

PEDRO SERGIO NICOLLETTI

SINDROMUS: UM SISTEMA ESPECIALISTA PARA DIAGNOSTICO DE
SINDROMES DE MALFORMAÇÕES CONGENITAS

Dissertação apresentada ao Curso de
MESTRADO EM SISTEMAS E COMPUTAÇÃO
da Universidade Federal da Paraíba,
em cumprimento às exigências para
obtenção do Grau de Mestre.

HELIO DE MENEZES SILVA

Orientador



N646s Nicolletti, Pedro Sergio
Sindromus : um sistema especialista para diagnostico de
síndromes de malformacoes congenitas. - Campina Grande,
1987.
78 f.

Dissertacao (Mestrado em Sistemas e Computacao) -
Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e
Tecnologia.

1. Sistemas Especialistas - 2. Dissertacao I. Silva,
Helio de Menezes, Prof. II. Universidade Federal da Paraiba
- Campina Grande (PB) III. Título

CDU 004.891:611.012(043)

SINDROMUS: UM SISTEMA ESPECIALISTA PARA DIAGNÓSTICO DE
SINDROMES DE MALFORMAÇÕES CONGENITAS

PEDRO SERGIO NICOLLETTI

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DO CURSO DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS E COMPUTAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA
PARAIBA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO
GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS.

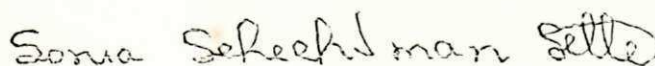
Aprovada por:


HÉLIO DE MENEZES SILVA

- Presidente -

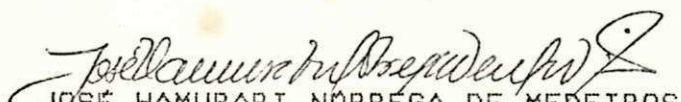

SÉRGIO DE HELLO SCHNEIDER

- Examinador -



SONIA SCHECHTMAN SETTE

- Examinadora -


JOSÉ HAMURABI NOBREGA DE MEDEIROS

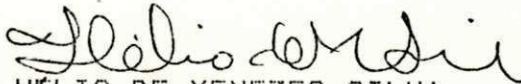
- Examinador -

CAMPINA GRANDE
ESTADO DA PARAIBA - BRASIL
JULHO - 1987

SINDROMUS: UM SISTEMA ESPECIALISTA PARA DIAGNÓSTICO DE
SINDROMES DE MALFORMAÇÕES CONGENITAS

PEDRO SERGIO NICOLLETTI


DISSERTAÇÃO APROVADA EM 27 / 07 / 1987


HÉLIO DE MENEZES SILVA

Orientador

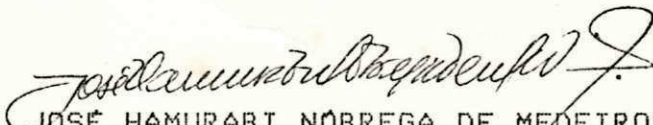

SÉRGIO DE MELLO SCHNEIDER

Componente da Banca


SONIA SCHECHTMAN SETTE

SONIA SCHECHTMAN SETTE

Componente da Banca


JOSÉ HAMURABI NÓBREGA DE MEDEIROS

Componente da Banca

AGRADECIMENTOS

Eu seria injusto se não expressasse meus mais sinceros agradecimentos ao meu orientador, Hélio de Menezes Silva, pelo seu contínuo incentivo e orientação efetiva no desenvolvimento desse trabalho.

Agradeço à Dra. Paula Frassinetti Vasconcelos de Medeiros pela sua atuação como fonte de conhecimento médico para as minhas muitas dúvidas no decorrer do trabalho.

Agradeço também à todos os colegas do Departamento de Sistemas e Computação da UFPb e da INFOCON Software que, de forma direta ou indireta, colaboraram comigo com incentivos e discussões proveitosas.

Para Pedro, Elza, Sandra e Angela.

SINDROMUS: UM SISTEMA ESPECIALISTA PARA DIAGNÓSTICO DE
SINDROMES DE MALFORMAÇÕES CONGENITAS

RESUMO

Este trabalho descreve o projeto e implementação de um sistema especialista para diagnóstico de síndromes de malformações congênicas - SINDROMUS.

SINDROMUS é um sistema especialista com conhecimento representado sob a forma de uma rede Bayesiana (simplificada em alguns aspectos), implementado em uma linguagem de programação procedural - C, sob sistemas operacionais compatíveis com UNIX (*) e MSDOS (**).

ABSTRACT

This thesis describes the design and implementation of SINDROMUS - an expert system for diagnosing syndromes of congenital malformations.

SINDROMUS knowledge is represented as a simplified bayesian network. It was implemented in procedural language - C, under UNIX-like and MSDOS-like operating systems.

(*) UNIX é uma marca registrada da AT & T Bell Laboratories.

(**) MSDOS é uma marca registrada da Microsoft Corp.

SUMARIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Alguns sistemas especialistas.....	1
1.2	Algumas ferramentas para desenvolvimento de sistemas especialistas.....	4
1.3	Alguns conceitos em Inteligência Artificial.....	5
1.4	Representação do conhecimento.....	8
1.5	Aplicações dos sistemas especialistas.....	11
1.6	SINDROMUS: Diagnóstico de síndromes de malformações congênitas.....	13
2.	GUIA PARA UM USUARIO.....	16
2.1	Procedimento de diagnóstico médico.....	16
2.2	SINDROMUS: seu modo de diagnóstico.....	19
2.3	SINDROMUS: sua classificação de sintomas.....	21
2.4	SINDROMUS: sua utilização.....	23
3.	GUIA PARA UM REIMPLEMENTADOR.....	34
3.1	O Modelo de Bayes.....	34
3.2	SINDROMUS: sua implementação.....	39
3.3	SINDROMUS: suas estruturas de dados.....	46
3.3.1	Tabelas de fatores de encorajamento e desencorajamento.....	46
3.3.2	Tabelas de conhecimento.....	49
3.4	SINDROMUS: seus algoritmos básicos.....	55
3.4.1	Módulo Principal.....	55
3.4.2	Voluntariamento.....	59

3.4.3	Avaliação de possíveis síndromes.....	61
3.4.4	Avaliação da chance de uma síndrome.....	63
4.	CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	66
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
APENDICE A	CONSTANTES DE CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA.....	75
APENDICE B	DECLARAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE DADOS DO SISTEMA.	76

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - Conceitos dentro da I.A.	7
FIGURA 2.1 - Sequências de malformações.....	17
FIGURA 2.2 - Grupos de malformações possíveis.....	18
FIGURA 3.1 - Modelo de rede Bayesiana.....	36
FIGURA 3.2 - Modelo de rede Bayesiana com AND e OR.....	37
FIGURA 3.3 - Estrutura básica da rede Bayesiana do SINDROMUS.	39
FIGURA 3.4 - Modelo de uma síndrome no SINDROMUS.....	42
FIGURA 3.5 - Modelo da síndrome de Turner no SINDROMUS.....	43
FIGURA 3.6 - Estruturas de dados do SINDROMUS.....	54

SINDROMUS: UM SISTEMA ESPECIALISTA PARA DIAGNOSTICO DE
SINDROMES DE MALFORMAÇÕES CONGENITAS

1. INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial (I.A.) [1], área da Ciência da Computação que muito tem se desenvolvido nos últimos anos, apresenta uma quantidade razoável de aplicações que vão desde a Programação Automática (Síntese de Programas, Análise de Algoritmos, Teoria da Computação) até a Psicologia Baseada no Processamento da Informação (Psicologia, Teoria do Controle, Linguística, Lógica), passando por Prova Automática de Teoremas, Sistemas Especialistas, Jogos, Robótica, Visão por Computador, Processamento de Linguagens Naturais, etc.

Dentre todas essas aplicações, uma das que mais tem se destacado é aquela em Sistemas Especialistas (S.E.s) [2]. Cada um desses sistemas abrange um subconjunto restrito (mas profundo e complexo) do conhecimento e heurística de grandes especialistas em determinada área do conhecimento humano, de modo que esse banco de conhecimentos acumulado passa a ser disponível e utilizável mesmo sem a presença daqueles especialistas.

1.1 ALGUNS S.E.s

Muitos são os S.E.s já desenvolvidos e outros tantos estão em desenvolvimento. Dentre os já desenvolvidos, os mais importantes e conhecidos, por terem trazido inovações conceituais ou de aplicação, são:

MYCIN [3]

É um sistema diagnosticador de (e prescritor de remédios para) infecções bacterianas do sangue. Foi o

primeiro S.E. e possui mais de 400 regras.

VM [4]

É um sistema monitorador de pacientes em unidades de terapia intensiva, sob respiração artificial.

PUFF [5]

É um sistema diagnosticador de doenças pulmonares, a partir da interpretação de dados obtidos de sensores das funções dos pulmões.

CADUCEOUS [6]

É um sistema diagnosticador de doenças de medicina interna em geral. Possui mais de 33.000 regras.

ATTENDING [7]

É um sistema de instrução usado para ensinar médicos recém-formados a aplicar anestésias.

DENDRAL [8]

É um sistema para interpretação de dados obtidos de um espectrômetro de massa para determinar estruturas químicas.

MOLGEN [9]

É um sistema para o projeto e criação de experiências em genética molecular.

PROSPECTOR [10]

É um sistema para a avaliação do potencial mineral de uma região.

DRILLING ADVISOR [11]

É um sistema diagnosticador (e prescritor de soluções) para problemas de emperramentos na perfuração de poços de petróleo em plataformas marítimas.

R1 [12]

É um sistema configurador de computadores VAX da Digital Equipments Corp.

TIMM/TUNER [13]

É um sistema depurador para o ajuste de computadores VAX da Digital Equipments Corp. sob o sistema operacional VMS.

TALIB [14]

É um sistema que sintetiza circuitos eletrônicos integrados para células nMOS.

HEARSAY-II [15]

É um sistema para processamento de linguagem natural, em fala e audição.

REACTOR [16]

É um sistema diagnosticador (e prescritor de soluções) para falhas em reatores nucleares.

STEAMER [17]

É um sistema de instrução usado para ensinar a operação de uma usina a vapor.

1.2 ALGUMAS FERRAMENTAS PARA DESENVOLVIMENTO DE S.E.s

Além de S.E.s, propriamente ditos, muitos trabalhos têm sido feitos no projeto e implementação de ferramentas para o desenvolvimento de S.E.s. Dentre eles podemos citar:

EMYCIN [18]

É uma linguagem parametrizada de engenharia de conhecimento para a construção de S.E.s com conhecimento baseado em regras, implementada em INTERLISP.

OPSS [19]

É uma linguagem de engenharia de conhecimento para a construção de S.E.s com conhecimento baseado em regras, implementada em BLISS, MACLISP e FRANZLISP.

TEIRESIAS [20]

É uma ferramenta para construção de S.E.s que permite a transferência de conhecimento do especialista para a base de conhecimento de forma interativa, baseado em regras, implementada em INTERLISP.

KAS [21]

É uma linguagem parametrizada de engenharia de conhecimento para a construção de S.E.s com conhecimento baseado em regras, implementada em INTERLISP. É basicamente o S.E. PROSPECTOR [10] sem sua base de conhecimento.

ROSIE [22]

É uma linguagem de engenharia de conhecimento para a construção de S.E.s com conhecimento baseado em regras, aceitando também métodos de representação baseados em procedimentos, implementada em INTERLISP.

KEE [23]

É uma linguagem de engenharia de conhecimento para a construção de S.E.s com conhecimento baseado em quadros (permite regras também), implementada em INTERLISP.

1.3 ALGUNS CONCEITOS EM I.A.

Desde a década de 60 que pesquisadores têm se empenhado no desenvolvimento de programas dotados de "Inteligência Artificial", ou seja, programas capazes de resolver problemas usando uma metodologia assemelhada ao raciocínio humano (por exemplo, os programas jogadores de xadrez e o GPS - "General Purpose Solver" [24]). Nessa fase, a maior preocupação era dotar o programa de um "alto quociente de inteligência" para a resolução do problema. Muito pouco foi conseguido em termos práticos.

Na década de 70 o objetivo passou a ser o de desenvolver programas "inteligentes" mas com uma grande preocupação com a forma de representação e uso dessa inteligência (por exemplo, o HEARSAY-II [15]). Ainda não se conseguiu tanto quanto o desejado em termos práticos.

Finalmente, perto da década de 80, o objetivo passou a ser o desenvolvimento de programas com um conhecimento extenso e de alta qualidade, aplicável a uma área determinada: os programas ou sistemas especialistas (por exemplo, os S.E.s MYCIN [3] e DENDRAL [8]). Começaram a ser colhidos bons resultados práticos. A I.A. deixou de ser apenas acadêmica e começou a despertar o interesse de empresas que buscavam lucros.

Surgiram, a partir daí, novos conceitos dentro da I.A. Um Sistema Especialista passou a ser um programa para a resolução de problemas considerados difíceis e requerendo "inteligência", baseado em vasto banco de conhecimento, adquirido de peritos de uma especialidade, com uma restrita área de aplicação [25].

Surgiu um novo profissional na área da Ciência da Computação: o Engenheiro de Conhecimento, a pessoa que concebe e constroi um S.E., colocando nele todo o conhecimento que extrai do perito através de entrevistas e proposições de problemas [25].

O Especialista ou Perito é a fonte de conhecimento para o S.E. Essa fonte de conhecimento é, em geral, uma pessoa do mais alto conhecimento e experiência em uma área. Dela o Engenheiro de Conhecimento deve obter o máximo de conhecimento (e formas de utilização desse conhecimento - heurística), filtrando o irrelevante, para introduzir no S.E. [25].

O Conhecimento é a informação (fatos) junto com a forma de utilização (regras - heurística) dessa informação para que um S.E. possa resolver problemas [25].

A resolução de problemas (ou seja, a aplicação do conhecimento, baseada em fatos e regras) é feita por uma parte do S.E. dita Máquina ou Motor de Inferência [25].

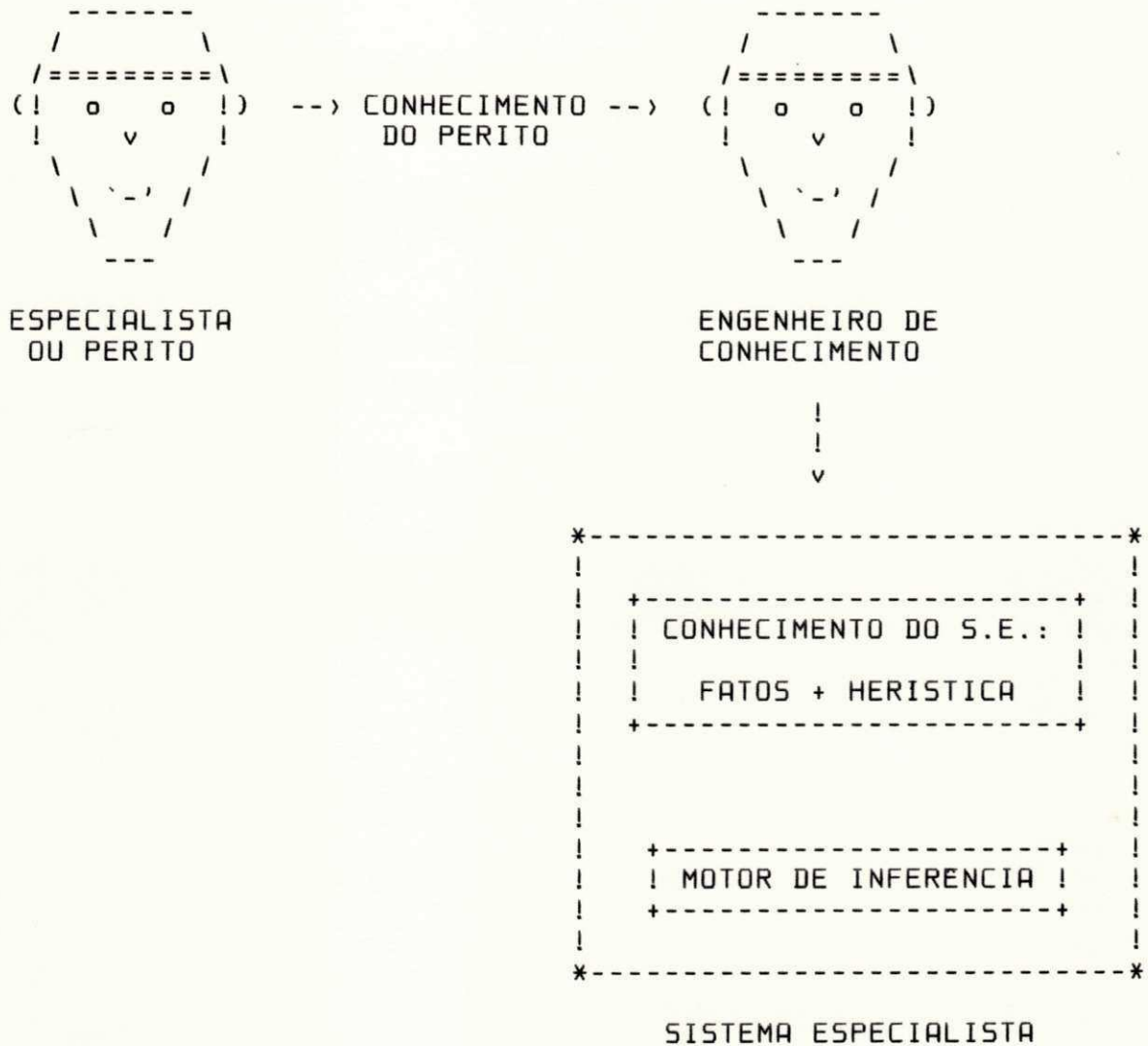


FIGURA 1.1 - Conceitos dentro da I.A.

1.4 REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO

A representação do conhecimento de um S.E. pode ser feita de três formas distintas:

1) através de regras do tipo:

SE - ENTÃO

ou:

ANTECEDENTE -> CONSEQUENTE

que são adequadas para representar recomendações, diretivas e/ou estratégias [25].

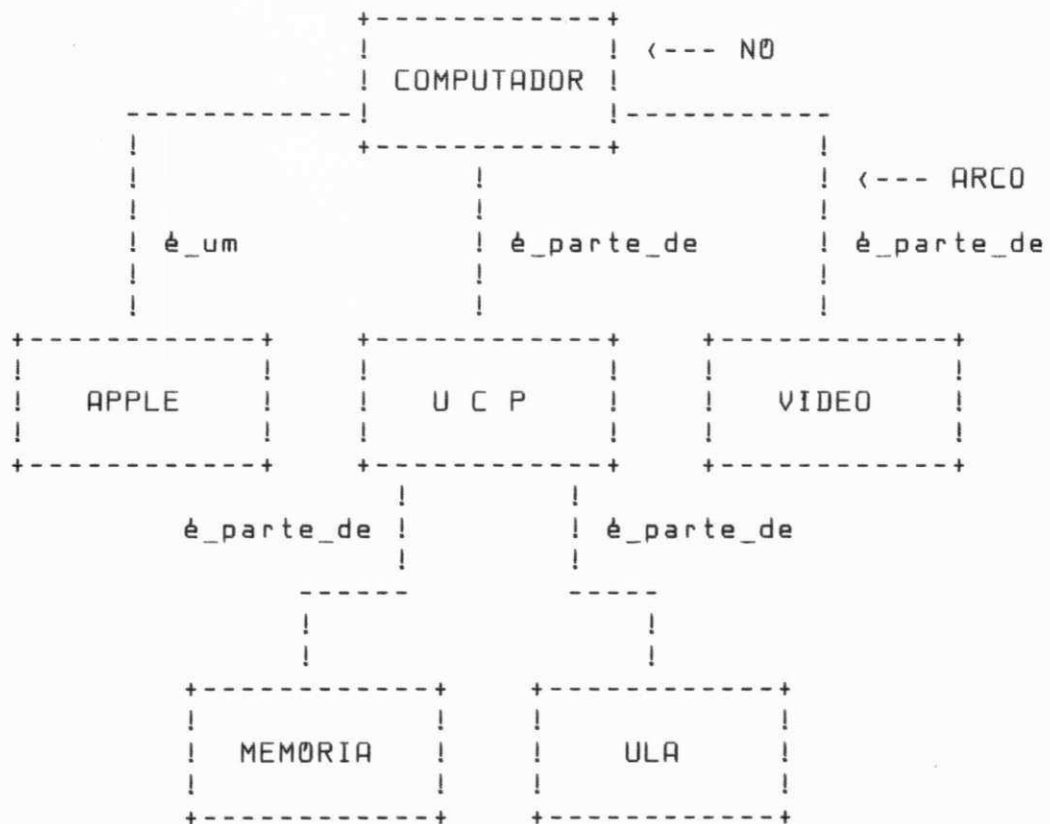
EXEMPLO:

(1) SE
hoje é domingo
ENTÃO
você pode ir ao cinema

(2) SE
você pode ir ao cinema
E
você tem dinheiro
ENTÃO
vá ao cinema

2) através de redes semânticas, que são grafos compostos de nós (representando objetos, conceitos ou eventos) e arcos (representando as relações entre os nós), adequadas para conhecimento mais naturalmente expresso em termos de classificações e taxonomias [25].

EXEMPLO:



3) através de quadros, que são estruturas de dados adequadas para representar uma situação estereotipada, como "estar em um tipo de sala", contendo informações sobre como "usar" o quadro, o que se espera acontecer a seguir, o que fazer se nada do esperado aconteceu, etc. [25].

EXEMPLO:

QUADRO 1: Representa uma sala de estar onde podemos nos movimentar para frente (passamos para o quadro 2), esquerda, direita e trás. Caso não seja feito nenhum movimento válido, passamos para o quadro de erro (99).

```
+-----+
! QUADRO: Sala      !   !
! TIPO:  Estar     !   !
!-----!
! MOV:   Frente    ! 2 !
! MOV:   Esquerda  ! 3 !
! MOV:   Direita   ! 4 !
! MOV:   Trás      ! 5 !
!-----!
! MENS:                               ! 99 !
+-----+
```

QUADRO 2: Representa uma parede com detalhes que se localizam a esquerda (passamos para o quadro 6), no centro e a direita. Caso nenhuma área válida seja escolhida, passamos para o quadro de erro (99).

```
+-----+
! QUADRO: Parede   !   !
! TIPO:  C/ detalhe !   !
!-----!
! AREA:  Esquerda  ! 6 !
! AREA:  Centro    ! 7 !
! AREA:  Direita   ! 8 !
!-----!
! MENS:                               ! 99 !
+-----+
```

QUADRO 4: Representa uma parede com detalhe que se localiza ao centro. Caso a área válida não seja escolhida, passamos para o quadro de erro (quadro 99).

```
+-----+
! QUADRO: Parede      !   !
! TIPO:   C/ detalhe !   !
!-----!
! AREA:   Centro     ! 9 !
!-----!
! MENS:                               ! 99 !
!-----+
```

QUADRO 6: Representa uma gravura pintada que podemos pegar ou riscar. Caso nenhuma ação válida seja tomada, passamos para o quadro de erro (99).

```
+-----+
! QUADRO: Gravura    !   !
! TIPO:   Pintada    !   !
!-----!
! AÇÃO:   Pegar      ! 10 !
! AÇÃO:   Riscar     ! 11 !
!-----!
! MENS:                               ! 99 !
!-----+
```

1.5 APLICAÇÕES DOS S.E.s

Cada uma dessas formas de representação de conhecimento tem uma aplicação específica nas várias categorias de problemas que o S.E. se propõe a resolver.

As aplicações do S.E. abrangem as seguintes categorias de problemas:

- 1) Interpretação: envolve a análise de dados para determinar seu significado (DENDRAL [8])
- 2) Diagnóstico: envolve a análise de dados observados para inferir falha/defeito em sistemas (MYCIN [3])
- 3) Monitoração: envolve a análise e interpretação contínua de dados coletados para inferir e, até mesmo, tomar atitudes (VM [4])
- 4) Predição: envolve a análise de dados do passado e presente para inferir o futuro (I & W [26])
- 5) Planejamento: envolve a análise de dados para inferir programas de ação que levam a atingir determinados objetivos (MOLGEN [9])
- 6) Projeto: envolve a análise de dados para inferir especificações que levem à criação de objetos de acordo com as necessidades (TALIB [14])
- 7) Prescrição: envolve a análise de dados para inferir soluções (remédios, reparos, correções, etc.) para problemas (MYCIN [3], VM [4])
- 8) Instrução: envolve a análise de dados coletados sobre um assunto e vários alunos, para inferir caminhos a seguir para ensinar o assunto a cada aluno em particular (ATTENDING [7], STEAMER [17])

1.6 SINDROMUS: DIAGNÓSTICO DE SINDROMES DE MALFORMAÇÕES CONGENITAS

Dentre as categorias de problemas abrangidas pelos S.E.s, as que mais têm se popularizado são as de diagnóstico e prescrição, e, dentre as áreas de conhecimento humano, a que mais tem se beneficiado com o desenvolvimento de S.E.s é a Medicina (MYCIN [3], VM [4], ATTENDING [7], OFTALMO [27]).

Antes do início deste trabalho consideramos alguns temas para desenvolvimento, tais como: um S.E. para prescrição de tratamento homeopático e uma ferramenta para desenvolvimento de S.E.s com inferência probabilística de Bayes [28] com encadeamento para frente ("forward chaining").

Estes trabalhos nos pareceram interessantes, mas optamos por um S.E. para diagnóstico de síndromes de malformações congênitas - SINDROMUS - porque:

- 1) o trabalho apresentava bastante benefícios sócio-econômicos
- 2) havia a expectativa de se construir um S.E. que poderia efetivamente, em alguns segundos, emitir um diagnóstico, em contrapartida ao diagnóstico do médico não especialista que, dependendo dos sintomas observados e da síndrome caracterizada, só pode ser dado após dias (as vezes semanas) de pesquisa. Essa demora na determinação de um diagnóstico é prejudicial ao paciente uma vez que,

quanto mais cedo for detectado e diagnosticado um problema, mais rapidamente pode ser tratado (ou pelo menos minimizado seus efeitos), levando à obtenção de melhores resultados no paciente

- 3) havia a expectativa de se construir um S.E. de porte, inédito no País, com um banco de conhecimento extenso (capaz de diagnosticar mais de 250 síndromes diferentes, baseadas na combinação de mais de 700 sintomas, onde cada síndrome é caracterizada em média por 30 sintomas, compondo um grafo de mais de 7500 arcos)
- 4) havia na cidade e na própria universidade a disponibilidade e o interesse de uma médica neonatologista, que tomou a iniciativa de nos procurar
- 5) havia a disponibilidade de uma fonte de conhecimento (além da médica especialista) já sedimentado na forma de um livro de Medicina [29], atualizado e compilando muitas centenas de artigos sob uma só forma, conveniente para desenvolvermos um S.E.

O capítulo 2 - Guia para um usuário - contém uma descrição funcional detalhada do S.E. SINDROMUS. Mostra o tipo de problema resolvido pelo sistema e o que é feito para obter diagnósticos a

partir de sintomas observados. Mostra também como o sistema se apresenta e é operado pelo usuário.

O capítulo 3 - Guia para um reimplementador - contém uma descrição detalhada da implementação do S.E. SINDROMUS. Mostra as estruturas de dados utilizadas para representar o conhecimento, a implementação da máquina de inferência e os principais algoritmos.

O capítulo 4 - Conclusões e sugestões - contém alguns resultados reais da utilização do SINDROMUS, faz uma avaliação crítica, e oferece sugestões para a continuação de seu desenvolvimento.

O capítulo 5 - Referências bibliográficas - contém uma relação de artigos, periódicos e livros que foram referenciados na dissertação.

O apêndice A - Constantes de configuração do sistema - contém uma listagem da definição das constantes que definem alguns limites do sistema (por exemplo, número máximo de síndromes e sintomas na base de conhecimento).

O apêndice B - Declaração das estruturas de dados do sistema - contém uma listagem da declaração das estruturas de dados usadas pelo sistema.

2. GUIA PARA UM USUÁRIO

Desde longa data, a Medicina se preocupa com as causas da malformação de crianças. Toda anomalia anatômica representa um erro congênito da morfogênese, e o aumento do conhecimento sobre tais anomalias contribui para completar o conhecimento sobre o desenvolvimento anatômico normal [29].

Mais importante que isto, a determinação exata e rápida da síndrome específica que afeta 0,7% das crianças que nascem com malformações múltiplas [29], é uma condição imprescindível para o prognóstico e para a elaboração de um plano de tratamento da criança afetada, assim como para o aconselhamento genético dos pais.

2.1 PROCEDIMENTO DE DIAGNÓSTICO MÉDICO

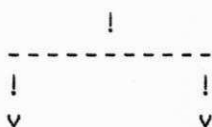
O diagnóstico de uma síndrome, a partir de um conjunto de sintomas observados em um paciente, é feito pelo médico segundo uma metodologia específica.

Em primeiro lugar é feita uma anamnese completa do paciente que inclui dados relativos ao histórico familiar, ao início e à intensidade dos movimentos fetais, sugestivos de falta de espaço no útero, tipo de parto, peso ao nascer, adaptação ao período neonatal e aos problemas relativos ao crescimento e ao desenvolvimento pós-natais.

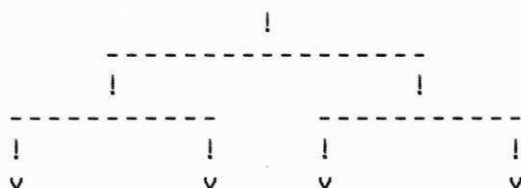
Em segundo lugar o médico procura determinar qual das anomalias presentes no paciente corresponde ao erro morfogênético mais precoce e se todas as malformações apresentadas podem ou não serem explicadas baseadas em um desvio isolado da morfogênese.

ANOMALIA ISOLADA LOCALIZADA

em época precoce da morfogênese



ANOMALIAS SECUNDARIAS



SINDROMES DE MALFORMAÇÕES MÚLTIPLAS

em período mais avançado da morfogênese

FIGURA 2.1 - Sequências de malformações

Finalmente, o médico procura chegar a um diagnóstico preliminar dentro de cinco grupos possíveis:

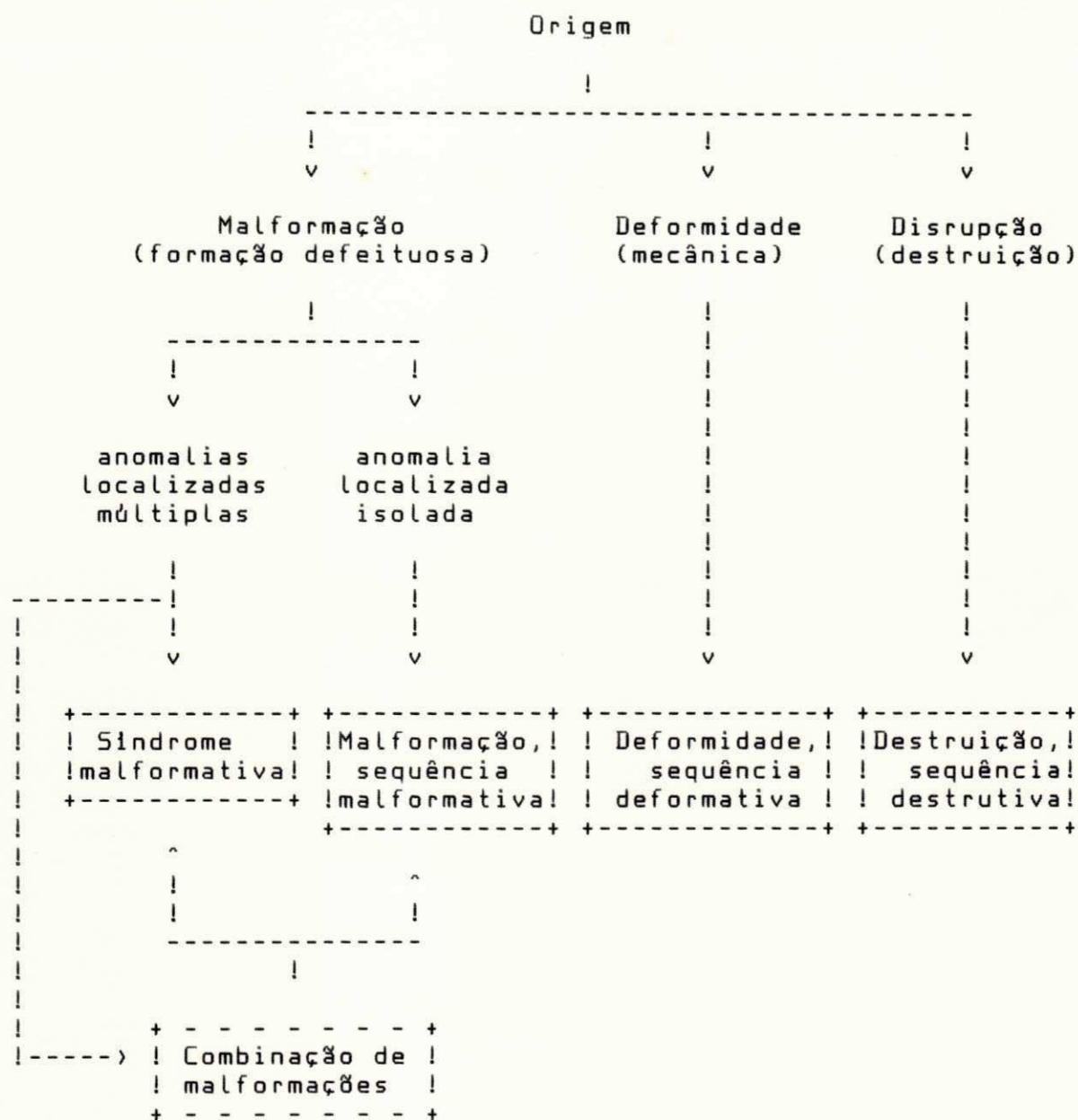


FIGURA 2.2 - Grupos de malformações possíveis

A partir desse ponto o médico passa para a fase mais árdua do seu trabalho que é determinar com exatidão qual das síndromes, dentro de um grande conjunto de possibilidades, é a que afeta o paciente.

Uma vez chegado a este diagnóstico, o médico pode determinar o prognóstico para o paciente e o melhor aconselhamento genético para os pais (que inclui a explicação detalhada de como ocorreram as anomalias, a evolução natural da afecção, o tipo de medidas que podem ser adotadas em benefício da criança, a etiologia da síndrome e o aconselhamento genético, propriamente dito).

2.2 SINDROMUS: SEU MODO DE DIAGNÓSTICO

Embora dispondo de uma metodologia, o trabalho do médico para determinar com exatidão que síndrome afeta um paciente, é árduo e demorado, considerando-se que existem pelo menos 250 síndromes caracterizadas por pelo menos 700 sintomas [29] (cada síndrome é caracterizada, em média, por 30 sintomas o que resulta em um grafo de cerca de $250 * 30 = 7500$ arcos).

O S.E. SINDROMUS objetiva auxiliar o médico a determinar, em um tempo relativamente curto (da ordem de segundos da máquina e alguns minutos do médico), qual ou quais são as síndromes mais prováveis que afetam um paciente, a partir do conhecimento dos sintomas presentes no mesmo.

Para atingir seu objetivo SINDROMUS segue duas linhas de raciocínio. Na primeira (fase de voluntariamento com encadeamento para frente: sintomas -> síndromes) ele permite que o médico forneça de forma voluntária, informações (usualmente de 3 a 5) a respeito dos sintomas mais notáveis do paciente. De posse desses dados, SINDROMUS vai determinar quais são as possíveis síndromes (em geral de 5 a 15) que podem afetar o paciente.

Para cada possível síndrome, SINDROMUS atribui um valor entre -5,0000 e +5,0000 (em função dos sintomas assinalados que caracterizam a mesma e da sua chance a priori (*)) para definir o grau de promissoridade dessa síndrome em relação às outras. Assim, por exemplo, após a fase de voluntariamento de sintomas, SINDROMUS poderia apresentar os seguintes resultados:

SINDROME	PROMISSORIDADE
Sd. de Down	4,0000
Sd. de Turner	2,0000
Sd. de de Lange	2,0000

que seriam interpretados como:

- 1) A Sd. de Down é duas vezes mais promissora que a Sd. de Turner e a Sd. de de Lange
- 2) A Sd. de Turner e a Sd. de de Lange são igualmente promissoras.

Uma vez determinado um subconjunto de possíveis síndromes (em geral de 5 a 15) dentre o universo de síndromes (cerca de 250), SINDROMUS passa a seguir sua segunda linha de raciocínio (fase de questionamento, com encadeamento para trás: síndrome -> sintomas). Ele permite que o médico selecione uma das síndromes apresentadas como possíveis, em geral a de maior promissoridade, e passa a questionar o mesmo a respeito dos sintomas específicos desta síndrome.

(*) Chance é definida como a relação entre o número de possibilidades favoráveis e o número de possibilidades desfavoráveis à ocorrência de um evento. Chance a priori é a chance de ocorrência de um evento sem a consideração de evidências que o tornem mais plausível de ocorrer.

Para cada sintoma confirmado (negado), SINDROMUS vai incrementando (decrementando) a promissoridade da síndrome, segundo o modelo de inferência devido a Bayes [28].

Ao final do questionamento, SINDROMUS apresenta a nova promissoridade da síndrome e pergunta ao médico se ele deseja determinar novamente quais são as possíveis síndromes que podem afetar o paciente (dado que, com as respostas fornecidas no questionamento anterior, novas síndromes podem ter surgido e algumas podem ter deixado de ser possíveis), com as respectivas promissoridades.

2.3 SINDROMUS: SUA CLASSIFICAÇÃO DE SINTOMAS

Com o objetivo de avaliar a promissoridade de uma síndrome não apenas pela quantidade de sintomas confirmados ou negados, mas também, e principalmente, pela qualidade deles, SINDROMUS classifica-os em:

- 1) Sintomas Diferenciais
- 2) Sintomas Frequentes
- 3) Sintomas Ocasionais.

Os Sintomas Diferenciais de uma síndrome são aqueles cuja combinação permite, geralmente, distinguir a síndrome [29]. A confirmação (negação) de um sintoma diferencial implica em um grande incremento (decremento) na promissoridade da mesma.

Os Sintomas Frequentes de uma síndrome são aqueles que se apresentam em no mínimo 25 e, em geral, em mais de 50% dos casos da síndrome [29]. A confirmação (negação) de um sintoma frequente implica em um razoável incremento (decremento) na promissoridade da mesma.

Os Sintomas Ocasionais de uma síndrome são aqueles que se apresentam em menos de 25 e, em geral de 1 a 5%, dos casos da síndrome [29]. A confirmação (negação) de um sintoma ocasional implica em um pequeno incremento (decremento) na promissoridade da mesma.

Eventualmente, alguns sintomas podem não ser confirmados ou negados pelo médico por dependerem, por exemplo, de exames muito sofisticados, dispendiosos, ou demorados para o presente estado da consulta. Nesses casos, na fase de questionamento, o médico pode informar que não sabe nada sobre os sintomas em questão. Tais sintomas não implicam em nenhuma alteração na promissoridade de uma síndrome.

Visto que alguns sintomas podem não serem confirmados nem negados (pelo menos de imediato) pelo médico, SINDROMUS permite que sejam armazenados, para análise posterior, os dados relativos à avaliação das possíveis síndromes de um paciente. Assim, o médico pode avaliar parcialmente as possíveis síndromes, guardar os dados relativos à essa avaliação, e concluir a mesma após obter todas as informações a respeito dos sintomas do paciente.

2.4 SINDROMUS: SUA UTILIZAÇÃO

O S.E. SINDROMUS trabalha de forma interativa com o médico. Em todas as situações onde o médico está aguardando uma resposta do sistema, este mostra mensagens de acompanhamento, de forma que sempre se saiba o que ele está fazendo.

Ao ser ativado, SINDROMUS apresenta a seguinte tela:

```
+-----+
!SINDROMUS - V. 1.0 - JULHO/1987 (>) UFPb/CCT/DSC      !
!                                                       !
!Aguarde a carga da base de conhecimentos...          !
!                                                       !
!                                                       !
+-----+
```

Durante alguns segundos que permanece assim, SINDROMUS está trazendo para a memória a base de conhecimento que está armazenada em disco. Conforme vai lendo, ele vai verificando se as informações contidas na base estão consistentes, não permitindo a ocorrência de síndrome sem sintomas e vice-versa.

Após a carga do conhecimento, SINDROMUS pergunta o nome do paciente (bastam 8 caracteres):

```
+-----+
!SINDROMUS - V. 1.0 - JULHO/1987 (>) UFPb/CCT/DSC      !
!                                                       !
!Nome do paciente( FIM p/ terminar )? _____    !
!                                                       !
!                                                       !
+-----+
```

Depois de ler o nome - <nome> - do paciente, SINDROMUS verifica se existe em disco um arquivo chamado:

<nome>.sdm

Caso exista, significa que o paciente <nome> é um caso pendente (a avaliação de suas possíveis síndromes foi suspensa e está tendo prosseguimento agora). SINDROMUS lê esse arquivo, obtendo dele as características do paciente (nome completo, endereço, nacionalidade, idade, etc.), e os sintomas que já foram assinalados (confirmados ou negados).

Feito isso, SINDROMUS apresenta as características do paciente e pede ao médico que indique se deseja ou não continuar com a avaliação das possíveis síndromes desse paciente:

```
+-----+
|SINDROMUS - V. 1.0 - JULHO/1987 <> UFPb/CCT/DSC
|
|Continuação de consulta prévia
|
|Paciente..... Mickey Mouse
|
|Características: endereço..... DisneyWorld
|
|                    nacionalidade... Americana
|
|                    idade..... 1
|
|
|Continua( s/n )? __
|
+-----+
```

Se o médico responder que quer continuar com esse paciente, SINDROMUS passa à fase de voluntariamento de sintomas; se não, volta a perguntar o nome do paciente.

Se o arquivo:

<nome>.sdm

não existir, significa que o paciente não é um caso pendente e SINDROMUS passa imediatamente à fase de voluntariamento.

Dada a grande quantidade de sintomas existentes (cerca de 700), SINDROMUS divide-os em grupos (57), cada um contando com no máximo 22 sintomas, representando um sistema, parte, área ou função do corpo humano.

O voluntariamento se dá com o médico selecionando um grupo, dentre os vários existentes, e dentro desse grupo assinalando os sintomas que mais lhe chamaram a atenção no paciente.

Tanto a seleção de grupos quanto a de sintomas dentro de um grupo é feita com base em menus. A utilização de menus apresentou-se como uma boa solução para o voluntariamento, dado que são simples e fáceis de serem usados pelo médico, permitindo uma boa organização dos sintomas.

Quando entra na fase de voluntariamento, SINDROMUS apresenta o menu de grupos:

```

+-----+
!SINDROMUS - V. 1.0 - JULHO/1987 (>) UFPb/CCT/DSC
!Número do grupo( 0 p/ encerrar o voluntariamento ): ___
!
! 1 SN:INTEL,COMPORT,MUSCUL 21 TORAX:NAO CLASSIFICADOS
! 2 S.NERVOSO:NAO CLASSIFIC 22 C.VERTEB:DEFORMS,FUSOES
! 3 SURDEZ 23 VERTEBRAS: CORPO
! 4 CRANIO 24 VERTS:PEDICULS,DISTANCS
! 5 FÁCIAS 25 VERTEBRAS:NAO CLASSIF
! 6 REGIAO ORBITARIA 26 CINTURA PELVICA
! 7 OLHOS:DETEC OLHO NU 27 ABDOME
! 8 OLHOS:DETEC C/APARELHOS 28 APARELHO DIGESTIVO
! 9 ORELHAS: POSIÇÃO 29 S.URINARIO: VIAS
!10 ORELHAS: FORMA 30 S.URINARIO:NAO CLASSIFI
!11 NARIZ, SEIOS FACIAIS 31 . . .
!12 SULCO NASO-LABIAL 32 . . .
!13 BOCA, REGIAO PERIORAL 33 . . .
!14 DENTES: POSIÇÃO/NÚMERO
!15 DENTES:NAO CLASSIFIC.
!16 MANDIBULA
!17 AP.FONADOR(EXCETO BOCA)
!18 PESCOÇO
!19 TORAX: CORAÇÃO & VASOS
!20 TORAX: ESTERNO&COSTELAS
!
+-----+

```

Selecionado um grupo (por exemplo, o grupo 1), SINDROMUS apresenta o menu com os sintomas do grupo escolhido para que sejam assinalados os desejados:

```

+-----+
!SINDROMUS - V. 1.0 - JULHO/1987 (>) UFPb/CCT/DSC
!Número do sintoma( 0 volta ao menu de grupos, < 0 cancela ):___!
!
! 1 Inteligência normal
! 2 Oligofrenia
! 3 Embotamento mental
! 4 Grave atraso mental
! 5 Comportamento explosivo, antisocial
! 6 Comportamento imaturo, inseguro/fanfarrão
! 7 Artrogripose neurogênica
! 8 Espasticidade
! 9 Miotonia
! 10 Hipotonia muscular
! 11 Atrofia muscular
! 12 Hipertonia muscular
! 13 Ataxia
! 14 Falta de coordenação motora (disautonomia)
! 15 Paraplegia espástica
! 16 Convulsões
! 17 Regressão das funções do SNC
!
!
!
!
+-----+

```

Para cada sintoma assinalado, SINDROMUS coloca uma marca (um asterisco) antecedendo o número do sintoma. Por exemplo, se o médico assinalar os sintomas 10 e 16, a tela apresentar-se-ia assim:

```

+-----+
!SINDROMUS - V. 1.0 - JULHO/1987 <> UFPb/CCT/DSC
!Número do sintoma( 0 volta ao menu de grupos, < 0 cancela ):__!
!
! 1 Inteligência normal
! 2 Oligofrenia
! 3 Embotamento mental
! 4 Grave atraso mental
! 5 Comportamento explosivo, antisocial
! 6 Comportamento imaturo, inseguro/fanfarrão
! 7 Artrogripose neurogênica
! 8 Espasticidade
! 9 Miotonia
! * 10 Hipotonia muscular
! 11 Atrofia muscular
! 12 Hipertonia muscular
! 13 Ataxia
! 14 Falta de coordenação motora (disautonomia)
! 15 Paraplegia espástica
! * 16 Convulsões
! 17 Regressão das funções do SNC
!
!
!
!
+-----+

```

Caso o médico assinale um sintoma N por engano, ele pode cancelar tal escolha fornecendo -N como número de sintoma a assinalar (caso o sintoma N não esteja assinalado, o efeito é nulo).

Quando tiver assinalado todos os sintomas desejados, o médico volta ao menu de grupos fornecendo o valor 0 (zero) como número de sintoma. Quando assinalar todos os sintomas desejados nos vários grupos, encerra a fase de voluntariamento fornecendo o valor 0 (zero) como número de grupo e SINDROMUS vai determinar as possíveis síndromes do paciente com as respectivas promissórias. Enquanto faz isso, SINDROMUS apresenta a seguinte tela:

```

+-----+
!SINDROMUS - V. 1.0 - JULHO/1987 <> UFPb/CCT/DSC      !
!                                                       !
!Aguarde a determinação das possíveis síndromes do paciente !
!                                                       !
!                               Mickey...                !
!                                                       !
+-----+

```

Durante essa fase, SINDROMUS está determinando quais as síndromes que têm pelo menos um sintoma assinalado. Uma vez determinadas, SINDROMUS calcula a promissoridade de cada uma (em função da quantidade e da qualidade dos sintomas assinalados para a mesma) e apresenta ao médico a relação de possíveis síndromes do paciente em ordem decrescente de promissoridade:

```

+-----+
!SINDROMUS - V. 1.0 - JULHO/1987 <> UFPb/CCT/DSC      !
!                                                       !
!Relação de possíveis síndromes para o paciente Mickey:  !
!                                                       !
!           SINDROME                                PROMISSORIDADE !
!                                                       !
!     1 - Sd. de Down (trissomia 21)                0,2214      !
!    130 - Raquitismo simulando a avitaminose D     0,0298      !
!    180 - Sd. da neurofibromatose                  0,0079      !
!    110 - Sd. de displasia tanatofórica            0,0054      !
!                                                       !
!Número da síndrome a provar                          !
!                                                       !
!           ( 0 p/ encerrar o questionamento ): ____ !
!                                                       !
!                                                       !
!                                                       !
!                                                       !
+-----+

```

Nesse ponto o médico tem à sua frente um conjunto de possíveis síndromes para o paciente, com as respectivas promissoridades. Ele deve agora escolher, dentre todas as possíveis síndromes, a que quer avaliar especificamente.

Uma vez escolhida uma síndrome para avaliação, SINDROMUS entra na fase de questionamento, solicitando ao médico que confirme ou negue a presença de cada sintoma da síndrome escolhida. A interação de SINDROMUS com o médico é feita na base de pergunta-resposta, podendo o médico a qualquer momento interpelar o sistema para saber por que o mesmo está lhe fazendo tal pergunta.

SINDROMUS inicialmente questiona o médico sobre os sintomas diferenciais, depois sobre os frequentes, e, finalmente, sobre os ocasionais. Os sintomas já assinalados na fase de voluntariamento ou em um questionamento anterior não são mais perguntados.

```
+-----+
!SINDROMUS - V. 1.0 - JULHO/1987 <> UFPb/CCT/DSC      !
!                                                       !
!Questionamento de sintomas DIFERENCIAIS             !
!                                                       !
!Responda cada pergunta com:                          !
!  s - sim, n - não, x - não sei, ? - por que?, f - fim !
!                                                       !
!                                                       !
!O paciente Mickey apresenta:                         !
!  - Fácies chata, de perfil achatado? s             !
!  - Fendas palpebrais mongolóides? __              !
!                                                       !
+-----+
```

Quando o médico usar '?' para interpelar o sistema para saber porque uma determinada pergunta lhe foi feita, SINDROMUS apresenta a relação de sintomas (diferenciais, frequentes ou ocasionais, dependendo do médico estar sendo questionado sobre os sintomas respectivos) que caracterizam a síndrome que ele está avaliando. Todo sintoma já assinalado é antecedido da letra S se confirmado ou N se negado.

```

+-----+
|SINDROMUS - V. 1.0 - JULHO/1987 (>) UFPb/CCT/DSC
|
|Questionamento de sintomas DIFERENCIAIS
|
|Responda cada pergunta com:
|  s - sim, n - não, x - não sei, ? - por que?, f - fim
|
|
|O paciente Mickey apresenta:
|  - Fácies chata, de perfil achatado? s
|  - Fendas palpebrais mongolóides? ?
|
|      Estamos tentando provar a Sd. de Down (trissomia 21)
|que apresenta os seguintes sintomas DIFERENCIAIS:
|
|      S - Hipotonia muscular
|      S - Fácies chata, de perfil achatado
|          - Fendas palpebrais mongolóides
|          - Pavilhões auriculares pequenos
|
|O paciente Mickey apresenta:
|  - Fendas palpebrais mongolóides? __
|
+-----+

```

Quando terminar de questionar o médico, SINDROMUS reavaliará e reapresentará a promissoridade da síndrome em análise. Além disso, perguntará se o médico deseja determinar novamente as possíveis síndromes do paciente (lembrando que a confirmação / negação dos sintomas da síndrome recém analisada pode selecionar novas / excluir anteriores possíveis síndromes):

```

+-----+
|SINDROMUS - V. 1.0 - JULHO/1987 (<) UFPb/CCT/DSC
|
|Paciente..... Mickey
|
|Sindrome..... Sd. de Down (trissomia 21)
|
|Promissoridade: Anterior..... 0,2214
|
|                   Atual..... 3,0089
|
|
|Quer fazer nova seleçãõ de possiveis sindromes( s/n )? __
|
|
|
|
+-----+

```

Caso o médico responda sim, SINDROMUS volta à fase de voluntariamento (para que o médico possa assinalar (corrigir) novos (anteriores) sintomas através de menus, se desejar).

Caso o médico responda não, SINDROMUS perguntará ao mesmo se deseja armazenar os resultados da análise do paciente para uso posterior. Se sim e o paciente for novo, SINDROMUS pergunta um conjunto de informações sobre o paciente (nome completo, endereço, nacionalidade, idade, etc.):

```

+-----+
|SINDROMUS - V. 1.0 - JULHO/1987 (<) UFPb/CCT/DSC
|
|Deseja armazenar os resultados da análise do paciente
|
|                   Mickey ( s/n )? s
|
|Nome..... Mickey Mouse
|Endereço..... DisneyWorld
|Nacionalidade..... Americana
|Idade..... 1
|
|
+-----+

```

e grava o arquivo:

mickey.sdm

contendo as características e os sintomas assinalados para o mesmo, voltando a perguntar nome de paciente, reiniciando todo o ciclo de análise de pacientes.

Caso o médico não deseje armazenar os dados da análise do paciente, SINDROMUS volta imediatamente a perguntar nome de paciente.

Fornecendo o nome "fim" em resposta à pergunta:

Nome do paciente?

SINDROMUS encerra sua operação apresentando uma tela de despedida:

```
+-----+
!SINDROMUS - V. 1.0 - JULHO/1987 (<) UFPb/CCT/DSC      !
!                                                         !
!Fim de operação.                                     !
!                                                         !
!                                                         !
+-----+
```

3. GUIA PARA UM REIMPLEMENTADOR

3.1 O MODELO DE BAYES

SINDROMUS é um S.E. de diagnóstico de síndromes de malformações congênitas, tendo seu conhecimento representado sob a forma de uma rede Bayesiana simplificada.

No modelo Bayesiano, cada hipótese H tem uma chance a posteriori (chance final da hipótese após a avaliação da evidência E que a torna plausível) - $C(H:E)$ (*) - em função de sua chance a priori (chance inicial da hipótese, antes da avaliação da evidência E que a torna plausível) - $C(H)$ - e de fatores de "encorajamento" - FE - ou de "desencorajamento" - FD - para a confirmação ou negação da evidência E . A regra de Bayes pode ser expressa como:

$$C(H:E) = FE * C(H) \quad (1)$$

$$C(H:\sim E) (**) = FD * C(H) \quad (2)$$

ou seja, a chance a posteriori de uma hipótese H face à confirmação (negação) de uma evidência E é igual ao produto do fator de encorajamento (desencorajamento) pela chance a priori da referida hipótese.

O fator de encorajamento (desencorajamento) - FE (FD) - é uma quantidade padrão em estatística chamado de "razão entre probabilidades", e é definido como:

(*) Leia-se "Chance da hipótese H , dada a evidência E ".

(**) Leia-se "Chance da hipótese H , não dada a evidência E ".

$$FE = \frac{P(E:H)}{P(E:\sim H)} \quad (3)$$

$$FD = \frac{P(\sim E:H)}{P(\sim E:\sim H)} \quad (4)$$

ou seja, o fator de encorajamento (desencorajamento) de uma hipótese H face à confirmação (negação) de uma evidência E é igual à razão da probabilidade da (não) ocorrência da evidência E dada a hipótese H, pela probabilidade da (não) ocorrência da evidência E não dada a hipótese H (*).

A figura 3.1 ilustra um modelo de rede Bayesiana.

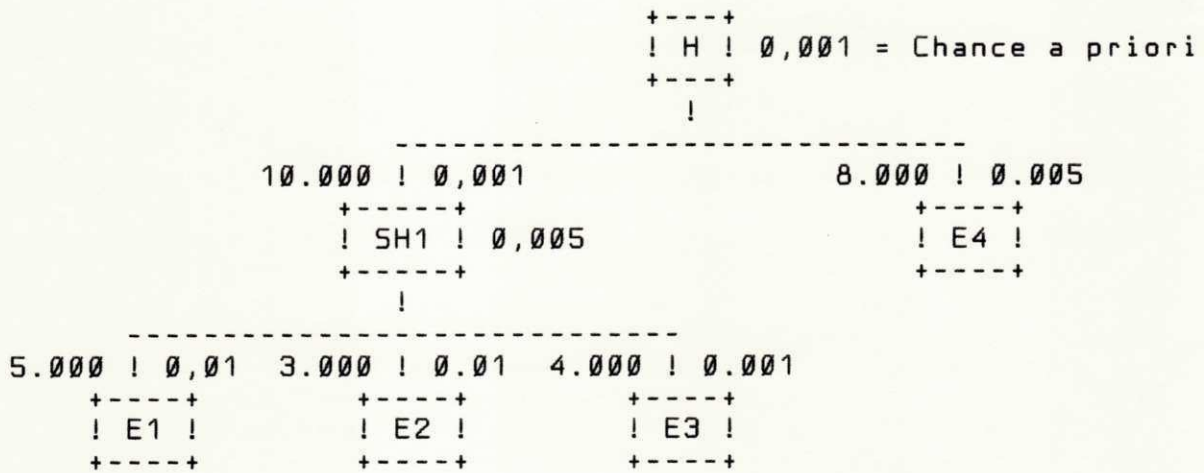


FIGURA 3.1 - Modelo de rede Bayesiana

(*) Chance e probabilidade são livremente intercambiadas dada à simples relação existente entre elas:

$$C = \frac{P}{(1 - P)} \quad P = \frac{C}{(1 + C)}$$

A hipótese H, com chance a priori 0,001 é caracterizada pela confirmação da sub-hipótese SH1 e da evidência E4. Por sua vez, a sub-hipótese SH1, com chance a priori 0,005, é caracterizada pela confirmação das evidências E1, E2 e E3.

Considerando a confirmação das evidências E1 e E2 e a negação das evidências E3 e E4:

- 1) determinamos a chance a posteriori da sub-hipótese SH1:

$$C(SH1:E1) = 0,005 * 5000 = 25$$

$$C(SH1:E1,E2) (*) = 25 * 3000 = 75.000$$

$$C(SH1:\sim E3) = 75.000 * 0,001 = 75$$

Em termos de probabilidade temos:

$$P(SH1) = \frac{0,005}{(1 + 0,005)} \cong 0,005$$

$$P(SH1:E1,E2,\sim E3) = \frac{75}{(1 + 75)} \cong 0,987$$

O que dá um grau de crescimento de probabilidade de SH1 de:

$$GCP(SH1) = \frac{(0,987 - 0,005)}{(1 - 0,005)} \cong 0,987$$

usado para multiplicar o fator de encorajamento (10.000) da chance a priori de H face à confirmação de SH1.

(*) Leia-se "Chance da sub-hipótese SH1, dadas as evidências E1 e E2.

2) determinamos a chance a posteriori da hipótese H:

$$C(H:SH1) = 0,001 * 0,987 * 10.000 = 9,870$$

$$C(H:SH1, \sim E4) = 9,870 * 0,005 \approx 0,050$$

Em termos de probabilidade temos:

$$P(H) = \frac{0,005}{(1 + 0,005)} \approx 0,005$$

$$P(H:SH1, E4) = \frac{0,050}{(1 + 0,050)} \approx 0,048$$

Observamos que cada evidência contribui (favoravelmente ou desfavoravelmente) para o crescimento da chance a priori da hipótese H.

Em um exemplo mais completo da figura 3.2, introduzimos relações lógicas de conjunção (AND) e disjunção (OR) de evidências.

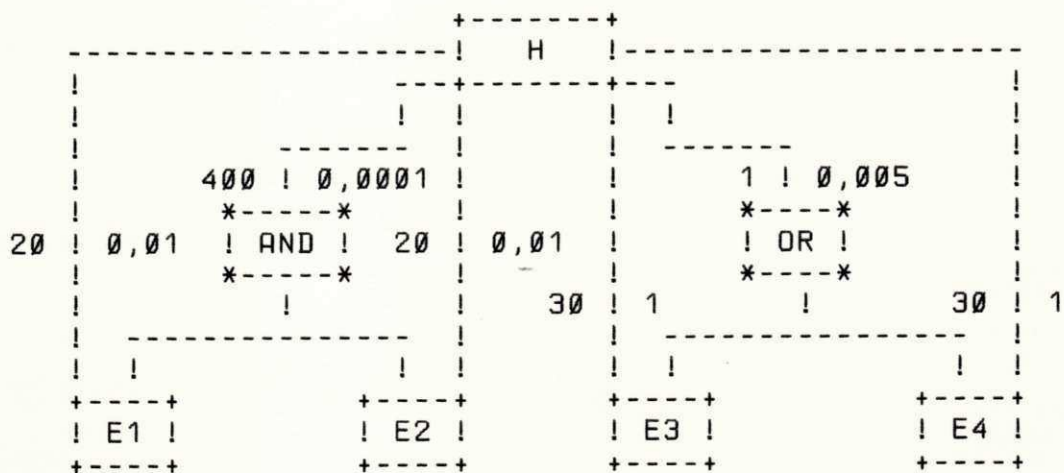


FIGURA 3.2 - Modelo de rede Bayesiana com AND e OR

Podemos interpretar a conjunção das evidências E1 e E2 como:

"A ocorrência (não ocorrência) de cada evidência E1 e E2 implica na multiplicação da chance a priori da hipótese H pelo fator de encorajamento (desencorajamento) 20 (0,01). Se ambas as evidências ocorrerem (não ocorrerem), então a chance a priori da hipótese H também vai ser multiplicada pelo fator de encorajamento (desencorajamento) 400 (0,0001)".

e a disjunção das evidências E3 e E4 como:

"A ocorrência de cada evidência E3 e E4 implica na multiplicação da chance a priori da hipótese H pelo fator de encorajamento 30. Se ambas as evidências não ocorrerem, então a chance a priori da hipótese H vai ser multiplicada pelo fator de desencorajamento 0,005".

A severidade de uma conjunção (disjunção) de evidências é definida pelo fator de encorajamento (desencorajamento) de cada evidência. Na conjunção (disjunção) severa o fator de encorajamento (desencorajamento) é 1, ou seja, a confirmação (negação) de uma evidência isolada não afeta a chance a priori da hipótese. Na conjunção (disjunção) moderada o fator de encorajamento (desencorajamento) é maior (menor) que 1, ou seja, a confirmação (negação) de uma evidência isolada aumenta (diminui) a chance a priori da hipótese.

3.2 SINDROMUS: SUA IMPLEMENTAÇÃO

SINDROMUS teve seu conhecimento representado sob a forma de uma rede Bayesiana simplificada em quatro aspectos.

Em primeiro lugar, cada modelo descrevendo uma síndrome tem somente dois níveis: a síndrome (hipótese) e os sintomas (evidências) que a caracterizam, devido ao tipo de conhecimento representado (não são necessários outros níveis).

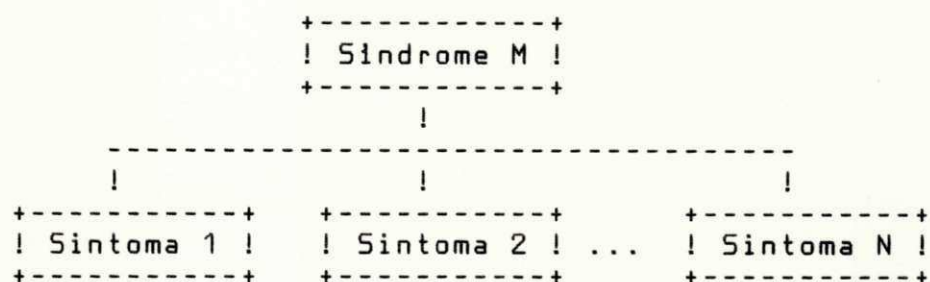


FIGURA 3.3 - Estrutura básica da rede Bayesiana do SINDROMUS

Em segundo lugar, cada conjunto de sintomas caracterizando uma síndrome foi dividido em três classes de acordo com a importância dos mesmos:

- 1) **Sintomas Diferenciais:** são aqueles cuja combinação permite, geralmente, distinguir a síndrome, sendo que a confirmação (negação) de um sintoma diferencial implica em um grande incremento (decremento) na chance a priori da mesma.
- 2) **Sintomas Frequentes:** são aqueles que se apresentam em no mínimo 25 e, em geral, em mais de 50% dos casos da síndrome. A confirmação (negação) de um

sistema frequente implica em um razoável incremento (decremento) na chance a priori da mesma.

- 3) Sintomas Ocasiais: são aqueles que se apresentam em menos de 25 e, em geral, entre 1 e 5% dos casos da síndrome. A confirmação (negação) de um sintoma ocasional implica em um pequeno incremento (decremento) na chance a priori da mesma.

Em terceiro lugar, dada a dificuldade (talvez a impossibilidade) de se obter os fatores de encorajamento e desencorajamento de cada um dos sintomas de uma síndrome, foi feito um levantamento junto aos especialistas da área no sentido de se determinar fatores fixos para cada classe de sintomas.

Desse levantamento chegou-se à seguinte tabela de fatores de encorajamento e desencorajamento:

SINTOMAS	!	PRESENÇA	/	ENCORAJAMENTO	!	AUSENCIA	/	DESENCORAJAMENTO
DIFS	!	100%	/	10 E +6 (*)	!	100%	/	10 E -4
FREQS	!	75%	/	10 E +4	!	75%	/	10 E -2
OCAS	!	25%	/	10 E +1	!	75%	/	10 E -1

Como quarta e última simplificação, conjunções e disjunções severas de sintomas só são aplicadas a sintomas diferenciais, dada a sua importância na caracterização de uma síndrome.

(*) Leia-se "10 elevado a 6".

A partir dessa tabela podemos determinar os fatores de encorajamento e desencorajamento de cada sintoma diferencial, frequente e ocasional para cada síndrome:

SINTOMA	ENCORAJAMENTO	DESENCORAJAMENTO
DIFERENCIAL	$10^E + 6$	$10^E - 4$
FREQUENTE	$10^E + 4$	$10^E - 2$
OCASIONAL	$10^E + 1$	$10^E - 1$

D, F e O representam o número de sintomas diferenciais, frequentes e ocasionais, respectivamente, de uma síndrome.

Para as conjunções (disjunções) o fator de desencorajamento (encorajamento) para cada sintoma negado (confirmado) isoladamente é dado por:

FATOR	VALOR
Desencorajamento em Conjunção	$10^E - 4$
Encorajamento em Disjunção	$10^E + 6$

M representa o número de sintomas diferenciais na conjunção (disjunção).

Por exemplo, para uma síndrome com 3 sintomas diferenciais, sendo 2 independentes (não ligados em conjunção ou disjunção) e uma conjunção de 2 outros teríamos o seguinte modelo:

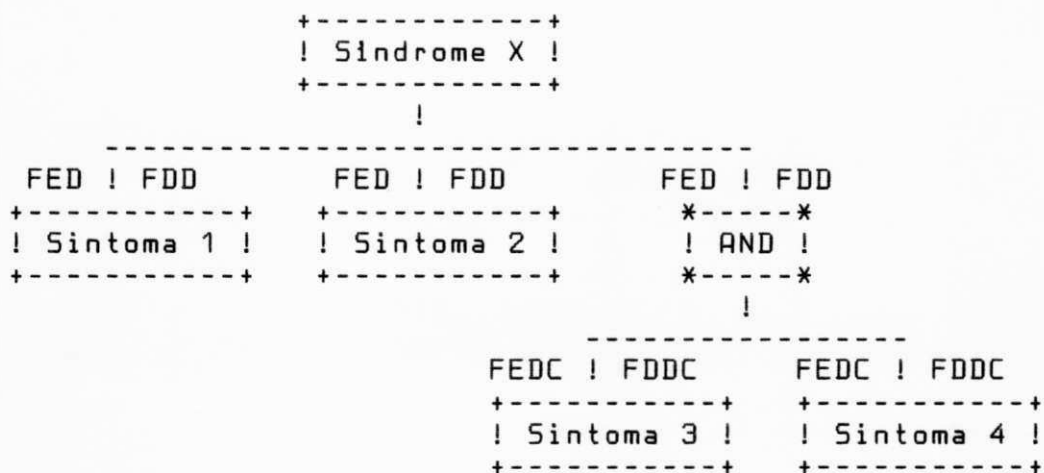


FIGURA 3.4 - Modelo de uma síndrome no SINDROMUS

Onde os fatores de encorajamento (desencorajamento) FED e FEDC (FDD e FDDC) são, respectivamente:

$$\begin{aligned}
 FED &= \sqrt[3]{10^E + 6} & FDD &= \sqrt[3]{10^E - 4} \\
 FEDC &= \sqrt[2]{FED} & FDDC &= \sqrt[2]{FDD}
 \end{aligned}$$

Vejamos um exemplo prático. Vamos considerar a Síndrome X0 (Sd. de Turner) que apresenta chance a priori de 1 para cada 5.000 nascituros [29], e é catalogada com 3 sintomas diferenciais

(2 independentes e uma conjunção de 4 elementos), 21 frequentes e 9 ocasionais. Seu modelo Bayesiano dentro do SINDROMUS seria:

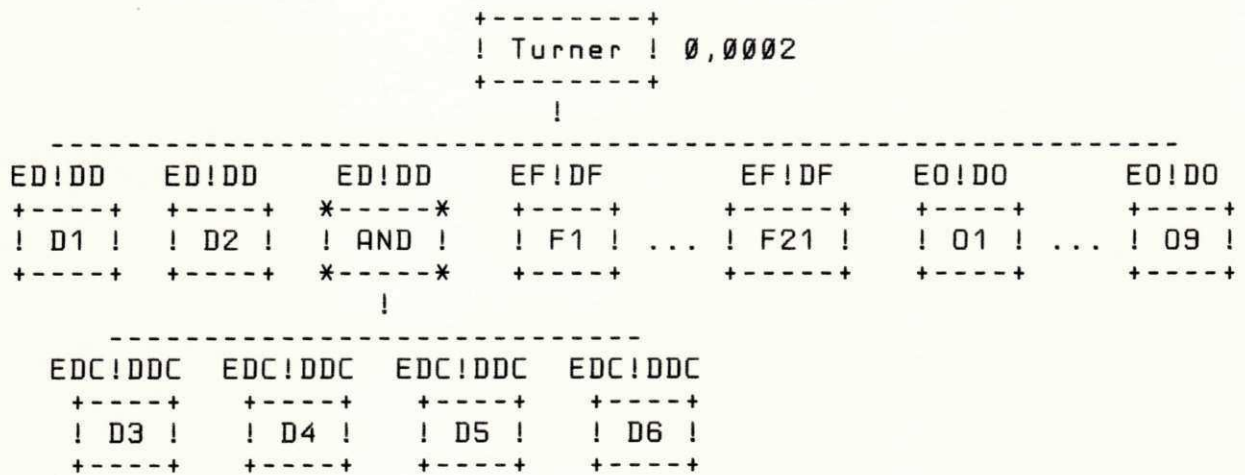


FIGURA 3.5 - Modelo da síndrome de Turner

Onde os fatores de encorajamento e desencorajamento para os sintomas diferenciais, frequentes e ocasionais são, respectivamente:

$$\begin{aligned}
 ED &= \sqrt[3]{10^E + 6} = 100,0000 & DD &= \sqrt[3]{10^E - 4} \cong 0,0464 \\
 EF &= \sqrt[0,75 \times 21]{10^E + 4} \cong 1,7946 & DF &= \sqrt[0,75 \times 21]{10^E - 2} \cong 0,7465 \\
 EO &= \sqrt[0,25 \times 9]{10^E + 1} \cong 2,7826 & DO &= \sqrt[0,75 \times 9]{10^E - 1} \cong 0,7110
 \end{aligned}$$

Para os sintomas em conjunção temos:

$$\begin{aligned}
 EDC &= 1 & DDC &= \sqrt[4]{DD} \cong 0,4641
 \end{aligned}$$

Considerando que os sintomas diferenciais D1, D2 e D3 tenham sido confirmados e D4 tenha sido negado, avaliamos a chance a posteriori da Síndrome X0 com (não considerando os sintomas frequentes e os ocasionais):

$$C(X0:D1) = 0,0002 * 100,0000 = 0,0200$$

$$C(X0:D2) = 0,0200 * 100,0000 = 2,0000$$

$$C(X0:D3) = 2,0000 * 1,0000 = 2,0000$$

$$C(X0:\sim D4) = 2,0000 * 0,4641 = 0,9282$$

Em termos absolutos, este valor não trás muita informação. Em termos práticos o que importa é que, frente à confirmação dos sintomas diferenciais D1, D2 e D3, e à negação de D4, a chance a priori da Síndrome X0 evoluiu de 0,0002 para 0,9282. Um aumento de 4.641 vezes.

Como a apresentação de resultados para o usuário através de chance não seria apropriada, SINDROMUS realiza uma conversão dos resultados obtidos e os apresenta sob a forma de promissoridade (ou grau de certeza) variando de -5,0000 a +5,0000, onde -5,0000 significa a desconfirmação absoluta da ocorrência da síndrome, 0 (zero) significa que, face aos sintomas confirmados/negados, a chance a posteriori permaneceu igual à chance a priori, e +5,0000 significa a confirmação absoluta da ocorrência da síndrome.

Para obter a promissoridade de uma síndrome, SINDROMUS converte os resultados obtidos sob a forma de chance para probabilidade, mapeando-os depois para a forma de promissoridade da seguinte forma:

- Se a probabilidade a posteriori (Papos) é igual à probabilidade a priori (Papri), então a promissoridade (Prom) da síndrome é 0 (zero);

- Se a probabilidade a posteriori é maior que a probabilidade a priori, então a promissoridade da síndrome é dada pela função (*):

$$\text{Prom}(\text{Papri}, \text{Papos}) = \frac{5}{1 - \text{Papri}} * \text{Papos} - \frac{5 * \text{Papri}}{1 - \text{Papri}}$$

- Se a probabilidade a posteriori é menor que a probabilidade a priori, então a promissoridade da síndrome é dada pela função (**):

$$\text{Prom}(\text{Papri}, \text{Papos}) = \frac{5}{\text{Papri}} * \text{Papos} - 5$$

Chegamos então à promissoridade da Síndrome X0 no nosso exemplo. Temos:

Chance a priori $\cong 0,0002$

Chance a posteriori $\cong 0,9282$

Convertendo para probabilidade:

Probabilidade a priori $\cong 0,0002$

Probabilidade a posteriori $\cong 0,4814$

 (*) Equação da reta que passa pelos pontos (Papri, 0) e (1, 5)

(**) Equação da reta que passa pelos pontos (Papri, 0) e (0, -5)

Como a probabilidade a posteriori é maior que a probabilidade a priori, obtemos a promissoridade com a função:

$$\text{Prom}(0,0002, 0,4814) = \frac{5}{1 - 0,0002} * 0,4814 - \frac{5 * 0,0002}{1 - 0,0002} \cong 2,4065$$

Agora sim temos um resultado expresso de forma mais natural: em uma escala de -5,0000 a +5,0000, a promissoridade da Síndrome X0 é +2,4065.

3.3 SINDROMUS: SUAS ESTRUTURAS DE DADOS

3.3.1 TABELAS DE FATORES DE ENCORAJAMENTO E DESENCORAJAMENTO

Os fatores de encorajamento e desencorajamento dos sintomas diferenciais, frequentes e ocasionais são obtidos de tabelas que armazenam essas constantes pré-calculadas para agilizar o tempo de avaliação da promissoridade de uma síndrome.

Para os sintomas diferenciais, SINDROMUS mantém uma tabela com seis entradas, correspondendo ao número máximo de sintomas diferenciais em uma síndrome. Cada entrada possui doze campos com os seguintes significados:

CAMPO	!	SIGNIFICADO
1	!	fator de encorajamento para 1 sintoma diferencial independente confirmado em N (N = 1, 2, ..., 6)
2	!	fator de desencorajamento para 1 sintoma diferencial independente negado em N (N = 1, 2, ..., 6)
3	!	fator de desencorajamento para 1 sintoma diferencial negado em conjunção de 2 sintomas
4	!	fator de desencorajamento para 1 sintoma diferencial negado em conjunção de 3 sintomas
...		
7	!	fator de desencorajamento para 1 sintoma diferencial negado em conjunção de 6 sintomas
8	!	fator de encorajamento para 1 sintoma diferencial confirmado em disjunção de 2 sintomas
9	!	fator de encorajamento para 1 sintoma diferencial confirmado em disjunção de 3 sintomas
...		
12	!	fator de encorajamento para 1 sintoma diferencial confirmado em disjunção de 6 sintomas

Para os sintomas frequentes (ocasionais), SINDROMUS mantém uma tabela com trinta entradas, correspondente ao número máximo de sintomas frequentes (ocasionais) em uma síndrome. Cada entrada possui dois campos com os seguintes significados:

CAMPO	!	SIGNIFICADO
1	!	fator de encorajamento para 1 sintoma frequente (ocasional) confirmado em N (N = 1, 2, ..., 30)
2	!	fator de desencorajamento para 1 sintoma frequente (ocasional) negado em N (N = 1, 2, ..., 30)

A grande quantidade de conhecimento e heurística necessários à implementação de SINDROMUS, implicando em um vasto espaço de pesquisa, aliados ao fato do conhecimento estar sedimentado (*) e de desejarmos tornar o sistema disponível em muitos tipos de computadores, levou-nos a escolher a linguagem C [30] para a implementação do mesmo.

C reuniu todos os requisitos necessários para a implementação: tem estruturas de dados e de controle poderosas, é extremamente portátil e gera um código rápido e compacto.

Pela sedimentação do conhecimento e procurando evitar o gerenciamento dinâmico de memória (que implica em um código mais complexo e lento), optamos por trabalhar com estruturas de dados estáticas, porém com dimensões facilmente configuráveis por meio de constantes simbólicas (#DEFINE) da linguagem C (ver apêndice A).

(*) Por conhecimento sedimentado entendemos o conhecimento que já se encontra definido em livros e artigos de modo que, ao invés de gastarmos vários homens-ano na construção do banco de conhecimento, necessitamos de apenas alguns homens-mês. Isso não significa que o conhecimento é imutável, sendo passível de modificações e atualizações.

3.3.2 TABELAS DE CONHECIMENTO

O conhecimento do SINDROMUS é armazenado em duas tabelas: uma tabela de sintomas e uma tabela de síndromes.

Cada entrada da tabela de sintomas contém o nome de um sintoma, um sinalizador que indica se o sintoma foi confirmado, negado ou não avaliado, e três apontadores para as listas de síndromes onde esse sintoma é diferencial, frequente e ocasional, respectivamente:

SINTOMA !	NOME	! PRES	! DIFS	! FREQS	! OCAS
1	! Inteligência normal	! 1	! 1	! 7	! 12
2	! Embotamento mental	! -1	! 14	! 21	! 32
...					
700	! Gêmeos monozigóticos	! 0	! 6004	! 6008	! 6015

No campo presença (PRES), 1 significa sintoma confirmado, -1 sintoma negado e 0 (zero) sintoma não avaliado.

Os apontadores para as listas de síndromes onde o sintoma ocorre são índices dentro de um vetor. Assim, por exemplo, os números das síndromes onde o sintoma 1 é diferencial são armazenados no vetor a partir da posição 1, onde é frequente a partir da 7, e onde é ocasional a partir da 12.

Dado o grande número de sintomas, a apresentação dos mesmos como um todo não seria adequada para o usuário. Para resolver este problema, os sintomas são divididos em grupos e são

apresentados ao usuário de acordo com a escolha deste entre os grupos de sintomas.

Para saber onde começa cada grupo na tabela de sintomas, SINDROMUS mantém uma tabela de grupos. Cada entrada da tabela de grupos contém o nome do grupo e um apontador para o primeiro sintoma do grupo:

GRUPO	! NOME	! SINTOMA INICIAL
1	! S. nervoso: Intel., Comport., Musc.	! 1
2	! S. nervoso: não classificado	! 18
...		
57	! Outros	! 686

O apontador para o sintoma inicial do grupo é um índice dentro da tabela de sintomas.

Durante a fase de voluntariamento, SINDROMUS permite que o usuário selecione grupos de sintomas e assinale sintomas dentro de um grupo durante o tempo que desejar. Para cada sintoma assinalado, SINDROMUS coloca o valor 1 (sintoma confirmado) no campo presença do sintoma correspondente na tabela de sintomas.

Como cada sintoma está associado a um conjunto de síndromes onde ele é diferencial, frequente ou ocasional, SINDROMUS segue agora sua primeira linha de raciocínio (encadeamento para a frente: sintomas -> síndromes), selecionando um conjunto de possíveis síndromes associadas ao sintoma assinalado.

Cada possível síndrome selecionada é colocada em uma tabela de possíveis síndromes, onde cada entrada contém um apontador para a síndrome e a chance correspondente:

SINDROME	!	CHANCE
1	!	-,----
2	!	-,----
...		
N	!	-,----

O apontador para a possível síndrome é um índice dentro da tabela de síndromes.

A chance de cada possível síndrome introduzida na tabela é, inicialmente, a chance a priori, dado que a avaliação da chance a posteriori só é feita após o encerramento da fase de voluntariamento. Tal avaliação também poderia ser feita a cada sintoma voluntariado. Não o fizemos dessa forma em benefício da modularidade do programa e objetivando evitar erros de precisão numérica, com excesso de contas quando um sintoma fosse assinalado por engano (teríamos de desfazer a avaliação já feita).

Cada entrada da tabela de síndromes contém o nome de uma síndrome, sua chance a priori e tanto um contador do número como um apontador para a lista de cada um dos sintomas diferenciais, frequentes e ocasionais:

SINDROME!	NOME	!CHANCE A!	!NDIF!	!DIFS!	!NFRE!	!FREQ!	!NOCA!	!OCAS
!	!	! PRIORI !	!	!	!	!	!	!
1	Sd. de Down	6,25E-4	4	1	17	6	21	24
2	Sd. trissomia 18	3,00E-4	3	26	29	30	23	60
...								
250	Complexo CHARGE			58	16008	3	16014	5

A chance a priori de cada síndrome foi, em sua maioria, obtida da fonte de básica de conhecimento para SINDROMUS: o livro "Síndromes de Malformações Congênitas" [29]. As que não constavam do livro foram obtidas junto aos médicos que acompanharam o desenvolvimento do sistema.

Os indicadores do número de sintomas diferenciais (NDIF), frequentes (NFRE) e ocasionais (NOCA) são inicializados durante a carga do conhecimento, para que na avaliação da promissoridade de uma síndrome não seja necessário determiná-los (para indexar as tabelas de fatores de encorajamento/desencorajamento), o que torna a avaliação mais rápida.

Os apontadores para os sintomas diferenciais (DIFS), frequentes (FREQ) e ocasionais (OCAS) de uma síndrome são índices dentro de um vetor. Assim, para a síndrome 1, por exemplo, os sintomas diferenciais são armazenados no vetor a partir da posição 1, os frequentes a partir da 6 e os ocasionais a partir da 24.

Após a fase de voluntariamento, SINDROMUS passa à fase de questionamento onde segue sua segunda linha de raciocínio (encadeamento para trás: síndrome -> sintomas), quando o usuário seleciona uma possível síndrome a avaliar. O sistema, a partir da tabela de síndromes, questiona o usuário a respeito de cada sintoma diferencial, frequente e ocasional da síndrome escolhida.

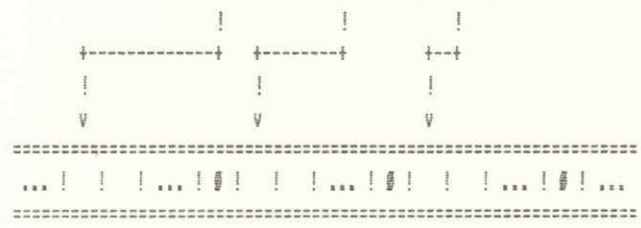
A figura 3.6 mostra as estruturas de dados do SINDROMUS e seus inter-relacionamentos (a listagem das declarações das estruturas de dados está no apêndice B):

TABELA DE GRUPOS

Grupo	Nome	Sintoma Inicial
1	!	! +----->
2	!	! +-----+
...		+>
57	!	! +----->

TABELA DE SINTOMAS

Sintoma	Nome	Presença	Diferencial	Frequente	Ocasional
1	!	!	!	!	!
2	!	!	!	!	!
...					
700	!	!	!	+	!
				+	!
				!	+



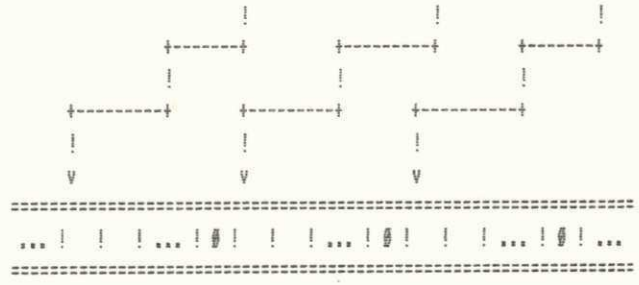
VECTOR DE SINDROMES

TABELA DE POSSIVEIS SINDROMES

Síndrome	Chance a Posteriori
!	
!	
...	
!	

TABELA DE SINDROMES

Síndrome	Nome	Ch. a priori	N. Difs	Difs.	N. Freqs	Freqs.	N. Ocas	Ocas.
1	!	!	!	!	!	!	!	!
2	!	!	!	!	!	!	!	!
...								
250	!	!	!	!	+	!	!	+
					+	!	!	+
					!	!	!	!



VECTOR DE SINTOMAS

FIGURA 3.6 - Estruturas de dados do SINDRONUS

3.4 SINDROMUS: SEUS ALGORITMOS BÁSICOS

Vejamos agora como SINDROMUS funciona, observando o algoritmo (em alto nível) dos seus módulos mais importantes.

3.4.1 MÓDULO PRINCIPAL

O módulo principal implementa o gerenciador básico do sistema. Ele carrega o conhecimento armazenado em arquivos para as tabelas de sintomas e síndromes e entra em um ciclo de análise de pacientes que se encerra quando é fornecido o nome FIM como nome de paciente.

Em cada ciclo, após a obtenção do nome do paciente, SINDROMUS verifica se este paciente é um caso pendente (análise já iniciada anteriormente que foi interrompida para, por exemplo, realização de exames clínicos no paciente), fato indicado pela existência de um arquivo cujo nome é o nome do paciente sufixado por ".sdm". Caso encontre este arquivo, o sistema lê as características (informações de interesse para o usuário tais como, nome completo, endereço, nacionalidade, idade, etc.) do paciente nele armazenadas, exibe-as e pede ao usuário para confirmá-las. Caso o usuário confirme, lê do mesmo arquivo a relação de sintomas confirmados ou negados para o paciente e passa à fase de voluntariamento. Caso contrário o sistema volta a solicitar nome de paciente.

Não encontrando o arquivo de caso pendente, SINDROMUS assume que está iniciando um caso novo e passa para a fase de voluntariamento.

Nessa fase, o sistema permite que o usuário selecione os grupos de sintomas e dentro destes os sintomas que observa no paciente. Após o encerramento da fase de voluntariamento pelo usuário, SINDROMUS seleciona as possíveis síndromes (síndromes com pelo menos um sintoma confirmado) que podem afetar o paciente com as respectivas chances a priori, avalia suas chances a posteriori, ordena as síndromes em ordem decrescente de chance a posteriori, e passa à fase de questionamento.

Quando chega à fase de questionamento, SINDROMUS exhibe a relação de possíveis síndromes com as respectivas promissoridades (chances são convertidas para promissoridades na apresentação). Ele então, permite que o usuário escolha uma síndrome para analisar, passando a questionar o mesmo sobre os sintomas específicos da mesma.

Após o usuário responder as questões sobre a síndrome escolhida, SINDROMUS reavalia a promissoridade da mesma e apresenta a promissoridade anterior (antes do questionamento) e a atual (após o questionamento). Em seguida pergunta ao usuário se este deseja fazer nova seleção de possíveis síndromes, dado que, com as respostas fornecidas no questionamento da síndrome recém-analisada, novas síndromes podem ter se tornado possíveis e síndromes anteriores podem ter deixado de serem possíveis ou mudaram suas promissoridades.

Caso o usuário deseje fazer nova seleção de possíveis síndromes, SINDROMUS volta à fase de voluntariamento, permitindo que o usuário assinale a presença de sintomas de forma mais cômoda (através de menus) e, posteriormente, peça a seleção.

Encerrada a fase de questionamento, SINDROMUS pergunta ao usuário se este deseja armazenar os dados relativos à consulta atual. Caso o usuário informe que sim, o sistema pergunta as características do paciente, se o paciente não era um caso pendente, e armazena as características junto com o conjunto de sintomas confirmados e negados no arquivo cujo nome é dado pelo nome do paciente sufixado por ".sdm". Volta em seguida para o início do ciclo principal, solicitando novo nome de paciente.

ALGORITMO DO MÓDULO PRINCIPAL

```

início
! leia_tabela_sintomas();
! leia_tabela_sindromes();
!
! faça para sempre início /* consulta de um paciente */
! ! leia nome do paciente;
! ! se nome do paciente é FIM então
! ! ! encerre o processamento;
! ! fim_se
! ! se existe o arquivo "paciente.sdm" então início
! ! ! leia as características do paciente do arquivo;
! ! ! exiba as características do paciente;
! ! !
! ! ! leia confirmação (pelo usuário) dessas características;
! ! ! se usuário confirma então
! ! ! ! leia sintomas confirmados e negados do arquivo;
! ! ! ! senão
! ! ! ! ! volte ao início do ciclo de consulta de um paciente;
! ! ! ! fim_se
! ! fim_se
! !
! ! faça para sempre início /* ciclo interno */
! ! ! obtenha_fatos_voluntariados();
! ! ! avalie_possiveis_sindromes();
! ! ! exiba_possiveis_sindromes();
! ! !
! ! ! leia número da síndrome a provar;
! ! ! se número da síndrome a provar é 0 (zero) então
! ! ! ! encerre consulta desse paciente;
! ! ! ! fim_se
! ! !
! ! ! leia_sintomas_da_síndrome_escolhida();
! ! ! avalie_chance_da_síndrome();
! ! ! exibe_promissoridade_anterior_atual();
! ! !
! ! ! veja se usuário quer nova seleção de possíveis síndromes;
! ! ! se sim então
! ! ! ! volte para o início do ciclo interno;
! ! ! ! senão
! ! ! ! ! encerre o ciclo de consulta de um paciente;
! ! ! ! fim_se
! ! fim_faça
! !
! ! veja se usuário quer armazenar dados da consulta do paciente;
! ! se sim então início
! ! ! se paciente é novo então
! ! ! ! leia características do paciente;
! ! ! ! fim_se
! ! ! ! armazene as características do paciente
! ! ! ! ! junto com os sintomas confirmados e negados;
! ! ! ! fim_se
! ! fim_faça
fim

```

3.4.2 VOLUNTARIAMENTO

O módulo que processa o voluntariamento permite que o usuário assinale através de menus, os sintomas observados no paciente. Ele apresenta continuamente um menu de grupos de sintomas e pede que o usuário escolha um número de grupo (o número 0 (zero) encerra o voluntariamento).

Escolhido um grupo, é apresentado um menu contendo os sintomas do grupo e inicia-se um ciclo de assinalamento de sintomas que se encerra quando o usuário assinala o sintoma número 0 (zero).

Durante a escolha de sintomas, o usuário pode assinalar um sintoma através de seu número ou desassinalá-lo através do negativo do seu número.

Para cada sintoma assinalado (desassinalado) é atualizado o campo presença (PRES) do sintoma correspondente na tabela de sintomas com o valor 1(0). Note que 0 (zero) significa tanto "não sei" quanto "não respondido".

ALGORITMO DO VOLUNTARIAMENTO

```
obtenha_fatos_voluntariados()
inicio
! faça para sempre inicio /* ciclo de voluntariamento */
! ! exiba menu de grupos;
! ! leia número do grupo;
! ! se número é 0 (zero) então
! ! ! encerre a fase de voluntariamento;
! ! fim_se
! !
! ! faça para sempre inicio /* obtenha um sintoma do grupo */
! ! ! exiba menu de sintomas do grupo lido;
! ! ! leia número do sintoma;
! ! ! se número é 0 (zero) então
! ! ! ! volte para o inicio do ciclo de voluntariamento;
! ! ! fim_se
! ! !
! ! ! se número é maior que 0 (zero) então inicio /* assinala */
! ! ! ! atribua 1 ao campo presença do sintoma correspondente;
! ! ! ! coloque asterisco em frente ao sintoma assinalado;
! ! ! senão inicio /* desassinala */
! ! ! ! atribua 0 (zero) ao campo presença do sintoma;
! ! ! ! coloque um branco em frente ao sintoma desassinalado;
! ! ! fim_se
! ! fim_faça
! fim_faça
fim
```

3.4.3 AVALIAÇÃO DE POSSÍVEIS SÍNDROMES

O módulo que avalia as possíveis síndromes tem três funções básicas. Em primeiro lugar, ele gera uma tabela de possíveis síndromes percorrendo a tabela de sintomas e obtendo dela a lista de síndromes onde um sintoma confirmado aparece.

Em segundo lugar, ele avalia a chance a posteriori de cada síndrome da tabela de possíveis síndromes, guardando o resultado na própria tabela de possíveis síndromes, no campo chance da síndrome correspondente. Para avaliar a chance a posteriori de uma possível síndrome, o módulo de avaliação das possíveis síndromes chama um sub-módulo que avalia a chance a posteriori de uma síndrome a partir da chance a priori da mesma, multiplicada pelos fatores de encorajamento (desencorajamento) para cada sintoma diferencial, frequente e ocasional confirmado (negado).

Em terceiro lugar, ordena as síndromes da tabela de possíveis síndromes em ordem decrescente de chance a posteriori.

ALGORITMO DE AVALIAÇÃO DE POSSÍVEIS SINDROMES

```
avaliar_possiveis_sindromes()
inicio
! gere tabela de possíveis síndromes;
!
! para cada síndrome da tabela faça início
! ! avaliar_chance_da_síndrome();
! ! armazene a chance na tabela de possíveis síndromes;
! fim_para
!
! ordene a tabela de possíveis síndromes em ordem decrescente
!   de chance;
fim
```

3.4.4 AVALIAÇÃO DA CHANCE DE UMA SINDROME

O módulo que avalia a chance de uma síndrome determina, a partir da chance a priori, a chance a posteriori da mesma. Ele faz isso, verificando na relação de sintomas diferenciais, frequentes e ocasionais da síndrome, os sintomas que foram confirmados (negados) e multiplicando a chance a priori pelos respectivos fatores de encorajamento (desencorajamento).

ALGORITMO DE AVALIAÇÃO DA CHANCE DE UMA SINDROME

```

avaliar_chance_da_sindrome()
inicio
! faça chance igual a chance a priori;
!
! para cada sintoma diferencial faça
! ! se é um sintoma independente então
! ! ! se o sintoma foi confirmado (negado) então
! ! ! ! multiplique a chance pelo fator de encorajamento
! ! ! ! (desencorajamento) correspondente;
! ! ! fim_se
! ! senão
! ! ! se é um sintoma em conjunção então
! ! ! ! se o sintoma foi negado então
! ! ! ! ! multiplique a chance pelo fator de desencorajamento
! ! ! ! ! correspondente;
! ! ! ! ! fim_se
! ! ! ! ! senão
! ! ! ! ! se é um sintoma em disjunção então
! ! ! ! ! ! se o sintoma foi confirmado então
! ! ! ! ! ! ! multiplique a chance pelo fator de encorajamento
! ! ! ! ! ! ! correspondente;
! ! ! ! ! ! ! fim_se
! ! ! ! ! ! ! senão
! ! ! ! ! ! ! /* houve algum erro no banco de conhecimento */
! ! ! ! ! ! ! fim_se
! ! ! fim_se
! ! fim_se
! fim_para
!
! para cada sintoma frequente faça
! ! se o sintoma foi confirmado (negado) então
! ! ! multiplique a chance pelo fator de encorajamento
! ! ! (desencorajamento) correspondente;
! ! fim_se
! fim_para
!
! para cada sintoma ocasional faça
! ! se o sintoma foi confirmado (negado) então
! ! ! multiplique a chance pelo fator de encorajamento
! ! ! (desencorajamento) correspondente;
! ! fim_se
! fim_para
fim

```

Apresentamos estes algoritmos mais importantes em nível bastante alto para facilitar a compreensão dos mesmos. Embora apresentados em alto nível, são suficientemente simples e claros para dispensar um nível maior de detalhamento.

4. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Embora resultado de um projeto de pesquisa acadêmica, SINDROMUS apresenta-se como uma peça de software acabada, em fase de testes exaustivos no campo.

Apresentado a vários médicos especialistas da Escola Paulista de Medicina - E.P.M. (São Paulo - SP), foi bem recebido, tanto pela originalidade como pela atualidade e performance.

As simplificações feitas no modelo de Bayes, discutidas com os médicos especialistas, se mostraram aceitáveis para a implementação. Além disso, o uso de estruturas de dados estáticas contribuiu bastante para o aumento da velocidade de execução do programa, evitando a alocação e gerenciamento de memória dinâmica.

SINDROMUS é o único S.E. para diagnóstico de síndromes de malformações congênitas no Brasil. Além disso, sua base de conhecimento contém informações obtidas de um livro clássico da área de diagnóstico de malformações que cataloga, se não todas, a grande maioria das síndromes de malformações, revisado até 1985.

Implementado na linguagem de programação C (objetivando uma grande portabilidade) sob um sistema operacional compatível com UNIX [31] (posteriormente transportado para um sistema operacional compatível com MSDOS [32]), SINDROMUS apresentou uma ótima performance, tanto na pouca ocupação de memória como em velocidade de execução. O sistema necessita de, aproximadamente,

140 Kbytes para ser executado (mantidos residentes o motor de inferência e o banco de conhecimento).

Após o fornecimento dos sintomas iniciais, na fase de voluntariamento, SINDROMUS faz uma pesquisa exaustiva em seu banco de conhecimento e fornece como resposta a relação de possíveis síndromes que podem afetar o paciente, ordenada em ordem decrescente de promissoridade, em um tempo não maior que 4 segundos. Mais especificamente, seus tempos médios de resposta foram os seguintes:

MAQUINA		SIST. OPERAC.		TEMPO (seg.)
EDISA 680	!	EDIX	!	3
IBM PC	!	MSDOS	!	4
IBM PC-XT	!	MSDOS	!	2-3
IBM PC-AT	!	MSDOS	!	1

Com relação à percentagem de acertos em diagnósticos, ainda é cedo para falarmos nisso. Como dissemos, SINDROMUS encontra-se em teste na E.P.M., sendo utilizado na avaliação de milhares de casos passados. Após essa fase de aferição e ajuste, que deve durar de 6 a 12 meses, acreditamos que o sistema possa chegar a um índice de acertos acima de 90%, expectativa essa compartilhada pelos especialistas da E.P.M.

Como sugestões futuras, temos basicamente quatro.

Em primeiro lugar, sugerimos uma modificação no sistema de forma que possa trabalhar com várias janelas de informação em uma

única tela, bem como a implementação da fase de questionamento (hoje na forma de pergunta-resposta) na forma de menus, para a homogeneização da interface com o usuário.

Em segundo lugar, e especialmente, sugerimos a implementação de um editor de conhecimento de forma que se possa incluir, alterar e excluir conhecimento da base de uma forma mais simples e confiável. Pudemos observar que o grande gargalo na construção de S.E.s está na aquisição do conhecimento, podendo afirmar que 70% do tempo gasto na implementação do SINDROMUS foi usado na formação do banco de conhecimento.

Em terceiro lugar, sugerimos a generalização do modelo de inferência usado no SINDROMUS para que seja uma rede Bayesiana sem simplificações, o que permitiria ao mesmo ser utilizado em problemas de diagnóstico onde o conhecimento fosse representado em mais de dois níveis no grafo.

Finalmente, em quarto lugar, gostaríamos de registrar a prestabilidade de linguagens de programação procedural (por exemplo, C) para a construção de S.E.s. Evidentemente, o fato do conhecimento estar sedimentado, não necessitando de muitas correções, minimizou os problemas de representação do mesmo através de uma linguagem de programação procedural. Porém, se considerarmos que, com o uso de um adequado editor de conhecimento, podemos modificar o conhecimento tantas vezes e da forma que desejarmos, vemos que o problema maior não está na sua representação e na utilização de uma linguagem procedural,

mas na aquisição do mesmo. Nesse sentido, somos de opinião de que uma linguagem de programação procedural pode, tanto quanto uma linguagem de programação lógica, ser utilizada para a construção de S.E.s. Sugerimos portanto, que linguagens procedurais tais como C, sejam usadas para a construção de novos S.E.s, bem como de ferramentas que possuam editores de conhecimento.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Nilsson, N. J.

Principles of Artificial Intelligence
Addison Wesley, 1979

[2] Hayes-Roth, F.

Knowledge Based Expert Systems
IEEE Computer, Vol. 17, N. 10, 1984

[3] Shortliffe, E. H.

Computer-Based Medical Consultation: MYCIN
North Holland Elsevier, 1978

[4] Fagan, J. M.

VM: Representing time-dependent relations in a medical
setting

Doctoral Dissertation, Computer Science Department,
Stanford University, 1980

[5] Aikins, J. S., Kung, J. C., Shortliffe, E. H., and Fallat,
R. J.

PUFF: An expert system for interpretation of pulmonary
function data

Computer and Biomedical Research, Vol. 16, Pag.
199-208, 1983

[6] Pople, H. E. Jr.

Heuristic Methods for Structuring of Medical
Diagnostics

Medicine, Westview Press, 1982

[7] Miller, P. L.

Medical plan-analysis: the ATTENDING system
Proceedings IJCAI-83, Pag. 239-241, 1983

[8] Buchanan, B. G., and Feigenbaum, E. A.

Dendral and Meta-Dendral: their applications dimension
Artificial Intelligence, Vol. 11, Pag. 5-24, 1978

[9] Stefik, M. J.

Inferring DNA structures from segmentation data
Artificial Intelligence, Vol. 11, Pag. 85-114, 1978

[10] Gaschnig, J.

PROSPECTOR: an expert system for mineral exploration
Infotech State of the Art, Report 9, N. 3, 1981

[11] Elf-Aquitane and Teknowledge.

The Drilling Advisor. Fundamentals of Knowledge
Engineering
Teknowledge Report, 1983

[12] McDermott, J.

R1: A rule-based configurer of computer systems
Department of Computer Science, Carnegie-Mellon
University, Rept. CMU-CS-80-119, 1980

[13] Kornell, J.

A VAX tuning expert build using automated knowledge
acquisition
Proceedings of the First Conference on Artificial
Intelligence Applications, IEEE Computer Society,
1984

- [14] Kim, J., McDermott, J., and Siewiorek, D.
Exploring Domains Knowledge in IC Cell Layout
IEEE Design and Test Magazine, August 1984
- [15] Erman, L. D., Readdy, D. R., Fennel, R. D., and Neely, R. B.
The HERSAY-II speech-understanding system: integrating
knowledge to resolve uncertainty
ACM Computer Surveys, Vol. 12, Pag. 213-253, 1980
- [16] Nelson, W. R.
REACTOR: an expert system for diagnosis and treatment
of nuclear reactor accidents.
Proceedings AAAI-82, Pag. 296-301, 1982
- [17] Hollan, J. D., Hutchins, E. L., and Weitzman, L.
STEAMER: an interactive inspectable simulation-based
training system
The AI Magazine, Vol. 5, N. 2, 1984
- [18] van Melle, W.
A domain-independent system that aids in constructing
knowledge-based consultation programs
Doctoral Dissertation, Computer Science Department.,
Stanford University, 1980
- [19] Forgy, C. L., and McDermott, J.
The OPS5 User's Manual
Carnegie-Mellon University, Department of Computer
Science, Technical Report, 1980
- [20] Davis, R.
Interactive transfer of expertise: acquisition of new
inference rules
Artificial Intelligence, Vol. 12, Pag. 121-157, 1979

[21] Duda, R. O.

The Knowledge Acquisition System

Artificial Intelligence Center, SRI International,
Technical Report, 1979

[22] Fain, J. et al.

The ROSIE Language Reference Manual

Technical Report N-1647-ARPA edition, The Rand
Corporation, 1981

[23] Kunz, J. C., Kehler, T. P., and Williams, M. D.

Applications development using a hybrid AI development
system

The AI Magazine, Vol 5, N. 3, 1984

[24] Newell, A, and Simon, H. A.

GPS: a case study in generality and problem solving

New York Academic Press, 1969

[25] Ban, A., and Feigenbaum, E.

The handbook of Artificial Intelligence, Vol. 1

Heuristech Press, 1981

[26] Kiremidjian, G., Clarkson, A., and Lenat, D.

Expert systems for tactical indications and warning
(I & W) analysis

Proceedings of the Army Conference on the Applications
of AI to Battlefield Information Management,
Report AD-A139.685, Battelle Columbus
Laboratories, 1983

[27] Chianca, M. E., e Lula Jr., B.

OFTALMO: Um sistema especialista diagnosticador de
síndromes oculares

Dissertação de mestrado, Departamento de Sistemas e
Computação, Universidade Federal da Paraíba, 1986

[28] Duda, R. O., Hart, P. E., and Nilsson, N. J.

Subjective Bayesian methods for rule-based inference
systems

AFIPS Conference Proc. of the 1976 National Computer
Conference, Vol. 45, 1976

[29] Smith, D. W.

Síndromes de malformações Congênitas

Editora Manole Ltda., 1985

[30] Kernighan, B. W., and Ritchie, D. M.

The C Programming Language

Prentice-Hall, Inc., 1978

[31] Morgan, R., and McGilton, H.

Introducing UNIX System V

McGraw-Hill, Inc., 1987

[32] MS-DOS Programmer's Reference Manual

Microsoft Corporation, 1981, 1983, 1984

APENDICE A

CONSTANTES DE CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA

```
#define M_GRP5      60 /* número máximo de grupos na
                        tabela de grupos */
#define M_STMS     710 /* número máximo de sintomas na
                        tabela de sintomas */
#define M_SDMS     270 /* número máximo de síndromes na
                        tabela de síndromes */
#define M_SCSO    270 /* número máximo de síndromes na
                        tabela de síndromes com
                        sintomas observados (tabela de
                        possíveis síndromes) */
#define M_FATDIF   6 /* número máximo de sintomas di-
                        ferenciais em uma síndrome */
#define M_FATFREQ 30 /* número máximo de sintomas
                        frequentes em uma síndrome */
#define M_FATOCAS 30 /* número máximo de sintomas
                        ocasionais em uma síndrome */
#define M_AND      6 /* número máximo de sintomas
                        diferenciais em conjunção */
#define M_OR       6 /* número máximo de sintomas
                        diferenciais em disjunção */
```

APENDICE B

DECLARAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE DADOS DO SISTEMA

```

/*
 * tabela de grupos
 */
struct t_grps {
    char      grupo[ 30 ];    /* nome do grupo */
    int       sint;          /* número do sintoma inicial */
};

/*
 * tabela de sintomas
 */
struct t_stms {
    char      sint[ 30 ];    /* nome do sintoma */
    int       pres,         /* presença */
            dife,          /* índice das síndromes
                        diferenciais */
            freq,          /* índice das síndromes
                        frequentes */
            ocas;          /* índice das síndromes
                        ocasionais */
};

/*
 * tabela de síndromes
 */
struct t_sdms {
    char      sind[ 30 ];    /* nome da síndrome */
    float     ch_priori;     /* chance a priori */
    int       ndif,         /* número de sintomas
                        diferenciais */
            dife,          /* índice dos sintomas
                        diferenciais */
            nfre,          /* número de sintomas
                        frequentes */
            freq,          /* índice dos sintomas
                        frequentes */
            noca,          /* número de sintomas
                        ocasionais */
            ocas;          /* índice dos sintomas
                        ocasionais */
};

```

```

/*
 * tabela de síndromes com sintoma(s) observado(s)
 * (possíveis síndromes)
 */
struct t_scso {
    int      sind;          /* índice da síndrome na tabela
                           de síndromes */
    float    ch_atual;     /* chance atual */
};

struct t_grps t_grps[ M_GRPS ];
struct t_stms t_stms[ M_STMS ];
struct t_sdms t_sdms[ M_SDMS ];
struct t_scso t_scso[ M_SCSSO ];

/*
 * tabela de fatores de encorajamento e desencorajamento para
 * sintomas diferenciais
 */
struct fatdif {
    double   d_sim,        /* encorajamento para sintoma
                           diferencial confirmado */
            d_nao,        /* desencorajamento para sin-
                           toma diferencial negado */
            d_or[ M_OR ], /* encorajamento para sintoma
                           diferencial confirmado em
                           disjunção */
            d_and[ M_AND ]; /* desencorajamento para
                              sintoma diferencial negado
                              em conjunção */
} fatdif[ M_FATDIF ];

/*
 * tabela de fatores de encorajamento e desencorajamento para
 * sintomas frequentes
 */
struct fatfreq {
    double   f_sim,        /* encorajamento para sintoma
                           frequente confirmado */
            f_nao;        /* desencorajamento para
                           sintoma frequente negado */
} fatfreq[ M_FATFREQ ];

```



```
/*
 * tabela de fatores de encorajamento e desencorajamento para
 * sintomas ocasionais
 */
struct fatocas {
    double    o_sim,           /* encorajamento para sintoma
                               ocasional confirmado */
             o_nao;          /* desencorajamento para
                               sintoma ocasional negado */
} fatocas[ M_FATOCAS ];
```