-Hunt;
- Síndrome pescoço-língua;
- Outras causas de dor persistente com origem em nervo craniano.

12.2) Neuralgia do trigêmeo:

- neuralgia idiopática do trigêmeo;
- neuralgia sintomática do trigêmeo:
- compressão da raiz ou do gânglio do trigêmeo;
- lesões centrais.

12.3) Neuralgia do glossofaríngeo:

- neuralgia idiopática do glossofaríngeo;
- neuralgia sintomática do glossofaríngeo.

12.4) Neuralgia do intermédio;

12.5) Neuralgia do laríngeo superior;

12.6) Nevralgia occipital;

12.7) Causas centrais de dor cefálica e facial outras que não nevralgia do trigêmeo: anestesia dolorosa; dor talâmica.

12.8)Dor facial que não preenche os critérios dos grupos 11 ou 12.

13-Cefaléia não classificável.

Anexo B

Tabela de Diagnósticos

A tabela B.1 descreve os resultados obtidos na realização da avaliação do sistema e divide em 4 partes:

- Casos: identificação do caso que foi submetido ao sistema;
- Diagnóstico do Especialista do projeto: descrição do diagnóstico dado pelos especialistas que participaram do projeto;
- Diagnóstico do generalista: descrição do diagnóstico dado por um clínico geral;
- Diagnóstico do Sistema Especialista: demonstrado pelas três hipóteses que tiveram maiores probabilidades de ocorrência. Esta forma de visualização permite que o médico possa avaliar e repensar quais sinais e sintomas podem influenciar ou não na validação de um determinado diagnóstico.

AEN – Alterações no Exame Neurológico

AEC- Alterações no Exame Clínico

TCE – Traumatismo Crânio Encefálico

Tabela B.1 Tabela de Diagnósticos.

Caso	Diagnóstico Especialista do Projeto	Diagnóstico generalista	do Diagnóstico SE
Caso 1	Migrânea s/aura	Migrânea s/aura	Migrânea s/ aura: 98,8% Tens. Epis.: 1,11% Tens.Crônica: 0,009%
Caso 2	Não Classificável	Tensional Crônica	
Caso 3	Não Classificável	Tensional Episódica	Aura Típica : 49,7% Aura Aguda: 36,3%% Aura Prol.: 4,90%
Caso 4	Não Classificável (TCE)	Não Classificável	
Caso 5	Tensional Crônica	Migrânea s/ aura	Tens.Crônica: 53,7% Migrânea s/aura: 34,1% Não Class.:11,8%
Caso 6	Tensional Episódica	Migrânea s/aura	Tens.Epis.: 92,8% Migrânea s/aura: 6,77% Tens.Crônica: 0,45%
Caso 7	Tensional Crônica	Tensional Crônica	Tens.Crônica: 99,7% Tens.Epis. : 0,16% Não Class.:0,11
Caso 8	Tensional Crônica	Tensional Crônica	Tens. Crônica: 99,8% Tens. Epis.: 0,16% Não Class.: 0,002%
Caso 9	Tensional Crônica	Migrânea s/ aura	Tens. Crônica: 99,8% Tens. Epis.: 0,16% Não Class.: 0,004%
Caso 10	Tensional Episódica	Tensional Crônica	Tens. Epis.: 99,2% Tens. Crônica: 0,77% Migrâneas/aura: 0,0020
Caso 11	Migrânea s/ aura	Migrânea s/ aura	Migrânea s/aura: 99,9% Tens. Crônica: 0,045% Retiniana: 0,014%
Caso 12	Não Classificável (AEN)	Não Classificável	
Caso 13	Migrânea s/ aura	Migrânea s/ aura	Migrânea s/aura: 80,8% Retiniana: 16,0% Não Class.: 1,73%
Caso 14	Migrânea s/ aura	Tensional Episódica	Migrânea.s/aura: 55,6% Tens. Epis.: 42,7% Não Class.: 1,49%

Caso	Diagnóstico Especialista do Projeto	Diagnóstico generalista	do Diagnóstico SE
Caso 15	Migrânea s/ aura	Migrânea s/ aura	Migrânea s/ aura 98,8% Retiniana: 0,81% Tens.Epis.: 0,81%
Caso 16	Não Classificável (AEN)	Não Classificável	Não Class. : 89,6% Tens.Epis.: 6,41% Oftalmoplégica: 3,69%
Caso 17	Não Classificável (AEN)	Não Classificável	
Caso 18	Não Classificável	Migrânea c/ aura	
Caso 19	Tensional Crônica	Tensional Episódica	Tens.Crônica: 50,1% Tens.Epis.: 35,4% Não Class.: 14,4%
Caso 20	Não Classificável (AEN)	Não Classificável	
Caso 21	Não Classificável	Migrânea c/ aura	
Caso 22	Não Classificável	Não Classificável	
Caso 23	Não Classificável	Não Classificável	
Caso 24	Tensional Episódica	Não Classificável	Tens.Epis.: 100% Arredondamento do sistema.
Caso 25	Migrânea s/aura	Migrânea s/ aura	Migrânea s/aura: 59,2% Tens. Epis.: 33,2% Não Class.: 6,02%
Caso 26	Não Classificável (TCE)	Não Classificável	
Caso 27	Migrânea c/ aura Típica	Migrânea c/ aura típica	Aura Típica: 51,4% Aura aguda: 28,3% Aura Prol.: 9,03%
Caso 28	Tensional Episódica	Migrânea s/ aura	Tens. Epis. 53,1% Migrânea.s/aura: 46,8% Não Class.:0,024 %
Caso 29	Não Classificável (AEC)	Não Classificável	
Caso 30	Não Classificável (TCE)	Não Classificável	
Caso 31	Tensional Crônica	Tensional Episódica	Tens. Crônica: 99,7% Tens.Epis.: 0,19% Não Class.: 0,081%
Caso 32	Tensional Episódica	Tensional Crônica	Tens.Epis.: 99,2% Tens. Crônica: 0,77% Migrânea s/aura: 0,20%
Caso 33	Não Classificável	Migrânea s/ aura	

Caso	Diagnóstico Especialista do Projeto	Diagnóstico generalista	do Diagnóstico SE
Caso 34	Migrânea c/aura típica	Migrânea s/ aura	Aura Típica: 39,3% Aura Aguda: 32,6% Basilar: 24,6%
Caso 35	Migrânea s/ aura	Migrânea s/ aura	Migrânea s/aura: 100% Arredondamento do Sistema.
Caso 36	Tensional Crônica	Tensional Crônica	Não Class.:51,6% Tens.Crônica: 48,4% Tens.Epis.: 0,080%
Caso 37	Tensional Crônica	Tensional Episódica	Tens.Crônica: 99,7% Tens.Epis.: 0,26% Não Class.: 0,055%
Caso 38	Tensional Crônica	Migrânea s/ aura	Tens. Crônica: 82,6% Não Class.: 12,6% Migrânea s/aura 4,72%
Caso 39	Tensional Crônica	Tensional Episódica	Tens. Crônica: 99,8% Tens. Epis. :0,16% Não Class. : 0,038%
Caso 40	Não Classificável (AEN)	Não Classificável	
Caso 41	Migrânea s/aura	Migrânea s/ aura	Migrânea s/ aura: 100% Arredondamento do sistema.
Caso 42	Migrânea s/aura	Tensional Crônica	Migrânea s/aura: 99,7% Tens. Epis.: 0,19% Retiniana: 0,12%
Caso 43	Migrânea c/ aura Típica	Migrânea c/ aura Típica	Aura Típica: 44,6% Basilar: 34,9% Aguda: 18,5%
Caso 44	Migrânea s/aura	Migrânea s/ aura	Migrânea s/aura: 100% Arredondamento do sistema.
Caso 45	Migrânea s/ aura	Migrânea s/aura	Migrânea s/aura: 98,7% Não Class.: 1,06% Tens. Crônica: 0,17%
Caso 46	Não Classificável	Não Classificável	Não Class: 49,3% Migrânea s/aura: 46,1% Tens.Epis.: 4,49%
Caso 47	Migrânea s/aura	Migrânea s/ aura	Migrânea s/aura: 99,2% Tens.Epis.: 0,79% Tens.Crônica: 0,004%
Caso 48	Migrânea s/aura	Migrânea c/ aura	Migrânea s/ aura: 100% Arredondamento do sistema.

Caso	Diagnóstico Especialista do Projeto	Diagnóstico generalista	Diagnóstico SE
Caso 49	Tensional Crônica	Tensional Crônica	Tens.Crônica: 88,7% Migrânea s/aura: 10,4% Retiniana: 0,40%
Caso 50	Migrânea s/aura	Migrânea s/aura	Migrânea s/aura: 100% Arredondamento do sistema

Referências Bibliográficas

- [ABE & PAPAVERO, 1992] ABE, J.M., PAPAVERO, N.; Teoria Intuitiva dos Conjuntos. Makron Books do Brasil Editora Ltda., São Paulo- SP, 1992.
- [ÁVILA, 1991] ÁVILA, Bráulio C.; Representação do conhecimento utilizando frames. Dissertação de Mestrado; Ciência da Computação e Matemática Computacional; USP, São Carlos- SP, março de 1991.
- [BARR, 1981] BARR, E.A.F.; The Handbook of artificial intelligence. Los Altos, Califórnia, vol.I II, 1981.
- [BARRAQUER, 1976] BARRAQUER, B.L.; Neurologia Fundamental. Editora. El Ateneo, 3º edição, Espanha, 1976.
- [BARTELS et al., 1995] BARTELS, PH; THOMPSON D.; WEBER J.E.; Diagnostic and Prognostic decision support System. Pathologica, 87, pags. 221-236, 1995.
- [BICKERSTAFF, 1984] BICKERSTAFF, R.E.; Exame de paciente neurológico. Livraria Atheneu, RJ, 1984.
- [BITTENCOURT, 1998] BITTENCOURT, Guilherme; Inteligência Artificial, Ferramentas e Teorias. Editora da UFSC Florianópolis, SC, 1998.
- [BRUCE, 1990] BRUCE, D' Ambrosio; Inference in Bayesian Networks. AI magazine, pags. 21-35, 1990.
- [CARVALHO, 1995] CARVALHO, Lucimar F.; Análise dos métodos de Aquisição do Conhecimento e Desenvolvimento de um Sistema Baseado na Metodologia KADS. Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em

Engenharia Elétrica e Industrial do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET), Curitiba- PR, 1995.

[CARVALHO, 1999] CARVALHO, José J.F; Enxaqueca na Emergência: Quando e Porque Investigar. Instituto de Pesquisas Neurológicas do Ceará, 1999.

[CAUDILL, 1991] CAUDILL, Maureen; Expert Networks an emerge tecnology marries expert system and neural network to provide the best of worlds. Byte, vol.17, outubro, 1991.

[CLARKE et al., 1994] CLARKE, K.M.; SMEETS, R.; TALMON, J.; BRENDER, J., MCNAIR, P.; NYKANEM, P.; GRIMSON, J.; BARBER, B.; A methodology for evaluating of Knowledge-Based systems in Medicine. Artificial Inteligence in Medicine, vol. 6, pags.107, 121, 1994.

[COLLAZOS, 1997] COLLAZOS, K.S.; Sistema Especialista Nebuloso para Diagnóstico Médico. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós_Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 1997.

[COSTA NETO, 1977] COSTA NETO, Pedro L.O.; Estatística. Edgar Blucher, São Paulo,1977.

[DEGOULET & FIESCHI, 1997] DEGOULET, Patrice; FIESCHI, Marius; Introduction to Clinical Informatics: Medical Decision Support Systems. Trad. por Benjamin Phister. Springer-Verlag New York, p.153-167, 1997.

[DEJONG, 1979] DEJONG, R.; The Neurologic Examination. Editora Harper & Row, 4o edição, USA, 1979.

[DEL FIOL, 1999] DEL FIOL, Guilherme; Sistema de Apoio à Prescrição: Prevenindo Eventos Adversos relacionados ao Uso de Medicamentos. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, PR, dezembro, 1999.

- [DÍEZ, 1994] DIEZ, F. J.; Sistema Experto Bayesiano para ecocardiografia. Tese Doutorado em Ciências Físicas. Universidade Autónoma de Madrid, Espanha, 1994.
- [DÍEZ, 1998] DÍEZ, F.J.; Aplicaciones de los modelos gráficos probabilistas en medicina. Departamento de Inteligência Artificial. UNED, Espanha, Madrid, 1998.
- [DOYLE et al., 1990] DOYLE, J.; THOMASON; RICHMOND, H.; Background to Qualitative Decison Theory. AI magazine pags.55-67, 1990.
- [ELSON et al., 1995] ELSON, R.B; DONALD, P; CONNELLY D.P.; Computerized Decision. Support System in Prymary Care. Medical Decision Making, vol 22, pags. 365-383, junho de 1995.
- [ESHELMAN, 1988] ESHELMAN, L.; “Mole: A Knowledge-acquisition tool for cover-and-differentiate systems”. In Automating Knowledge Acquisition for Expert Systems, ed.S.Marcus. Boston, Kluwer, 1988.
- [EVANS et al., 1986] EVANS, R.S.; LARSEN, R.A.; BURKE, J.P.; GARDNER, R.M.; MEIER, F.A.; JACOBSON, J.A.; CONTI, M.T.; JACOBSON, J.T.; HULSE, R.K.; Computer Surveillance of Hospital-Acquired Infections and Antibiotic Use. JAMA, vol.256, pags.1007-1011, agosto,1986.
- [FELDMAN & GORDON, 1995] FELDMAN, Alexandre; GORDON, David; Cefaléias Primárias- Diagnóstico e Tratamento. Editora Artes Médicas, 1995.
- [FIESCHI, 1987] FIESCHI, M.; Inteligencia Artificial em Medicina- Sistemas Expertos. Masson, S.A., pags. 19-30, 1987.
- [FUSTINONI, 1978] FUSTINONI, Oswaldo; Semiologia Del Sistema Nervioso. El Ateneo, 10º edicion, Buenos Aires, 1978.

- [GARCÍA, 1999] GARCÍA, Sergio Francisco; Profilaxis Farmacologica la Migraña. Cefanet, vol 1, n. 4 agosto-setembro, 1999.
- [GASCHNIG et al., 1983] GASCHNIG, J.; KLAHR P.; SHORTLIFFE E. H.; TERRY A.; Evaluation of expert systems: issues and cases studies. Addison-Wesley, 1983.
- [GOUDARD et al., 1992] GOUDARD, C.M.P; ARAGON, D.F.; ASSIS, M.D.P.; O processo de aquisição do conhecimento: abordagem clássica. ILTC, RJ,1992.
- [HADDAWY, 1990] HADDAWY, P.; An Overview of some recent developments in Bayesian Problem-Solving Techniques. AI magazine pags. 11-20, 1990.
- [HART & WYATT, 1990] HART, A.; WYATT, J.; Evaluating Black-Boxes as medical decision aids: issues arising from a study of neural networks. Med. Inform., vol. 15, n.3, pags. 229-236, 1990.
- [HEADACHE, 1988] Classification Committee of the International Headache Society; Classification and Diagnostic criteria for headache disorders, cranial neuralgias and facial pain. Cephalalgia,.vol.8, pags.1-96. 1988.
- [HECHERLING et al., 1991] HECHERLING,P.S.; ELSTEIN, A.S.; TERZIAN, C.G.; KUSHNER, M.S.; The effect of incomplete knowledge on the diagnoses of a computer consultant system. Program in Clinical decision Making and Medical Informatics, Departament of medical Education, and the Departament of Medicine, University oif Illinois, Chicago, IL, USA, setembro, 1991.
- [HENKIND & STEVEN, 1988] HENKIND, J.; STEVEN, H. C. M.; An Analysis of Four Uncertainty Calculi. IEEE Transactions on Systems, Man. and Cybernetics. vol. 18, no 5, setembro/outubro, 1988.
- [HOFFMAN, 1987] HOFFMAN, R.R.; The problem of extracting the Knowledge of experts from the ppective of experimental psychology. AI Magazine, vol.8, pags.53-67, 1987.

- [KAHN et al., 1995] KAHN, C.E. Jr.; ROBERTS, L.M., WANG K.; HADDAWY, P.; Preliminary Investigation of a Bayesian Network for Mammographic Diagnosis of Breast Cancer. Proc Annu Symp Comput Appl Med Care, pags. 208-212, 1995.
- [KAHN et al., 1997] KAHN, C.E. Jr.; ROBERTS, L.M., SHAFFER, K.A.; HADDAWY, P.; Construction of a Bayesian network for mammographic diagnosis of breast cancer. Comput Biol Med, vol.1, pags.19-29, 1997.
- [KEUNG-CHI & ABRAMSON, 1990] KEUNG-CHI, N.G.; ABRAMSON,B.; Uncertainty Management in Expert Sytems. IEEE Expert, pags. 29-47, abril, 1990 .
- [KOEHLER, 1998] KOEHLER, Cristiane; Uma Abordagem Probabilística para Sistemas Especialistas. Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Centro tecnológico Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, dezembro, 1998.
- [LINDA, 1996] LINDA,C.; Bayesian Belief Networks: Odds and Ends. The Computer Journal, vol.39, n. 2, pags. 97-113, 1996.
- [LIPTON et al., 1992] LIPTON, R.B; STEWART ,W.F; CELENTANO, D.D; REED, M.L.; Undiagnosed migraine headaches: a comparasion of symptoms based and reported physician diagnosis. Arch Intern Med, vol. 152, pags. 1273-1278, 1992.
- [LUNDSGAARDE, 1987] LUNDSGAARDE, H.P.; Evaluating Medical Expert Systems. Soc. Sci. Med.; vol.24, n.10, pags. 805-819, 1987.
- [MARCONDES et al.,1976] MARCONDES; SUSTOVICH; RAMOS; Propedêutica e Fisiopatologia. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1976.
- [MARCUS et al., 1994] MARCUS, D.A; NASH J.M.; TURK D.C.; Diagnosing recurring headaches: IHS criteria and beyond. Headache, vol.34, pags. 329-336, 1994.

- [MARCUS & MCDERMOTT, 1989] MARCUS,S.; MCDERMOTT, J.; "SALT: A Knowledge acquisition language for propose-and-revise systems". Artificial Intelligence vol.39, n.1, pags. 1-37, 1989.
- [MINSKY, 1975] MINSKY, M.A.; Framework to represent knowledge. In the Psychology of Computer vision, McGrawHill, pags. 211-277, 1975.
- [NASSAR, 1998] NASSAR, Silvia M.; Informática e Estatística: Uma Interação entre duas Ciências. Trabalho submetido ao concurso de Professor Titular. Departamento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.
- [PELLEGRINI, 1995] PELLEGRINI, Gisele; Proposta de uma Metodologia de Avaliação para Sistemas Especialistas na Área Médica. Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, setembro, 1995.
- [PIOVESAN et al., 1998] PIOVESAN, I.J.; WERNECK, C.L.; PIOVESAN, L.M.; TATSUI, C.E.; LANGE, M.C.; RIBAS, L.C.; KOWACS, P.A.; Visão Generalista da Migrânea (Enxaqueca). Reavaliação Diagnóstica em 99 Pacientes. Setor de Cefaléias, Departamento de Clínica Médica do Paraná, Curitiba, PR; vol.56, pags. 1-8, julho/dezembro, 1998.
- [RABUSKE, 1995] RABUSKE, Renato A.; Inteligência Artificial. Editora da UFSC- Universidade Federal de Santa Catarina, cap. 1, pag. 21, 1995.
- [RAFFAELLI et al., 1988] RAFFAELLI, E. Jr.; SILVA, Wilson F.; MARTINS, Orlando J.; Classificação e Critérios Diagnósticos das Cefaléias, Nevralgias Cranianas Dor Facial. Tradução autorizada pela Sociedade Brasileira e Internacional de Cefaléia. fevereiro, 1988.

- [RAFFAELLI & MARTINS, 1999] RAFFAELLI, E. Jr.; MARTINS, Orlando J.; Dor de Cabeça, O que se diz - O que se sabe. 3^o edição, Lemos Editorial, São Paulo, 1999.
- [RICH & KNIGHT, 1993] RICH,E.; KNIGHT,K.; Inteligência Artificial. Editora Makron Books do Brasil Ltda., SP, 1993.
- [SABBATINI, 1993] SABBATINI , Renato M.E.; Uso do Computador no Apoio ao Diagnóstico Médico. Revista Informédica, vol.1 pags. 5-11, 1993.
- [SAMUELS, 1984] SAMUELS, A. M.; Manual de Terapêutica Neurológica. Editora Médica e Científica, RJ, 1984.
- [SANUITO, 1981] SANUITO, Wilson, L.; Propedêutica Neurológica Básica. Gráfica Editora Ltda. 4o edição, São Paulo, 1981.
- [SHEFTELL, 1997] SHEFTELL, Fred; Impacto da Migrânea e as Metas de Terapia. Resumo de conferência proferida no Congresso de Federação Mundial de Neurologia, Buenos Aires, Setembro, 1997.
- [SHORTLIFFE, 1976] SHORTLIFFE, E.H.; Mycin: computer-based medical consultations. Elsevier Scientific, New York, 1976.
- [SHORTLIFFE, 1991] SHORTLIFFE, E.H.; Knowledge_based system in medicine. Lectures Notes in Medicine Informatics MIE 91, n. 45, pags. 5-10, agosto, 1991.
- [SILBERSTEIN et al., 1998] SILBERSTEIN; LIPTON; GOADSBY. Headache in Clinical Practice. Isis Medical Media, cap. 2 pag.11, 1998.
- [SILVA & PARIZE, 1995] SILVA, Roberto; PARIZE, Mariza, M.G.; Niacim: Um programa para o desenvolvimento de Sistemas Especialistas em Medicina. Revista Informédica, vol.2, pags. 3-16, 1995.

- [SOUZA et al., 1999] SOUZA, J.A; MOREIRA FILHO, P.F.; JEUVOUX, C.C.; MATTA, A.P.C.; Quem o paciente com cefaléia procura e o que é feito por ele. Ambulatório de Cefaléia- Serviço de Neurologia, Universidade Federal Fluminense, RJ, 1999.
- [STANG & KORFF, 1994] STANG, PE.; VON KORFF, M.; The diagnosis of headache in primary care: Factors in the agreement of clinical and standardized diagnoses. *Headache*, vol.34, pags. 138-142, 1994.
- [TESSARI, 1998] TESSARI, Gilvan; Raciocínio Probabilístico em Sistemas Especialistas. Relatório de Iniciação Científica, Departamento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1998.
- [VAREJÃO et al., 1991] VAREJÃO, F. M.; MACHADO, R.J.; MILIDIU, R.L.; ALBA- Um Ambiente para Classificadores Bayesianos por Aglomeração. Technical Report CCR-125, Rio Scientific Center, IBM Brasil, junho, 1991.
- [WARNER et al., 1997] WARNER, HR; SORENSON, D.K; BOUHADDOU O.; Knowledge Engineering in Health Informatics. Springer-Verlag:NewYork, 1997.
- [WIDMAN, 1998] WIDMAN, L.E.; Sistemas Especialistas em Medicina. Trad. e adap. por Renato Sabbatini. Campinas, SP. Revista Informática Médica, vol. 1, n. 5, pags. 14-16, setembro/outubro, 1998.
- [WYATT & SPIEGELHALTER, 1990] WYATT, J.; SPIEGELHALTER, D.; Evaluating Medical Expert Systems: What to test and How? *Med.Inf.*, vol. 15, n.3, pags. 205-217, 1990.
- [ZADEH, 1965] ZADEH, L.A.; Fuzzy Sets. *Information and Control*, vol.8, pags. 338-353, 1965.