

**Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências e Tecnologia
Coordenação de Pós-Graduação em Informática**

**Representação e Indexação de Casos em Sistemas de
Raciocínio Baseado em Casos para o Domínio da
Neurologia**

Deam James Azevedo da Silva

Campina Grande – Paraíba

Junho de 2002

**Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências e Tecnologia
Coordenação de Pós-Graduação em Informática**

**Representação e Indexação de Casos em Sistemas de
Raciocínio Baseado em Casos para o Domínio da
Neurologia**

Deam James Azevedo da Silva

Dissertação submetida à Coordenação de Pós-Graduação em Informática (COPIN) do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Informática.

Evandro de Barros Costa, Dr.

(Orientador)

Fábio Paraguaçu Duarte da Costa, Dr.

(Orientador)

Campina Grande – Paraíba

Junho de 2002

Ficha Catalográfica

S586R

SILVA, Deam James Azevedo da

Representação e Indexação de Casos em Sistemas de Raciocínio Baseado em Casos para o Domínio da Neurologia.

Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba.

Centro de Ciências e Tecnologia, Coordenação de Pós-Graduação em Informática.

Campina Grande – Pb, Junho de 2002.

131p. Il.

Orientadores: Evandro de Barros Costa, Dr. e Fábio Paraguaçu Duarte da Costa, Dr.

Palavras Chave:

1. Inteligência Artificial
2. Raciocínio Baseado em Casos
3. Diagnóstico médico
4. Neurologia

CDU – 007.52

"Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável para aprender a conhecer a influência libertadora da beleza do reino do espírito, para seu próprio prazer pessoal e para proveito da comunidade à qual seu futuro trabalho pertencer".

(Albert Einstein)

A minha namorada Jacy Mary Rufino,
com muito amor e carinho, por estar
sempre ao meu lado me dando forças e
motivos para alcançar meus objetivos.

Agradecimentos

A Deus, pela sua infinita bondade, compreensão e sabedoria.

Aos meus pais Pedro e Benedita Silva, bem como a meus irmãos Sônia, Sérgio e Daniela, pois todos estiveram sempre do meu lado me dando forças para prosseguir em minha caminhada.

Ao Dr. Carlos e Nazaré Rufino pelo apoio e compreensão que tiveram nos momentos em que estive ausente da família.

A todos meus novos amigos como o Pablo, Fátima, Edna, Airon e Geovane, bem como aos colegas do departamento (DSC), pois foram deles que vieram as alegrias e o apoio necessário para enfrentar as dificuldades e as tristezas quando algo não ia bem.

Aos professores Evandro Barros, Fábio Paraguaçu e Edilson Fereda pelos diálogos, discussões e principalmente pelos conselhos inspiradores desse trabalho.

A todos os demais que eventualmente sintam-se esquecidos, pelo que deixei de mencionar.

Este trabalho teve o suporte financeiro do PICDT – o Programa Federal de Capacitação Docente – gerenciado pela CAPES/MEC.

Sumário

Epígrafe	ii
Dedicatória	iii
Agradecimentos	iv
Lista de Figuras	ix
Lista de Tabelas	xi
Resumo	xii
Abstract.....	xiii
Capítulo 1: Introdução	1
1.1 Contexto do Problema	1
1.2 Objetivos.....	1
1.3 Contribuições.....	2
1.4 Estrutura do Trabalho	3
1.5 Conclusão	4
Capítulo 2: Raciocínio por Casos	5
2.1 Introdução.....	5
2.2 Histórico do RBC	5
2.3 Por que Utilizar RBC ?.....	6
2.4 Classes de Sistemas de RBC	8
2.5 Ciclo do RBC	9
2.6 Construção de Sistemas Baseados em Casos	10
2.6.1 Aquisição do Conhecimento.....	12
2.6.2 Representação do Conhecimento	15
2.6.3 Representação de Casos	16
2.6.3.1 Aspectos Importantes da Representação.....	17

2.6.3.2 O Conteúdo dos Casos	18
2.6.4 Indexação de Casos	21
2.6.4.1 O Processo de Indexação	22
2.6.4.2 Vocabulário de Indexação.....	24
2.6.5 Recuperação de Casos	25
2.6.5.1 Estruturas Organizacionais dos Casos	26
2.6.5.2 Casamento e Ordenação (Ranking) dos Casos	27
2.6.6 Adaptação de Casos.....	31
2.6.7 Considerações Sobre a Adaptação de Casos no Contexto do Trabalho	31
2.7 Avaliação de Sistemas	31
2.7.1 Avaliação de Sistemas Especialistas	31
2.7.2 Avaliação de Sistemas de RBC	33
2.8 Conclusão	36
Capítulo 3: Diagnóstico médico, RBC e o Domínio da Neurologia.....	37
3.1 Introdução.....	37
3.2 A Informática e a Medicina	37
3.3 O Raciocínio Médico e Sistemas Especialistas	38
3.4 Raciocínio por Casos no Diagnóstico Médico	41
3.4.1 Sistemas Médicos que Utilizam RBC	44
3.4.2 O problema de Sistemas de RBC para Aplicações Médicas	45
3.5 O Domínio da Neurologia	46
3.5.1 Importância do Neurologista no Século XXI	47
3.5.2 O Processo de Diagnóstico de um Paciente	48
3.5.2.1 Levantamento do Histórico do Paciente.....	49
3.5.2.2 O Exame Neurológico	50
3.5.2.3 Interpretação dos Exames e Sinais	58
3.5.2.4 Exames de Laboratório.....	58
3.6 Conclusão	66
Capítulo 4: Aplicando RBC à neurologia – Descrição e Técnicas Utilizadas	67
4.1 Introdução.....	67
4.2 Metodologia para Aquisição de Conhecimento, Representação e Indexação de Casos.....	68

4.2.1 Extração do Conhecimento.....	68
4.2.2 Representação dos Casos.....	70
4.2.3 Indexação dos Casos.....	72
4.2.3.1 Atributos de Indexação.....	72
4.2.3.2 Técnica de Indexação	75
4.2.3.3 Vocabulário de Indexação	75
4.3 Organização e Recuperação dos Casos	76
4.3.1 Geração e Organização da Base de Casos.....	76
4.3.2 Recuperação dos Casos	78
4.3.2.1 Casamento de Casos	79
4.3.2.2 Funções de Similaridade	81
4.3.2.3 Cálculo de Similaridades Locais.....	82
4.3.2.4 Organização dos Índices (atributos) Multivalorados no Neurocase	86
4.3.2.5 Algoritmos de Casamento.....	91
4.4 Retenção dos Casos	93
4.5 Conclusão	93
Capítulo 5:Protótipo Neurocase	95
5.1 Introdução.....	95
5.2 Aspectos da Implementação	95
5.3 Arquitetura do Neurocase.....	96
5.4 Dados.....	97
5.4.1 Delimitação do Problema e Inserção de Casos.....	98
5.5 Funcionamento do Protótipo	99
5.5.1 Módulo Casos.....	99
5.5.1.1 Novo Caso.....	100
5.5.1.2 Indexação de Funcionalidades	105
5.5.1.3 Edição de Casos	106
5.5.2 Módulo Tabelas	106
5.5.3 Módulo Relatório.....	109
5.6 Avaliação do Sistema	112
5.7 Conclusão	112

Capítulo 6: Verificação e Validação do sistema Neurocase	113
6.1 Introdução.....	113
6.2 Avaliação do Neurocase.....	113
6.3 Resultados Gerais Obtidos do Neurocase.....	115
6.4 Resultados Obtidos de Outros Sistemas.....	115
6.4.1 Sistema 1.....	116
6.4.2 Sistema 2.....	116
6.4.3 Sistema 3.....	117
6.4.4 Sistema 4.....	117
6.5 Conclusão.....	118
7 Conclusão	119
7.1 Considerações Finais.....	119
7.2 Trabalhos Futuros.....	120
Referências Bibliográficas	121
Apêndice A	127

Lista de Figuras

Figura 2.1	: Ciclo do RBC.....	10
Figura 2.2	: Método manual de aquisição de conhecimento	12
Figura 2.3	: Aquisição de conhecimento dirigida pelo especialista.....	13
Figura 2.4	: Aquisição de Conhecimento dirigida por Indução.....	13
Figura 2.5	: Componentes considerados na representação de casos.....	18
Figura 3.1	: Processos básicos de tomada de decisão em Medicina.....	42
Figura 3.2	: Os passos de um diagnóstico de doenças neurológicas.	49
Figura 4.1	: Espaços de problema e de solução	71
Figura 4.2	: Processo de indexação dos casos neurológicos.....	75
Figura 4.3	: Modelo Conceitual (ER) do Neurocase.	77
Figura 4.4	: Visão gráfica das entidades.....	78
Figura 4.5	: Relações entre atributos dos objetos p e i	79
Figura 4.6	: Similaridade local de atributos multivalorados.....	81
Figura 4.7	: Similaridade local de atributos monovalorados.	82
Figura 4.8	: Distância entre classes de problemas.	83
Figura 4.9	: Cálculo da similaridade final	86
Figura 4.10	: Forma genérica dos casos baseados em tabela.....	87
Figura 5.1	: Arquitetura do Neurocase.	96
Figura 5.2	: Tela Principal do Neurocase	99
Figura 5.3	: Opções do módulo “Casos”.	100
Figura 5.4a	: Formulário para história do paciente.....	100
Figura 5.4b	: Formulário para exames neurológicos	101
Figura 5.4c	: Formulário para registrar exames complementares	102
Figura 5.4d	: Formulário para registrar Diagnóstico, Tratamento e evolução.....	103
Figura 5.4e	: Formulário para efetuar a busca e comparação de similaridades de casos.	104
Figura 5.5	: Gráfico de similaridade Ce Nº 5 x Ca Nº 1.....	105

Figura 5.6	: Formulário para a indexação de características em função da solução.....	105
Figura 5.7	: Edição e Exclusão de Casos.....	106
Figura 5.8	: divisões do módulo “Tabelas”.....	107
Figura 5.9	: Formulário para vocabulários (exemplo para o índice Queixa Principal).	107
Figura 5.10	: Formulário para atribuição de pesos aos atributos.....	108
Figura 5.11	: Formulário de opções para a recuperação dos casos.....	109
Figura 5.12	: Primeira página do relatório de um caso.....	110
Figura 5.13	: Segunda página do relatório de um caso.....	111

Lista de Tabelas

Tabela 4.1: Atributos de um caso.....	71
Tabela 4.2: Atributos (índices) utilizados na recuperação de um caso.	73
Tabela 4.3: Comparação de atributos.....	85
Tabela 4.4: Exemplo de 3 vocabulários para 3 índices de um caso.	88
Tabela 4.5: Vocabulário e seus Itens.....	88
Tabela 4.6: Casos Indexados conforme Cod. Indexação (01).....	89
Tabela 4.7: Método de busca e casamento baseado em tabela.....	89
Tabela 4.8: Indexação de atributos multivalorados com cadeia de caracteres.....	90
Tabela 4.9: Método de busca e casamento baseado em tabela com cadeias.....	90
Tabela 6.1: Resultados do Teste de Verificação Global do Neurocase.....	115

Resumo

A Neurologia é uma das especialidades médicas mais antigas e chegou a apresentar uma evolução muito lenta no decorrer dos anos. Através do avanço tecnológico surgiram novos tipos de exames que vieram facilitar o processo de diagnóstico, bem como o desenvolvimento de softwares que interagem com equipamentos sofisticados nessa área. A maioria dos softwares existentes destinados ao uso médico é utilizada apenas para o cadastro e recuperação de dados através do casamento exato de informações. No sentido de auxiliar não apenas na consulta de registros mas também para fornecer apoio nas tomadas de decisão do neurologista foi desenvolvido o sistema *Neurcase*. Esse sistema utiliza a metodologia de Raciocínio Baseado em Casos, cuja característica é a recuperação de uma experiência passada (caso anterior) mais similar possível de um novo problema (novo caso) através das funções de medidas de similaridades.

Esse trabalho apresenta a metodologia utilizada para a construção de sistemas de RBC em geral, bem como o processo de construção do protótipo proposto no trabalho. Essa metodologia abrange a representação e indexação de casos, organização desses casos, as funções de medidas de similaridades, bem como os algoritmos para a recuperação dos casos fontes.

Abstract

Neurology is one of the oldest medical specialties and your evolution was very slow along years. With the technological advance new types of examination come to facility the diagnostic process, as well as sophisticated equipment and your interaction with specifics software. Many software applications are destined to the medical use, only for storage and data recovery. In the way to help the data searching and decision support of the Neurologist, the Neurocase system was developed. It uses Case-Based Reasoning methodology, which can determinate through the previous cases the best solution. The system can to recover the last experience (previous case) in the way more similar of a new problem (new case) through functions of similarity measures.

This work presents the methodology used for the construction of RBC systems, as well as the process of construction of the Neurocase system. This methodology encloses the case representation, indexation and organization, the functions of similarities measures as also the recovering algorithms for the source cases.

Capítulo 1

Introdução

1.1 Contexto do Trabalho

A Inteligência Artificial (IA) é considerada um campo dinâmico, variado e em crescimento. Suas tecnologias aplicadas variam de sistemas especialistas a visão de computador. Sistemas Especialistas (SE) são sistemas que se baseiam em modelos de conhecimento sobre um domínio específico, e são centrados na resolução de problemas que ocorrem no domínio escolhido.

Na implementação de um SE é necessária a passagem por algumas fases como: aquisição de conhecimento, organização da base de conhecimento e a escolha da estratégia de raciocínio (inferência) sobre essa base de conhecimento. Entre essas estratégias de raciocínio está a de Raciocínio Baseado em Casos (RBC), cuja idéia básica é utilizar e adaptar soluções que foram utilizadas para resolução de problemas anteriores, para serem utilizadas em um novo problema (Kolodner, 1993).

A idéia central do RBC consiste em fazer o sistema “relembrar” de casos relevantes e reutilizá-los em uma nova solução.

Esse trabalho surgiu através de idéias relacionadas a estratégias de raciocínio utilizadas em sistemas computacionais, que pudessem auxiliar no diagnóstico médico no campo da Neurologia. O emprego do RBC revelou-se natural por tratar-se de um domínio pouco formalizado e com dados experimentais em abundância.

1.2 Objetivos

De forma geral, o trabalho tem por objetivo desenvolver um mecanismo de representação e indexação de casos que possa ser utilizado, de forma efetiva, em um sistema de ajuda ao diagnóstico no domínio da Neurologia.

Especificamente, esses são os objetivos do trabalho:

- Escolher a fonte de informações para a aquisição de conhecimento;
- Representar e Indexar o conhecimento do especialista em Neurologia ;
- Modelar o raciocínio do especialista em Neurologia frente às tarefas de diagnóstico e prescrição médica;
- Definir estratégias para a resolução do problema de indexação e recuperação dos casos armazenados.
- Construir um sistema baseado no conhecimento adquirido:
- Representar a consulta no sistema (através da indexação) utilizando a metodologia de RBC;
- Fazer a validação do sistema junto ao especialista.

1.3 Contribuições

As contribuições desse trabalho estão relacionadas aos seguintes itens:

- Aquisição de conhecimento, representação e indexação dos casos neurológicos;
- Organização dos casos neurológicos;
- Escolha das funções de medida de similaridade satisfatórias para recuperação dos casos;
- Recuperação dos casos neurológicos;
- Construção de um protótipo para validação do trabalho;
- Validação do trabalho.

Na representação e indexação dos casos aplica-se uma metodologia para a aquisição e a representação desse conhecimento em um sistema computacional. Tanto a representação quanto a indexação, têm como base atributos e valores organizados em um banco de dados relacional. A indexação considera os atributos responsáveis pelas características de um caso neurológico apresentado ao especialista, facilitando sua recuperação posteriormente.

A organização desses casos segue a descrição conceitual do tipo ER e sua estrutura está de acordo com a representação e indexação proposta.

As funções de medida de similaridade são escolhidas de acordo com as características dos atributos e com os resultados satisfatórios obtidos através dos testes de recuperação de casos.

Na recuperação de casos neurológicos implementa-se algoritmos de recuperação que fazem

uso das funções de similaridades escolhidas para o casamento.

O protótipo foi implementado seguindo-se uma interface gráfica bastante amigável. Sua construção seguiu os requisitos do especialista quanto a sua satisfação em relação aos resultados. Sua base de casos ou base de conhecimento contém casos provenientes da literatura médica.

Na validação faz-se uso do protótipo para comprovar a eficiência: da representação e indexação, dos algoritmos de recuperação, das funções de similaridades, do suporte oferecido ao especialista no diagnóstico médico.

1.4 Estrutura do Trabalho

A organização desse trabalho segue uma estrutura linear de leitura para o encadeamento dos conteúdos.

Nesse capítulo 1, faz-se uma introdução do trabalho onde são apresentados os objetivos seguidos das contribuições e a estruturação geral do trabalho.

No capítulo 2 é apresentada uma revisão bibliográfica sobre a metodologia de Raciocínio Baseado em Casos (RBC), que servirá como base para uma melhor compreensão dessa metodologia e do restante dos capítulos seguintes. Também descreve algumas propostas para a avaliação e validação de sistemas em geral e para sistemas que utilizem a metodologia de RBC.

No capítulo 3 é apresentado um resumo sobre o problema em estudo, o diagnóstico médico, o raciocínio por casos no processo de diagnóstico e o domínio da Neurologia. O capítulo faz uma referência aos sistemas de apoio a decisão e descreve o domínio da Neurologia em termos de detalhes sobre sua importância, a história do paciente, os principais tipos de exames requisitados pelo médico e o processo de diagnóstico de um paciente.

No capítulo 4 será apresentada a metodologia para a representação dos casos no domínio da neurologia, a indexação desses casos, a organização desses casos e os algoritmos utilizados na recuperação, bem como as funções de similaridades utilizadas na recuperação de casos mais similares.

O capítulo 5 descreve o funcionamento do sistema Neurocase, bem como sua arquitetura, a

interface com o usuário, os aspectos da implementação, avaliação dos dados e a delimitação do problema.

O capítulo 6 descreve os resultados obtidos na avaliação do Neurocase. Também descreve os resultados obtidos de outros sistemas que utilizam a metodologia de RBC para o diagnóstico médico.

1.5 Conclusão

Este capítulo apresentou uma síntese, ao mais próximo possível, de todo o trabalho realizado sobre raciocínio por casos. Isso foi feito através de uma visão geral sobre o domínio do problema e os objetivos que deverão ser alcançados.

Nos objetivos é possível observar que o resultado final do trabalho será a apresentação de um protótipo para validar o trabalho. A base de conhecimento é rica em casos provenientes da literatura médica prontas para auxiliar o especialista.

As contribuições também foram apresentadas e deixam claro que em cada domínio em que se utiliza RBC, há a necessidade da especificação dos casos, da indexação desses casos, das funções escolhidas para o cálculo da similaridade e finalmente da validação de todos esses elementos juntos no domínio escolhido.

No próximo capítulo será apresentada uma visão geral da metodologia de RBC, que será de grande auxílio para a compreensão desse trabalho.

Capítulo 2

Raciocínio por Casos

2.1 Introdução

Neste capítulo será apresentada uma visão geral da metodologia de Raciocínio por Casos (RBC) descrita por Kolodner (1993), além dos problemas relativos a representação, indexação, organização e recuperação de casos.

De início será apresentada a origem da metodologia de RBC, bem como a idéia geral de todo o processo envolvido em um sistema que utiliza essa metodologia.

O caso é um elemento fundamental dessa metodologia, sendo dessa forma apresentado com destaque em relação a sua modelagem, seus problemas relativos à indexação, características de memória (base de casos) e as formas de organizações existentes para essa memória de casos.

Também será feita a descrição sobre a avaliação de sistemas de RBC. Essa descrição oferece suporte para a especificação e funcionamento correto de sistemas que utilizam essa metodologia, envolvendo dois processos separados: *Verificação* e *Validação*.

Finalmente, uma conclusão de tudo o que foi apresentado no capítulo, além de uma breve apresentação do próximo.

2.2 Histórico do RBC

O RBC teve início com os estudos de Schank sobre a compreensão da linguagem, (Schank, 1999). Segundo sua teoria, a linguagem é um processo baseado em memória. Seus pressupostos teóricos afirmam que em cada experiência do ser humano sua memória passa a se ajustar em resposta a essas experiências, implicando dessa forma, que o aprendizado depende dessas alterações na memória. Através desse estudo conclui-se que: o processo de

compreensão de uma linguagem depende de informações armazenadas previamente na memória, ou seja, pessoas não compreendem eventos sem deixar de fazer referências a fatos que já vivenciaram e que já conhecem.

O primeiro conceito fundamental da teoria de Schank criado para representar informações sobre eventos, foi o de “script”. O script representava eventos que se repetiam em situações particulares, como por exemplo, “ir a um restaurante”.

O conceito mais importante da teoria de Schank, foi o de aprendizagem. Segundo ele, a aprendizagem ocorre quando existe uma diferença entre o que a pessoa esperava que acontecesse e o que realmente acontecia. Dessa forma, essa diferença provocava a alteração da estrutura de memória da pessoa. Diante desse raciocínio, Schank criou a teoria da *memória dinâmica*.

A Memória Dinâmica permitiu a criação de uma arquitetura para a construção desse tipo de raciocínio em um computador. Os programas CYRUS (de Janet Kolodner) e IPP (de M. Lebowitz) foram os primeiros a implementar muito dos temas expressos na teoria da Memória Dinâmica. Eles foram os precursores dos programas de raciocínio baseado em caso (Kolodner, 1993).

2.3 Por que Utilizar RBC ?

A ciência cognitiva tem por objetivo construir modelos do raciocínio humano e o aprendizado. A Inteligência Artificial tem por objetivo desenvolver tecnologia para a construção de sistemas de IA mais efetivos.

De qualquer forma, o interesse por RBC como um modelo cognitivo é baseado nos estudos do raciocínio humano, no qual mostra que o raciocínio através de casos abrange uma variedade de domínios.

Pode-se identificar cinco problemas principais que podem ser amenizados através do uso de RBC (Leake, 1996):

- (i) **Aquisição de Conhecimento** - Esse é considerado um problema clássico nos tradicionais sistemas baseados em conhecimento, principalmente nos sistemas baseados em regras. O processo de aquisição de regras pode ser trabalhoso e até mesmo não confiável. Isso ocorre pelo fato de existir dificuldade em extrair

regras e pela falta de garantia de que essas regras sejam suficientes para caracterizar o desempenho do especialista ou do próprio sistema que as utiliza. Em alguns domínios é difícil formalizar regras, ou o número de regras necessárias para o domínio se torna muito grande. Quando se utiliza RBC, o raciocínio é feito através de episódios específicos, completos e não é necessário decompor experiências e generalizar suas partes através de regras. Isso quer dizer que cada caso pode ser representado como episódios independentes um do outro na base de casos. Alguns domínios de tarefas são naturais para RBC, bastando para isso coletar casos que sejam satisfatórios para a resolução de problemas. Nesses domínios o custo de aquisição de conhecimento é muito baixo. Pode ocorrer que o domínio não seja natural e que os casos não estejam disponíveis ou podem estar disponíveis, mas de uma forma difícil de se utilizar. Nesse contexto, se faz necessário um esforço para a delimitação de informações que cada caso deve conter, para que seja definida corretamente a representação das informações. Recomenda-se também, a verificação da extração correta dos dados disponíveis, assim como os critérios para a indexação dessas informações.

- (ii) **Manutenção do Conhecimento** - Geralmente uma base de conhecimento é o primeiro passo em direção a uma aplicação de IA. Inicialmente é difícil uma compreensão perfeita do problema, o que implica em refinamentos sucessivos. Embora o refinamento e esquemas de indexação possam ser requeridos para que as tarefas sejam bem compreendidas, a metodologia de RBC oferece um benefício muito importante para a manutenção do conhecimento. Esse benefício é a capacidade que um usuário tem em adicionar novos casos, sem a intervenção direta de um especialista.
- (iii) **Eficiência na Solução do Problema** – A reutilização de soluções anteriores auxiliam na melhoria da eficiência da resolução de problemas, pois utilizando o raciocínio construído anteriormente evita-se a repetição de todo o esforço em um novo caso parecido. Além disso, é possível o armazenamento de soluções que falharam, assim como as que obtiveram sucesso, fazendo com que o sistema alerte sobre problemas em potencial.
- (iv) **Aumento da qualidade das soluções** – Quando os princípios de um domínio não são bem compreendidos, a utilização de regras irá funcionar de forma imperfeita. Nessa situação as soluções sugeridas através dos casos, são mais precisas do que as que utilizam cadeias de regras, porque refletem o que

realmente acontece (ou falham ao ocorrer) em um conjunto de circunstâncias.

(v) **Aceitação do usuário** – A chave do problema para o desenvolvimento com sucesso de sistemas de IA é a aceitação do usuário. Nenhum sistema é considerado útil se não tem a aceitação de seus resultados pelos usuários. Para confiar nessas conclusões do sistema, o usuário deve se convencer de que essas conclusões foram derivadas de um mecanismo confiável. Isso é um problema para outras abordagens como:

- Sistemas de Redes Neurais - não podem fornecer explicações claras de suas decisões;
- Sistemas Baseados em Regras – podem explicar suas decisões fazendo referências a suas regras, no qual o usuário pode aceitar ou compreender parcialmente.

Os resultados de sistemas que utilizam RBC são baseados em casos anteriores que podem ser apresentados ao usuário oferecendo suporte para suas decisões através das conclusões do sistema.

2.4 Classes de Sistemas de RBC

Os sistemas de RBC são normalmente divididos em duas classes (Kolodner,1993): interpretativos e solucionadores de problemas:

(i) **Sistemas Interpretativos** – Têm como objetivo avaliar ou classificar uma nova situação, comparando e confrontando com casos já classificados. Dessa forma vários casos podem ser comparados e confrontados para se chegar a uma compreensão da nova situação em relação ao que é já conhecido. Um usuário pode recuperar casos para ajudá-lo a avaliar e justificar suas tomadas de decisões ou interpretações. Sistemas de RBC interpretativos são úteis para avaliação, quando não existe um método computacional disponível para avaliar uma posição ou uma solução. As tarefas interpretativas suportam uma variedade de raciocínio como: classificação, avaliação de situação, resolução de problemas e avaliação de solução. O processo interpretativo recebe como entrada uma situação ou solução derivando como saída uma classificação da solução, um argumento que dê apoio à classificação ou solução e/ou justificações que apóiam o argumento ou a solução.

- (ii) **Sistemas Solucionadores de Problemas** – Têm como objetivo utilizar a solução de um caso anterior para construir a solução do novo problema. As diferenças e as similaridades entre o novo caso e o anterior são utilizadas para determinar como a solução do caso anterior pode ser adaptada para se adequar à nova situação. Sistemas de RBC solucionadores de problemas podem ser utilizadas para uma variedade de tarefas como planejamento, diagnóstico, explicação e projeto. Em cada uma dessas tarefas existe uma quantidade de experiências obtidas através dos casos, permitindo cada vez mais a eficiência do raciocinador à medida que soluciona os problemas. Um diagnóstico, por exemplo, é um tipo particular de problema de explicação, onde é dado ao solucionador de problema um conjunto de sintomas onde se pede ao sistema uma explicação desses sintomas. O CASEY (programa para diagnóstico de problemas no coração) faz seu novo diagnóstico fazendo a adaptação do diagnóstico anterior de um paciente para um novo caso.

2.5 Ciclo do RBC

As etapas presentes em um sistema que utiliza RBC, podem ser representadas através de quatro processos (Aamodt, 1994):

- (i) **Recuperação:** recupera-se o caso mais similar ou um conjunto de casos da biblioteca de casos;
- (ii) **Reutilização:** reutilizam-se as informações e o conhecimento que resolveram o problema anteriormente, associando-se sua solução ao contexto do problema atual;
- (iii) **Revisão:** revisa-se (caso seja necessário) e adapta-se a antiga solução para que seja utilizada na nova situação (problema);
- (iv) **Retenção:** é a etapa que se armazena todas as partes consideradas úteis do novo problema, na biblioteca de casos. Além disso, deve-se decidir de que forma armazenar e como indexar o caso para futuras recuperações.

A parte relacionada à representação e a indexação dos casos, não aparecem explicitamente no ciclo, pois são executadas ainda na construção do sistema, durante a criação da base de casos. A Figura 2.1 (Aamodt, 1994) representa as etapas do ciclo funcional de RBC.

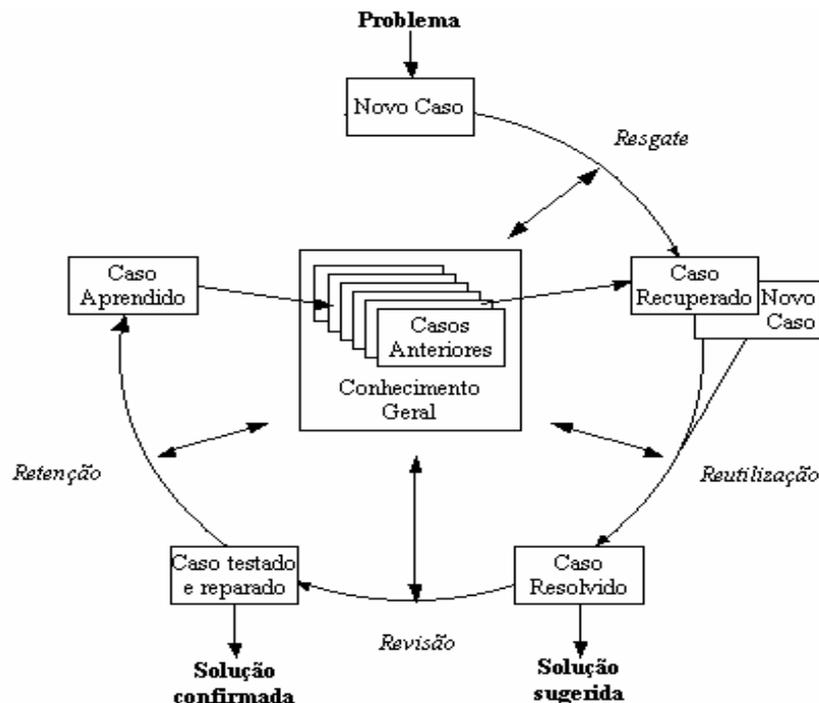


Figura 2.1 : Ciclo do RBC.

2.6 Construção de Sistemas Baseados em Casos

Os Sistemas Baseados em Conhecimento (SBC) têm sido efetivos, principalmente quando utilizados em domínios bem específicos. Sistemas Especialistas (SE) são sistemas que se baseiam em modelos de conhecimento sobre um domínio específico, e são direcionados para a resolução de problemas que ocorrem nesse domínio. O conhecimento pode ser representado, escolhendo-se um tipo mais conveniente para o tipo de domínio que se pretende trabalhar. Um SE possui uma máquina de inferência, capaz de tomar certas decisões, que “raciocina” sobre as informações de entrada do sistema e faz extração de informações previamente armazenadas no mesmo (Turban, 1998).

A construção de Sistema Especialista que aplica RBC segue um processo diferente dos sistemas especialistas tradicionais – como por exemplo, os sistemas de raciocínio Baseado em Regras (RBR). Uma dessas diferenças é a aquisição de conhecimento do sistema, pois não exige a reunião de todas as informações necessárias ao domínio do problema. O “conhecimento” é determinado pelos casos armazenados em sua base de casos (“base de conhecimento”). Os casos são armazenados conforme a sua importância. Isso quer dizer que sistemas de RBC podem ser utilizados em resolução de problemas, cujo conhecimento é incompleto ou com poucas evidências, porque quem utiliza o paradigma de RBC, processa experiências, ao contrário de realizar inferências baseadas no conhecimento (Kolodner,

1993).

De uma forma básica a construção de sistemas de RBC deve passar pelas seguintes etapas (Lorenzi,1998):

- (i) Seleção da base de informações, para o processo de aquisição de conhecimento do domínio da aplicação. Essas informações podem ser adquiridas através de documentos, banco de dados, fichas, etc. Caso não haja informações disponíveis será necessário consultar um especialista para que seja feita a tarefa de aquisição de conhecimento. Quanto mais correta e completa for a base de informações melhor será a confiabilidade do sistema que utiliza RBC.
- (ii) Definição dos principais atributos das informações, de forma a serem utilizados na solução do problema.
- (iii) Seleção dos índices para o acesso dos casos armazenados na biblioteca de casos. Essa etapa é conhecida como “problema de indexação”, onde deve ser procurada uma estrutura apropriada para a descrição das informações contidas nos casos.
- (iv) Definição dos métodos de recuperação de forma que verifique a similaridade entre o novo caso e o conjunto de casos na base. As medidas de similaridades podem ser escolhidas de acordo com a aplicação através do diálogo com o especialista.
- (v) Definir de que forma uma solução associada a um caso na base de casos deverá ser adaptada para solucionar o novo problema. A adaptação de casos envolve operações de inclusão, exclusão e substituição de componentes de uma solução recuperada. Isso é feito para que seja gerada uma nova solução que aplique o problema atual e pode se torna complexo e difícil de controlar (Leake, 2002). Em um domínio pouco complexo é possível construir uma base de casos que cubra todas as possibilidades de combinações de seus atributos. Dessa forma a adaptação pode ser simples ou não apresentar nenhuma estratégia de adaptação.
- (vi) Definir o processo de aprendizado sobre a solução. Caso a solução apresentada e adaptada para o novo problema tenha sucesso, o sistema deve ser capaz de avaliar se deve armazenar ou descartar essa solução. Caso ocorram falhas na solução, o sistema deverá explicar e aprender com elas, para que não ocorram futuramente.

2.6.1 Aquisição do Conhecimento

A aquisição de conhecimento é a acumulação, transferência e a transformação da perícia na solução do problema, através de fontes de conhecimentos como o especialista ou documentos, para um programa de computador. Potencialmente fontes de conhecimento incluem especialistas humanos, textos, documentos multimídia, bases de dados (pública ou privada), relatórios especiais de pesquisa, e informações disponíveis na Web. A máquina armazena as informações, de uma maneira organizada e particular. O computador necessita de informações explícitas e no nível detalhado, utilizado pelos humanos. O ser humano não lembra de todos os passos necessários, para a resolução de um problema, na hora de transferir ou processar o conhecimento.

A aquisição de conhecimento de um perito é uma tarefa complexa. Exige-se a presença de um **engenheiro do conhecimento**, para interagir tanto com o perito quanto com o especialista. O engenheiro do conhecimento ajuda a montar a estrutura da base de conhecimento (Turban, 1998).

Em sistemas especialistas a aquisição de conhecimento é baseada em métodos de aquisição de conhecimento. Esses métodos são classificados em três categorias: manual, semi-automático e automático.

Método manual são estruturas sobre tipos de entrevistas. O engenheiro do conhecimento extrai o conhecimento de especialistas e outras fontes, para codificar na base de conhecimento (Figura 2.2).



Figura 2.2: Método manual de aquisição de conhecimento

Método Semi-automático é dividido em duas categorias: aquelas que se propõem a dar suporte aos especialistas lhes permitindo construir bases de conhecimento com pouca ou nenhuma ajuda do engenheiro do conhecimento (figura 2.3) e aquelas que se propõem a ajudar o engenheiro do conhecimento, lhes permitindo executar tarefas necessárias, de uma maneira eficiente e efetiva.

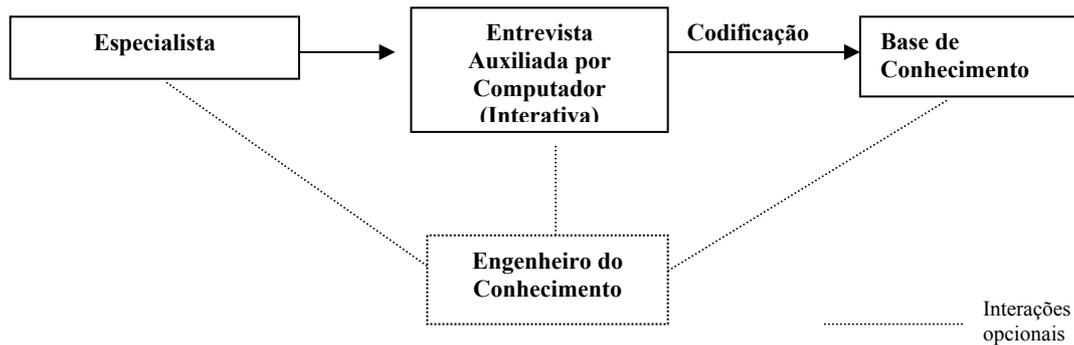


Figura 2.3: Aquisição de conhecimento dirigida pelo especialista.

Método Automático - o papel do especialista e do engenheiro do conhecimento é minimizado ou até mesmo eliminado. Por exemplo, o método de indução pode ser administrado pelo programador (Figura 2.4). O engenheiro do conhecimento não necessita do especialista. Mesmo sendo um método automático, pode ser necessário ou não, a presença de um engenheiro e um especialista (Turban, 1998).

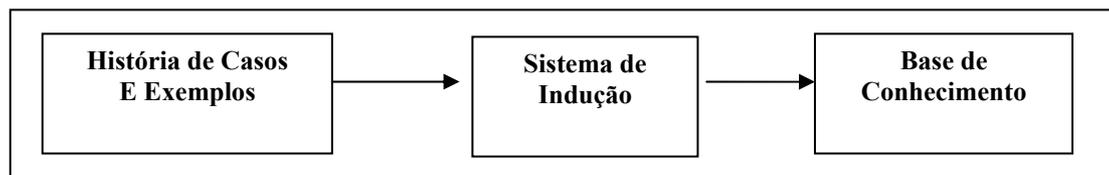


Figura 2.4: Aquisição de Conhecimento dirigida por Indução

A Aquisição de Conhecimento (AC) é desenvolvida em 6 etapas (Abel 1997 apud Lorenzi, 1998: 36).

- Identificação e estudo do problema: Delimitação do problema que se quer resolver e o conhecimento necessário para isso. Geralmente é o especialista quem define qual o problema deve ser resolvido pelo sistema;
- Entrevistas: são realizadas entrevistas com um perito ou um especialista para detalhar o conhecimento aplicado a solução do problema e de que forma pode ser utilizada;
- Análise do conhecimento: as informações obtidas são analisadas de forma a evidenciar sua consistência, verificando se são completas e suficientes para solucionar o problema;
- Proposta de representação do conhecimento: o conhecimento é estruturado em uma das formas computacionais.
- Implementação e teste do sistema: o sistema é implementado, usando uma ferramenta específica para o desenvolvimento de sistemas RBC ou não, e é

testado quanto ao seu funcionamento.

- Validação junto ao especialista e usuários: quanto ao conhecimento, o sistema é validado pelo especialista, e quanto à facilidade de uso e adequação à solução esperada pelos usuários.

Os casos que formarão a base de casos do sistema podem ser obtidos de diversas maneiras (Abel 1996 apud Lorenzi, 1998:39):

- Os casos não estão disponíveis de uma forma externa: embora os problemas do domínio sejam tipicamente descritos como eventos episódicos, suas descrições não estão disponíveis em nenhum tipo de registro. Apenas o especialista recorda dos casos. Dessa forma, a obtenção dos casos passa pelos mesmos processos e limitações da aquisição do conhecimento para a construção de modelos.
- Os casos estão semidisponíveis em uma fonte externa: a instituição possui o registro dos casos, porém esse registro é incompleto de tal forma que não permite seu uso imediato. Pode-se citar como exemplo, o especialista que tem a ficha dos seus pacientes, mas não registra toda a evolução da doença. Os casos podem ser utilizados como ponto inicial para construção do banco de conhecimento, porém necessitam ser complementados com informações obtidas através da engenharia do conhecimento.
- Os casos estão disponíveis e contém erros: os casos estão registrados de forma completa em uma fonte externa, porém contém informações conflitantes ou erros. São exemplos, os prontuários médicos que descrevem os mesmos sintomas com diferentes diagnósticos. As diferenças podem ter sido causadas pela omissão das informações que causaram as diferentes avaliações pelo especialista ou simplesmente por erros grosseiros. Ambas as situações vão exigir interações com o especialista para garantir a integridade das informações contidas na base.
- Os casos estão disponíveis e corretos: esta situação ocorre em domínios cuja solução pode ser descrita através de poucos casos. Ainda assim, a engenharia do conhecimento será utilizada para definir a melhor forma de representação dos casos, quais características serão utilizadas para indexação e como será realizada a adaptação das soluções recuperadas.

2.6.2 Representação do Conhecimento

Nesta etapa, o engenheiro do conhecimento já possui um conjunto de casos (registros médicos) e as informações obtidas através do especialista. Analisando este conjunto de informações ele deve encontrar a melhor forma de representá-las em um sistema. Uma questão importante na representação do conhecimento é a interação do sistema com os usuários. Representações que são acessíveis a um computador não são necessariamente acessíveis aos usuários. As partes do caso que o usuário necessita acessar tem que ser compreensivas (Kolodner, 1993).

Formalismos como redes semânticas, *scripts* e *frames* podem ser empregados para representar casos em sistemas de RBC e representar domínios em SE's. Regras representam o conhecimento procedural em SE's. Também são empregadas para representar conhecimento de adaptação em sistemas de RBC. Alguns formalismos são descritos a seguir (Lee, 1998):

- **MOPs** - Pacotes de organização de memória (*MOPs-Memory Organization Packets*) são um conceito de representação de conhecimento desenvolvido por Schank (1999) para representar eventos estereotípicos. Os MOPs representam eventos através de *cenar* que incluem situações e são representadas através de informação normativa e descritiva. *Cenar* são expectativas associadas às situações de uma experiência.
- **Redes Semânticas** - são grafos direcionados ligados por nós para representar objetos e conexões que representam a relação entre objetos. Redes semânticas são usadas para representar elementos de uma representação tal como uma classe, suas instâncias e suas características. Os arcos são direcionados e representam relações e atributos.
- **Frames** - é uma estrutura de dados que representa uma entidade através de suas características e potencialidades. De modo geral, as características são representadas através de pares atributos-valor e as potencialidades são representadas por métodos.
- **Conceitos, Objetos e Fatos** - Um objeto é uma entidade básica que pode ser instanciada. Um conceito conta algo sobre o objeto. Um conceito pode ser representado por uma abstração de um objeto quando vários objetos podem ser agrupados sob o mesmo conceito; ou um conceito pode ser um atributo, quando conta algo exclusivamente sobre esse objeto ou se para fins de organização da análise como um todo não vale a pena representá-lo como uma abstração. Esta decisão repousa na análise global do conhecimento e enfoca especialmente o uso da

representação. Quando um objeto é associado a um atributo valorado, isto é um fato. Um fato pode assumir valores verdadeiro ou falso.

- **Regras** - são seqüências lógicas compostas por antecedentes (premissas) e conseqüentes (conclusões). Ambos antecedente e conclusão são fatos. O antecedente tenta verificar se o fato é verdadeiro ou falso; quando o fato que compõe o antecedente é verdadeiro, a conclusão é disparada. O antecedente pode ser composto de vários fatos conectados através de operadores do tipo E, OU, e NÃO.
- **Representação em Árvore** - a árvore é um grafo direcionado que contém **nós** que representam regras e conexões que indicam as relações entre antecedentes e conseqüente.
- **Grafos Conceituais** – os grafos são variedades de redes semânticas de onde estas herdam o poder de representar significado. Um grafo conceitual é um formalismo que inclui as características necessárias para modelar a semântica da linguagem natural.
- **Representações em Formulário** - é composta por um conjunto de campos valorados. Este formato lembra registros de bancos de dados. Este formalismo é usado nos sistemas de RBC para representar casos em estruturas organizacionais planas.

2.6.3 Representação de Casos

A representação de casos é o primeiro tópico a ser abordado no RBC. Um sistema que utiliza RBC só terá sucesso se o conjunto de casos for bem estruturado (bem representado).

Um caso é um pedaço contextualizado de conhecimento, onde são feitas associações entre soluções e problemas, resultados com situações. Todos os casos de um domínio apresentam diferenças em tamanho e forma, mas todos têm em comum o fato de documentar uma experiência real. Um caso documentado deve oferecer lições úteis, além do contexto em que essas lições são úteis, para que possam alertar possíveis sucessos ou falhas, caso a mesma situação venha a ocorrer novamente (Kolodner,1993).

Na representação de um caso consideram-se três questões importantes (Maher, 1995):

- O conteúdo dos casos – onde são consideradas questões sobre a aquisição dos casos e análise sobre o domínio;
- O paradigma de representação para a organização da memória de casos – onde

pode ser consideradas questões de *eficiência e flexibilidade*.

- A apresentação do caso para o usuário – onde são feitas as considerações sobre a interface;

O caso deve representar conhecimento sobre o conteúdo e o contexto da experiência. A relevância de alguns aspectos varia em conformidade com o tipo de tarefa pretendida. Em sistemas de solução de problema, os casos devem englobar problemas, soluções e resultados da utilização das soluções (Kolodner, 1993). A representação dos casos faz referência ao formalismo a ser adotado no programa.

2.6.3.1 Aspectos Importantes da Representação

Um importante aspecto da representação do conhecimento é a naturalidade da representação do domínio que se tem em mãos. Embora muitos pesquisadores estejam preocupados com os recentes avanços na área, é importante que um desenvolvedor de Sistemas Especialistas tenha em mente que: se a representação do conhecimento não é compreendida por você ou pelo usuário, então ela pode estar errada.

Uma variedade de esquemas de representação de conhecimento vem sendo desenvolvida ao longo dos anos. Essas representações compartilham duas características em comum. Primeira, cada representação pode ser programada com uma linguagem de computador existente, e armazenada em memória. Segunda, cada representação é projetada, de forma que fatos e outros conteúdos de conhecimento, possam ser usados no raciocínio. Isto é, a base de conhecimento contém uma estrutura de dados que pode ser manipulada por um sistema de inferência, que utiliza busca e técnicas de reconhecimento de padrões sobre a base de conhecimento, para responder questões e tirar conclusões (Turban, 1998).

A seleção de uma representação deve incluir as seguintes considerações (Maher, 1995):

- (i) A base de casos é listada pelas pessoas, exigindo-se uma representação legível?
- (ii) A base de casos fornece os dados necessários para que o profissional faça as devidas adaptações para os novos casos?

Existem diversos paradigmas para a representação dos casos, que são utilizados na inteligência artificial, assim como se escolhe estruturas de dados na programação de computadores. A escolha adequada depende da consideração de tópicos pertinentes à aquisição do conhecimento e do processo de recuperação dos casos. Na utilização da

representação tipo formulário, os casos são representados por um conjunto de campos chamados *descritores*. Descritores são pares de atributo-valor que caracterizam a informação contida em um caso.

2.6.3.2 O Conteúdo dos Casos

O conteúdo da memória de casos determina o que pode ser feito com o sistema de RBC. Os símbolos ou características de um caso fornecem a base para a indexação, recuperação e adaptação de um novo caso em um novo contexto (Maher,1995). Quando se determina o conteúdo dos casos, questões relacionadas com a aquisição dos casos se tornam importantes. Se a aquisição for manual (entrevistas, busca de documentos, etc) significa que o conteúdo dos casos ainda não foi determinado e necessita ser definido através de tarefas de análises sobre o domínio para a construção do sistema baseado em casos. Se a aquisição for automática (através de ferramentas computacionais, banco de dados) significa que o conteúdo dos casos já foi determinado por uma ferramenta computacional e que está sendo utilizado pelos usuários, como apenas um sistema comum de consultas e armazenamento de dados (Maher, 1995).

Na representação do conteúdo de um caso, são considerados três componentes (Kolodner, 1993): descrição do problema ou situação, solução e resultados (Figura 2.5)

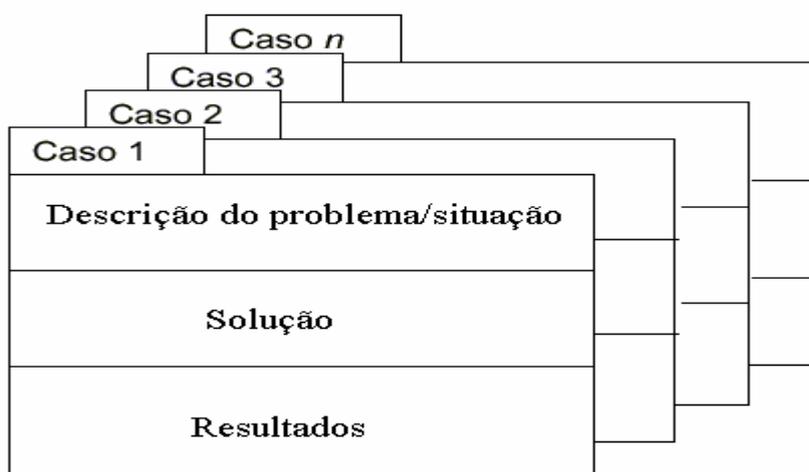


Figura 2.5 : Componentes considerados na representação de casos

Dentre esses três componentes apresentados, não há necessidade de se utilizar o terceiro (resultados), quando o domínio é bem compreendido. Entretanto, se o domínio é complexo, pouco compreendido ou quando o conhecimento é incompleto – o que geralmente ocorre no diagnóstico médico – é necessário, dessa forma, utilizar o terceiro componente (resultados)

para que seja possível verificar a precisão da solução do problema no domínio escolhido (Kolodner, 1993).

Os dois primeiros componentes podem ser utilizados em sistemas de raciocínio cujo domínio seja bem conhecido. Isto é, podem ser utilizados em domínios bem conhecidos cujas soluções são precisas. Em domínios com pouco conhecimento, os casos que contém apenas a descrição do problema/situação e a solução, podem conduzir a uma série de resultados imprecisos. O sistema CASEY (Kolodner, 1993) se baseia no diagnóstico de doenças cardíacas, onde é apresentada uma entrada ao sistema, cujo conteúdo é a descrição do novo problema/situação. Dessa forma o sistema se encarrega de encontrar o caso – o mais parecido quanto for possível da descrição de entrada – para recuperar sua solução. Entretanto o sistema CASEY funciona apenas com a descrição do problema/situação e a solução. Isso ocorre devido ao fato de ser um sistema que possui raciocínio resumido. Ou seja, o sistema avalia apenas as conexões que existem entre os estados de sintomas e doenças que foram armazenadas previamente na base de casos. Dessa forma, boas soluções são apresentadas devido ao fato de serem armazenadas previamente, correspondendo de forma correta a cada problema, também armazenado previamente. Entretanto, isso não poderia ocorrer se o sistema CASEY tivesse uma base contendo poucos casos. À medida que os casos fossem sendo armazenados, seria necessário avaliar a descrição do problema/situação e sua relação com a solução. Isso se faz necessário, para que o caso armazenado não apresente erros, que possam ser repetidos quando o caso fosse recuperado posteriormente. É por essa razão que foi proposto o terceiro componente (resultados), para que se possa avaliar a ligação entre problema e solução.

a) Descrição do Problema/Situação

É a descrição do problema que precisa ser resolvido ou a descrição da situação que precisa ser compreendida. A representação de um problema deve ter detalhes suficientes de modo que permita o julgamento da aplicabilidade da solução em um novo problema/situação. A representação do problema pode incluir: metas a serem alcançadas na solução do problema, restrições impostas sobre as metas e características do problema/situação (Kolodner, 1993):

- (i) As **metas a serem alcançadas na solução do problema** descrevem os objetivos de quem deseja resolver o problema apresentado, podendo ser abstratas ou concretas, gerais ou restritas.
- (ii) As **restrições impostas sobre as metas** favorecem uma variedade de planejamentos que podem ser executados a cada vez que o caso for recuperado.

Dessa forma as metas podem ter diversas restrições a serem escolhidas por quem deseja resolver o problema.

(iii) As **características do problema/situação** são informações extras que são importantes para a realização das metas sobre o problema/situação. As informações que influenciam na solução devem ser inseridas. Kolodner (1993) sugere duas diretivas para decidir a importância de incluir determinada descrição:

- Inclusão na descrição do problema de todas as informações responsáveis pela realização da meta que o caso possui;
- Inclusão na descrição do problema de todos os tipos de informações descritivas que são utilizadas para descrever o tipo de caso em que se está trabalhando.

Essas duas diretivas são particularmente importantes para domínios com pouco conhecimento teórico.

b) Descrição da Solução

A solução apresentada para um determinado problema contém conceitos ou objetos que realizam o conjunto de metas, especificadas na descrição do problema/situação. Não se pode esquecer que a solução considera todas as restrições e outras características contextuais, que também são especificadas na descrição do problema/situação (Kolodner,1993).

Com a solução armazenada no seu devido lugar, uma pessoa que recupera um caso pode utilizar sua solução para derivar uma nova solução. Não se pode esquecer que existem componentes que auxiliam na adaptação e crítica da solução (Kolodner,1993):

- A própria solução;
- O conjunto de passos de raciocínio para a resolução do problema;
- Justificativas em relação à escolha da solução;
- Soluções alternativas: soluções aceitáveis não escolhidas e soluções inaceitáveis deixadas de fora (acompanhadas de raciocínio e de suas justificativas);
- Expectativas resultantes do uso de determinada solução.

c) Descrição do resultado

O resultado de um caso especifica quais são as expectativas sobre o resultado da solução ou

sobre o desempenho da solução aplicada a um caso, incluindo o “feedback” do mundo real e as interpretações desse “feedback”. O resultado apresenta as características do mundo real após a aplicação da solução, mostrando conseqüências, como sucesso ou falha. A violação das expectativas ou a falha da solução aplicada, mostra que falta conhecimento. Nessa situação, explicações para o problema e o que foi feito para repará-lo, devem ser incluídas (Kolodner,1993).

Na descrição do resultado consideram-se as seguintes partes (Kolodner,1993):

- O próprio resultado;
- Se o resultado cumpriu ou violou as expectativas;
- Se o resultado foi um sucesso ou falha;
- Explicação das expectativas (com sucesso ou falha);
- Estratégia de reparo;
- O que deveria ser feito para evitar o problema;
- Indicação para a aplicação da solução ,devidamente reparada, novamente.

2.6.4 Indexação de Casos

Sistemas de Raciocínio Baseado em Casos apresentam uma coleção de casos que representam o espaço de busca de um novo problema (um novo caso). Quando se deseja encontrar casos relevantes - em relação a um novo caso que acaba de ocorrer - é indispensável que os casos armazenados na biblioteca, sejam recuperados de forma apropriada no momento certo e de forma correta. Cada caso pode conter diversos índices, que são escolhidos de acordo com as características do novo caso que surge em um dado momento.

A questão de indexação de casos faz referência a algumas perguntas do tipo: como é que as pessoas se lembram das coisas corretas na hora certa? Pode-se fazer com que os computadores façam a mesma coisa? Todas essas questões se resumem em um problema que se chama “problema de Indexação”. O problema de indexação consiste na certeza de que um caso vai ser acessado no momento certo. Esse problema possui várias partes. A primeira consiste em fazer uma atribuição de rótulos ao caso no momento que é dada entrada na base de casos, para assegurar que o caso seja recuperado oportunamente. Esses rótulos geralmente definem os problemas ou as circunstâncias que uma lição foi aprendida para ser ensinada. No processo de indexação de casos é importante definir bons índices, pois será a garantia de uma recuperação eficiente de casos. A segunda parte se refere ao problema da organização dos

casos para que a busca feita sobre a biblioteca de casos seja feita de forma eficiente e acurada (Kolodner 1993). O tamanho da coleção de casos é importante para a localização de um caso relevante. Se a coleção de casos é pequena, não se dá tanta importância ao processo de busca. Já quando a coleção de casos se torna grande, deve-se considerar a quantidade de tempo necessário para que seja feita a discriminação entre os diversos casos apresentados. É por isso que os casos necessitam de *rótulos* que fazem a discriminação de diferentes situações e utilidades recebendo a denominação de *índices* (Maher, 1995).

Kolodner (1993) relata sua experiência com índices quando resolveu procurar uma receita de uma versão espanhola de chocolate quente. No índice do livro de receitas ela procurou no capítulo “cozinha espanhola” e não encontrou. Procurou no capítulo “chocolate”, onde também não encontrou. Procurou então em “especialidades espanholas” e novamente não encontrou. Procurou pelo capítulo de “bebidas” e também não encontrou. Finalmente procurou no índice alguma coisa relacionada a “chocolate quente” e encontrou. Indo para a página de receitas descobriu “chocolate quente casteliano” e observou que estava no capítulo de sobremesas. Kolodner resolveu verificar se poderia ter encontrado no índice a receita, se lembrasse do seu nome correto. Dessa forma fez a verificação nos índices e concluiu que mesmo assim não iria encontrar o que procurava, a não ser se listasse como uma sobremesa de chocolate (sobremesa, chocolate).

Essa experiência mostra que o índice poderia listar “chocolate quente” como uma bebida ou um prato espanhol e não apenas uma sobremesa. Deixa claro que o índice não antecipou que alguém poderia procurar por uma forma espanhola de fazer chocolate quente.

2.6.4.1 O Processo de Indexação

Existem diversas questões sobre a indexação de casos que devem ser discutidas como (Kolodner 1993):

- A indexação tem que conter conceitos que são normalmente utilizados para descrever os itens que estão sendo indexados, mesmo sendo características superficiais ou abstratas – para que se ache algo é preciso que esteja descrito corretamente;
- A indexação tem que antecipar o vocabulário de alguém que vai utilizá-lo – uma pessoa pode não achar algo, mesmo que esteja descrito corretamente, se o caminho está incorreto;

- A indexação tem que antecipar as circunstâncias na qual alguém provavelmente está querendo recuperar alguma coisa – alguém, por exemplo, que queira chocolate pode pensar em uma bebida, uma sobremesa ou uma bebida espanhola.

As experiências adquiridas na construção de sistemas de RBC fizeram com que a comunidade científica elaborasse um roteiro para a escolha de índices para casos particulares (Kolodner, 1993):

- Os índices devem ser preditivos – um caso é a descrição de um problema, a tentativa de uma solução e o resultado da solução posta em prática. Se os aspectos do caso são responsáveis pelo seu resultado então eles predizem o resultado. Características preditivas são combinações de descritores de um caso que foram responsáveis pela solução do caso, fornecendo quais dessas combinações influenciaram no resultado. Por exemplo, um caso de uma refeição que teve um fracasso porque o prato principal era feito à base de carne e os convidados eram vegetarianos. A combinação dos descritores "convidados vegetarianos" e "carne é um ingrediente do prato principal" formam uma característica preditiva (prevêem um fracasso).
- Predições que podem ser feitas, devem ser úteis – as predições podem descrever os propósitos em que o caso será utilizado;
- Índices devem ser abstratos o suficiente para permitirem que um caso seja útil em uma variedade de situações futuras. Isso significa que os descritores de um índice devem ser mais abstratos do que os descritores particulares de um caso. Por exemplo, se fosse preparado um prato com carne e brócolis que provocasse um certo resultado, que poderia ser atingido por qualquer outro tipo de carne e hortaliça, implicaria o uso de descritores “prato inclui carne” e “prato inclui hortaliças”, que seriam os descritores mais apropriados e mais abstratos para a recuperação do caso.
- Índices devem ser concretos o suficiente para que não ofereçam dificuldades no reconhecimento de situações futuras. Se o índice for muito abstrato há o risco de ocorrer muitas inferências sobre seus descritores. Ser concreto o suficiente significa que devem ser reconhecíveis com pouca inferência.

A seleção dos índices pode ser feita de forma automática e manual. Existem alguns métodos automáticos simples. No entanto requerem uma grande quantidade de índices, além de que os procedimentos utilizados são deficientes. Para se obter um melhor desempenho do sistema é

indicado se escolher índices manualmente.

Para Kolodner (1993) existem algumas técnicas que podem ser escolhidas para a indexação que são:

- **Análise Matemática** - todos os elementos do domínio e suas dimensões são analisados numericamente para identificar quais as características que influenciam ou determinam as conclusões.
- **Índices baseados nas diferenças entre os casos** - o sistema analisa casos similares e os indexa especificamente nas características que os diferenciam.
- **Técnicas baseadas em explicação** - os casos são analisados individualmente para determinar as características do problema que são utilizadas para construir a solução. As características que influenciaram na solução são utilizadas como índices.

2.6.4.2 Vocabulário de Indexação

O vocabulário a ser utilizado na escolha do índice e na própria indexação é de grande importância. Alguns tipos de vocabulários são específicos a determinados tipos de domínios. Entretanto, existem alguns itens de vocabulário que atravessam esses domínios. Para que os sistemas de RBC possam fazer a mesma coisa que as pessoas fazem quando querem lembrar de algo ou quando organizam o conteúdo de sua memória para algum tipo de analogia, deve-se incluir o mesmo conteúdo nos índices dos casos. Isto é, conteúdos da memória são itens do vocabulário que descrevem relações abstratas através dos domínios. O *vocabulário de indexação* é um subconjunto do vocabulário utilizado para a representação simbólica completa dos casos. Características são utilizadas como rótulos que são atribuídos aos casos como descritores. Essas características descrevem o *vocabulário de indexação*.

Qualquer vocabulário escolhido para a representação de casos deve ter duas partes: o conjunto das dimensões cobertas pelo vocabulário e o conjunto de símbolos representando os valores que incluem a descrição de cada dimensão. Pode ser pensado como sendo *slots* e *fillers* de uma representação de *frames* ou predicados e argumentos numa representação de cálculo de predicado de primeira ordem. Muitas discussões surgiram para saber qual a forma de descrever a situação em que um caso se apresenta, sua solução e seus resultados. Existem duas abordagens que podem ser examinadas para determinar isso (Kolodner, 1993):

- (i) **Abordagem de recordação:** examina-se os tipos de recordações que são naturais entre os especialistas que executam determinadas tarefas, observando-se

similaridades importantes entre novas situações e situações anteriores estabelecendo quais os descritores são importantes além de observar quais as circunstâncias.

- (ii) **Abordagem funcional:** examinar o conjunto de casos disponíveis para determinar as tarefas que são suportadas e de que forma cada caso pode ser útil;

A abordagem de recordação é intuitiva porque é a abordagem naturalmente empregada por especialistas humanos e engenheiros de conhecimento quando solicitados a selecionarem um índice: é a busca pelos aspectos que são levantados pelos especialistas do domínio quando resolvem problemas.

A abordagem funcional prevê três méritos com relação aos casos: (1) quais dimensões podem incorporar as tarefas pretendidas pelo sistema; (2) quais casos informam os valores para as dimensões; e (3) qual o nível de abstração que deve ser considerado (quando no desenvolvimento se prevê possíveis expansões).

Além disso, é necessário estabelecer alguns critérios para a escolha do vocabulário de indexação para auxiliar a estruturar sua definição. Kolodner (1993) apresenta três aspectos para um bom vocabulário de indexação:

- (i) O vocabulário de indexação deve ser *geral* o suficiente para cobrir a faixa de tarefas dos casos e *específica* o suficiente para fazer as distinções que são necessárias para cada tarefa;
- (ii) O vocabulário de indexação deve cobrir toda a extensão de casos que serão utilizados mesmo que entre em outros domínios, deixando de ser um vocabulário específico para ser mais geral;
- (iii) O vocabulário de indexação deve antecipar o grau e as direções nas quais o sistema irá se expandir no futuro;

2.6.5 Recuperação de Casos

A recuperação de casos pode ser vista como um problema de busca na biblioteca de casos. Os casos são recuperados através de **algoritmos de recuperação** e de **funções de casamento de casos** que usam medidas de similaridade e ordenam os casos de acordo com essa medida. Além disso, existe uma peça fundamental na recuperação que se chama “avaliação da situação”.

2.6.5.1 Estruturas Organizacionais dos Casos

A memória de casos ou base de casos é o conjunto de casos armazenados de acordo com o domínio escolhido, representando a base de conhecimento de um sistema de RBC (Kolodner,1993). Quando se identifica o paradigma de representação para a organização da memória de casos, questões como **eficiência** e **flexibilidade** se tornam muito importantes. A eficiência na representação leva a um bom desempenho do sistema, quando os casos se tornam extensos. Isso implica que os casos podem ser recuperados em uma pequena quantidade de tempo, permitindo assim a interatividade do sistema. A flexibilidade no armazenamento e recuperação significa que um caso pode ser recuperado por diferentes características (Maher ,1995).

A forma como os dados serão organizados é escolhida de acordo com o paradigma de representação, com a quantidade de casos envolvidos ou previstos e com as estratégias de recuperação e armazenamento dos casos. Uma boa organização da memória de casos deve favorecer a eficiência e a precisão na recuperação dos casos. A recuperação de casos importantes é efetuada por algoritmos que fazem a busca sobre a estrutura organizacional. Os casos podem ser organizados de diferentes formas como: uma estrutura hierárquica, uma estrutura linear, redes semânticas, árvores de decisão ou banco de dados relacional. Uma estrutura linear é bem simples, mas apresenta problemas quando a quantidade de casos aumenta, uma vez que é feita uma comparação seqüencial do início ao fim dos casos. As outras estruturas dependem da complexidade exigida pelos casos. A utilização da estrutura hierárquica, por exemplo, se faz quando a complexidade exige que os dados sejam assim representados para facilitar a busca dos mesmos. Uma memória de casos ou uma biblioteca de casos pode ser vista como sendo um tipo especial de banco de dados. Dessa forma, é possível armazenar uma grande quantidade de registros e os algoritmos de recuperação devem ser capazes de localizar esses registros de forma eficiente. A busca de casos em um banco de dados se torna um problema, à medida que a base de casos cresce, dificultando a comparação dos casos na base de casos. Vale lembrar que uma busca em um banco de dados é feita através de comparações exatas de registros. Na busca de casos, a comparação deverá ser parcial, tendo-se em vista que é muito difícil ocorrer um problema idêntico ao ocorrido anteriormente (Kolodner, 1993). Sistemas de banco de dados são projetados para comparações exatas entre as informações de consulta e as armazenadas no banco de dados, enquanto que o objetivo de

RBC é recuperar o caso “mais semelhante” ou o conjunto de casos mais semelhantes (Leake, 1996).

Cada caso pode ser representado como um registro de uma tabela de um banco de dados relacional. A utilização de RDBMS oferece várias vantagens como: segurança, independência de dados, padronização de dados e integridade de dados. Essas características são oferecidas pela funcionalidade básica de RDBMS.

Além disso, existem duas motivações para o uso de RDBMS conforme Kitano (1996:235):

- (i) O uso de um RDBMS (ou um mecanismo com funcionalidade idêntica) preenche os requisitos básicos das grandes organizações, como controle de segurança e administração de integridade
- (ii) Muitos tipos de banco de dados em diversos domínios (na forma de RDBMSs comerciais) estão disponíveis em muitas corporações de sistemas de informações.

2.6.5.2 Casamento e Ordenação (Ranking) dos Casos

De acordo com Kolodner (1993) a habilidade de fazer a diferença entre as comparações parciais dos casos e verificar qual o caso mais útil dentre outros é considerada a chave do sucesso de sistemas de RBC. A escolha do melhor caso ou o mais útil é um processo de comparação parcial. Serão mostradas a seguir as características do processo de ordenação e casamento dos casos.

a) Definições Básicas

É importante definir o significado de algumas palavras importantes que são utilizadas na descrição do funcionamento de sistemas que utilizam RBC, principalmente no que se refere ao processo de recuperação de casos. As principais palavras são definidas abaixo de acordo com Kolodner (1993):

- O **casamento** é o processo de comparar dois casos com cada um e determinar o seu grau de similaridade.
- A **ordenação** é o processo de ordenar casos parcialmente casados de acordo com sua similaridade e utilidade. No processo de casamento de casos pode-se produzir uma pontuação que determinará o grau de casamento ou pode-se apenas produzir um sim descrever que o casamento casa suficientemente ou não.

- Um **descriptor** de um caso é um par atributo-valor que é utilizado na descrição de um caso. Podem descrever aspectos do problema ou descrição da situação, a solução ou o resultado. Também podem referenciar características superficiais, abstratas, estruturais ou relações entre características.
- A **Dimensão** se refere à parte do atributo de um descriptor. Quando se comparam casos sobre uma dimensão, se extrai descritores correspondentes aos dois casos e comparam-se seus valores. Por exemplo, uma dimensão chamada *idade*.
- Uma **característica** é compreendida como um descriptor, ou seja, um par atributo-valor.
- Um **casamento dimensional** ocorre quando se faz o casamento de uma dimensão de um caso com a dimensão de outro. Por exemplo, quando se compara idade=64 de um caso com idade=74 de outro.
- Um **casamento agregado** ocorre quando um caso inteiro é casado com um outro, ou seja, todas as dimensões que fazem parte da agregação são computadas.

b) Correspondências de Características

O casamento entre casos é feito através de suas características. Para que isso possa ser feito, é necessário que essas características possuam o mesmo *papel funcional*. As equivalências de funcionalidade podem ser determinadas através de algumas formas como (Kolodner,1993):

- Notificação de que dois valores idênticos preenchem a mesma dimensão;
- Heurísticas de bom-senso tais como: número de características presentes nos casos, descrição geral ou específicas ou diferentes ponto de vista do caso;
- Notificação de que dois valores diferentes executam o mesmo papel estrutural nas duas representações;
- Utilização de regras de evidências baseadas em modelos causais.

Vale esclarecer que os modelos causais (tais como os utilizados pelo CASEY) são importantes em domínios onde o papel funcional não é diferenciado na representação e onde cada uma das características apresenta vários papéis funcionais distintos.

c) Métodos para Computar a Medida de similaridade para Características

Correspondentes

De posse das características correspondentes entre os casos, parte-se para cálculo da medida de similaridade dessas correspondências.

Os seguintes métodos para correspondências são propostos por Kolodner (1993):

- **Comparação Baseada na Hierarquia de Abstração** - O grau de similaridade é medido em termos da *abstração comum mais específica* (ACME) de dois valores. Quanto mais específico for a ACME melhor é o casamento. Supondo por exemplo que em uma simples hierarquia temos que “canário” e “bem-te-vi” são “aves” e que “canário” e “cachorro” são “animais”. A ACME de “canário” e “bem-te-vi” é mais específica do que a ACME “canário” e “cachorro”. Pode-se fazer uma pontuação de 0 (zero) a 1(um) sendo o valor 0 menos específico e 1 mais específico. Alguns problemas podem ocorrer quando os itens em uma hierarquia são abstraídos de várias formas diferentes.
- **Comparação Baseada na Distância Qualitativa** - é a forma de medir a distância entre dois valores sobre uma escala qualitativa. Isso quer dizer que se dois valores são diferentes, mas estão na mesma região qualitativa, eles são considerados idênticos. Caso isso não ocorra, a pontuação do casamento é calculada sobre a distância entre as suas regiões qualitativas. Quanto maior for o número de regiões que separam as outras duas, menor é a pontuação. Por exemplo, uma escala de altura de pessoas que apresenta a seguinte escala: muito-alto > 1,90 m; alto (1,90m -1,70m); médio (1,70m -1,58m); baixo (1,58m-1,40m) e muito-baixo < 1,40. Se duas pessoas têm alturas de 1,78 m e 1,87m então elas possuem valores qualitativamente iguais. Já se duas pessoas apresentarem alturas de 1,97m e 1,39m elas fazem um casamento muito fraco, pois estão separadas por três regiões (alto, médio e baixo).
- **Comparação Baseada na Distância Quantitativa** - valores numéricos são comparados numericamente. Quanto maior for a distância (normalizada) entre dois valores, menor é a pontuação do grau de casamento.

d) Atribuindo Importância a Cada Dimensão do Caso

O cálculo do grau de similaridade pode ser tão bom quanto a importância que se dá a cada característica presente no caso. Isso significa que é muito útil atribuir valores (pesos) de importância a cada dimensão do caso. O valor de importância pode ser atribuído de forma estática ou computado dinamicamente, levando-se em conta os aspectos do contexto pelo qual se espera o casamento. Como descrito anteriormente uma dimensão representa um atributo que poderá conter pesos (valores) que são utilizados para o cálculo, que podem ser associados a valores qualitativos do tipo: “muito importante”, “mais importante”, “importante” e

“ignorado”.

Uma outra forma de atribuir valores de importância é através de avaliação estatística sobre um grupo de casos, para determinar quais dimensões predizem diferentes resultados ou boas soluções. Dessa forma, para as dimensões que fazem uma boa predição são atribuídos pesos altos para o casamento (Kolodner,1993).

e) Tipos de Métodos para Casamento e Ordenação de Casos

Fazendo-se uma análise do que está sendo descrito sobre o casamento e ordenação dos casos, percebe-se que esse processo necessita das seguintes etapas: encontrar correspondências entre os casos, computar a medida de similaridade entre os valores correspondentes; computar ou atribuir o valor (peso) de importância das dimensões.

Os tipos de métodos que consideram essas três etapas são os seguintes (Kolodner,1993):

- **Numéricos** – são métodos que utilizam uma função numérica para o casamento dos casos. Essa função numérica utiliza o grau de casamento das características correspondentes entre os casos e a importância atribuída para cada dimensão, para computar uma pontuação de casamento, chamada de *pontuação de casamento agregado*. Os procedimentos que ordenam casos de acordo com a pontuação são chamados de *casamento do vizinho mais próximo (nearest-neighbor matching)*. Dessa forma o caso com a pontuação mais alta é utilizado antes de qualquer outro que tenha uma pontuação mais baixa.
- **Heurísticos** – existem dois tipos de procedimentos: *procedimentos de evidência* e procedimento que aplicam *heurísticas de preferência*. Os procedimentos de evidência são baseados em modelo causal (como o CASEY), sendo que não há ordenação de casos. Sendo assim o primeiro caso que casar (conforme o modelo causal disponível) adequadamente é retornado. Nos procedimentos que aplicam heurísticas de preferência, os casos mais úteis são selecionados de acordo com um conjunto de critérios de preferência.
- **Mistos** – são procedimentos que combinam as abordagens heurísticas e numéricas. Existem dois tipos: *critério de exclusão* e *critério de importância*. No critério de exclusão o procedimento seleciona um conjunto de possíveis casos, considerados inúteis, para serem descartados. Depois disso aplica-se procedimentos numéricos no restante dos casos para fazer a ordenação. No

critério de importância o procedimento escolhe heurísticamente um critério de importância. Logo em seguida entram em ação os procedimentos numéricos de avaliação que utilizam esse critério para fazer o casamento e ordenação.

2.6.6 Adaptação de Casos

Quando se faz a recuperação de um caso, busca-se pelo caso mais semelhante existente em memória. Entretanto apenas algumas particularidades do caso são parecidas, não fazendo dessa forma, um casamento exato com o novo problema. Para que haja uma redução dessas diferenças, entra em ação o mecanismo de adaptação de casos que leva em conta as diferenças do caso de entrada com o caso recuperado. A adaptação pode ser vista de várias formas como: a inclusão de alguma coisa nova em uma velha solução; exclusão de alguma coisa da velha solução; substituição do valor de algum item; ou transformação de alguma parte da velha solução (Kolodner, 1993).

2.6.7 Considerações Sobre a Adaptação de Casos no Contexto do Trabalho

O trabalho proposto descarta a implementação de técnicas de adaptação de casos e por consequência o aprendizado por parte do sistema, pois o objetivo do sistema proposto é o de ajudar o especialista a tomar decisões baseadas em casos recuperados. Quando o sistema não utiliza adaptação, ou seja, a solução do caso recuperado é aplicada diretamente ao novo problema a adaptação é considerada nula. Esta técnica é válida para problemas que envolvem um raciocínio complexo mas com uma solução simples. Apesar disso assume-se que qualquer adaptação da antiga solução será feita pelo especialista de forma manual.

2.7 Avaliação de Sistemas

Uma revisão na literatura revela que tanto a avaliação quanto a validação de sistemas não apresenta um conceito universal único e a pesquisa nesta área está envolvendo áreas multidisciplinares, entre elas, a engenharia de software, qualidade de software, estatística e avaliação empírica. Nessa seção será feita uma abordagem sobre o processo de avaliação de Sistemas Especialistas (SE) e sobre sistemas que utilizam RBC, através do uso de uma metodologia de avaliação específica.

2.7.1 Avaliação de Sistemas Especialistas

Observa-se que, os termos verificação e validação são constantemente confundidos. Segundo O'KEEFE apud CARVALHO (2001) a verificação consiste em garantir que o sistema

implementa corretamente o seu domínio e a validação consiste em comprovar se o sistema desempenha com um nível aceitável de exatidão, ou seja, pode-se compreender que o processo de avaliação integra as atividades de aquisição e análise das informações que farão parte das Bases de Conhecimento (BC's) enquanto que na validação podem ser utilizadas medidas estatísticas para comprovar se as informações contidas na BC's estão corretas ou não.

No trabalho realizado por Pellegrini apud Carvalho (2001), foram descritas diversas propostas utilizadas na validação de SE: (1) a proposta de Gasching sugere nove etapas que um SE deveria passar para ser avaliado, desde a definição dos objetivos, implementação do protótipo até a liberação definitiva do sistema; (2) a proposta de Lundsgaarde separa o sistema em três níveis: (a) estágio conceitual; (b) estágio intermediário e (c) estágio de maturidade; (3) proposta de Hart e Wyatt consideram que a avaliação deve ser vista sob aspectos éticos, legal e intelectual; (4) a proposta de Rossi-Mori também trabalha o processo de avaliação em três ciclos: definição do problema, exploração das hipóteses e o impacto apresentado no tratamento da saúde; (5) na proposta de Nykänen são enfatizados três aspectos: a elicitação do conhecimento, o modelo de desenvolvimento do ciclo de vida e o sistema como uma parte integrada do ambiente; (6) a proposta de Clarke é similar a proposta de Nykänen, entretanto enfatiza a necessidade de *feedback* em um processo contínuo de interações com especialistas, engenheiros do conhecimento e usuários. A proposta de Pellegrini sugere que o sistema deverá apresentar três fases: protótipo inicial, testes de desenvolvimento envolvendo testes de erro de lógica e validação da base de conhecimento e a terceira fase são os testes de campo do sistema. Nassar (1998) cita que a avaliação de SE ocorre em duas fases: a validação da base de conhecimento onde são verificados se os conceitos principais do domínio estão bem representados através da análise da sensibilidade dos parâmetros da base de conhecimentos e a avaliação do desempenho do sistema para verificar se o sistema consegue emular o comportamento do especialista através das medidas estatísticas: intervalo de confiança para a taxa de erro, teste χ^2 , sensibilidade, especificidade, valor preditivo e negativo do sistema e *oddsratio*.

Em Borela apud Carvalho (2001) propõe-se uma metodologia para avaliar e validar os SE onde os conceitos de funcionalidade, confiabilidade, usabilidade, eficiência, manutenibilidade, viabilidade de construção e a documentação do sistema devem ser utilizados. A utilização destas características na avaliação de um SE estão baseadas nas principais normas ISO nacionais e internacionais de qualidade de software (NBR 96/99,

ISSO/IEC 91).

2.7.2 Avaliação de Sistemas de RBC

Muitos sistemas que utilizam RBC têm sido desenvolvidos e até o momento continuam crescendo cada vez mais. Por ser uma abordagem dinâmica como outras subáreas da ciência da computação, alguns questionamentos têm sido feitos sobre a existência de uma descrição sistemática sobre sistema de RBC. Na verdade existem diferentes contextos em que a noção de avaliação é utilizada diferentemente. Primeiro, a avaliação pode ser vista como a avaliação de apenas *um* sistema de Raciocínio Baseado em casos, no que diz respeito ao grau de aplicação da resolução de um problema (Grogono, Batarekh et al., 1991; Hollnagel, 1989). Segundo, a avaliação pode ser vista como a avaliação de *diferentes* sistemas de Raciocínio Baseado em Casos (Rothenberg, 1989; Drenth, 1992). Terceiro, a noção de avaliação pode também ser utilizada para avaliação de diferentes *metodologias* para sistemas de RBC, como a comparação de metodologias para o desenvolvimento de sistemas (Hilal, 1991).

A avaliação comparativa do sistema deve ser feita com especialistas humanos em dois momentos: num primeiro, um especialista ou vários avaliam as respostas dadas pelo sistema, num segundo momento, o especialista utiliza o sistema como um colega ou um assistente técnico. Nesta etapa, calcula-se os percentuais com que o especialista utilizou as sugestões oferecidas pelo sistema. Se o sistema atingiu 90% de respostas certas, pode-se considerá-lo satisfatório. As respostas do sistema devem ser comparadas com as respostas de especialistas para o seu desempenho com relação ao especialista humano.

Um modo fácil de avaliar a utilidade da escolha por um sistema de RBC é verificar se a tarefa executada pelo especialista humano pode ser baseada em casos. Camargo (1999) considera as seguintes características para avaliação de sistemas de RBC:

- escolha do problema: se o problema é próprio para o tipo de raciocínio a ser representado;
- características técnicas: estabilidade e operacionalidade do sistema;
- características organizacionais: se o sistema é adequado à operação dentro de uma organização;
- características econômicas: retorno do investimento, aumento na qualidade de serviços;
- qualidade e eficiência com relação às principais etapas de um sistema baseado em casos: recuperação, adaptação, representação dos casos e aprendizagem.

Além de avaliar a eficiência e a qualidade, deve-se considerar o aumento da robustez resultante da aprendizagem e se irá realmente beneficiar a qualidade do sistema ou diminuir sua velocidade, utilidade e eficiência. Ao contrário dos sistemas baseados em regras, os sistemas de RBC são dinâmicos e por isso a base de casos se expande continuamente (Watson, 1996).

Não existe um método específico de verificação e validação para sistemas desenvolvidos em RBC, devido a este ser um modelo novo e sujeito a experimentações (Watson, 1997). Os sistemas de RBC, por manipularem o raciocínio e o conhecimento humano, utilizam-se de métodos de validação provenientes de outras técnicas de IA. Essa é uma conclusão baseada em senso comum, verificada em diversos autores (Kolodner,1993; Watson,1997; Lee,1998). Portanto, a avaliação de um sistema de RBC pode ser feita adaptando-se os métodos de validação de outros sistemas inteligentes.

De acordo com Watson (1997) os teste ou avaliação de sistema de RBC envolvem dois processos separados chamados de *Verificação* e *Validação*. A verificação é vista como sendo a construção correta do sistema e a segurança de que o sistema fornecerá respostas corretas para o usuário com um grau de precisão. A validação é a comprovação de que o sistema funciona corretamente, dando garantias para o usuário que é aquilo que ele realmente precisa avaliando a eficiência do sistema.

Watson (1997) aconselha a utilização de uma verificação similar ao de sistemas baseados em regras, em um sistema de RBC. Contudo, a verificação é mais difícil em RBC do que em sistemas baseados em regras. Embora o RBC forneça um modelo mais plausível do raciocínio humano, ainda é relativamente novo e são necessários mais trabalhos para definir métodos de avaliação. Na avaliação de sistemas de RBC Watson (1997) parte do princípio que o sistema foi construído corretamente (verificação) e parte direto para o processo de validação do sistema (verificar se o sistema resolve corretamente o problema).

Quanto ao processo de validação, é sugerida a análise dos seguintes pontos:

- i. **Precisão da Recuperação** - independentemente da ferramenta RBC que está sendo utilizada ou a forma da medida de similaridade, um caso deve casar exatamente com ele mesmo. Quando o caso alvo é parte da base de casos a medida de similaridade deve ser de 100%. Se isto não acontecer, então há algo de errado no sistema;

- ii. **Consistência da Recuperação** - quando se testa a recuperação do mesmo caso por duas vezes ou mais, deve-se recuperar a mesma quantidade de casos com a mesma precisão, se isto não ocorrer, pode haver um erro no algoritmo de recuperação;
- iii. **Duplicação de Casos** - um caso deve combinar exatamente com ele mesmo, mas não deve ser idêntico a outros casos. Isso implica que não pode haver dois casos idênticos na base de casos;
- iv. **Cobertura dos Casos** - é aconselhável que exista uma distribuição homogênea de casos no espaço do problema. Isso é difícil, mas pode-se guiar por diversos caminhos como:
 1. Se o sistema apresenta características numéricas, deve-se verificar o desvio padrão, que deve ser o menor possível. Isso significa que o valor da característica deve ser próximo da média da faixa de características;
 2. Se o sistema apresenta características simbólicas, deve-se verificar a frequência da ocorrência do valor de cada símbolo na base de casos. Se a distribuição for muito desigual, deve-se tentar obter mais casos para melhorar a cobertura;
 3. Se o sistema tiver que fazer a cobertura de características cujos valores são intervalos regulares, a distribuição deverá ser verificada cuidadosamente. Por exemplo, um sistema que sugere casas em um intervalo de 5.000 a 200.00 dólares deverá oferecer uma boa quantidade de casos que faça essa cobertura.
- v. **Teste de Verificação Global do Sistema** – nessa fase consideram-se todos os aspectos individuais descritos anteriormente. Isso é de vital importância para verificar de forma geral o desempenho do sistema:
 1. Deve-se obter um número de casos representativos (pelo menos de 5% a 10 % do total de casos). Deve-se remover temporariamente uma amostra de casos ou manter em separado um conjunto permanente de casos para teste.
 2. Deve-se então utilizar cada um dos casos de testes como casos alvos.
 3. Deve-se então avaliar o desempenho do sistema, podendo-se pedir ajuda do especialista do domínio, para responder as seguintes questões:
 - O sistema recupera um caso ou um conjunto de casos úteis?
 - A recuperação é feita em um tempo aceitável?
 - Se o caso foi relevante, a adaptação foi feita com sucesso?
 4. Nesse ponto, deve-se registrar os resultados dos testes, para compará-los na

próxima vez em que o teste for repetido. É provável que quando mais casos forem adicionados, não será possível obter exatamente as mesmas respostas, porém deve-se esperar uma recuperação melhor em virtude da quantidade de casos no sistema.

Seguindo esses passos, é possível obter sistemas de RBC mais úteis, mais importantes e mais confiáveis.

2.8 Conclusão

O presente capítulo apresentou uma visão geral da metodologia de Raciocínio Baseado em Casos (RBC), para que se possa compreender suas principais características no processo de desenvolvimento de sistemas que utilizam essa metodologia. O RBC é apresentado de maneira conceitual, desde seu histórico, aquisição de conhecimento, elemento fundamental (o caso) até o restante de seus componentes que representam todo o processo de RBC. As características tais como representação, vocabulário, indexação de casos e as formas de organizações desses casos, permitem, de modo geral, a compreensão das estratégias escolhidas no decorrer desse trabalho para a aplicação no domínio da neurologia.

Além disso, foram apresentadas as descrições e as metodologias para avaliação de sistemas de RBC. Uma metodologia de avaliação de sistemas de RBC dá suporte para a especificação e funcionamento correto de tais sistemas, e que por sua vez, permite a compreensão sobre o processo de avaliação do sistema de RBC proposto nesse trabalho.

No capítulo seguinte serão apresentadas as características mais importantes no processo de diagnóstico médico no domínio da neurologia, mostrando-se também as afinidades de sistemas de RBC aplicados ao diagnóstico médico em geral.

Capítulo 3

Diagnóstico Médico, RBC e o Domínio da Neurologia

3.1 Introdução

Neste capítulo será feita uma abordagem sobre a metodologia de Raciocínio Baseado em Casos (RBC) juntamente com as tarefas envolvidas no processo de diagnóstico médico, além de uma visão geral sobre domínio da neurologia.

Inicialmente serão apresentadas as transformações que a medicina vem sofrendo na disseminação das informações através da informática, assim como a metodologia de RBC nesse processo de informação. O RBC é apresentado como uma metodologia ideal para o diagnóstico médico, que será justificado mais adiante com a apresentação de diversos fatores que contribuem para essa escolha.

Em seguida será feita uma abordagem sobre o domínio da Neurologia, os avanços obtidos nos últimos anos e a influência que a informática vem proporcionando para esses avanços. Também será apresentada a importância desse domínio e do neurologista, a busca de informações para o diagnóstico médico junto ao paciente, os principais tipos de exames requisitados pelo médico, o diagnóstico e o tratamento.

No final será feita uma conclusão do que foi apresentado com uma breve descrição do capítulo seguinte.

3.2 A Informática e a Medicina

A medicina vem passando por várias e rápidas transformações, desde o final do século passado. Uma dessas transformações diz respeito à disseminação da informação e as tecnologias de comunicações como redes de computadores e Internet. Entretanto, de forma não genérica, ainda existe um bom distanciamento dessas tecnologias com a atual prática médica. Existem alguns obstáculos presentes na implantação do registro médico eletrônico. O

principal deles é a própria natureza humana onde se precisa fazer uma revolução cultural na cabeça de médicos e enfermeiros no que diz respeito à mudança de hábitos e de postura. Uma outra dificuldade é a falta de uma linguagem padronizada, que permita a codificação de todos os aspectos do registro médico. Apesar disso muitos hospitais começaram a converter os prontuários médicos de seus pacientes para o formato eletrônico. Mesmo assim surge uma preocupação crescente em relação à qualidade da informação a respeito do paciente, que pode provocar conseqüências imediatas sobre a qualidade da assistência médica prestada. Registrar eletronicamente os pacientes oferece muitas vantagens em relação ao arcaico sistema de arquivamento em papel. As anotações eletrônicas superam num primeiro momento a própria legibilidade das anotações, a perda de informações e a busca de informações específicas.

Com auxílio da Inteligência Artificial (I. A.) é possível ao médico tomar decisões específicas para um determinado paciente, a partir de banco de dados clínicos. Por exemplo, a seleção do melhor antibiótico. Sistemas que utilizam técnicas de I.A. têm trazido vários benefícios e já existem sistemas capazes de executar uma série de tarefas automaticamente através da recuperação de um prontuário eletrônico de um paciente solicitado pelo médico. Tais tarefas incluem: lembrete de detalhes importante sobre o paciente, auxílio nos diagnósticos e recomendação de conduta para tratamento.

Esses sistemas comprovadamente geram economia de milhões de dólares em custos de medicamentos, ao mesmo tempo em que torna possível diminuir a mortalidade e a duração média da estadia hospitalar. Todos esses avanços são resultados da disponibilidade de informações aos médicos, através de computadores, que oferecem segurança no diagnóstico e na conduta, fazendo com que o médico fique atento aos problemas atuais e passados de seus pacientes (Sabbatini, 2001).

3.3 O Raciocínio Médico e Sistemas Especialistas

A tarefa da medicina consiste na aquisição de informações relevantes obtidas de um paciente e utilizá-la em conjunto com o conhecimento médico para o diagnóstico ou tratamento de doenças. Antes de considerar a terapia, o médico geralmente estabelece um objetivo secundário em uma tentativa de estabelecer um diagnóstico que corresponda aos dados do paciente.

A estratégia para busca de uma solução pela separação do problema em objetivos secundários é muito importante e muito utilizada na inteligência artificial para lidar com combinações que

são complexas e difíceis de negociar. Esse processo transforma um problema definido de um doente tal como “esse paciente sofre de quê?”, em um número de problemas secundários bem definidos tais como “a icterícia é causada pelo vírus da hepatite?” ou “é um ataque agudo de malária?”. Nesse procedimento baseado na busca de evidências apropriadas, o médico assume que qualquer uma delas pode ser confirmada ou negada. A forma elementar de raciocínio médico é o raciocínio abduativo. Por exemplo, os estados de um fato a partir da proposição 1 são:

1. “Se um paciente tem hepatite então ele está com icterícia”
2. “Esse paciente está com icterícia’, a terceira proposição pode ser inferida”.
3. “Esse paciente *talvez* tenha hepatite se ele está com icterícia”

Essa inferência forma o primeiro passo no raciocínio o qual leva para a formulação de uma hipótese. Através desses pontos o médico busca restringir a lista de todas as hipóteses possíveis descartando aquelas que são consideradas inconsistentes em relação às condições do paciente. Essas restrições são reconhecidas através de sinais presentes no paciente, ao mesmo tempo em que se confirma o restante das hipóteses. A elaboração dessas hipóteses ocorre bem no início da consulta médica e ocorre através de um ou dois fatos importantes baseados na heurística que classifica essas rotas de diagnóstico.

A dificuldade e a diversidade de fatores que necessitam serem considerados em várias tomadas de decisões médicas comprovam que não existe uma solução simples. Entretanto, os médicos possuem conhecimento incompleto sobre doenças de natureza muito estranha ou sobre o modo de ação de algumas drogas. Mesmo assim, eles têm que tomar decisões sobre essas lacunas presentes em seu conhecimento.

A incerteza surge, não só pelo conhecimento incompleto, mas também pela qualidade da informação recolhida e a complexidade da situação, tais como informação incompleta, interação de drogas que afetam os resultados de laboratórios, a subjetividade do médico e o stress do paciente.

Um dos princípios básicos que leva a uma compreensão do raciocínio clínico é o “raciocínio limitado” de Newell e Simon (apud Fieschi, 1972). A capacidade humana de raciocínio é limitada pela sua habilidade de enfrentar com sucesso com apenas um número restrito de fatos por vez. De forma a sobrepor essa limitação natural, recursos são construídos para certas estratégias. Não é possível trabalhar eficientemente em um curto período com uma grande

quantidade de conhecimento subjetivo ou com todos os fatos recolhidos. É necessária uma simples apresentação sobre uma seleção de fatos que parecem ser mais importantes. Do ponto de vista do processamento computacional a sobreposição dessas limitações da habilidade de raciocínio pode ocorrer de forma incorreta se uma quantidade de hipóteses apresentadas não substituem aquelas mais relevantes.

Para fazer uso do conhecimento, ou em outras palavras, para inferir a existência de novos fatos ou novas propriedades, é necessário utilizar uma ou mais técnicas práticas. Por exemplo, o “Modus Ponens” é uma técnica clássica na lógica matemática também abordada pela psicologia cognitiva. É uma técnica simples, mas que leva a resultados desejados. O programa responsável por essa técnica é chamado de “máquina de inferência”. Existem outras técnicas que podem ser adotadas na construção de sistemas especialistas, que melhor se ajuste ao domínio da aplicação. As áreas para aplicação de sistemas especialistas em medicina são numerosas e dentre elas se incluem as seguintes (Fieschi, 1990):

- Auxílio ao diagnóstico: o sistema auxilia na decisão de um diagnóstico;
- Auxílio na terapia: prescrição apropriada da terapia, e ajustes das prescrições médicas para circunstâncias exatas assim como o conhecimento sobre drogas que não são indicadas;
- Ensino: Sistema especialista responsável em ensinar tópicos e oferecer ajuda sobre diagnósticos;
- Auxílio à pesquisa: sobretudo sobre conceitos médicos que estão em modificações e que são discutidas através do auxílio do sistema para hipóteses conhecidas e não conhecidas;
- Engenharia médica e biológica: Interpretação de exames funcionais e sinais psicológicos em um contexto específico de um paciente.
- Os principais problemas encontrados na construção desses sistemas são (Fieschi, 1990):
- Representação do conhecimento: Na adaptação de cada estrutura que não seja apenas genérica, mas que ofereça algum valor e facilidade de uso;
- Interface homem-máquina: é conveniente utilizar uma linguagem natural para analisar e apreciar os dados processados;
- A escolha de certeza no raciocínio e intervenção de raciocínio aproximado. No último caso é necessário introduzir técnicas numéricas ou utilizar o cálculo simbólico.

Os registros médicos podem ser divididos em estágios e Fieschi (1990) apresenta quatro estágios: exame do paciente, o diagnóstico, tratamento e o acompanhamento. Sem nenhuma dúvida os sistemas especialistas auxiliam na preparação do registro médico, mas eles não podem iniciar um exame médico: esse exame é a parte mais humana do registro médico. Em Ladeira (2000) encontra-se uma descrição desse raciocínio, podendo ser feito através das seguintes etapas: anamnese, obtenção da HDA (história da doença atual), formulação do diagnóstico diferencial, formulação do diagnóstico presuntivo, revisão da literatura técnica (se pertinente), solicitação de exames complementares (se pertinente) e formulação do diagnóstico definitivo. Na anamnese o médico entrevista o paciente para levantar o histórico das suas doenças passadas. Para a obtenção da HDA o médico interroga o paciente sobre a sua *queixa principal*. A seguir determina a *clínica* do paciente, isto é, examina visualmente o paciente a procura de *sinais* no seu corpo, anota os *sintomas* referidos por ele e realiza um *exame físico* do paciente, orientado pelos sinais e sintomas coletados. De posse dessas informações o médico parte para a realização do diagnóstico diferencial, isto é, seleciona um conjunto de patologias (doenças), compatíveis com os dados coletados e procura obter novos dados que possam excluir algumas das patologias hipotéticas. Com a redução do conjunto de patologias hipotéticas é possível estabelecer o diagnóstico presuntivo, isto é, determinar a patologia mais provável. Se houver necessidade de confirmar o diagnóstico presuntivo, o médico solicita exames complementares. Enquanto aguarda a realização destes exames, pode rever a literatura técnica sobre a patologia suspeitada. A análise dos exames pode confirmar o diagnóstico presuntivo, tornando-o definitivo, ou fornecer novas informações, para a formulação de um novo diagnóstico presuntivo.

3.4 Raciocínio por Casos no Diagnóstico Médico

O diagnóstico de doenças tem sido um dos problemas mais populares para a Inteligência Artificial desde o MYCIN (um clássico sistema especialista baseado em regras para diagnosticar infecções por bactérias). Demonstrou-se que o médico faz um diagnóstico confiando plenamente em sua memória de experiência de casos passados (Watson, 1997). A medicina é uma das profissões em que se utilizam diversos processos de raciocínio, ainda que parcialmente conhecidos, na tomada de decisões. Não se pode afirmar que o conhecimento adquirido pelo médico possa ser totalmente transformado em regras. Além de regras, o processo de diagnóstico exige a intuição, avaliação probabilística, experiência e muitos outros. Quanto maior a experiência de um médico na realização de diagnósticos, maior é a sua capacidade de tomar decisões. Algumas dessas decisões são bastante simples. Por exemplo, a

interpretação de um resultado de exame proveniente de um laboratório. Na área da medicina clínica essa tomada de decisão não é tão simples. O médico se envolve em atividades de resolução de problemas, de certa forma complexas como: o diagnóstico, o planejamento terapêutico e o prognóstico. Estes três níveis de decisão são fortemente inter-relacionados, e fazem parte de um ciclo repetitivo e automodificável de avaliação-decisão-ação-avaliação (Fig. 3.1) (Sabbatini, 2001).

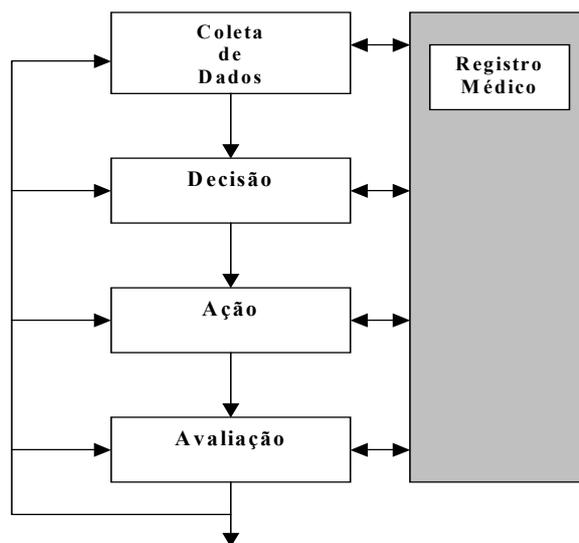


Figura 3.1 - Processos básicos de tomada de decisão em Medicina.

Essa complexidade na decisão médica pode ser definida por vários fatores como segue (Fattu, Szolovits apud Sabbatini, 2001):

- A análise de dados e de informações no processo de diagnóstico médico provém de diversas fontes diferentes. Dentre elas a experiência acumulada previamente pelo médico no diagnóstico de casos do mesmo tipo, assim como o senso comum e a intuição;
- O processo mental que envolve o raciocínio que objetiva chegar a um diagnóstico, não é totalmente conhecido;
- Não existe um padrão referente aos termos e definições médicas. Muitos especialistas não conseguem chegar a um consenso comum em decisões que envolvem elementos conflitantes.

Diante desses fatores vale destacar a falta de padronização entre os médicos. A grande parte do conhecimento adquirido é armazenado na própria cabeça do profissional e raramente documentado. Mesmo as bases de dados médicas existentes podem apresentar dados não confiáveis ou mesmo apresentar dificuldades de interação na consulta de casos (consulta a

dados com casamento exato). Em banco de dados uma consulta se caracteriza pela comparação exata dos atributos envolvidos. A utilização de Raciocínio Baseado em Casos (RBC) fornece uma abordagem diferente de banco de dados, apresentado-se como uma ferramenta ideal para a tarefa de diagnóstico. Em RBC uma consulta a uma biblioteca de casos avalia ao máximo todos os casos, para escolher os mais similares em relação ao contexto do problema (caso) atual. No procedimento de diagnóstico médico, leva-se em conta um conjunto de sintomas e de resultados de exames que serão os dados de entrada do sistema. Dessa forma pode ser solicitada uma explicação sobre o porquê desses sintomas. A explicação de anormalidades prevalece em todos os solucionadores de problemas e na compreensão das atividades das pessoas. Um sistema Baseado em Casos voltado para explicações (Schank, 1999) tenta explicar um fenômeno através da recuperação de um fenômeno similar, resgatando sua explicação e adaptando-o para o novo problema. Quando as pessoas vêem uma notícia no jornal sobre a queda de um avião, elas questionam por que isso aconteceu. Se houve uma falha na execução de uma tarefa, tenta-se explicar o que houve antes de se executar a tarefa novamente, para que sejam evitadas as mesmas falhas.

O diagnóstico é um tipo especial de problema de explicação. Um sistema de diagnóstico recebe um conjunto de sintomas e uma solicitação de explicação para justificar sua ocorrência. Quando existe um pequeno número de possíveis explicações enumeradas, o diagnóstico pode ser visto como um problema de classificação. Entretanto, quando o conjunto de explicação não pode ser enumerado facilmente, o próprio diagnóstico pode ser visto como a explicação. Um sistema de RBC voltado para o diagnóstico médico pode ser utilizado para sugerir explicações para sintomas e advertências de explicações que foram consideradas inapropriadas no passado.

Um exemplo desse tipo de sistema é o CASEY que faz diagnósticos de problemas cardíacos, adaptando descrições de outros pacientes com sintomas parecidos. O sistema utiliza regra de evidências para saber quais os casos mais parecidos com o novo problema na base de casos e aplica regra de reparos (adaptação do caso) para adaptar o caso ao novo problema. O CASEY trabalha com três pontos importantes: o problema, a solução e a justificativa para a solução. O problema é uma lista de proposições que descrevem os sintomas do paciente. A solução descreve o estado de diagnóstico em função das proposições de sintomas ou o estado de sintomas em função das proposições de diagnóstico. A solução mostra o(s) caso(s) que deu (eram) origem (ens) a solução (Kolodner, 1993).

É importante lembrar que sistemas que utilizam RBC fornecem suporte à decisão para o médico. Lembrando-se também que iniciar um diagnóstico do zero (sem nenhuma sugestão inicial) passa a ser uma tarefa que demanda muito mais tempo, do que, se fosse iniciado de um ponto intermediário (algumas sugestões fornecidas pelo sistema).

Sistemas que utilizam a metodologia de RBC podem ser aplicados a diversos domínios da área médica clínica. Para esse trabalho foi escolhido o domínio da Neurologia que foi analisado como sendo um domínio viável em termos de dados (base de conhecimento) e o acompanhamento de um especialista. Segundo Carmo (1999) a Neurologia é definida como o ramo da medicina que se dedica ao tratamento de doenças do sistema nervoso. Além disso, é de interesse para o ramo da Neurologia todas as doenças que se originaram das estruturas neurais e as manifestações de doenças provenientes de outros sistemas orgânicos que apresentam características que refletem sobre o sistema nervoso. Carmo (1999) afirma ainda que no início a Neurologia esteve ligada à Psiquiatria, sendo que o surgimento da especialidade foi impulsionado pela complexidade da anatomia, fisiologia, patologia, além das particularidades do exame do paciente com distúrbio neurológico e das doenças do sistema nervoso. Por isso é considerada por muitos médicos como uma das especialidades médicas mais difíceis.

3.4.1 Sistemas Médicos que Utilizam RBC

Sistemas de RBC na medicina podem ser aplicados para o diagnóstico e tarefas de terapia. Outros sistemas utilizam RBC para o ensino da medicina orientado por casos e outros para busca de imagens similares.

O primeiro sistema especialista a utilizar as técnicas de RBC foi o CASEY. O sistema foi projetado para fazer o diagnóstico de problemas do coração. O sistema é baseado em três passos: busca por casos similares, um processo de determinação sobre as diferenças e suas evidências entre o caso atual e o caso similar e a transferência do diagnóstico do caso similar para o caso atual ou uma tentativa de explicar e modificar o diagnóstico – caso as diferenças entre ambos os casos sejam tão importantes. O aspecto mais interessante no CASEY é a tentativa ambiciosa de resolver a tarefa de adaptação através de operadores gerais de adaptação. Entretanto, como muitas características têm que ser consideradas no domínio de problemas do coração e como consequência muitas diferenças entre casos podem ocorrer, essas diferenças não podem ser manipuladas pelos operadores gerais de adaptação.

O sistema FLORENCE (Bradburn, 1993 apud Schmidt, 2001) se relaciona em sentido mais amplo com o planejamento da saúde de um paciente em um campo menos específico. Ele preenche as três tarefas básicas de planejamento: diagnóstico, prognóstico e prescrição. O diagnóstico não é utilizado como senso médico comum como identificador de doenças, mas procura resolver algumas questões como: “Qual o estado atual de saúde desse paciente?” Regras relativas aos pesos de indicação de saúde do paciente são aplicadas. O estado de saúde é determinado através da pontuação dos pesos. O prognóstico tenta responder a seguinte questão: “Qual a possibilidade desse paciente mudar seu estado de saúde no futuro?” Aqui é utilizada uma abordagem Baseada em Casos. O paciente atual é comparado com um paciente anterior com características similar, cujo progresso do estado de saúde é conhecido. Primeiramente é feita uma busca para o estado de saúde de cada paciente sendo que são geradas várias projeções individuais para diferentes tratamentos em cada paciente. A prescrição procura responder a seguinte pergunta: “Como melhorar o estado de saúde de um paciente?” A resposta é dada através da utilização de conhecimento geral sobre efeitos parecidos de tratamentos e também pela consideração de resultados provenientes do uso de tratamentos particulares de pacientes similares (Schmidt, 2001).

Alguns argumentos para o uso de métodos baseados em casos na medicina podem ser resumidos da seguinte forma (Schmidt, 2001):

- Raciocínio por casos corresponde ao processo típico de tomada de decisão pelos médicos;
- A incorporação de novos casos significa a atualização automática das partes do conhecimento que permitem mudanças;
- O conhecimento médico objetivo (encontrado nos textos de livros) e subjetivo (muda com frequência e é limitado ao espaço e ao tempo) podem ser claramente separados, mas em um sistema eles podem ser utilizados juntos;
- Como há um freqüente armazenamento de casos, a integração de casos com um sistema de informação hospitalar se torna mais simples.

3.4.2 O problema de Sistemas de RBC para Aplicações Médicas

Para se utilizar RBC, alguns problemas têm que ser resolvidos como: a determinação da forma de representação dos casos e a seleção de um algoritmo apropriado de recuperação. Entretanto uma grande quantidade de casos na base de casos deve ser evitada, através da

remoção de casos redundantes e restringindo a base de casos a um número fixo de casos além da atualização desses casos durante uma consulta feita pelo especialista. Entretanto o principal problema da metodologia de RBC é a tarefa de adaptação. Não existe um método geral de adaptação. Essa tarefa ainda depende do domínio da aplicação e das características da aplicação. Algumas vezes não se necessita de alguma adaptação, pois a adaptação consiste apenas na simples transferência da solução do caso similar para o novo caso ou apenas em uma simples correção devido a alguma restrição da solução. Entretanto, existem outras situações em que as diferenças que existem entre a situação do caso atual e do caso similar se tornam muito grande.

A adaptação não é apenas um problema para as aplicações médicas. Entretanto é na medicina que esse problema aumenta devido aos casos apresentarem um número muito grande de características. Em aplicações de RBC diferentes da área médica, o problema da adaptação é solucionado através de um conjunto de regras de adaptação específicas. Como essas regras têm que considerar todas as possíveis diferenças importantes entre o caso atual e o caso similar, elas se tornam impossíveis de ser geradas nas aplicações médicas (Schmidt, 2001).

3.5 O Domínio da Neurologia

A Neurologia é uma das especialidades médicas mais antigas e chegou a apresentar uma evolução muito lenta no decorrer dos anos. Os neurologistas eram vistos como médicos de doenças misteriosas, difíceis de tratar e incuráveis. O arsenal terapêutico disponível para as doenças neurológicas era restrito. Além da falta de equipamentos adequados para se fazer o diagnóstico de doenças do sistema nervoso.

A partir do início dos anos 70 houve uma evolução muito grande, principalmente com a invenção da tomografia computadorizada desenvolvida pelo inglês Hounsfield. Essa invenção foi o ponto decisivo para diagnosticar doenças do cérebro. Posteriormente, desenvolveu-se a técnica da Ressonância Magnética Nuclear e da Tomografia por Emissão de Prótons.

Os governos dos países desenvolvidos da Europa passaram a desviar cerca de 7% do PIB para incentivar as pesquisas e tratamentos das enfermidades neurológicas. Com esses incentivos, inúmeros trabalhos de pesquisa isolados foram iniciados e muitos estão em andamento. O projeto Genoma, por exemplo, deu o passo mais importante através do mapeamento do genoma do homem, além da busca para o tratamento de doenças transmitidas geneticamente. Isso significa que os maiores benefícios dos conhecimentos da genética serão para as doenças

neuroológicas e para o câncer. Já foram identificadas mais de 500 doenças neuroológicas hereditárias. Além disso, os avanços da informática, bioestatística e a da biologia molecular têm contribuído muito para a evolução da Neurologia (Bacellar, 2000).

3.5.1 Importância do Neurologista no Século XXI

O aumento populacional de idosos fez com que fosse dada grande importância a doenças degenerativas do cérebro como as doenças de demências (Alzheimer; Pick; Huntington; Demência Vascular), doença de Parkinson, os tumores cerebrais e as doenças vasculares cerebrais. À medida que se passou a ter maior controle das enfermidades clínicas, aumentaram a sobrevivência dos pacientes, refletindo no surgimento de complicações neuroológicas. Elas se manifestam, mais frequentemente, após longos anos de tratamento e geralmente em portadores de doença renal crônica; hipertensão arterial sistêmica; cardiopatias; diabetes mellitus; outras endocrinopatias, hepatopatias, colagenoses, órgãos transplantados e outras de doenças sistêmicas.

Com as medicações antivirais os doentes com Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (AIDS) têm melhorado, e sobrevivendo cada vez mais. Entretanto, as complicações neuroológicas continuam a ser o grande desafio de neurologistas e infectologistas, sobretudo porque muitas das medicações têm limites de atuação no sistema nervoso. Atualmente as complicações neuroológicas são as mais sérias e ocorrem em quase todos os pacientes portadores do HIV.

Não somente as neoplasias primárias, nem as metástases cerebrais e espinhais, preocupam os neurologistas e neuro-oncologistas. As sérias complicações da quimioterapia e radioterapia atingem duramente o sistema nervoso, que também é agredido pelas chamadas síndromes neuroológicas paraneoplásicas, doenças mediadas imunologicamente nos pacientes com câncer.

O sistema nervoso é muito vulnerável ao stress, às Intoxicações exógenas, sobretudo ambientais, e é sujeito a doenças ocupacionais, muito próprias da era atual. O traumatismo crânio-encefálico (TCE) tem se destacado por ser causa comum da morte de pessoas jovens, abaixo dos 45 anos. A cefaléia continua sendo a queixa mais frequente nos consultórios e unidades de pronto atendimento. A epilepsia ainda atinge cerca de 2 % da população brasileira.

No Brasil, as doenças cerebrovasculares, conhecidas como “derrames cerebrais”, são a maior causa de morte e de invalidez permanente. Isso decorre da grande prevalência da hipertensão arterial, das características raciais e culturais da nossa população.

As meningites, a esclerose múltipla, a síndrome de Guillain Barré, a miastenia gravis, as neuropatias periféricas, o tétano, a mielopatia pelo vírus HTLV-1, a neuroesquistossomose, a neurocisticercose, as encefalites, as síncope, as vertigens, as tonturas, o estado de coma, as perturbações do sono, o comprometimento da marcha, as alterações do equilíbrio, o retardo mental, os tremores, os distúrbios dos movimentos e os neuro-oftalmológicos, são afecções tratadas por neurologistas.

No século XXI a necessidade da formação de mais neurologistas e de clínicos gerais com maior conhecimento neurológico se estabelecerá definitivamente.

Tudo isso justifica a necessidade da formação de mais neurologistas e de clínicos gerais com maior conhecimento neurológico no século XXI (Bacellar, 2000).

3.5.2 O Processo de Diagnóstico de um Paciente

Estudantes de medicina e residentes ficam desencorajados com a complexidade do sistema nervoso ou quando entram em contato com a neuroanatomia, neurofisiologia e neuropatologia. Acredita-se que as dificuldades enfrentadas na compreensão da Neurologia podem ser superadas pela adesão dos princípios básicos da medicina clínica. Primeiramente, é preciso aprender a utilizar o método clínico. Sem esse método o profissional fica perdido, pois não conhece os passos necessários para a resolução do problema.

Em muitos casos, o método clínico poderá consistir em uma série ordenada de passos, como segue (Adams, 1997):

1. Os sintomas e sinais são garantidos pelo histórico e pelo exame físico, respectivamente. Os sintomas e sinais agrupados vão constituir as síndromes. Esse passo é chamado de *diagnóstico sindrômico*.
2. Os sintomas e sinais físicos considerados relevantes para o problema atual, são interpretado em termos de fisiologia e anatomia – Isto é, identifica-se a função e a estrutura anatômica implicada na doença. Esse passo é chamado de *diagnóstico anatômico*
3. Através do diagnóstico anatômico e de outros dados da história médica, tais como: a

forma de início e da evolução da doença; o envolvimento de outros sistemas orgânicos não neurológico, fatos relevantes da história pessoal e familiar e resultados de exames laboratoriais, chega-se à causa da doença. Faz-se então o *diagnóstico etiológico*.

4. Finalmente o médico poderia avaliar o grau de invalidez e determinar se é temporário ou permanente. Esse *diagnóstico funcional* é importante no controle da enfermidade do paciente e no julgamento do potencial para a restauração das funções.

A figura 3.2 resume todos os passos do método clínico apresentados, representando um tipo de algoritmo, pelo qual o problema clínico é resolvido, em uma série finita de passos.

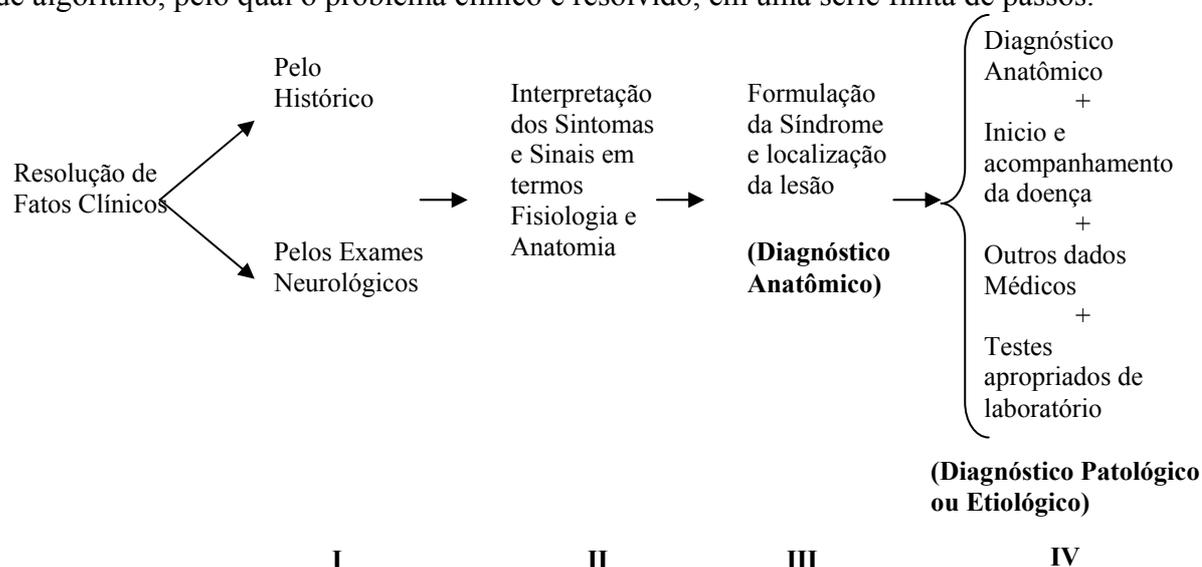


Figura 3.2 - Os passos de um diagnóstico de doenças neurológicas.

Nos tópicos seguintes será feita uma breve descrição sobre esses passos tomados pelo neurologista relatando a importância de cada um no processo de diagnóstico de doenças para proporcionar um melhor entendimento desse processo.

Um caso clínico possui várias características que o identificam, sendo agrupadas da seguinte forma:

- (i) História (anamnese);
- (ii) Exames Neurológicos;
- (iii) Exames Complementares;

3.5.2.1 - Levantamento do Histórico do Paciente

Em toda especialidade o médico necessita da cooperação do paciente sobre sua história. Em Neurologia esse fator é considerado muito importante, mais até do que nas outras especialidades médicas. O primeiro desafio do médico é conseguir a confiança e a cooperação

do paciente fazendo-lhe perceber a importância dos procedimentos de exame. Os seguintes pontos, sobre o histórico do paciente, devem ser abordados na Neurologia (Adams, 1997):

- (i) Deve ser tomado cuidado especial para evitar sugerir sintomas ao paciente. A entrevista clínica tem grande importância para tirar dúvidas e melhorar as possíveis distorções na história do paciente;
- (ii) É recomendada a prática de fazer anotações sobre os sintomas do paciente, analisando as circunstâncias de sua doença para a conclusão de pontos importantes;
- (iii) Deve-se dar extrema importância para o início e a evolução da doença. Deve-se estudar como cada sintoma começou e progrediu. Quando não é possível obter informações dos sintomas através do paciente ou de sua família, tem-se que fazer um julgamento sobre a evolução da doença. Isso pode ser feito por exames sucessivo no paciente em um intervalo de tempo;
- (iv) Algumas doenças neurológicas podem desencadear uma confusão mental. Por isso é necessário que o médico decida a taxa de condição mental do paciente para que leve em consideração a história de sua doença. Se o estado mental do paciente não for ideal é necessário apanhar seu histórico através de amigos e parentes.

3.5.2.2 - O Exame Neurológico

O exame neurológico tem início com a observação do paciente desde o momento em que o médico obtém o seu histórico. A maneira como o paciente conta sua história pode provocar confusão ou incoerência para o devido julgamento sobre sua doença. O médico deve levantar questões importantes relacionadas à função cerebral, sem deixar o paciente embaraçado. Perguntas feitas para o paciente sobre sua interpretação de seus sintomas podem, algumas vezes, provocar preocupação e ansiedade. Os demais exames neurológicos poderiam ser executados como última parte do exame físico geral, seguidos de exame dos nervos cranianos, do pescoço; do tronco; teste dos reflexos motores e exame das funções sensoriais. A postura e a forma de andar devem ser observadas sem que o paciente perceba. O exame neurológico sempre deve ser executado e gravado de maneira uniforme e seqüencial para evitar omissões e facilitar a análise dos casos armazenados anteriormente (Adams, 1997).

De acordo com Barbosa (2002) um médico que suspeita de uma lesão do Sistema Nervoso

Central (SNC) realiza o exame neurológico que consiste em um exame clínico permitindo-o ter uma idéia da sua localização e, por vezes, da sua causa. Barbosa (2002) também afirma que esse exame consiste na observação do indivíduo e numa série de questões e provas que lhe são colocadas pelo médico, cujo objetivo é o de testar todas as áreas do SNC e as suas respostas a determinados estímulos. É um exame que recorre a poucos instrumentos e que não é doloroso. Dessa forma, é possível direcionar posteriormente a uma investigação complementar sobre o diagnóstico através da realização de exames complementares apropriados perante uma dada suspeita clínica. Isso proporciona poupança de tempo e dinheiro, chegando-se a um diagnóstico definitivo mais rapidamente.

O exame neurológico faz parte do exame objetivo que o médico deve realizar durante a observação do seu doente.

Este exame possui os seguintes objetivos (Barbosa, 2002):

- Despistar qualquer alteração do funcionamento do SNC;
- Suspeitar de qualquer alteração do SNC;
- Suspeitar da topografia e, por vezes, da causa de determinada alteração presente no exame;
- Permitir direcionar a investigação posterior com exames de diagnóstico mais específicos.

Faz parte deste exame a avaliação dos seguintes pontos (Barbosa, 2002):

- Estado mental;
- Motilidade;
- Sensibilidade;
- Coordenação e marcha;
- Reflexos;
- Nervos cranianos;
- Articulação verbal e linguagem;
- Funções esfíncterianas, vasomotoras e tróficas.

Aqui será feita uma descrição de cada exame neurológico conforme o texto de Barbosa (2002) que é uma publicação on-line desenvolvida em Portugal.

i) Estado Mental

No exame do estado mental os objetivos são a avaliação dos seguintes pontos:

- **O estado de consciência do doente** – Avalia se o doente está acordado, se ele está sonolento, se está em estado de estupor (em que o doente está como que em coma ainda responde a estímulos externos), ou se está em coma (em que o doente está inconsciente e não responde a estímulos);
- **A orientação no espaço e no tempo** - Avalia se o doente sabe onde está e se sabe o dia, o mês e o ano;
- **A atenção** – Essa avaliação é feita durante o interrogatório, pela capacidade do doente se manter com atenção ao que se está a passar;
- **A memória** – É uma avaliação que consiste em dizer ao doente três palavras para ele memorizar e repetir em seguida, após alguns minutos, durante os quais se falam de outros assuntos.

ii) Motilidade

Uma outra função neurológica que deve ser avaliada é a motilidade. Essa avaliação consiste na observação do doente para detectar a presença de movimentos involuntários, a avaliação dos movimentos passivos e movimentos ativos e avaliação da força.

No exame da motilidade os objetivos são a avaliação de:

- **Postura do Doente** – observar-se a postura adotada pelo doente, como a posição da cabeça, dos membros, dos dedos e dos olhos e se existem atrofia muscular, nomeadamente dos músculos da mão ou do ombro;
- **Movimentos Involuntários** - observa-se se existem movimentos voluntários, que geralmente ocorrem em patologias crônicas (de longa duração), como o tremor (movimento rítmico de pequena amplitude) verificando-se é em repouso ou quando o doente está em movimento. Além disso, é importante fazer as seguintes verificações: ocorrência da coreia (movimento rápido, amplo e irregular), se existe tiques, se existem movimentos de repetição lentos (atetose) ou se há a presença de convulsões;
- **Movimentos Passivos** - na pesquisa dos movimentos passivos movem-se os membros do doente em várias direções e observa-se o tonús muscular, isto é, se existe hipotonia (músculos moles) ou se pelo contrário temos uma situação de

hipertonia (músculos muito contraídos);

- **Movimentos Ativos** - nos movimentos ativos observam-se os movimentos espontâneos e pede-se ao doente que execute determinados movimentos para se ver até que ponto consegue executar esses movimentos;
- **Força Muscular** - a avaliação da força muscular é feita medindo-se a força do próprio médico contra a do paciente que pode ser classificada em vários graus, sendo grau zero a paralisia completa (ausência de força), o grau 1 a existência de contração muscular mas sem se traduzir por movimento, o grau 2 apenas a execução de movimentos a favor da força da gravidade, o grau 3 em que já há movimentos contra a gravidade, o grau 4 em que se executam movimentos contra uma certa resistência, e grau 5 que é o considerado normal.

iii) Sensibilidade

A avaliação da sensibilidade consiste em pesquisar a presença de dores ou parestesias ("zonas dormentes"). Nessa avaliação pesquisa-se a sensibilidade superficial e sensibilidade profunda do paciente.

No exame da sensibilidade os objetivos são a avaliação de:

- Existência de dor;
- Existência de parestesias;
- Sensibilidade superficial (táctil, térmica e dolorosa);
- Sensibilidade profunda (postural, vibratória, discriminativa e estereognosia).

Na sensibilidade superficial, pesquisa-se:

- A **sensibilidade tátil** - consiste em excitar levemente a pele com objetos tais como: um pedaço de algodão ou um pincel macio ou uma tira de papel grossa;
- A **sensibilidade térmica** - utiliza-se tubos com água quente e fria;
- A **sensibilidade dolorosa** - consiste no uso de um alfinete para picar a pele do paciente.

Na sensibilidade profunda, pesquisa-se:

- A **sensibilidade postural** - consiste na observação do paciente para se verificar a posição de partes do seu corpo em relação ao todo;
- A **sensibilidade vibratória** – utiliza-se um diapasão que é um instrumento que produz uma vibração e é colocado próximo das extremidades do doente;

- A **sensibilidade discriminativa** - consiste em reconhecer letras ou números escritos na pele do paciente com a pressão do dedo;
- A **estereognosia** - consiste em reconhecer os objetos pelo tato, sem olhar para eles;

iv) Coordenação e Marcha

A avaliação da coordenação visa detectar alterações do cerebelo (região do cérebro que está situada na região inferior e posterior da cabeça). Essa avaliação consiste na prova do dedo-nariz e prova calcanhar-joelho. Já a avaliação da marcha consiste em avaliar a marcha espontânea e comandada, tanto com os olhos abertos como fechados.

O exame da coordenação visa:

- Avaliar funções do cerebelo, que coordena os movimentos voluntários;
- Detectar ataxias (situações de descoordenação como a dismetria e tremor intencional).

O exame da marcha serve para:

- Testar a integridade das vias motoras da medula óssea;
- Detectar alterações do cerebelo, que também coordena a marcha;
- Suspeitar de alterações do sistema vestibular;
- Suspeitar de uma doença muscular.

A avaliação da coordenação faz-se com várias provas como:

- **Prova dedo-nariz** - consiste em pedir ao doente que com o braço esticado execute o movimento de tocar com o dedo indicador na ponta do nariz. Essa prova deve ser feita com ambos os braços, primeiro com os olhos abertos e depois com eles fechados;
- **Prova calcanhar-joelho** - consiste em pedir ao doente que, deitado, coloque o calcanhar sobre o joelho do lado oposto.

A avaliação da marcha consiste primeiro em avaliar o doente:

- Ao andar normalmente e à vontade;
- Ao andar com passos curtos;
- Ao andar em linha reta.

Deste modo, consegue-se detectar diferentes tipos de marcha que são característicos de

diferentes patologias, como: a marcha parética (em que o doente levanta muito o joelho ao andar e os pés estão pendentes), que pode ser indicativo de poliomielite, paralisia do nervo ciático e lesões de certas partes da medula óssea (II neurônio); a marcha espástica quando existem lesões da medula, a marcha tabética ou atáxica espinal, devido a lesões nas raízes sensitivas da medula óssea (raízes posteriores); a marcha atáxica cerebelosa ou marcha de ébrio, em que o doente anda como se estivesse bêbado, presente em lesões do cerebelo; ou a marcha vestibular em que há desequilíbrios durante a marcha por lesão da porção vestibular do VIII par craniano (nervo vestibulo-coclear).

v) Reflexos

Os reflexos a serem avaliados são os reflexos tendinosos - radial, bicipital, tricipital, rotuliano e aquiliano e os reflexos cutâneos - abdominais, cremasteriano, plantares. Há reflexos patológicos: sinal de Babinski e sinal de Oppenheim.

O exame dos reflexos permite observar a integridade do arco reflexo, que é composto por um neurônio (estrutura nervosa) sensitivo, que transmite ao centro nervoso os estímulos sensitivos recolhidos na periferia pelos receptores sensitivos dos órgãos e tecidos do organismo, um centro nervoso que interpreta os estímulos sensitivos e os transforma em estímulos motores que são posteriormente transmitidos aos músculos periféricos pelo neurônio motor ou 2º neurônio.

É este arco reflexo que permite interpretar sensações como, por exemplo, de uma superfície demasiada quente na mão, e nos permite fazer o gesto de retirar a mão.

Quanto à resposta obtida os reflexos podem estar normais, exagerados, fracos ou abolidos. Os reflexos devem ainda ter a mesma intensidade de ambos os lados. A assimetria é geralmente considerada patológica.

vi) Nervos Cranianos

Os nervos cranianos são doze e são simétricos, um direito e outro esquerdo. Cada par craniano é responsável por uma função específica e tem origem num local específico do cérebro.

Os pares cranianos são:

- **I par** – nervo olfativo –responsável pelo sentido do olfato (cheiro). Se há uma

diminuição do olfato diz-se que há hiposmia, se há uma ausência do olfato diz-se anosmia. As suas lesões são raras;

- **II par** – nervo óptico – responsável pela visão. É um nervo com um longo trajeto, desde a região occipital (onde se situa o centro da visão) até à retina (no globo ocular). Diferentes alterações da visão são indicativas de lesões em diferentes locais da via óptica, logo em diferentes locais do cérebro;
- **III par** – nervo motor ocular comum – responsável pela inervação de alguns dos músculos extrínsecos do olho (faz os olhos desviarem-se para dentro), pela miose (encerramento da íris) e pela abertura das pálpebras;
- **IV par** - nervo patético – responsável pela inervação do músculo grande oblíquo do grupo dos músculos extrínsecos do olho (faz o olho desviar-se para fora);
- **V par** –nervo trigémeo – formado por duas raízes (partes): uma raiz sensitiva (responsável pela sensibilidade da córnea, conjuntiva, ½ anterior do couro cabeludo, da hemiface (metade da face) do lado oposto exceto o ângulo do maxilar inferior e 2/3 anteriores da língua e mucosa nasal e bucal) e uma raiz motora (responsável pela inervação dos músculos que movem o maxilar inferior e os músculos mastigadores);
- **VI par** – nervo motor ocular externo – responsável pela inervação do músculo ocular externo, do grupo dos músculos extrínsecos do olho. A sua lesão é rara;
- **VII par** – nervo facial – responsável pela oclusão das pálpebras e pela mímica facial (por exemplo, enrugar a testa ou sorrir);
- **VIII par** – nervo auditivovestibular – formado por dois nervos: o nervo auditivo, responsável pelo sentido da audição e o nervo vestibular, responsável pelo equilíbrio;
- **IX par** – nervo glossofaríngeo – responsável pela inervação dos músculos da língua e faringe. Tem ação na deglutição (capacidade de engolir) e produção da voz;
- **X par** – nervo pneumogástrico ou vago – responsável pela inervação dos músculos do aparelho gastro-intestinal;
- **XI par** - nervo espinal – inerva os músculos do pescoço (músculo esternocleidomastoideu e parte superior do trapézio);
- **XII par** – nervo grande hipoglosso – responsável pela inervação motora (que faz mover) da língua.

A avaliação dos pares cranianos serve para detectar alterações do sistema nervoso central (SNC) correspondentes ao seu local de origem ou de alguma porção do seu trajeto, consoante a alteração apresentada. Permite ainda saber se a lesão é unilateral ou bilateral.

vii) Articulação Verbal e Linguagem

A articulação verbal é avaliada através da capacidade da articulação das palavras. Quando existe uma disartria (dificuldade de articulação das palavras) as causas podem ser variadas, entre as quais, as perturbações do funcionamento dos músculos do aparelho fonador (músculos responsáveis pela fala) ou as lesões do hemisfério cerebral onde se situa o centro motor dos músculos do aparelho fonador.

A linguagem é avaliada pela capacidade de produzir e compreender palavras e frases. Se o doente deixa de conseguir falar diz-se afásico. A afasia pode ser motora, em que o indivíduo perde a capacidade de traduzir o pensamento por palavras, ou sensorial ou de compreensão em que o indivíduo perdeu a capacidade de compreender as palavras faladas. A afasia pode ainda ser mista em que há a associação da motora e da sensorial.

A avaliação da articulação verbal, ou seja, da articulação das palavras permite detectar perturbações nos músculos do aparelho da fonação (músculos da região laringo-faríngea e da língua) ou problemas centrais, da região motora do cérebro que comanda esses mesmos músculos.

A avaliação da linguagem permite detectar alterações nas regiões do cérebro responsáveis pela linguagem, que se situam em diferentes zonas como a área de Broca ou a área de Wernicke, no hemisfério cerebral esquerdo.

A avaliação da linguagem faz-se pedindo ao doente para:

- Nomear alguns objetos do dia-a-dia como um lápis, uma cadeira ou uma caixa de fósforos;
- Repetir palavras simples e isoladas;
- Executar ordens como apertar a mão ou levantar o dedo;
- Executar a prova da leitura, pedindo para ler um texto ou caso não o consiga apontam-se letras e pede-se que as identifique;
- Executar uma prova de escrita, por cópia ou ditado e ainda a escrita espontânea;
- Executar ordens simples dadas por escrito;
- Ler e resumir uma curta notícia ou um provérbio.

viii) Funções Esfincterianas, Vasomotoras e Tróficas

A avaliação das funções esfincterianas visa verificar o funcionamento dos esfíncteres, seja ele

o esfíncter urinário (do aparelho urinário) ou retal (do aparelho digestivo).

As avaliações das funções vasomotoras e tróficas visam a verificação o estado da pele, unhas e pêlos e, ainda, das articulações.

As avaliações das funções esfíncterianas, vasomotoras e tróficas servem para avaliar a integridade e funcionamento da medula nervosa e dos nervos que dela emergem e que vão enervar os esfíncteres, a pele e as articulações e que se estiverem alteradas nos dão uma idéia da localização da lesão, pois são todos inervados por diferentes nervos, sensoriais e motores.

3.5.2.3 Interpretação dos Exames e Sinais

Logo após ter dominado a técnica de obter dados clínicos confiáveis os estudantes de Neurologia encontram dificuldades em interpretar o significado dos dados, por falta de conhecimento em **neuroanatomia** e **neurofisiologia**. Os estudantes devem ter o mínimo de conhecimento da anatomia tais como: os nervos do crânio, áreas do córtex cerebral e suas principais conexões, a parte visual, auditiva e outros. Em neurofisiologia os estudantes devem compreender os impulsos nervosos, transmissão neuromuscular, neurotransmissão central e outros.

Do ponto de vista do diagnóstico prático e terapêutico o neurologista é auxiliado pelo conhecimento da **anatomia patológica** – são mudanças produzidas por doenças tais como infarto, hemorragia, inflamação, traumas físicos, inflamação, neoplasma.

O exame médico geral nunca deve ser superficial em um problema neurológico. Essa afirmação vem do fato de que algumas doenças afetam secundariamente o sistema nervoso. Na realidade muitos problemas sérios de doenças neurológicas são desse tipo como: febre baixa, anemia, hipertensão, problemas cardiológicos ou pulso irregular (Adams, 1997).

3.5.2.4 Exames de Laboratório

A utilização dos exames de laboratório pode ser feita após um exame clínico rigoroso sobre o paciente. É provável que a análise e interpretação de dados extraídos cuidadosamente através do histórico e exame do paciente possa ser adequado para se fazer o diagnóstico. Exames de laboratório não fazem mais do que colaborar com o exame clínico. Entretanto, detectou-se que a natureza da doença não é detectada apenas fazendo-se o estudo de casos e que isso ocorre com freqüência. O diagnóstico pode ser reduzido para dois ou três tipos e não se sabe

qual é o correto. Diante disso, será selecionado um conjunto de exames laboratoriais que auxiliarão no diagnóstico médico, que complementam os dados clínicos. O planejamento dos exames de laboratório é feito de acordo com as informações clínicas. Em Neurologia o principal objetivo é a prevenção de doenças neurológicas que afetam o cérebro provocando efeitos irreversíveis. Dessa forma o método clínico se torna inadequado surgindo então a necessidade de recorrer a dois métodos: método de informações genéticas e método de exames laboratoriais. As informações genéticas proporcionam ao neurologista identificar pacientes que possuem o risco em desenvolver certas doenças, permitindo assim fazer a busca de indícios biológicos antes do aparecimento dos sintomas ou sinais. Os exames bioquímicos são acessíveis a maioria da população e permite a descoberta de doenças neurológicas em indivíduos que apresentam os primeiros sintomas. Dessa forma o tratamento pode ser aplicado antes do sistema nervoso ser afetado. Na Neurologia preventiva o método laboratorial pode preceder o método clínico.

Há poucas décadas atrás existiam poucos exames laboratoriais disponíveis ao neurologista como: apunçutura lombar e exame de uma porção do fluido cérebro-espinhal, radiografia do crânio e coluna vertebral, contraste mielográfico, pneumo-encefalográfico e eletroencefalográfico. Atualmente novos métodos de exames de laboratório surgiram nessa área devido aos avanços tecnológicos. Alguns deles são tão impressionantes que possibilitam a tentação de substituí-los pelo histórico detalhado e exame físico do paciente, que dessa forma, deve ser evitado. Na Neurologia é um fato que em mais da metade de uma série de exames de laboratório feitos cuidadosamente em pacientes não confirmam o diagnóstico. Naturalmente o neurologista deve se familiarizar com todos os exames de laboratório considerados relevantes para doenças neurológicas, seus riscos e sua confiabilidade.

Logo abaixo é feita uma descrição sobre uma variedade de exames de laboratório que são aplicados a uma variedade de doenças neurológicas (Adams, 1997).

i) Punção Lombar e Exame do Liquor Cefalo-Espinal

As informações são obtidas através do exame do liquor cefalo-espinhal (CSF). É indicado para:

- Obter a medida de pressão e obter uma amostra do CSF para um exame celular, citológico, químico e bacteriológico.
- Auxiliar na terapia pela administração: da anestesia espinhal, de agentes antibióticos

ou antitumores ou para reduzir a pressão CSF.

- Injetar substâncias radiopacas (substâncias não transparentes aos Raios-X), tais como mielografia ou agente radioativo.

A punção lombar oferece um certo risco se a pressão do CSF for alta.

ii)- Exame Radiográfico do Crânio e Espinha

Os filmes planos do crânio foram, por um longo período, uma parte da rotina de estudos dos pacientes com problemas neurológicos. Hoje é evidente que as informações úteis obtidas por esse tipo de procedimento é relativamente pequena. Mesmo em pacientes com danos na cabeça o procedimento de radiografia do crânio tem se mostrado ineficiente. Uma fratura é encontrada em apenas um dos 16 casos, com um custo alto além de oferecer um pequeno risco de exposição à radiação. Mesmo assim os filmes planos do crânio são utilizados em demonstrações de fraturas, mudanças no contorno do crânio, erosões em ossos e hiperostose, infecções em sinusites paranasais e mastóides. Os filmes planos também são utilizados na espinha para demonstrar lesões destrutivas das vértebras, fraturas e doenças.

Recentes avanços em Neuroradiologia e na própria Neurologia tornaram possível o desenvolvimento da Tomografia Computadorizada (TC) e Imagem de Ressonância Magnética (IRM).

iii) Tomografia Computadorizada

A Tomografia Computadorizada (TC) foi criada por Godfrey Hounsfield e Allan Cormack em 1972. É constituída de um aparelho de Raios x bem mais complexo que o convencional. Os coeficientes de atenuação de Raios x do crânio, CSF, as tonalidades cinza e branca do cérebro e os vasos sanguíneos são medidos com a assistência do computador (Adams, 1997). A imagem de Raios x comum é plana obtida através da projeção em duas dimensões do interior do corpo do paciente. Nas máquinas de tomografia a ampola que emite os Raios X gira totalmente em volta do corpo do paciente emitindo Raios X em 360 graus.

Através da Tomografia Computadorizada foi possível obter a visualização tridimensional dos órgãos em geral e particularmente do cérebro. Mesmo que o resultado visual da Tomografia Computadorizada seja monocromático, ou seja, mostra apenas os vários tons do cinza ao total preto ao branco, são muito mais numerosas que as variações de tons de cinza dos Raios X convencional. Uma imagem obtida através de Raios X convencional possui uma variação de

30 escalas de cinza no máximo, enquanto que nas imagens de Tomografia Computadorizada essa variação chega a 200 escalas de cinza. Essa variação da cor é que permite identificar a densidade do tecido examinado, sua constituição óssea, tumoral, líquida, etc. Tanto a Tomografia Computadorizada como a técnica mais recentemente de Ressonância Nuclear Magnética, têm ajudado significativamente no estudo do Sistema Nervoso Central, auxiliando na perfeita localização, focalização, caracterização e delimitação de tumores (Ballone, 2000).

iv) Ressonância Magnética Nuclear

A Ressonância Magnética é o método mais recente de diagnóstico por imagem conhecida desde 1940, inventada por Purcell e Bloch, cuja principal característica é a ausência de radiação. Ao invés disso utiliza ondas eletromagnéticas para formação de imagens e tem sido um dos melhores exames no campo da ortopedia, neurociências e neurocirurgia. A Ressonância Magnética permite extrair “fatias” de imagens do cérebro em qualquer plano. Possui uma grande vantagem em relação à TC, pois além de utiliza energia não ionizada oferece uma melhor resolução de diferentes estruturas do cérebro e outros órgãos. A Ressonância Magnética é um método que aproveita as propriedades naturais dos átomos, que existem existentes no corpo humano, para criar uma imagem de um local específico. Por não utilizar a radiação ionizada, a Ressonância Magnética é um método mais inócuo que os Raios X tradicionais ou que a Tomografia Computadorizada.

São hoje muito diversas as aplicações clínicas da Ressonância Magnética destacando-se entre as mais importantes o estudo do crânio, coluna e do sistema músculo-esquelético (Ballone, 2000).

v) Eletroencefalograma

O eletroencefalograma (EEG) vem sendo utilizado desde 1929. É uma técnica de exame cerebral que se baseia nos registros das atividades elétricas do cérebro que foi descoberta do psiquiatra alemão Hans Berger. O eletroencefalograma é utilizado em Neurologia e psiquiatria, principalmente para auxiliar no diagnóstico de doenças do cérebro, tais como: epilepsia, distúrbios do sono e alguns tipos de tumores cerebrais. O exame é realizado colocando-se eletrodos sobre a pele da cabeça do paciente conectado um poderoso amplificador de corrente elétrica. Todas as oscilações da corrente são captadas e registradas em uma tira de papel sob a forma de ondas. Os eletroencefalógrafos mais modernos permitem registrar simultaneamente até 40 canais (eletrodos). As características das ondas elétricas

cerebrais, sob o ponto de vista fisiológico, variam de acordo com o funcionamento do cérebro. Isso quer dizer que quando um indivíduo está dormindo, acordado sonolento ou em coma os sinais elétricos provenientes do cérebro se alteram, chegando a apresentar grandes variações.

A partir da observação dos traçados dos canais, o neurologista que interpreta o EEG é capaz de deduzir exatamente onde está situado o problema. Entretanto, a interpretação pessoal dos traçados é muito difícil quando o número de canais é grande ou a natureza da anomalia é complexa. Até pouco tempo atrás os exames obtidos através de EEG estavam estagnados, perdendo espaço para outros métodos de exame e de diagnóstico. O método de encefalograma melhorou bastante através da associação da informática com os métodos encefalográficos. Através dessa associação foi possível utilizar softwares de cálculos matemáticos complexos para realizar os mapeamentos cerebrais coloridos. Este tipo de exame é chamado de EEG Quantitativo, ao contrário do exame tradicional que faz uma avaliação qualitativa. Através do mapeamento cerebral colorido gerado pelos computadores e pelas impressoras coloridas é possível obter uma topografia cerebral além de avaliar a quantidade da atividade elétrica de uma determinada região através das diversas tonalidades de cor. O EEG Quantitativo proporciona uma avaliação mais precisa da atividade cerebral, proporcionando uma visão gráfica mais precisa das alterações elétricas bem como sua localização. Através da utilização da informática é possível produzir animações dinâmicas das imagens cerebrais facilitando, dessa forma, o estudo da função cerebral e do cérebro em ação.

O exame de EEG Qualitativo é mais indicado na localização precisa de tumores cerebrais, assim como outras doenças do cérebro tais como epilepsia, alterações vasculares e derrames (Ballone, 2000).

Os exames de EEG podem ser utilizados para os seguintes diagnósticos (Adams, 1997):

1. **Epilepsia** – O EEG é capaz de captar todos os tipos de epilepsias registrando a mais simples anormalidade do cérebro, permitindo dessa forma, detectar todos os tipos de ataques epiléticos genéricos;
2. **Tumores cerebrais, abscessos e encefalites** – As lesões na massa intracranial estão relacionadas com características anormais no EEG, dependendo do tipo e localização;
3. **Doenças degenerativas** - como Alzheimer e outras doenças que causam problemas sérios no córtex cerebral.
4. **Traumas cerebrais** – Podem provocar características anormais no EEG, entretanto o distúrbio cerebral responsável pela alteração do EEG é temporário e pode

desaparecer por semanas ou meses.

5. **Doenças que causam coma e estado de enfraquecimento da consciência** - O exame de EEG é anormal em quase todas as condições em que existe enfraquecimento da consciência.

vi) Eletromiografia (EMG)

Registro da atividade elétrica das fibras musculares através de inserção de um eletrodo em forma de agulha no ventre muscular; registro das alterações nos potenciais gerados pelas unidades motoras, assim como detecção de atividade elétrica espontânea anormal (fasciculações ou fibrilações). O eletromiograma é representado por uma curva. É obtido, introduzindo-se no músculo uma agulha especial. Diagnostica a presença de lesões em nervos sensitivos ou motores.

Particularmente útil na identificação das alterações neurogênicas (denervação e re-enervação) dos músculos; localização do sítio da lesão pela distribuição das alterações nos diferentes músculos permitindo a esquematização do nervo, nervos, troncos ou plexos afetada; a recuperação das lesões dos nervos pode ser predita ou confirmada por estudos seriados (CAVB, 2001).

vii) Eletroneuromiografia

A eletroneuromiografia é considerada o teste funcional mais importante do Sistema Nervoso Periférico nos dias atuais. Baseando-nos no conhecimento da função normal do tecido nervoso e muscular, pode-se estudá-los na Clínica, aplicando técnicas e equipamentos sofisticados, que possibilitam a definição de uma série de parâmetros importantes como:

- Medir a velocidade com que o impulso nervoso viaja por cada um dos diferentes nervos;
- Definir se todas as suas fibras estão funcionando ou não;
- Determinar a intensidade da contração dos músculos, dentre uma série de outras análises que nos permitirão definir a presença de processos patológicos.

Uma série de patologias pode ser diagnosticada pela eletroneuromiografia como as neuropatias periféricas, as compressões de nervos periféricos, doenças dos neurônios motores, radiculopatias. Especificamente nas neuropatias a eletroneuromiografia é o único método diagnóstico efetivo, não existindo qualquer substituto efetivo. Estas doenças apresentam em

geral sintomas de dormências, formigamento, fraqueza, dores, insensibilidade, dentre outros, que sendo pouco específicos e comuns entre as várias doenças, tornam seu diagnóstico clínico difícil.

A patologia mais estudada e mais diagnosticada nos laboratórios de eletroneuromiografia é Síndrome do Túnel do Carpo. Por ser a Neuropatia Periférica mais encontrada, é extremamente conhecida. Tem recebido especial atenção em tempos recentes devido à sua correlação com doenças profissionais, sendo considerada uma das englobadas no mundo das DORTs. Apesar de sua intensa divulgação, muitos casos de Síndrome do Túnel do Carpo não são devidamente diagnosticados, ou o são tardiamente, quando já se sobrepõe algum grau de incapacidade funcional. Dispomos de técnicas extremamente sensíveis e precisas para diagnosticar as compressões do Nervo Mediano no punho em fases extremamente precoces, onde as queixas são ainda mínimas, permitindo tratamentos muito mais simples e efetivos, e principalmente, prevenindo as possibilidades de incapacidades. A Eletroneuromiografia é hoje um teste imprescindível na condução de pacientes com doenças do Sistema Nervoso Periférico, especialmente aqueles nas quais a indicação cirúrgica é uma das possibilidades, nos quais é importante a documentação do quadro pré-operatório afim de que se possa comparar com o Pós-operatório, permitindo acompanhamento e reavaliação adequados. Merecem ainda especial atenção os pacientes portadores de Diabetes, que com frequência desenvolvem neuropatias em alguma fase de sua evolução (Coelho, 2000).

viii) Potenciais evocados

Eletrodos superficiais localizados na pele registram e os computadores analisam a atividade elétrica do Sistema Nervoso Central SNC que segue a estimulação contínua dos receptores sensoriais periféricos que podem ser:

- **Resposta evocada auditiva do tronco encefálico** – estímulos de *cliks* gerados através de um fone de ouvido para definir os potenciais nas vias auditivas.
- **Potenciais evocados visuais** – estímulos de *flashes* estroboscópicos ou mudanças de imagens padronizadas sobre telas de TV (potenciais evocados por mudanças de padrões visuais) para definir potenciais nas vias visuais.
- **Potenciais evocados somatosensoriais** – estímulos elétricos de pequena amplitude nos nervos periféricos para definir as vias somatosensitivas na medula espinal e tronco encefálico.

Particularmente útil na definição de doenças dos tratos da substância branca encefálica ou medular (tal como ocorre na esclerose múltipla); também usado para monitorar a integridade do tronco encefálico e medula espinal em pacientes anestesiados durante procedimentos neurocirúrgicos e para avaliar a integridade do tronco encefálico nos comas (CAVB, 2001).

ix) Angiografia

Essa técnica foi desenvolvida nos últimos 50 anos, sendo considerada uma técnica segura e valiosa para diagnóstico de aneurisma, malformação vascular, estreitamento e obstrução de artérias e veias. Desde o surgimento da Tomografia Computadorizada e da Ressonância Magnética, o uso da angiografia ficou praticamente restrito ao diagnóstico dessas doenças.

Essa técnica tem início após uma anestesia local no paciente. Em seguida uma agulha é colocada na artéria do fêmur ou do braço; uma cânula passa através de uma agulha junto à aorta e os ramos arteriais que são visualizados. Desse modo, um contraste médio pode ser injetado para visualizar o arco da aorta, a fonte da carótida e sistemas vertebrais, a extensão desses sistemas ao redor da nuca para o interior da cavidade cranial.

A angiografia não é totalmente sem risco. Uma alta concentração de material injetado na artéria pode provocar algumas complicações no paciente apresentando uma taxa de 2,5 % de mortalidade no uso desse procedimento (Adams, 1997).

x) PET e SPECT

A Tomografia por Emissão de Posítron (Positron Emission Tomography -PET) surgiu através de outra técnica criada na década de 60 e chamada de mapeamento de tireóide (cintilografia de tireóide). O procedimento consistia na injeção de iodo radioativo no paciente, que era capturado por glândula tireóide e uma câmara que detectava os raios gama provenientes do iodo radioativo onde se produzia uma imagem radioativa a cores em um papel. A imagem era composta por pontos cuja densidade variava conforme o metabolismo da tireóide em uma determinada área. Isso quer dizer que conforme a célula absorvia mais iodo maior era sua atividade e densidade da imagem gerada. Dessa forma era possível visualizar partes da glândula que funcionavam bem ou mal.

O PET possui o mesmo princípio, mas contém acréscimos de novas técnicas e modernos recursos de informática. Primeiro injeta-se uma substância radioativa no paciente (chamada de traçadora) que será absorvida pelo cérebro. Dessa forma as células mais ativas do cérebro

absorverão mais substância traçadora, pois seu metabolismo é mais acelerado e dessa forma necessita mais de energia. Nesse processo há uma liberação de raios gama, através da colisão de um pósitron com um elétron, que são captados pelo aparelho de PET.

A técnica de Tomografia Computadorizada com Emissão Simples de Fóton (Single Photon Emission Computed Tomography – SPECT) surgiu através do aprimoramento da técnica de PET. A liberação de raios gama é provocada por fótons ao invés de positrons. Cada tom no mapeamento cerebral tem um significado. A cor preta identifica atividade nula e a cor branca identifica atividade intensa. As tonalidades podem variar em uma escala de cinza que podem ser mapeadas para as cores do arco-íris, com cada cor representando suas respectivas intensidades. Essas técnicas permitem analisar o fluxo sanguíneo do cérebro, a intensidade do metabolismo no tecido, neuro-receptores e metabolismo de glicose e aminoácidos (Ballone, 2000).

3.6 Conclusão

Este capítulo apresentou uma visão geral da influência da informática na medicina, bem como, as mudanças de hábitos e posturas diante dos registros médicos eletrônicos. Também relata a falta de uma linguagem padronizada adequada para os registros dos pacientes em consultórios médicos e hospitais.

Mostrou-se a importância de sistemas que utilizam métodos da Inteligência Artificial (I. A.) para a tomada de decisões médicas específicas a partir de um banco de dados clínicos.

Também foi apresentado o Raciocínio por Casos no diagnóstico médico, mostrando ser como uma ferramenta ideal para a tarefa de diagnóstico, bem como os sistemas médicos que utilizam RBC.

Finalmente apresentou-se o domínio da Neurologia, sua importância, os procedimentos utilizados no diagnóstico, bem como os principais exames neurológicos e de laboratório e a interpretação das informações no processo de diagnóstico médico.

No próximo capítulo serão apresentados os detalhes de uma aplicação de RBC no diagnóstico neurológico, bem como os aspectos da implementação de um protótipo voltado para esse domínio.

Capítulo 4

Descrição das Metodologias Utilizadas – Aplicação Prática de RBC na Neurologia

4.1 Introdução

O capítulo proposto, aborda as técnicas utilizadas no projeto de um protótipo aplicado ao diagnóstico médico no domínio da Neurologia. Esse protótipo recebeu a denominação de “Neurocase”. Dessa forma, o capítulo tem como objetivo fazer a descrição da metodologia que fornece os meios e o conhecimento que tornaram viável a pesquisa sobre casos neurológicos através de um sistema de Raciocínio Baseado em Casos. A metodologia trata da conversão de textos em casos e baseia-se em conhecimento extraído do especialista pertencente ao domínio da Neurologia. A metodologia é descrita em dois níveis a partir da seção 4.2, que está focada na aquisição de conhecimento. Nessa seção é descrita a metodologia para a aquisição do conhecimento que foi extraído para a representação e indexação dos casos, indo de acordo com etapas necessárias para a construção de um sistema de RBC. Na seção 4.3 é descrita a aplicação do conhecimento extraído de casos clínicos, abordando-se sua organização e recuperação na base de casos.

Será feita a apresentação de um modelo conceitual do tipo Entidade Relacionamento (ER), bem como uma visão gráfica das entidades envolvidas para uma melhor compreensão do trabalho.

Também é apresentado em destaque o método de indexação implementado no trabalho para atributos multivalorados, através do uso de cadeias de caracteres.

Finalmente faz-se um comentário sobre a retenção dos casos e logo em seguida a conclusão do capítulo.

4.2 Metodologia para Aquisição de Conhecimento, Representação e Indexação de Casos

A partir desse momento será dado início às metodologias que permitiram a implementação do protótipo Neurocase. Essas metodologias são utilizadas para a aquisição, representação e indexação de casos, seguindo as etapas essenciais para a construção de sistemas de RBC.

4.2.1 Extração do Conhecimento

Sendo uma aplicação voltada para a Neurologia, escolheu-se um profissional dessa área para fazer parte desse projeto como especialista humano. Procurou-se alguém que estivesse disposto a colaborar e que, de alguma forma, tivesse uma base de casos clínicos documentados.

O primeiro passo foi obter do especialista uma avaliação preliminar das experiências do domínio associando-as às tarefas do sistema, bem como as possíveis fontes e análise desse conhecimento. O passo seguinte foi o planejamento da estrutura representacional desses casos bem como sua indexação a partir das características extraídas da fonte de conhecimento.

Após uma avaliação preliminar das experiências do domínio e associação dessa experiência às tarefas do sistema, partiu-se para o processo de aquisição do conhecimento. Esse processo de aquisição é descrito em etapas conforme os tópicos abaixo.

a) Identificação e Estudo do Problema

Através do especialista foi feita a delimitação do problema para o domínio da aplicação baseando-se em seus conhecimentos práticos. Dessa forma, através de entrevistas e dos registros de casos relatados na sua prática profissional, foi possível identificar o vocabulário utilizado pelo especialista, além de sua rotina no diagnóstico médico. De início pensou-se em abranger apenas algumas classes de problemas neurológicos dentro do domínio. Posteriormente considerou-se importante a definição de qualquer ocorrência dentro do domínio da Neurologia antes da implementação do protótipo.

b) Entrevistas com o Especialista

Foram marcadas diversas entrevistas com a finalidade de esclarecer o processo de diagnóstico médico geral e específico do domínio. Foram essas entrevistas que permitiram a compreensão do domínio, bem como o processo de indexação de um caso, além de esclarecer dúvidas sobre

os procedimentos corretos para interpretação do conhecimento.

Nas primeiras entrevistas foram discutidas questões gerais sobre o diagnóstico, definindo seus passos e características de acordo com a conduta a ser seguida por qualquer neurologista e alguma particularidade adotada pelo especialista. Procurou-se questionar ao máximo possível o raciocínio e a conduta do especialista diante de um novo problema a ser solucionado.

Após essas entrevistas, foi feita uma análise das informações obtidas permitindo a construção de listas de conceitos ou objetos, verificando-se as relações existentes entre eles. Todas essas informações foram confirmadas junto ao especialista, com o objetivo de validar os conceitos e se as relações estavam corretas.

c) Análise do Conhecimento

Antes de se fazer a análise do conhecimento, procurou-se estabelecer quais seriam as fontes de conhecimento para a geração da base de conhecimento. Entretanto, foi definido claramente que na escolha da fonte de conhecimento seria necessário considerar os aspectos da metodologia RBC como: presença de um problema, uma solução para esse problema e seus possíveis resultados da aplicação da solução. Essas definições foram esclarecidas para o especialista que entendeu perfeitamente as suas necessidades em relação ao objetivo do trabalho. Diante disso, o especialista observou que tinha um conjunto de casos clínicos publicados por diversos profissionais da área, cuja descrição apresentava-se na forma textual. Na análise desses casos clínicos, foi possível confirmar a presença dos aspectos da metodologia de RBC para a representação dos casos e para o prosseguimento do trabalho. Dessa forma procurou-se estabelecer as seguintes exigências :

- Os casos devem estar corretos e efetivos para a composição da base de conhecimento. O sistema de RBC só é confiável se a base de casos se constitui de casos confiáveis;
- Cada caso deve possuir os métodos de solução de cada problema apresentado – cada solução deve estar associada aos mesmos conjuntos de atributos.

d) Representação do Conhecimento

Kolodner (1993) afirma que o formato representacional em particular utilizado é menos importante do que o correto conteúdo do caso. Segundo seu relato, os sistemas de RBC implementados utilizavam tipos diferentes de estruturas de representação que não influenciavam no processamento que precisava ser feito. Os resultados obtidos desses

sistemas deixaram claro que o mais importante é especificar corretamente o conteúdo dos casos na representação. Segundo Kolodner (1993) uma estrutura de representação simples e bem próxima, desde que se conheça o conteúdo que se deseja adicionar a um caso, é a representação do tipo formulário. Este formato lembra registros de banco de dados constituído por atributos e valores. Este formalismo pode ser utilizado nos sistemas de RBC para representar casos em estruturas organizacionais planas.

Dessa forma, a representação do conhecimento aqui adotado é o modelo de formulário, por ser simples e por permitir a representação dos casos proposto nesse trabalho.

4.2.2 Representação dos Casos

É importante lembrar que um caso é um pedaço contextualizado de conhecimento, onde são feitas associações entre soluções e problemas, resultados e situações. A representação dos casos é uma tarefa essencialmente baseada em conhecimento e depende das etapas necessárias para a aquisição de conhecimento conforme visto na seção 4.2.1. Os descritores podem descrever o caso, sua solução, bem como outras informações importantes sobre o conteúdo e o seu contexto. Assim, os descritores podem assumir diferentes funções, tais como descrever o caso, indexar o caso para orientar na recuperação, descrever soluções e armazenar informações sobre o resultado do uso do caso, (Kolodner, 1993).

A influência do conhecimento especialista na modelagem de descritores deve atender as seguintes funções: descrição do caso, indexação do caso e sugestões de soluções para cada caso. A determinação de quais dos descritores serão úteis na solução de um problema similar não é uma tarefa trivial. Na busca por descritores, Kolodner ensina sobre a importância da identificação das lições que os casos ensinam e o contexto em que estas ocorrem. Esta lição representou uma grande contribuição no desenvolvimento da abordagem escolhida para esse trabalho. Dentro de um domínio específico de conhecimento, os especialistas podem indicar quais as situações que são consideradas lições. Os descritores que descrevem as soluções também podem ser projetados por especialistas do domínio, na medida em que é feita uma identificação precisa do que é uma solução para um determinado problema.

Na representação de um caso é necessário definir as principais características que devem estar presentes em um caso para que englobe o espaço de problemas e de soluções conforme a Figura 4.1 (Leake, 1996).

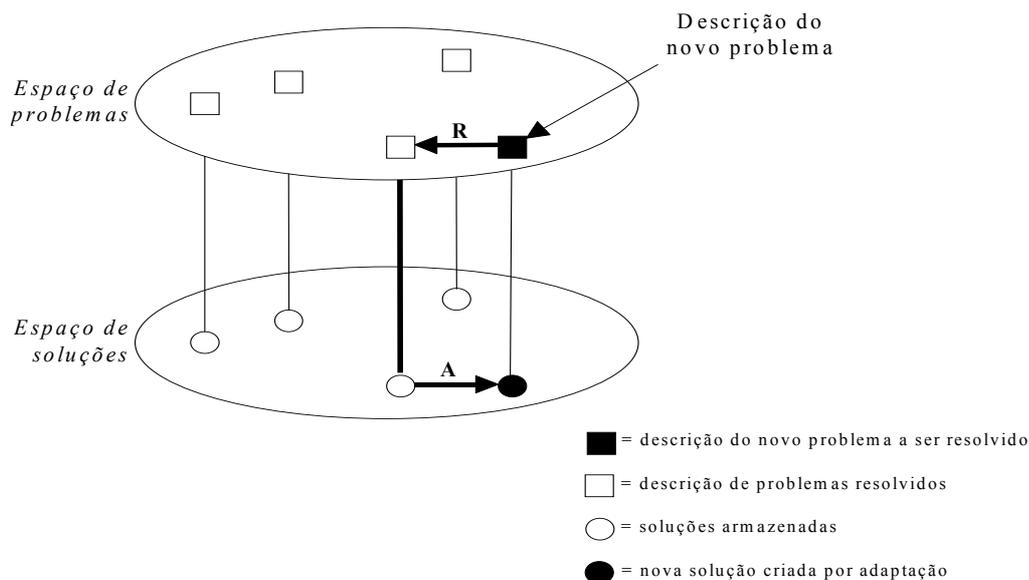


Figura 4.1: Espaços de problema e de solução.

Dessa forma, foram definidos os descritores relevantes para a representação e indexação dos casos através do especialista e do engenheiro do conhecimento. O especialista indicou quais características importantes deveriam ser consideradas para fazer a cobertura dos casos referentes ao domínio da neurologia e o engenheiro do conhecimento procurou validar a cobertura desses índices.

Nesse trabalho um caso é representado na forma de atributo-valor. A Tabela 4.1 mostra os atributos com as informações que identificam, fornecem as soluções e o resultados de cada caso descrito de forma textual.

Atributo	Descrição
Código	Identificação do Caso
Grupo Patológico	Especifica qual o grupo o diagnóstico pertence. Os diagnósticos são feitos de acordo com esse grupo patológico que é definido pelo especialista de acordo com o quadro clínico do paciente.
Sexo	Sexo do paciente
Cor	Cor do paciente
Profissão	Profissão que o paciente exerce
Historia Gerada	É a história referente aos atributos da tabela 4.1 que foram selecionados (Descrição do problema)
Diagnóstico1 e Diagnostico2	Diagnóstico do médico – (1ª parte da Solução) Diagnostico1 (problema neurológico) Diagnostico2 (outro problema que afeta o sistema neurológico)
Tratamento	Tratamento recomendado para os diagnósticos (2ª Parte da Solução)
Evolução	Acompanhamento da solução (Resultados obtidos)
Comentários	Quaisquer observações feitas pelo médico
Referência	Indica a referência do caso na literatura
Similaridade	Valor da similaridade (preenchido no casamento se o caso for alvo)

Tabela 4.1: Atributos de um caso.

No sistema os atributos *diagnóstico1*, *diagnóstico2* e *tratamento* sugerem soluções para o problema. Os resultados podem ser observados através dos valores dos atributos *evolução e comentários* que podem apontar para um sucesso ou fracasso durante a aplicação da solução ao problema.

4.2.3 Indexação dos Casos

É a indexação dos casos que possibilita a recuperação de casos mais similares presentes na base de casos. Também permite fazer a diferença entre um caso e outro. O conjunto de índices corretos em qualquer sistema de RBC depende do que é considerado significativo para esse sistema, (Schank,1982). De acordo com Kolodner (1993), os índices representam uma **interpretação** de uma dada situação. Essa interpretação é baseada nas características de cada caso, que devem ser escolhidas cuidadosamente, pois implica na recuperação dos casos mais úteis. Os vocabulários de indexação também são muito importantes, pois representam o conjunto de símbolos que irão cobrir o domínio proposto.

A metodologia utilizada para converter textos de casos clínicos em casos de RBC foi dividida em dois estágios. O primeiro refere-se à aquisição de conhecimento no intuito de definir o conteúdo e o contexto que deve compreender os casos para cumprir a tarefa do sistema, conforme visto na seção 4.2.1. O segundo estágio visa a definição dos atributos que englobam todos os pontos que melhor representem as experiências descritas nos diagnósticos neurológicos, sempre vislumbrando o cumprimento da tarefa proposta.

As características definidas seguiram o processo de diagnóstico do capítulo 3 (seção 3.5.2), no que diz respeito ao agrupamento dessas características tais como: a história do paciente (anamnese), exames neurológicos e os exames complementares.

A metodologia escolhida para a seleção dos índices dos casos desse sistema foi a metodologia manual, que faz um paralelo com a metodologia para determinar o vocabulário de indexação. O critério escolhido foi a utilidade do caso, ou seja, a solução sugerida em cada um deles. A indexação é realizada no momento da geração do caso. Dessa forma, criam-se duas estruturas de indexação. Uma estrutura retrata o problema ocorrido de forma fiel aos fatos e uma outra registra apenas as características relevantes na solução de um caso.

4.2.3.1 Atributos de Indexação

Cada atributo do conjunto de atributos pertencentes à indexação do caso pode ser visto como

um índice contendo seus respectivos valores. Esses valores fazem parte do vocabulário de indexação que cobre o domínio para aquele índice. Esses atributos podem conter valores do tipo *monovalorados* ou *multivalorados*. Os atributos monovalorados são definidos em termos de um único valor de um conjunto de valores correspondente ao seu vocabulário, para a determinação da similaridade do atributo. A Tabela 4.2 mostra os atributos escolhidos para a indexação de cada caso armazenado na base de casos clínicos neurológicos. Vale lembrar que são os mesmos atributos utilizados na recuperação.

Nome Atributo	Tipo
História (anamnese): Idade Sexo Início (Evolução Temporal) Evolução da Doença	Monovalorado
História (anamnese): Queixa principal Especificação dos Sintomas Sintomas Associados Antecedentes Patológicos Antecedentes Patológicos na Família	Multivalorado
Exames Neurológicos: Linguagem, Estado Mental, Marcha, Nervos Cranianos, Função Motora, Reflexos, Movimentos Anormais, Sinais Especiais, Coordenação e Sensibilidade	Multivalorado
Exames Complementares: EEG, CT, RNM, EMG, LCR , Poligrafia, Hemograma, Imunologia , Biópsia muscular , VitaminaB12 e Outros Exames	Multivalorado
Exames Complementares: Hormônios	Monovalorado

Tabela 4.2: Atributos (índices) utilizados na recuperação de um caso.

No capítulo 3, foi identificado o processo de diagnóstico médico realizado pelo especialista. Conforme esse processo, as características presentes podem ser agrupadas de acordo com esse processo. Esse agrupamento é mostrado nos tópicos abaixo.

a) **Descritores da História do Paciente (anamnese)**

A anamnese identifica o registro da história clínica do paciente, relacionando os sintomas apresentados com as possíveis morbidades. Para isso, o médico deve estabelecer uma relação médico-paciente muito honesta para colher os dados considerados importantes, segundo seu julgamento, juntamente com aqueles que afligem o paciente. Diante disso e da análise do conhecimento junto ao especialista foram identificados os seguintes descritores:

- **Idade** – permite a identificação da faixa etária descrita pelo especialista e que tem

relação com algumas doenças neurológicas.

- **Sexo** – de acordo com o sexo é possível identificar doenças que ocorrem mais em um sexo do que em outro;
- **Queixa principal** - Expressa uma informação resumida do problema. Direciona a coleta da história clínica. É o ponto de partida para qualquer *anamnese*. Aqui o médico registra o motivo principal que o trouxe à consulta.
- **Início (Evolução Temporal)** – perfil temporal dos sintomas. Dá uma indicação da etiologia da doença. Ex: em Neurologia, doenças vasculares são agudas e doenças tumorais são crônicas. Identifica em quanto tempo o problema vem evoluindo.
- **Especificação dos Sintomas** - dá a idéia de que grupo patológico a doença pertence.
- **Sintomas Associados** - conjunto de sintomas que se destacam menos e que são secundários, mas que influenciam na tomada de decisão do diagnóstico. Faz um diagnóstico diferencial entre diversos sintomas. Por exemplo, fotofobia, fonofobia, náuseas, etc;
- **Evolução da Doença** – serve para confirmar ou rejeitar alguma hipótese. Ex: doenças vasculares tendem a melhorar, doenças tumorais tendem a piorar.
- **Antecedentes Patológicos** - dá uma sugestão quanto à etiologia da doença. Ex: um paciente com sangramento cerebral sem hipertensão arterial leva a hipótese de um sangramento por aneurisma. Com a presença de hipertensão arterial leva-se a hipótese de hemorragia cerebral hipertensiva. Registra também uma avaliação do seu modo de vida e do seu estado emocional.
- **Antecedentes Patológicos Familiares** - dá uma sugestão quanto à etiologia da doença com relação ao fator genético. Registram algumas informações familiares que possam ajudar a compreender a doença atual. Informações referentes aos pais, irmãos e parentes próximos são levadas em consideração, abordando-se o aspecto da saúde física e psicológica. Algumas perguntas são feitas pelo especialista tais como: Os avós eram doentes? O que tinham? Houve casos parecidos com o do paciente na família?

b) Descritores dos Exames Neurológicos

Os descritores referentes aos exames neurológicos dos pacientes identificam as funções do sistema nervoso. Esses descritores formam o conjunto de exames que identificam a funcionalidade neurológica do paciente. Esses descritores são: Linguagem, Estado Mental,

Marcha, Nervos Cranianos, Função Motora, Reflexos, Movimentos Anormais, Sinais Especiais, Coordenação e Sensibilidade. Cada tipo de exame está descrito no capítulo 3.

b) Descritores dos Exames Complementares

Os descritores referentes aos exames complementares servem para reforçar ou refutar as hipóteses do diagnóstico. Esses descritores são: EEG, EMG, CT, RNM, Poligrafia, LCR, Hemograma, Biópsia muscular, Bioquímica, Hormônios, Imunologia e Outros_Exames.

4.2.3.2 Técnica de Indexação

Neste trabalho optou-se pela utilização de duas técnicas de indexação: técnica de análise matemática e técnica baseada em explicação (vide seção 2.6.4.1). A técnica de análise matemática é utilizada para computar todas as características que o especialista identificou para o sistema. A técnica baseada em explicação é utilizada para computar apenas as características que o especialista identificou como sendo relevantes para a solução proposta para o problema. Dessa forma, cada caso possui dois métodos de indexação que descreve o tipo de indexação do caso. Portanto, cada caso possui dois arquivos de indexação. Cada arquivo possui diversos índices apontados para cada caso. A Figura 4.2 mostra o processo de indexação.

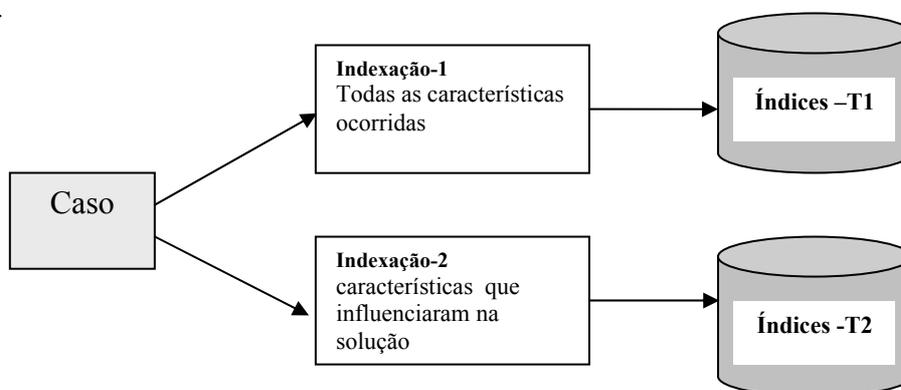


Figura 4.2: Processo de indexação dos casos neurológicos.

Cada caso pode ter todos ou um conjunto desses índices preenchidos na inserção de um novo caso, com seus respectivos problemas e soluções de acordo com sua indexação.

4.2.3.3 Vocabulário de Indexação

No capítulo 2 foi feita uma abordagem sobre o vocabulário de indexação. Kolodner (1993) identifica um vocabulário de indexação como sendo um subconjunto do vocabulário usado na **representação simbólica** e completa dos casos. O conjunto de atributos ou a representação

simbólica escolhida para a indexação dos casos está de acordo com o processo real de diagnóstico utilizado pelo especialista. É bom lembrar que o vocabulário da representação simbólica está ligado ao conjunto de atributos escolhidos, dentre outros, em um caso para a sua recuperação posterior (atributos de indexação). Já o subconjunto dessa representação simbólica representa todos os possíveis valores de um atributo que define o vocabulário propriamente dito e que pode ser consultado no apêndice A. Kolodner (1993) indica 3 aspectos para um bom vocabulário de indexação e o vocabulário escolhido cobre esses aspectos que apresentam as seguintes características:

- (i) **O vocabulário de indexação é geral o suficiente para cobrir a faixa de tarefas dos casos e específico o suficiente para fazer as distinções para cada tarefa** - o vocabulário do protótipo Neurocase fez a abordagem do aspecto geral e específico dos casos a serem cadastrados;
- (ii) **O vocabulário de indexação deve cobrir toda a extensão de casos que serão utilizados mesmo que entre em outros domínios, deixando de ser um vocabulário específico para ser mais geral** – a representação simbólica do Neurocase é baseada em grupos ou classes de doenças que cobre toda a extensão do domínio. Qualquer caso neurológico pode ser cadastrado de acordo com esses grupos. Isso ocorre devido a escolha dos índices apropriados para a representação e cobertura dos casos do sistema. Como cada vocabulário está relacionado com cada índice, ele também se torna apropriado e passa a fazer a cobertura de todos os casos.
- (iii) **O vocabulário de indexação deve antecipar o grau e as direções nas quais o sistema irá se expandir no futuro** – O vocabulário do Neurocase cresce dinamicamente, permitindo que os itens de vocabulário não previstos sejam inseridos para fazer a cobertura e inserção de novos casos.

4.3 Organização e Recuperação dos Casos

Nessa seção será descrita a aplicação prática do protótipo Neurocase de acordo com as metodologias escolhidas para a representação e indexação dos casos.

4.3.1 Geração e Organização da Base de Casos

Sistemas baseados em RBC fazem referência à memória ou base de casos. A memória ou a base de casos é o conjunto de casos que englobam a base de conhecimento referente a um

sistema de RBC. No capítulo 2 foi feita uma descrição sobre o *paradigma de representação e a organização da memória de casos*, que são justamente os dois aspectos a serem considerados na construção da memória ou base de casos. Já foi assumido que a representação de um caso é descrita através de um par atributo-valor. Cada caso é tratado como um exemplar independente. Portanto não existe nenhuma relação entre os casos, a não ser quando for feita uma comparação entre os mesmos. A organização dos casos é feita através de banco de dados relacional que é justificada no capítulo 2.

A indexação e a construção da base de casos seguem o modelo conceitual da Figura 4.3 onde:

- Cada caso foi representado como um registro de banco de dados, contendo a descrição do problema, a solução e os resultados da solução.
- Um caso possui vários tipos de indexação, que no trabalho são de dois tipos, conforme a Figura 4.2 mostrada anteriormente. Cada indexação pertence a apenas um caso.
- Uma indexação possui vários índices associados. Cada índice pertence a apenas uma indexação.
- Cada índice possui apenas um vocabulário associado e vice-versa. Cada vocabulário contém diversos itens (vocábulos) e cada item pertence a apenas um vocabulário. Portanto, cada índice pode conter um item do vocabulário de cada vez (índice monovalorado) ou vários itens ao mesmo tempo (índice multivalorado).

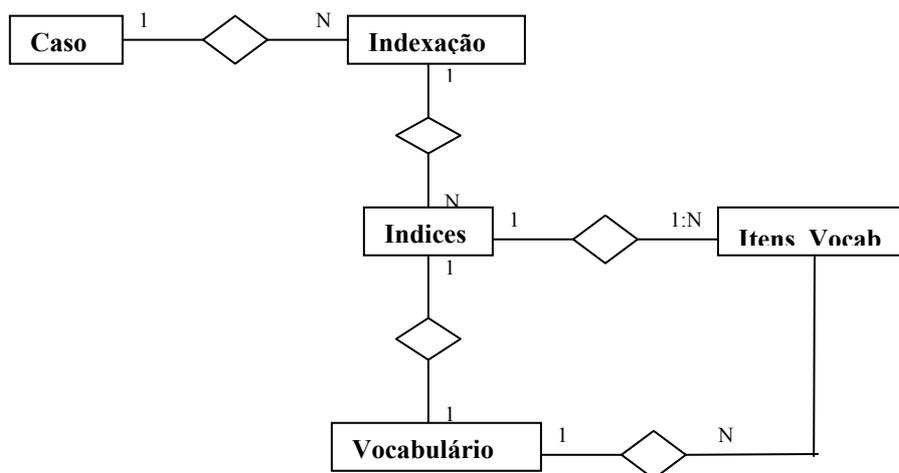


Figura 4.3: Modelo Conceitual (ER) do Neurocase.

A Figura 4.4 mostra uma visão gráfica das entidades envolvidas no modelo conceitual.

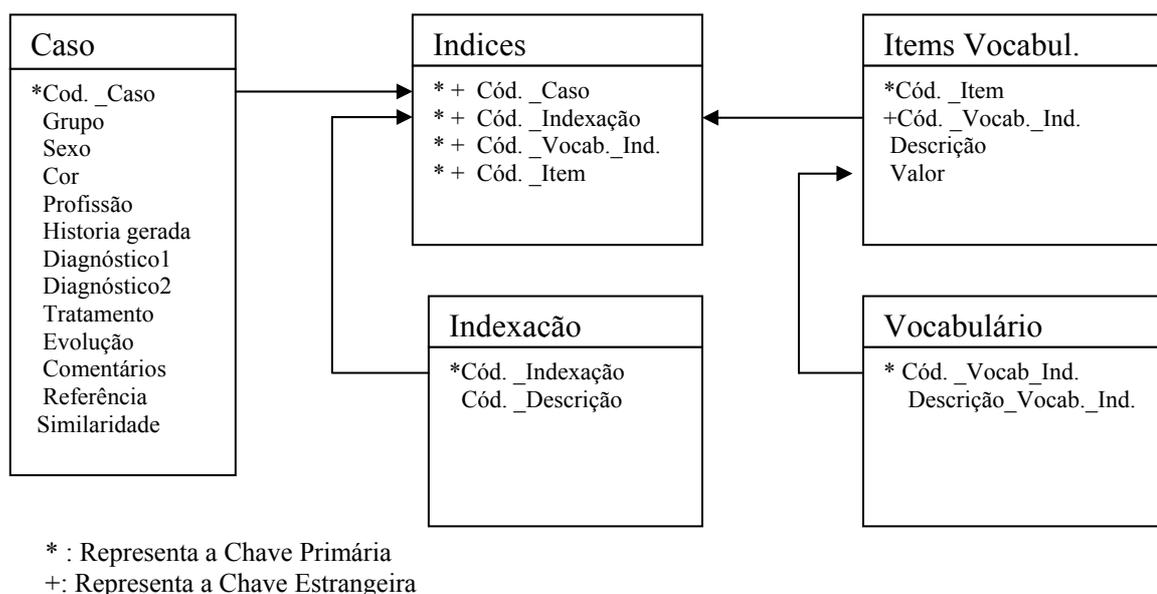


Figura 4.4 : Visão gráfica das entidades.

4.3.2 Recuperação dos Casos

Os casos são recuperados através de *algoritmos de recuperação* que utilizam *funções de casamento de casos* (funções responsáveis pelas medidas de similaridades) e ordenam os casos de acordo com essa medida. O sucesso da recuperação de casos depende de uma *boa indexação* e das *medidas de similaridades* (funções de casamento) entre os casos. A recuperação dos casos é obtida através da aplicação do algoritmo do vizinho-mais-próximo (Nearest Neighbor).

Nesse trabalho, a estrutura utilizada para a recuperação dos casos foi a estrutura de memória linear. A estrutura linear é indicada para métodos de recuperação puramente associativos, sendo que as características de um caso são indexadas independentemente uma das outras. Os casos são armazenados seqüencialmente em uma lista-vetor. A recuperação de casos é feita de forma seqüencial, pela aplicação de uma função de casamento (medida de similaridade) de um caso de entrada com um caso da base de casos, um de cada vez (Kolodner, 1993).

As principais vantagens são: simplicidade do algoritmo, computação da similaridade de todos os casos para avaliação.

A desvantagem é que o desempenho pode ser baixo quando o número de casos na base de casos cresce. Entretanto, esse problema pode ser amenizado através de algoritmos que otimizam a recuperação e através de filtros que são aplicados sobre a base de casos para a escolha de grupos específicos. Após o resgate de um grupo de casos em que se tem interesse

é que se aplica o casamento (medida de similaridade) em cada um deles.

4.3.2.1 Casamento de Casos

A aplicação do algoritmo do vizinho-mais-próximo (Nearest Neighbor) assume que a menor distância entre dois pontos torna-os mais similares. De acordo com Martins (2000), são algoritmos considerados relativamente simples e fáceis de serem implementados. Porém não exploram as riquezas dos atributos quando estes são comparados pela medida da distância do espaço euclidiano. Por exemplo, se a similaridade entre dois objetos A e B for definida apenas pelas distâncias no espaço euclidiano, então a distância do objeto A para o objeto B e do objeto B para o objeto A são simétricas. Existem críticas em relação a esse modelo por considerar apenas fatores quantitativos do tipo distância e quantidade de atributos, não abordando *assimetrias* ou *diferenças entre objetos*. Devido a esse fato, foi implementado um procedimento que considerasse essas assimetrias. Martins (2000) aborda em seu trabalho um *modelo de contraste* desenvolvido por Tversky-Gati e que leva em conta assimetrias ou diferença entre objetos. Suas principais características são:

- Cada objeto Tverskyanos é visto ou caracterizado por um conjunto de atributos ou descritores;
- Associados a cada atributo de certo objeto estão o próprio valor do atributo e também a correspondente *diagnosticidade* desse atributo.

A formulação da função de emparelhamento de atributos, tanto aqueles atributos que são compartilhados ou comuns aos objetos da comparação quanto aqueles atributos não compartilhados, contribuem para a mensuração da similaridade.

Sejam p e i dois objetos em domínios quaisquer. Sejam P e I , similarmente, os conjuntos daqueles atributos que descrevem esses objetos p e i , respectivamente. As relações existentes entre esses objetos são mostradas na Figura 4.5.

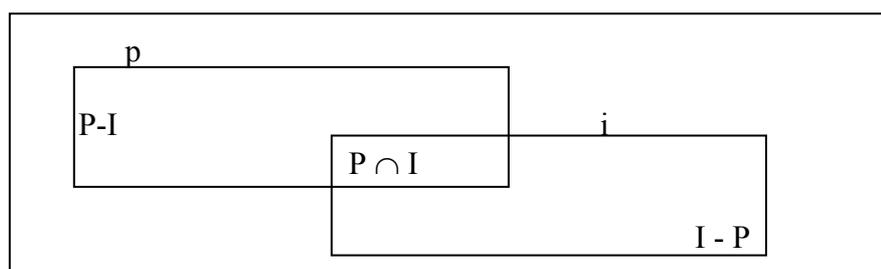


Figura 4.5: Relações entre atributos dos objetos p e i .

Três classes de relações entre atributos de objetos estão presentes na Figura 4.5:

- **$P \cap I$** : representa a relação compreendida pelo conjunto dos atributos compartilhados por ambos os objetos p e i ;
- **$P - I$** : a relação compreendida pelo conjunto dos atributos que estão presentes em p , mas que não são compartilhadas pelo objeto i ;
- **$I - P$** : a relação compreendida pelo conjunto dos atributos que estão presentes em i , mas que não são compartilhadas pelo objeto p .

Essas relações entre atributos e objetos, podem ser aplicadas durante o casamento de atributos multivalorados implementados nesse trabalho, pois sua principal característica é a utilização de assimetrias. Para se compreender melhor o processo de casamento entre os casos é importante destacar alguns conceitos que são descritos nos tópicos abaixo.

a) Caso alvo

É o caso de entrada ou o novo problema a ser solucionado. Esse caso é indexado conforme a descrição do problema.

b) Caso fonte

É o caso que contém uma solução de acordo com o problema correspondente, que está indexado na base de casos. No resgate de um caso mais similar é feito o casamento entre os casos fontes e o caso alvo.

c) Valor do Atributo

Será um valor dado a uma determinada instância do valor do atributo na inclusão de cada caso. Os atributos multivalorados recebem código de valores conforme a faixa de valores permitidos dentro do seu vocabulário. Já os atributos monovalorados recebem valores diferentes conforme uma escala de valores associada ao atributo, que também estão dentro do seu vocabulário. Nesse caso, os atributos monovalorados recebem valores normalizados entre 0 e 1.

d) Diagnosticidade ou Peso do Atributo

É um peso associado ao atributo de modo a expressar a contribuição de cada atributo na

representação de um determinado objetivo. É importante aplicar pesos para o cálculo de similaridade, pois alguns índices contribuem mais do que outros no processo de resolução de problemas. Os pesos também são normalizados e possuem valores que variam entre 0 e 1.

e) Limiar ou Ponto de Corte no Ranking de Casos

Após o casamento agregado é gerado o valor da similaridade do caso alvo em relação ao caso de entrada. No ranking de casos a classificação será do melhor para o pior, ou seja, do maior valor para o menor. Como todos os casos são considerados para efeito de cálculo de similaridades todos irão possuir uma medida de similaridade que poderá ser muito baixa para muitos casos. Dessa forma, é importante implementar um ponto de corte de casos considerados insatisfatório para o especialista em virtude das variações de medidas de similaridades e da aplicação de pesos em função dos valores dos atributos. Por exemplo: uma similaridade cujo valor seja de 0.8 no atributo “Queixa Principal” multiplicado por um peso de 0.5 resultará em 0.4. Sendo assim, há uma opção no sistema que identifica um valor de ponto de corte escolhido pelo próprio especialista antes de fazer a busca do caso mais similar.

4.3.2.2 Funções de Similaridade

Nas funções de similaridades propostas nesse trabalho para o casamento agregado assume-se que quanto maior o valor numa escala entre 0 e 1 maior será a similaridade. As funções ou medidas de similaridades propostas para o casamento dimensional, utilizam algoritmo do *vizinho-mais-próximo* em conjunto com o *modelo de contraste*. O modelo de contraste só pode ser aplicado ao casamento dimensional de **atributos multivalorados**, haja vista que para atributos monovalorados as distâncias sempre são simétricas. A Figura 4.6 mostra a similaridade local para atributos multivalorados e a Figura 4.7 mostra as similaridades locais para atributos monovalorados, observando-se que existem duas funções que podem ser aplicadas para esse tipo de atributo.

$$Sim(CA[i], CF[i]) = \frac{1}{2} * \left(\frac{Card(CA[i], CF[i])}{Card(CA[i])} + \frac{Card(CA[i], CF[i])}{Card(CF[i])} \right)$$

onde: **CA**: Caso Alvo (Caso de Entrada)
CF: Caso Fonte
i: Índice do atributo de 1 a n
Card: Tamanho de um conjunto

Figura 4.6: Similaridade local de atributos multivalorados.

$$Sim (CA [i], CF [i]) = 1 - |CA [i] - CF [i]|$$

$$Sim (CA [i], CF [i]) = \begin{cases} 0, & \text{se } CA [i] \neq CF [i] \\ 1, & \text{se } CA [i] = CF [i] \end{cases}$$

onde: CA: Caso Alvo (Caso de Entrada)
 CF: Caso Fonte
 i : Índice do atributo de 1 a n

Figura 4.7: Similaridade local de atributos monovalorados.

O casamento agregado corresponde à soma das similaridades dimensionais. Dessa forma, a similaridade de um caso alvo (caso de entrada) CA com um caso fonte qualquer CF é dada pela escolha das seguintes funções:

- **Função 01** $Sim(CA, CF) = \sum_{i=1}^n \frac{Sim(AtributoCA(i), AtributoCF(i))}{N^{\circ} \text{ atributos válidos}}$
- **Função 02** $Sim(CA, CF) = \sum_{i=1}^n \frac{Peso(i) * Sim(AtributoCA(i), AtributoCF(i))}{N^{\circ} \text{ atributos válidos}}$
- **Função 03** $Sim(CA, CF) = \frac{\sum_{i=1}^n Peso(i) * Sim(AtributoCA(i), AtributoCF(i))}{\sum_{i=1}^n Peso(i)}$

onde : i- representa o índice do atributo, variando de 1 a n.

N° atributos válidos- representa o maior número de atributos com valores que permitam sua comparação entre os casos

Peso (i)- Valor do peso do atributo *i*

No sistema Neurocase a função “default” é representada pela **Função 02**, por apresentar um bom desempenho na maioria dos casos testados. Porém as outras funções podem ser aplicadas quando não se desejar utilizar pesos (Função 01) ou quando se quiser dar ênfase aos pesos escolhidos para os índices (Função 03). Através dessa função de similaridade agregada, o caso de entrada é casado com o conjunto de casos alvos presentes na base de casos de forma seqüencial.

4.3.2.3 Cálculo de Similaridades Locais

Aqui será feita uma demonstração da comparação de atributos para computar o valor da

similaridade local .

a) Atributos Monovalorados – São aqueles atributos que possuem um conjunto de características inter-relacionadas, em que cada atributo possui um valor que se baseia em uma escala. Atributos monovalorados assumem um papel preditivo no processo de indexação. A similaridade é baseada na distância do vizinho mais próximo (*nearest-neighbor*), conforme a Figura 4.8.

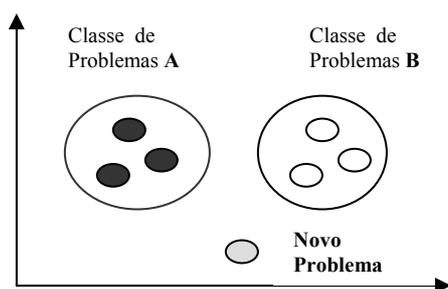


Figura 4.8: Distância entre classes de problemas.

Cada valor do atributo do caso de entrada $\langle \text{Atributo_CA}(i) \rangle : \langle \text{valor} \rangle$ é comparado com o valor do atributo correspondente do caso fonte $\langle \text{Atributo_CF}(i) \rangle : \langle \text{valor} \rangle$ e vice-versa para calcular suas respectivas distâncias.

O valor do atributo corresponde a sua importância ou diagnosticidade. Por exemplo, um casamento dimensional de 3 atributos pode ser:

<Novo Problema>	<Caso Fonte>
$\langle \text{Atributo_CA}(1) \rangle : \langle 0,5 \rangle$	$\langle \text{Atributo_CF}(1) \rangle : \langle 0,6 \rangle$
$\langle \text{Atributo_CA}(2) \rangle : \langle 0,8 \rangle$	$\langle \text{Atributo_CF}(2) \rangle : \langle 0,3 \rangle$
$\langle \text{Atributo_CA}(3) \rangle : \langle 0,9 \rangle$	$\langle \text{Atributo_CF}(3) \rangle : \langle 0,8 \rangle$

A similaridade é calculada pela distância absoluta entre os valores ABS (Atributo_CA(I) - Atributo_CF(I)). Considere as seguintes similaridades:

- Similaridade do atributo 1 - **sim_1** é: $\text{ABS}(0,5 - 0,6) = 0,1$
- Similaridade do atributo 2 - **sim_2** é: $\text{ABS}(0,8 - 0,3) = 0,5$

A **sim_1** possui um valor menor do que a **sim_2**. Quanto menor o valor menor a distância, portanto a **sim_1** é mais similar do que a **sim_2**. Entretanto faremos uma normalização para inverter esse valor. A similaridade a ser considerada nesse trabalho obedece a uma normalização entre 0 e 1. A normalização irá inverter os valores das similaridades subtraindo-se a similaridade de 1.

Sendo assim a similaridade calculada será: $\text{Sim}(i) = 1 - (\text{ABS}(\text{Atributo_CA}(i) - \text{Atributo_CF}(i)))$

Considerando-se a normalização, as similaridades anteriores ficarão da seguinte forma:

- Similaridade do atributo 1 sim_1 é: $1-ABS(0,5-0,6) \Rightarrow 1-0,1=0,9$
- Similaridade do atributo 2 sim_2 é: $1-ABS(0,8-0,3) \Rightarrow 1-0,5=0,5$

A sim_1 possui um valor maior do que a sim_2 . Agora, quanto maior o valor menor será a distância, portanto a sim_1 continua sendo mais similar do que a sim_2 .

Além do valor do atributo, existe um peso que determina a **diagnosticidade do atributo**. Sendo assim cada atributo pode assumir diferentes valores de importância na recuperação de um caso. Dessa forma, a similaridade dos atributos monovalorados será calculada por:

$$Sim(i) = Peso(i) * (1 - (ABS(Atributo_{CA}(i) - Atributo_{CF}(i))))$$

Considere o exemplo dos atributos multivalorados acrescidos de seus respectivos pesos, sendo 0,6 para o atributo_1 e 0,8 para o atributo_2:

$$Sim_Final_Atr(i) = (peso(i) * (Sim_Direta_Atr(i) + Sim_Inversa_Atr(i))) / 2$$

$$Sim_Final_Atr(1) \Rightarrow 0,6 * ((0,33 + 0,50) / 2) \Rightarrow 0,6 * 0,41 = 0,24;$$

$$Sim_Final_Atr(2) \Rightarrow 0,8 * ((0,60 + 0,37) / 2) = 0,8 * 0,48 = 0,38$$

A $Sim_Final_Atr(2)$ Continua tendo um valor maior do que a $Sim_Final_Atr(1)$, porém com uma diferença maior. Considere o exemplo dos atributos monovalorados acrescidos de seus respectivos pesos:

Peso do Atributo	<Novo Problema>	<Caso Alvo>
0,6	<Atributo_CA(1)>:<0,5 >	<Atributo_CF(1)>:<0,6>
0,8	<Atributo_CA(2)>:<0,8>	<Atributo_CF(2)>:<0,3>
1,0	<Atributo_CA(3)>:<0,9>	<Atributo_CF(3)>:<0,8>

Considerando-se as diagnosticidades dos atributos (pesos), as similaridades anteriores ficarão da seguinte forma:

- Similaridade do atributo 1 sim_1 é: $0,6 * (1-ABS(0,5 -0,6)) \Rightarrow 0,6*(1-0,1)=0,54$
- Similaridade do atributo 2 sim_2 é: $0,8 * (1-ABS(0,8 -0,3)) \Rightarrow 0,8*(1-0,5)=0,40$

A sim_1 possui um valor maior do que a sim_2 . Porém a importância do atributo_2 é maior do que a do atributo_1. A sim_1 é mais similar do que a sim_2 , mas há pouca diferença entre ambas. Os atributos monovalorados que fazem parte do sistema possuem duas categorias que são as duas funções mostradas na figura 4.8 e que são descritas da seguinte forma:

- Categoria de Atributos Simbólicos – São atributos que assumem valores simbólicos, cuja similaridade pode ser 0 ou 1 (diferentes ou idênticos). Esse

atributo é representado por Sexo . A função é definida por:

$$Sim (CA [i], CF [i]) = \begin{cases} 0, & se (CA [i] \diamond CF [i]) \\ 1, & se (CA [i] = CF [i]) \end{cases}$$

- Categoria de Atributos Valorados - São atributos que assumem valores numéricos entre 0 e 1 , cuja similaridade é calculada pela distância entre esses valores. Esses Atributos são representados por: idade, início, evolução, EEG, CT, Glicemia, Hormônios, Vitamina B12. A função é definida por:

$$Sim (CA[i], CF [i]) = 1 - |CA[i] - CF [i]|$$

A função de casamento faz um ranking ou ordenamento decrescente de valores de similaridade. A etapa de reutilização da solução de um antigo caso é feita de forma manual. É feita observando-se os atributos correspondentes às soluções que estão no formato texto e que poderão ser copiadas para a solução do novo problema de acordo com a decisão do usuário.

b) Atributos Multivalorados - todos os valores de um atributo do caso alvo (caso de entrada) <Atributo_CA(I)>:<valor(J)> são comparados com os valores do atributo correspondente do caso fonte <Atributo_CF(I)>:<valor(J)> e vice-versa. Por exemplo, um casamento dimensional entre dois atributos pode ser feito conforme a Tabela 4.3:

<Novo Problema>:6 valores	<Caso Alvo>: 4 valores
<Atributo_CA(1)>:<A>	<Atributo_CF(1)>:
<Atributo_CA(1)>:	<Atributo_CF(1)>:<C>
<Atributo_CA(1)>:<D>	<Atributo_CF(1)>:<E>
<Atributo_CA(1)>:<F>	<Atributo_CF(1)>:<J>
<Atributo_CA(1)>:<H>	
<Atributo_CA(1)>:<J>	
<Novo Problema>:5 valores	<Caso Alvo>: 8 valores
<Atributo_CA(2)>:<A>	<Atributo_CF(2)>:
<Atributo_CA(2)>:	<Atributo_CF(2)>:<C>
<Atributo_CA(2)>:<D>	<Atributo_CF(2)>:<D>
<Atributo_CA(2)>:<F>	<Atributo_CF(2)>:<F>
<Atributo_CA(2)>:<J>	<Atributo_CF(2)>:<G>
	<Atributo_CF(2)>:<H>
	<Atributo_CF(2)>:<I>
	<Atributo_CF(2)>:<L>

Tabela 4.3: Comparação de Atributos.

A interseção entre os atributos do caso de entrada com o caso alvo para o atributo nº 1 é igual a 2 (Atributo_CA(1) ∩ Atributo_CF (1) =2), representados por e <J> respectivamente.

Já a interseção entre os atributos do caso de entrada com o caso alvo para o atributo nº 2 é igual a 3 ($\text{Atributo_CA}(2) \cap \text{Atributo_CF}(2)=3$), representados por , <D> e <F> respectivamente. A **similaridade direta** desses atributos é definida pela cardinalidade da interseção do conjunto dividida pela cardinalidade do conjunto do primeiro atributo. A **similaridade inversa** desses atributos segue o mesmo processo, porém a divisão é feita pela cardinalidade do conjunto do segundo atributo. A **similaridade final** do atributo será a média entre a **similaridade direta** e a **similaridade inversa** (Figura 4.9).

$\text{Sim_Final_Atr}(i)=(\text{Sim_Direta_Atr}(i)+\text{Sim_Inversa_Atr}(i))/2$ $\text{Simi_Direta_Atr}(1)=(\text{Atributo_CA}(1)\cap\text{Atributo_CF}(1))/\text{N_valores_Atributo_CA}(1)$ $\text{Simi_Direta_Atr}(1)=2/6\Rightarrow 0,33$ $\text{Simi_Inversa_Atr}(1)=(\text{Atributo_CA}(1)\cap\text{tributo_CF}(1))/\text{N_valores_Atributo_CF}(1)$ $\text{Simi_Inversa_Atr}(1)=2/4\Rightarrow 0,50$ $\text{Sim_Final_Atr}(1)=(\text{Sim_Direta_Atr}(1)+\text{Sim_Inversa_Atr}(1))/2$ $\text{Sim_Final_Atr}(1)\Rightarrow (0,33+0,50)/2= 0,41$
$\text{Simi_Direta_Atr}(2)=(\text{Atributo_CA}(2) \cap \text{Atributo_CF}(2)) / \text{N_valores_Atributo_CA}(2)$ $\text{Simi_Direta_Atr}(2)=3/5\Rightarrow 0,60$ $\text{Simi_Inversa_Atr}(2)=(\text{Atributo_CA}(2) \cap \text{tributo_CF}(2))/\text{N_valores_Atributo_CF}(2)$ $\text{Simi_Inversa_Atr}(2)=3/8\Rightarrow 0,37$ $\text{Sim_Final_Atr}(2)=(\text{Sim_Direta_Atr}(2)+\text{Sim_Inversa_Atr}(2))/2$ $\text{Sim_Final_Atr}(2)= >(0,60+0,37)/2= 0,48$

Figura 4.9: Cálculo da similaridade final

A $\text{Sim_Final_Atr}(2)$ é igual a 0,48 e possui um valor maior do que a $\text{Sim_Final_Atr}(1)$ que é igual a 0,41. Aqui, considera-se que quanto maior o valor maior será a similaridade. Portanto a $\text{Sim_Final_Atr}(2)$ é maior do que a $\text{Sim_Final_Atr}(1)$.

4.3.2.4 Organização dos Índices (atributos) Multivalorados no Neurocase

Alguns atributos requerem mais de um valor para caracterizar um problema. Um índice muito importante no Neurocase é o de <Especificação dos Sintomas >, pois sabe-se que um paciente pode apresentar diversos sintomas em uma consulta médica. A questão aqui analisada diz respeito à forma como esses valores devem ser armazenados para serem recuperados posteriormente. Como a indexação é feita através da utilização de tabelas, onde se faz o armazenamento e recuperação dos índices que podem ser multivalorados, será feita uma descrição da técnica utilizada conhecida como Indexação Baseada em Tabelas (IBT).

a) Método de Busca e Casamento de Índices Utilizando-se IBT

Em Martins (2000) é possível obter uma descrição do método IBT. Seguindo essa descrição os casos da forma tabular são indexados ou criados pelo emprego dos seguintes quatro passos básicos:

Passo 1: Identificação dos termos descritores de atributos. Dependendo do domínio o especialista identifica termos e descritores de atributos úteis à criação de casos.

Passo 2: Determinação dos valores dos atributos. Para cada atributo selecionado no Passo 1 reservado deve ser atribuído o valor mais apropriado, quer seja ele um valor simbólico ou um valor numérico, ou booleano, ou ainda um valor textual.

Passo 3: Atribuição de votos aos valores de atributos. Devem ser providenciados votos para expressarem a importância de instâncias particulares de valores dos atributos em questão. Métodos humanos de julgamento de importância podem estabelecer votos para valores de atributos em uma certa escala quantitativa de números de votos. Esta escala de votos para valores de atributo, no entanto, vai depender das especificidades do domínio de aplicação do modelo IBT.

Passo 4: Quantificação da diagnosticidade de atributo. A diagnosticidade mede a importância do atributo na definição da natureza dos objetos. Quanto maior a quantidade de votos atribuída ao nome de um certo atributo, maior será a diagnosticidade ou a essencialidade daquele atributo para a definição daquele objeto que está sendo representado mediante os casos.

O procedimento descrito acima é capaz de dar origem a uma organização particular dos atributos de objetos e situações. A Figura 4.10 retrata esta forma geral de organização de atributos no interior dos casos a serem modelados.

Caso j		
Diagnosticidade-atributo	Atributo : Valor	Votos-valor-atributo
D ₁	A ₁ : V ₁	Vt ₁
D ₂	A ₂ : V ₂	Vt ₂
...
D _n	A _n : V _n	Vt _n

Figura 4.10: Forma genérica dos casos baseados em tabela

Esse método segue o modelo conceitual proposto para o trabalho. Aqui será dado um exemplo

de um método de busca e casamento de índices na tabelas de indexação dos casos. Considere o exemplo da tabela de vocabulários da Tabela 4.4.

Cód._Voc._Ind.	Descrição
1	Vocabulário Utilizado em História para o índice (atributo) Queixa
2	Vocabulário utilizado em Exame Neurológico para o índice (atributo) Reflexos
3	Vocabulário utilizado em Exames Complementares para o índice (atributo) CT (Tomografia Computadorizada)

Tabela 4.4: Exemplo de 3 vocabulários para 3 índices de um caso.

Considere agora os itens correspondentes a cada vocabulário, conforme a Tabela 4.5.

Cód._Item	Cód._Voc._Ind.	Valor/Descrição
1	1	AFASIA
2	1	CEFALÉIA
3	1	DEPRESSÃO
4	1	CONFUSÃO MENTAL
5	1	CRISE CONVULSIVA
1	2	GLABELAR (NORMAL)
2	2	GLABELAR (+)
3	2	GLABELAR (-)
4	2	MENTONIANO (NORMAL)
5	2	MENTONIANO (+)
1	3	HIPODENSO
2	3	HIPERDENSO
3	3	IRREGULAR
4	3	ATROFIA CEREBELAR
5	3	ATROFIA CEREBRAL

Tabela 4.5: Vocabulário e seus Itens.

No projeto conceitual foram definidas as entidades que são representadas por tabelas no banco de dados relacional. A Tabela 4.6 representa a indexação de um caso com 3 índices. O atributo “Cód. Index.” define o tipo de indexação que aqui no trabalho pode ser do tipo “01” e “02”, já definidos anteriormente. Em algumas tabelas apresentadas ele não será levado em conta, pois qualquer uma dos dois tipos de indexação segue o mesmo princípio de indexação que são: código do caso (especifica o caso que o índice pertence), o código do vocabulário

(representa ao mesmo tempo o código do índice e o vocabulário que pertence) e o Cód. Item. (item do vocabulário atribuído ao índice).

Cod.Caso	Cod. Index.	Cod_Vocab. Atrib.	Cod. Item
001	01	01	1
001	01	01	2
001	01	01	4
001	01	02	1
001	01	02	2
001	01	03	1
001	01	03	2
001	01	03	3
002	01	01	1
002	01	01	3
002	01	02	1
002	01	02	2
002	01	02	3
002	01	03	1
002	01	03	2
003	01	02	1
003	01	02	2
003	01	02	4

Tabela 4.6: Casos Indexados conforme Cod. Indexação (01).

Nesse contexto o casamento entre os atributos de um caso de entrada com os atributos de um caso armazenado na base de casos é feito através da varredura completa da tabela. A Tabela 4.7 foi simplificada (retirou-se o atributo Cód. Indexação) para mostrar o processo de

Cód. Caso(X)	Cód. Vocab./Atributo	Valor do atributo	Cód.Caso (Y) (Y1..Yn) Y<>X	Cód. Vocab/ Atributo	Valor do atributo
X	01	1	Y1	01	1
X	01	2	Y1	01	2
X	01	3	Y1	01	4
X	01	4	Y1	02	1
X	01	5	Y1	02	2
X	02	1	Y1	03	1
X	02	2	Y1	03	2
X	02	3	Y1	03	3
X	03	1	Y2	01	1
X	03	2	Y2	01	3
X	03	3	Y2	02	1
X	03	5	Y2	02	2

varredura.

Tabela 4.7: Método de busca e casamento baseado em tabela.

Cada valor de um atributo i do caso alvo X ($Atr_CA(i)$) é comparado com o atributo i do caso

fonte **Y** da base de casos (Atr_CF(*i*)). Essa formalização requer uma busca exaustiva na tabela de atributo-valor dos casos armazenados, cujo tempo aumenta de acordo o número de atributos, número de valores e o número de casos armazenados.

b) Método de Busca e Casamento de Índices, Utilizando-se IBT com Cadeias – É a metodologia utilizada no NEUROCASE e se caracteriza por aplicar uma função de avaliação de cadeias de caracteres. Nesse método a indexação é baseada em tabelas, porém cada atributo multivalorado é descrito por um registro da tabela. Isso quer dizer que um atributo multivalorado contém apenas uma cadeia de caracteres que representa todos os valores de indexação – valores provenientes de uma tabela de itens de vocabulário – escolhidos para os respectivos atributos (índices). Esse método provoca uma redução no número de elementos para cada índice do atributo. Dessa forma, a forma da Tabela 4.6 será reduzida para a forma da Tabela 4.8.

Cód.Caso	Cód. Index.	Cod_Vocab_Atrib.	Cód. Item
001	01	01	1;2;4;
001	01	02	1;2;
001	01	03	1;2;3;
002	01	01	1;3;
002	01	02	1;2;3;
002	01	03	1;2;
003	01	02	1;2;4;

Tabela 4.8: Indexação de atributos multivalorados com cadeia de caracteres.

Para facilitar a comparação entre os valores de cada índice multivalorado, atribui-se uma cadeia de caracteres para cada um. O valor do índice continua a ser codificado pelo código do seu valor na tabela de itens do vocabulário, mas agora recebe todos os códigos juntos separados por “;”. Dessa forma um valor de um atributo pode conter uma descrição longa, já que a comparação será feita através de seus respectivos códigos. A comparação entre os atributos passa a ser conforme a Tabela 4.9.

Cód. Caso	Cód. Vocab.Atrib.	Cód. Item.
001	01	1;2;3;4;5;
001	02	1;2;3;
001	03	1;2;3;5;

Cód. Caso	Cód. Vocab.Atrib.	Cód. Item
002	01	1;2;4;
002	02	1;2;
002	03	1;2;3;
003	01	1;3;
003	02	1;2;3;
003	03	1;2;
004	02	1;2;4;

Tabela 4.9: Método de busca e casamento baseado em tabela com cadeias.

4.3.2.5 Algoritmos de Casamento

Foi feita uma comparação entre o **método de busca e casamento de índices, utilizando-se IBT** e o **método de busca casamento de índices, utilizando-se IBT com cadeias**. Essa comparação é descrita através dos algoritmos que fazem ao mesmo tempo a busca dos valores dos atributos multivalorados contidos nos índices e a busca de valores normalizados entre 0 e 1 para os atributos monovalorados.

a) Método de Busca e Casamento de Índices Utilizando-se IBT - O método utiliza a palavra “busca” pelo motivo de fazer o casamento só depois de efetuar uma busca dos possíveis valores registrados no atributo. O método foi implementado utilizando-se filtros de tabelas, cujo conteúdo do filtro fica restrito ao *código do caso* e ao *número do atributo*. O filtro foi aplicado para os casos sendo o caso de entrada e o caso alvo. Seus valores foram armazenados em vetores, sendo que o *caso de entrada* é atribuído ao **Vetor1** e o *caso alvo* atribuído ao **vetor2** um de cada vez. Dessa forma faz-se a comparação do vetor1 com o vetor2, onde a medida de similaridade é salva no campo *similaridade-final* do próprio caso. Após isso reinicializa o processo a partir da atribuição do próximo caso disponível ao **vetor2**.

Algoritmo que utiliza o Método de Busca e Casamento de Índices Utilizando-se IBT

Entrada: N° do caso de entrada

Início

Fazer a varredura dos índices do caso de entrada (caso alvo - At_CA) na tabela de Índices e armazena no Vetor1; {vetor1 contém o caso de entrada}

Para cada caso \diamond caso_de_entrada na base de casos faça

Início

Fazer a varredura dos índices do primeiro caso fonte disponível (At_CF) na tabela de índices e armazena no Vetor2; {vetor2 contém o caso alvo i ; i = 1 .. n}

Compara elementos mono-valorados (vetor1, vetor2);

Compara elementos multi-valorados (vetor1, vetor2);

Armazena similaridade no caso atual;

Incrementa ponteiro da base de casos (Próximo caso);

Fim;

Fim.

b) Método de Busca e Casamento de Índices Utilizando-se IBT com Cadeias - O método não faz apenas uma busca em tabelas para cada índice, haja vista que todos os códigos já estão armazenados como uma cadeias de caracteres separados por ponto-e-virgula(;). O método foi implementado utilizando-se uma função (*converte_cadeia_vetor*) criada

especificamente para analisar as cadeias referentes aos atributos *multivalorados* e *monovalorados*. Seus valores foram armazenados em vetores, sendo que o *caso de entrada* é atribuído ao **Vetor1** apenas uma vez (lógico) e o *caso alvo* atribuído ao **Vetor2** um de cada vez. Dessa forma faz-se a comparação do vetor1 com o vetor2, onde a medida de similaridade é salva no campo *similaridade-final* do próprio caso. Após isso reinicializa o processo a partir da atribuição do próximo caso disponível ao **vetor2**.

Algoritmo que utiliza o Método de Busca e Casamento de Índices Utilizando-se IBT com Cadeias

Entrada: N° do caso de entrada

Início

Seleciona os índices do caso de entrada (caso alvo - At_CA) na tabela de Índices ;
Converte_Armazena_Cadeia_Vetor (Vetor1) {vetor1 recebe os atributos do caso de entrada (At_CA)}
Para cada caso <> caso de entrada na base de casos faça

Início

Seleciona os índices do caso de entrada (At_CA) na tabela de Índices ;
Converte_Armazena_Cadeia_Vetor (Vetor2) para os atributos do caso fonte (At_CF)
Compara elementos mono-valorados (vetor1, vetor2);
Compara elementos multi-valorados (vetor1, vetor2);
Armazena similaridade no caso atual;
Incrementa ponteiro da base de casos (Próximo caso)

Fim

Fim

Função Princ (S:Cadeia de caracteres):Caractere;

{Retorna o primeiro caractere de uma cadeia}

Início

Retorna(s[1]);
fim;

Function Cont (S: Cadeia de caracteres): Cadeia de caracteres;

{Retorna a cadeia sem o 1º caractere }

início

Cont:=copia(s,2,254);
Fim;

Função Converte_Armazena_Cadeia_Vetor (S: Cadeia de caracteres; var Vet:Vetor);Numerico

Variáveis Item,Cadeia_Temp: Cadeia de caracteres;
valor,elemento,tam:numérico;

início

Cadeia_Temp:=s;
tam:=tamanho(Cadeia_Temp);

```
elemento:=0;
se (tam=0) ou (Cadeia_Temp[tam]<>';') então
Retorna (0);
Enquanto Cadeia_Temp<>' ' do
Início
    Item:=' ';
    Enquanto princ(Cadeia_Temp)<>' ' do
    Início
        Item:=Item+princ(cadeia_Temp);
        Cadeia_Temp:=cont(cadeia_Temp);
    fim;
    valor:=converte_cadeia_para_número(Item);
    elemento:=elemento+1;
    vet[elemento]:=valor;
    Cadeia_Temp:=cont(cadeia_Temp);
fim;
retorna(elemento); { retorna o número de elementos do atributo multivalorado}
fim;
```

O **Método de Busca e Casamento de Índices Utilizando-se IBT com Cadeias** apresentou um desempenho melhor, levando cerca de 50% do tempo que o Método de Busca e Casamento de Índices Utilizando-se IBT leva para o processamento de todos os casos. Essa diferença ocorre por que o método de casamento entre cadeias só faz uma leitura dos itens de cada índice multivalorado na tabela de indexação. Enquanto que o método de busca e casamento baseado em tabela, precisa fazer uma busca exaustiva na tabela de índices para selecionar os itens correspondentes para cada índice multivalorado na tabela de indexação.

4.4 Retenção dos Casos

Consiste no processo de armazenamento de um novo caso na base de casos (inclusão) observando-se a importância de uma solução que foi utilizada na resolução de um novo problema. Não há nenhum problema na retenção, haja vista que o novo problema é organizado de acordo com os casos armazenados anteriormente na base de casos. Nesse trabalho a retenção de um novo caso depende da avaliação do especialista que poderá fazê-la caso ache necessário.

4.5 Conclusão

Este capítulo mostrou as etapas essenciais na construção de um protótipo aplicado ao domínio da Neurologia.

Além disso, foram apresentados os detalhes da metodologia utilizada para a representação e indexação dos casos neurológicos.

As características dos casos , organização da base casos e o processo de recuperação também são apresentados, incluindo um modelo conceitual do tipo ER, bem como uma visão gráfica das entidades envolvidas para uma melhor compreensão do trabalho.

Na recuperação de um caso foi feita uma abordagem sobre as medidas de similaridades e os algoritmos utilizados e que foram implementados no protótipo Neurocase. Esse método é utilizado pelo sistema na recuperação e ordenação dos casos (“Ranking”).

Finalmente, apresentou-se um método de comparação entre atributos multivalorados, utilizando-se cadeias de caracteres. No próximo capítulo será apresentado o protótipo implementado Neurocase, bem como o ambiente, os dados utilizados para os testes e o funcionamento do sistema.

Capítulo 5

Sistema Neurocase

5.1 Introdução

Neste capítulo serão apresentados os aspectos da implementação, a arquitetura do protótipo Neurocase, a análise dos dados e a interface, bem como a delimitação do problema que validaram a metodologia de RBC no domínio escolhido.

Os dados são descritos em termos da sua utilidade e precisão para o funcionamento ideal do sistema e são descritos sob a forma de casos.

A “interface” com o usuário é descrita através dos módulos e dos formulários de acesso ao conteúdo da aplicação.

O funcionamento do protótipo aborda os módulos essenciais que foram implementados para a obtenção dos resultados.

5.2 Aspectos da Implementação

No capítulo 4 foi feita uma descrição detalhada das etapas envolvidas na construção de um sistema que utiliza RBC.

Aqui é apresentado o protótipo, que utiliza o modelo de banco de dados relacional, para representar a base de casos do domínio.

O protótipo foi idealizado escolhendo-se a linguagem de programação Object Pascal do Delphi Borland Client/Server Suíte 4.0. Essa escolha foi feita devido ao domínio nessa linguagem de programação, suas facilidades de uso e ao ambiente gráfico, que proporciona uma interface amigável.

O protótipo Neurocase pode ser utilizado em microcomputadores do tipo PC, sobre o

ambiente Windows 95, Windows 98 ou Windows NT.

5.3 Arquitetura do Neurocase

A arquitetura básica para a construção do protótipo Neurocase é do tipo *três camadas* compostas por Apresentação (Interface do Usuário), Lógica de Aplicação (Módulo RBC) e Armazenamento (RDBMS - Relational Database Management System) conforme a Figura 5.1.

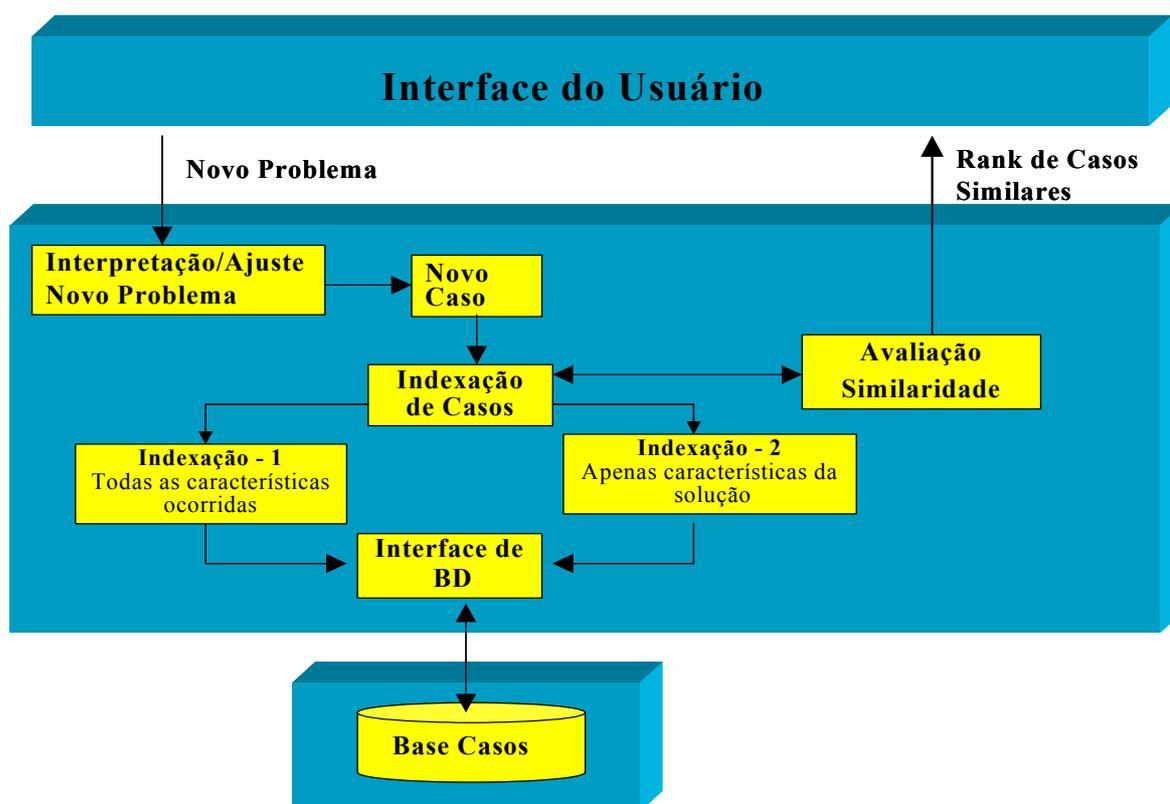


Figura 5.1: Arquitetura do Neurocase.

O “raciocínio” do Neurocase tem início através da identificação de um novo problema (através de um paciente) a ser diagnosticado pelo neurologista. O neurologista interpreta o novo problema e resolve fazer então uma pesquisa no sistema. O sistema inicia o processo, tentando fazer os ajustes do problema que está na mente do neurologista, através da etapa *Interpretação/Ajuste do novo problema*. Nessa etapa serão selecionados os atributos típicos de um caso (indexação), além da escolha dos valores desses atributos numa representação padrão de formulário. Dessa forma, surge um *Novo Caso*, que fará parte da base de casos. Depois disso, o sistema passa a comparar o *Novo Caso* com os demais casos armazenados na *base de casos*, recuperando um conjunto de casos candidatos de acordo com a medida de similaridade escolhida, através da *Avaliação de Similaridade*.

5.4 Dados

Inicialmente foi proposta uma base de dados para a construção do sistema. Essa base de dados foi obtida por intermédio do especialista (Jovany Luis Alves de Medeiros, Dr. em Neurologia) que registrou o atendimento de 1358 casos de pacientes no seu consultório médico em Campina Grande-PB. Nem todos os registros foram aproveitados para a geração da base de casos. Isso ocorreu devido a alguns fatores como: a presença de informações incompletas e a falta de resultados que comprovasse a solução (tratamento). Além disso, ocorreu um fato muito importante ligado a utilidade do sistema. Os casos eram bem parecidos e bem conhecidos, fazendo com que o especialista lembrasse dos fatos de forma clara, sem precisar de algum tipo de auxílio específico de apoio à decisão.

Por esses motivos foi proposta a inclusão de casos provenientes da literatura médica. Com isso, foi possível resolver de início três problemas como: a presença de informações incompletas, a falta de resultados que comprovasse a solução e a cobertura dos casos. Inclusive a cobertura dos casos é proposta por Watson (1997) no processo de avaliação de sistemas de RBC e que será visto no próximo capítulo. Os problemas encontrados na primeira etapa de implementação do sistema estão discriminados abaixo:

- **Presença de informações incompletas** – as informações são baseadas no histórico, exames neurológicos e exames complementares do paciente para se fazer o diagnóstico. A omissão ou o resumo de algumas dessas informações importantes evitava a classificação do problema
- **Falta de resultados que comprovasse a solução (tratamento)** – as informações adquiridas para inserção na base de casos, precisam fazer relação entre o tratamento e a evolução do paciente para confirmar a aplicação da solução em um determinado caso. Muitos casos apresentaram tratamento e não apresentaram evolução. Alguns casos que apresentaram tratamento foram considerados, pois a análise revelou que o tratamento era aplicado na maioria dos sintomas. O médico ressaltou que a maioria dos pacientes não retorna após a recomendação do tratamento, pressupondo-se que uma parte desses pacientes ficou boa ou procurou outros meios para resolver seus problemas.
- **Cobertura dos casos** – na cobertura dos casos é aconselhável que exista uma distribuição homogênea de casos no espaço do problema. Se a distribuição dos casos

for desigual, deve-se procurar por mais casos que obedeça a essa distribuição. No processo inicial além da quantidade de erros que separavam um grupo de casos de outro, era necessário esperar a ocorrência de mais casos para suprir essa distribuição.

5.4.1 Delimitação do Problema e Inserção de Casos

No processo inicial em que se utilizou a base de dados, foram constatados que os diagnósticos feitos foram relacionados à enxaqueca, cefaléia, síndrome do túnel do carpo e epilepsia. Esses diagnósticos são a maioria diante dos outros encontrados, correspondendo a 38,65 % do total de casos. Seus percentuais são os seguintes:

- **Epilepsia=94/1358 cerca de 7 %;**
- **Enxaqueca = 108/1358 cerca de 8%;**
- **Síndrome do Túnel do Carpo=150/1358 cerca de 11,05 %;**
- **Cefaléia=171/1358 cerca de 12,6 %.**

Com as modificações efetuadas procurou-se agrupar os casos em classes de problemas, permitindo a inserção de casos em classes que realmente pudessem ajudar o especialista no momento de alguma decisão. Os casos acima relacionados passam a pertencer a determinadas categorias (classes) sendo que os casos mais freqüentes estão ligados a uma categoria, se enquadrando agora em uma categoria mais freqüente. Qualquer caso pertencente ao domínio da neurologia pode ser incluído na base de casos. Para que isso fosse efetivado procurou-se verificar os possíveis grupos ou classes de doenças que desse suporte ao domínio da neurologia. O objetivo é identificar um novo caso de entrada de acordo com uma classe dentro da base de casos (Kolodner, 1993). A vantagem dessa abordagem é a possibilidade de se conseguir abranger um subdomínio por inteiro, podendo servir de base inicial para um sistema que cresça, em robustez, com o próprio uso. O especialista decide qual a quantidade de casos que devem ser inseridos em cada classe. Se o sistema contivesse apenas o conhecimento geral, seriam extremamente limitados e não seriam capazes de individualizar uma resposta. Dessa forma, o especialista identificou 11 grupos que são: cefaléia, epilepsia, neuromuscular, neuroinfecção, distúrbio dos movimentos, doenças desmielinizantes, cerebrovasculares, demências, neoplasias, doença do sono e doenças neurodegenerativas.

O acesso aos casos é feito através da avaliação de similaridade que classifica cada caso de entrada, verificando-se quais os atributos são similares a cada caso alvo. Os índices são atributos que dão a devida direção para a avaliação de similaridade. Nesse trabalho, os índices

são os indicadores dos problemas neurológicos que afetam o paciente, ou seja, são indicadores que apontam para uma determinada doença do paciente.

Procurou-se fazer a inserção de casos que facilitasse sua recuperação de acordo com os possíveis grupos de doenças definidos, bem como os seus diagnósticos apropriados. Dessa forma, buscou-se transpor os problemas causados pela falta de cobertura de casos.

5.5 Funcionamento do Protótipo

Nesta etapa serão apresentados os módulos que compõe o protótipo. A figura 5.2 mostra a tela Principal, onde é possível visualizar três opções: *Casos* , *Tabelas* e *Relatórios*.

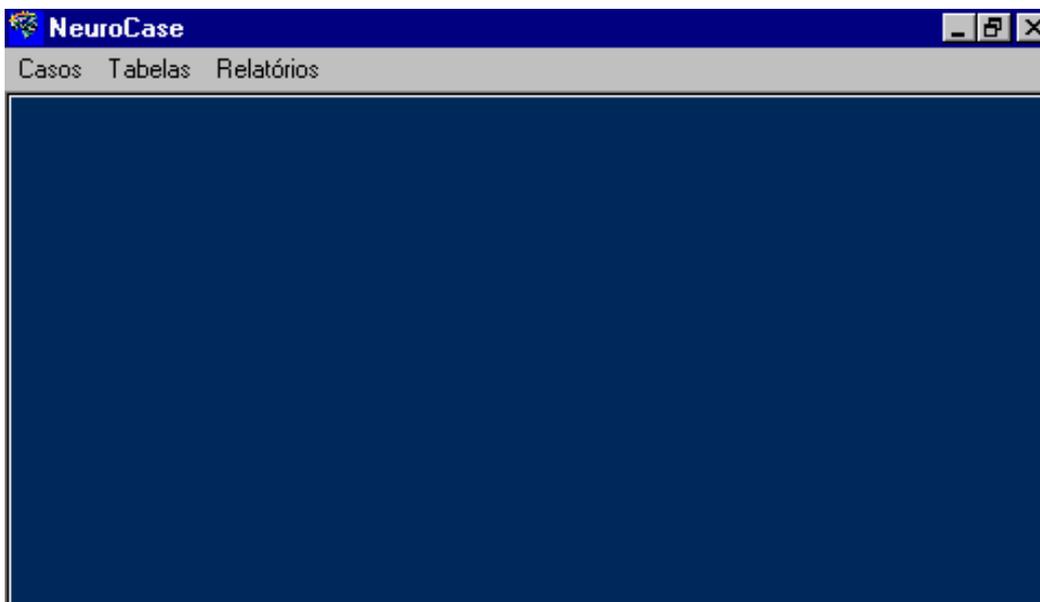


Figura 5.2: Tela Principal do Neurocase

5.5.1 Módulo Casos

Esse módulo representa toda a lógica de aplicação do sistema e apresenta 3 divisões: *Novo Caso*, *Altera Caso* e *Funcionalidades*, conforme a Figura 5.3.

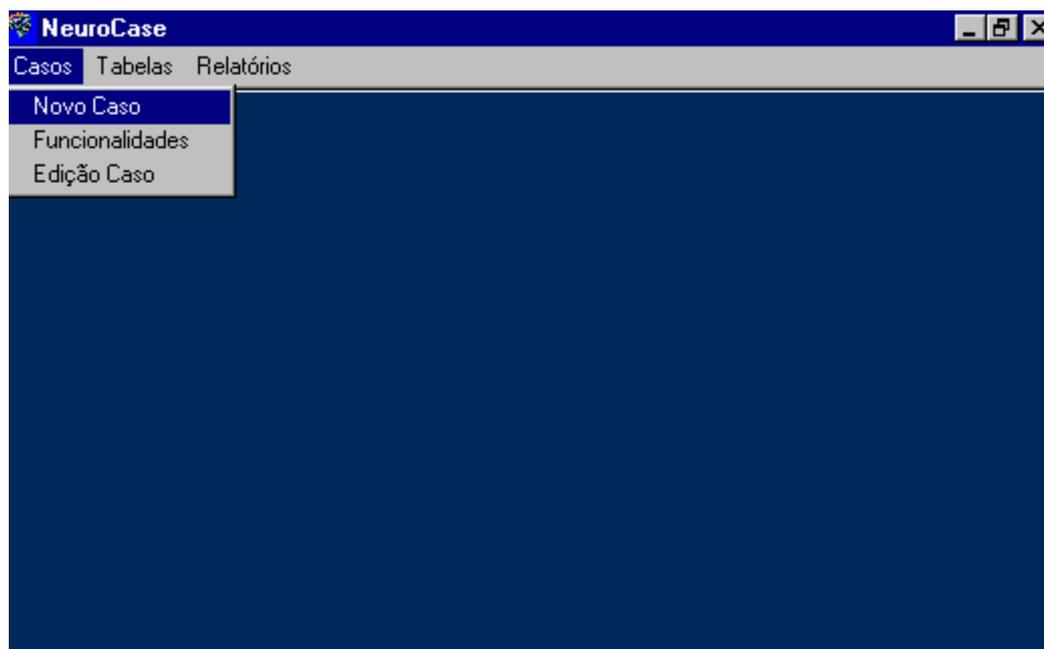


Figura 5.3: Opções do módulo “Casos”.

5.5.1.1 Novo Caso

É a opção relacionada à inclusão de um novo caso na base de casos. Ao ser selecionada aparecerá o formulário contendo 5 divisões: História do paciente, Exames Neurológicos, Exames Complementares, Diagnóstico e Busca de casos Similares. Cada atributo representa um índice dentre o conjunto utilizado para a indexação dos casos. As figuras 5.4a, 5.4b, 5.4c, 5.4d e 5.4e descrevem com detalhes cada uma dessas divisões.

The screenshot shows the 'Inclusão de Casos' form. At the top, there is a 'Caso Nº:' field with the value '10' and a 'Caso Ativo' checkbox which is checked. Below this are navigation buttons (back, forward, search) and buttons for 'Gráfico', 'Incluir', 'Salvar', and 'Cancelar'. The form is divided into several sections:

- Dados Pessoais:** Includes fields for 'Sexo' (Masc), 'Cor' (Branca), 'Idade' (14), and 'Profissão' (Estudante).
- Grupo Patológico:** A dropdown menu showing 'Distúrbio dos Movimentos'.
- Queixa Principal:** A text field containing '29:'.
- Início:** A text field containing '0,8'.
- Especificação dos Sintomas:** A text field containing '15:26:'.
- Sintomas Principais:** A list of checkboxes with labels: AFASIA (1), CEFALÉIA (2), DEPRESSÃO (3), CONFUSÃO MENTAL (4).
- Características da Queixa:** A list of checkboxes with labels: AGUDO (1), SUBAGUDO (2), CRÔNICO (3) (checked).
- Sintomas Associados:** A text field containing '32:'.
- Evolução Doença:** A list of checkboxes with labels: TENDÊNCIA A MELHORAR (1), INTERMITENTE (2), TENDÊNCIA A PIORAR (3), ESTÁVEL (4).
- Antecedentes Patológicos (Pessoal):** A list of checkboxes with labels: DIABETES MELLITUS (1), HIPERTENSÃO (2), DOENÇA CARDÍACA (3), FEBRE REUMÁTICA (4).
- Antecedentes Patológicos (Familiar):** A list of checkboxes with labels: DIABETES MELLITUS (1), HIPERTENSÃO (2), DOENÇA CARDÍACA (3), FEBRE REUMÁTICA (4).

Figura 5.4a: Formulário para história do paciente.

Este formulário apresenta as seguintes ações:

- Um botão de navegação para se movimentar entre os casos;
- Uma opção chamada de “caso ativo”, que se estiver marcado, identifica que o caso pode ser utilizado para recuperação;
- Um botão para incluir um novo caso de entrada;
- Um botão “Salvar”, para confirmar a gravação de um caso;
- Um botão “cancelar”, para cancelar a inclusão ou edição de um caso de entrada;

a) História do paciente - é a primeira seção a aparecer. Os dados de identificação do paciente devem ser preenchidos pelo usuário. A história do paciente se encontra na forma de texto. Ela representa a descrição do problema e foi necessário realizar um estudo sobre sua estrutura, para que fosse mapeada em forma de índices de um caso. O médico questiona o paciente e vai preenchendo os atributos conforme suas respostas. Existe um atributo na tabela de casos identificado como “Historia Gerada”, que representa em forma de texto a história gerada conforme o preenchimento desses atributos (índices).

Figura 5.4b: Formulário para exames neurológicos

Inclusão de Casos

Caso Nº: 10 Caso Ativo

Gráfico Incluir Salvar Cancela

História Paciente Exames Neurológicos **Exames Complementares** Diagnóstico Busca de Casos Similares

EEG 0,1 <input checked="" type="checkbox"/> NORMAL (1) <input type="checkbox"/> LENTIFICADO (2) <input type="checkbox"/> EPILÉPTICO (3) <input type="checkbox"/> SURTO-SUPRESSÃO (4) <input type="checkbox"/> PLANO (5)	EMG <input type="checkbox"/> NORMAL (1) <input type="checkbox"/> NEURÓPÁTICO (2) <input type="checkbox"/> MIOPÁTICO (3) <input type="checkbox"/> MIASTÊNICO (4) <input type="checkbox"/> MIOTÔNICO (5)	CT 0,2 <input checked="" type="checkbox"/> NORMAL (1) <input type="checkbox"/> HIPODENSO (2) <input type="checkbox"/> HIPERDENSO (3) <input type="checkbox"/> IRREGULAR (4) <input type="checkbox"/> ATROFIA CEREBELAR (5) <input type="checkbox"/> ATROFIA CEREBRAL (6)	RNM <input type="checkbox"/> NORMAL (1) <input type="checkbox"/> HIPODENSO (2) <input type="checkbox"/> HIPERDENSO (3) <input type="checkbox"/> IRREGULAR (4) <input type="checkbox"/> ATROFIA CEREBELAR (5) <input type="checkbox"/> ATROFIA CEREBRAL (6)
POLIGRAFIA <input type="checkbox"/> NORMAL (1) <input type="checkbox"/> APNÉIA DO SONO (2) <input type="checkbox"/> NARCOLEPSIA (3) <input type="checkbox"/> INSÔNIA (4) <input type="checkbox"/> PARASSONIAS (5) <input type="checkbox"/> DESORDENS DO MOVIMENTO	LCR <input type="checkbox"/> NORMAL (1) <input type="checkbox"/> MENINGITE AGUDA (2) <input type="checkbox"/> MENINGITE VIRAL (3) <input type="checkbox"/> MENINGITE TUBERCULO <input type="checkbox"/> SÍNDROME DE GUILLAIN <input type="checkbox"/> MENINGITE FÚNGICA (6) <input type="checkbox"/> ENCEFALITE HERPÉTICA	GLICEMIA 0,1 <input checked="" type="checkbox"/> NORMAL (1) <input type="checkbox"/> HIPOGLICEMIA (2) <input type="checkbox"/> HIPERGLICEMIA (3)	HORMÔNIOS 0,1 <input checked="" type="checkbox"/> EUTIREOIDIANO (1) <input type="checkbox"/> HIPOTIREOIDIANO (2) <input type="checkbox"/> HIPERTIREOIDIANO (3)
IMUNOLOGIA <input type="checkbox"/> TESTE PARA SÍFILIS (PRESE <input type="checkbox"/> TOXOPLASMOSE (PRESENTE <input type="checkbox"/> LYME (PRESENTE) (3) <input type="checkbox"/> ANTIGM (PRESENTE) (4) <input type="checkbox"/> ANTICORPOS ANTIDUPLAHE <input type="checkbox"/> ANCA (PRESENTE) (6) <input type="checkbox"/> HIV (PRESENTE) (7)	VITAMINA B12 <input type="checkbox"/> NORMAL (1) <input type="checkbox"/> ALTERADO (2) <input type="checkbox"/> MUITO ALTERADO (3)	HEMOGRAMA 1;3;6;8;10; <input checked="" type="checkbox"/> VSH (NORMAL) (1) <input type="checkbox"/> VSH (AUMENTADO) (2) <input type="checkbox"/> PLAQUETAS (NORMAL) <input type="checkbox"/> PLAQUETAS (AUMENTA <input type="checkbox"/> PLAQUETAS (DIMINUID <input checked="" type="checkbox"/> ERITROGRAMA (NORMA <input type="checkbox"/> ERITROGRAMA (DIMINI	BIOQUÍMICA 34;32;30;15;17;7;5;1; <input checked="" type="checkbox"/> URÉIA (NORMAL) (1) <input type="checkbox"/> URÉIA (ALTERADO) (2) <input type="checkbox"/> CREATININA (NORMAL) (3) <input type="checkbox"/> CREATININA (ALTERADO <input checked="" type="checkbox"/> POTÁSSIO (NORMAL) (5) <input type="checkbox"/> POTÁSSIO (ALTERADO) (6) <input type="checkbox"/> SÓDIO (NORMAL) (7)

Exames Gerado

Exames Neurológicos

LINGUAGEM: TICS VOCAIS (9);
 ESTADO MENTAL: ALERTA (1); DISTRAÍDO (4);

Figura 5.4c: Formulário para registrar exames complementares

b) Exames – Os resultados dos exames são preenchidos de acordo com seus respectivos formulários. Os Atributos representam características superficiais, que são preenchidas conforme os resultados. Os exames neurológicos representam a funcionalidade do sistema nervoso do paciente. Os exames complementares ajudam a confirmar ou negar alguma hipótese identificada pelo especialista. A maioria desses índices é multivalorada permitindo a atribuição de múltiplos valores de acordo com o vocabulário de cada índice.

Inclusão de Casos

Caso N°: Caso Ativo

Gráfico Incluir Salvar Cancela

História Paciente Exames Neurológicos Exames Complementares **Diagnóstico** Busca de Casos Similares

História Gerada

Idade do Paciente: {33}
 Queixa Principal: {DEPRESSÃO (3), CONFUSÃO MENTAL (4), MUTISMO (8), RIGIDEZ MUSCULAR (35)}
 Tempo Início Sintomas: {SUBAGUDO (2)}
 Especificação Sintomas: {TRANSTORNO DA LINGUAGEM (4), TRANSTORNOS ESFINCTERIANOS (18), CONFUSÃO MENTAL (20)}
 Sintomas Associados: {CONFUSÃO MENTAL (14), RIGIDEZ MUSCULAR (27), HUMOR DEPRIMIDO (33)}
 Evolução da Doença: {TENDÊNCIA A MELHORAR (1)}

Diagnóstico-1

Esclerose Múltipla

Diagnóstico-2

Tratamento

A paciente foi tratada com metilprednisolona (solu-cortef) IV 1000 mg diariamente por três dias, sem melhora. Após 14 dias, ela recebeu ciclofosfamida IV 750 mg/dia por cinco dias e metilprednisolona (solu-cortef) IV 1000 mg diariamente. Ela respondeu bem a ciclofosfamida e teve alta para tratamento ambulatorial, quando foi iniciada terapia com beta interferon.

Evolução

A paciente foi tratada com metilprednisolona (solu-cortef) IV 1000 mg diariamente por três dias, se melhora. Ela permaneceu alerta, em mutismo, incapaz seguir comandos, de alimentar-se por si mesmo ou andar. Estava incontinente. Após 14 dias, ela recebeu ciclofosfamida IV 750 mg/dia por cinco dias e metilprednisolona (solu-cortef) IV 1000 mg diariamente. Ela respondeu bem a ciclofosfamida e teve alta para tratamento ambulatorial. Sua condição melhorou gradativamente. Após três meses, ela andava e podia cuidar de si mesma para a maioria das AVD. Estava levemente maníaca, ainda confusa, não conseguia especificar o dia ou mês em que estava. Algumas respostas eram

Comentários

O diagnóstico diferencial nos casos de EM inclui linfoma, leucoencefalopatia multifocal progressiva (LMP), infecção e condições desmielinizantes, tais como encefalomielite disseminada (EMD). O curso clínico, achados da RNM e do LCR foram mais consistentes com o diagnóstico de EM progressiva.
 As doenças anteriores são claramente monofásicas, enquanto a EM é multifásica ou cronicamente progressiva. Pacientes com LMP ou EMD podem ter, cefaléia, febre, sinais meníngeos e deterioração do nível da consciência. Há comumente um evento antecedente, tais como doença viral ou inoculação.

Referência do Caso

SCHAPIRA et al., - caso 2.

Figura 5.4d: Formulário para registrar Diagnóstico, Tratamento e evolução.

c) **Diagnóstico** – essa seção representa a solução e os resultados da aplicação da solução. Após o preenchimento da história e dos exames do paciente, os campos referentes ao diagnóstico, tratamento (solução), evolução (resultados), comentários sobre o caso, podem ser preenchidos pelo especialista, assim como alguma referência para o caso.

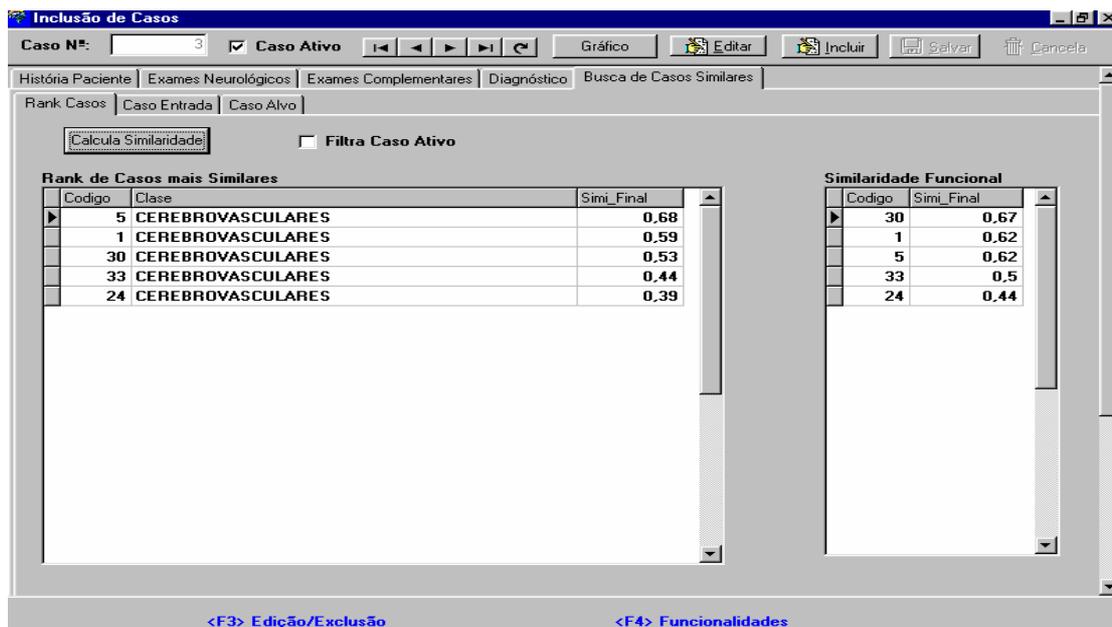


Figura 5.4e: Formulário para efetuar a busca e comparação de similaridades de casos.

d) Busca de casos similares – Depois que é feito a análise do problema e a entrada de dados do processo de indexação, o especialista utilizará essa seção para que o sistema faça uma busca do caso mais similar. Um clique no botão *Calcula Similaridade* executará os procedimentos relativos à avaliação do novo caso em relação ao conjunto de casos presentes na base de casos. Dessa forma, o sistema cria um *ranking* de casos com ordenação decrescente de similaridade em uma grade (Figura 5.4e). O usuário pode selecionar o caso mais similar ou os mais similares, para ajudar em suas conclusões sobre o novo caso (novo problema).

e) Gráfico – Caso o especialista queira identificar onde as similaridades ocorreram com maior intensidade, ele poderá fazer uso do gráfico gerado do caso de entrada em relação a cada registro (cada caso). Conforme ele for avançando para outros casos o gráfico é gerado novamente, incluindo o gráfico de similaridades sem a influência do peso e o gráfico com similaridades com influência dos pesos. A Figura 5.5 mostra o gráfico do caso de entrada 5 em relação ao caso de entrada 1.



Figura 5.5: Gráfico de similaridade Ce N° 5 x Ca N° 1.

5.5.1.2 Indexação de Funcionalidades

É a opção relacionada com a indexação funcional dos casos. Na verdade essa opção permite o cadastro de um segundo tipo de indexação que possui um conjunto de índices com as características funcionais que foram responsáveis pela solução de cada caso. As características funcionais constituem um subconjunto de todas as características que ocorreram e que pertencem a primeira indexação (conforme a arquitetura do sistema na Figura 5.1). A Figura 5.6 identifica os três grupos: historia, exames neurológicos e exames complementares. Esses grupos deverão ser preenchidos com base nas características que tiveram muita influência na solução do problema.

Inclusão de Funções dos Casos

Caso N°: 3

Historia Paciente | Exames Neurológicos | Exames Complementares | Diagnóstico

CEREBROVASCULARES

Queixa Principal: 4;5

Início: 0,1

Especificação dos Sintomas: 20;

Sintomas Associados:

Evolução Doença: 0,1

Antecedentes Patológicos (Pessoal): 2;8;13;14;15;

Antecedentes Patológicos (Familiar):

Figura 5.6: Formulário para a indexação de características em função da solução.

Quando se faz a busca de casos similares, pode-se escolher a opção *Considera Similaridade Funcional*. Quando se faz isso, o algoritmo de recuperação faz a busca nos dois tipos de indexação. Dessa forma, a similaridade final será a média de similaridades entre os índices das duas indexações.

5.5.1.3 Edição de Casos

É a opção que permite o acesso ao formulário que contém apenas os atributos que podem ser editados (não deve ser modificado em termos de índices, apenas o caso) para verificar algumas correções, acrescentar algo ou até mesmo possibilitar uma exclusão de um caso. Os atributos que permitem essas alterações são: diagnóstico1, diagnóstico2, evolução, tratamento, comentários e referências. A exclusão e a alteração de um caso só deve ser aplicada em situações de extrema necessidade. A Figura 5.7 mostra o formulário de edição com destaque no diagnóstico do paciente.

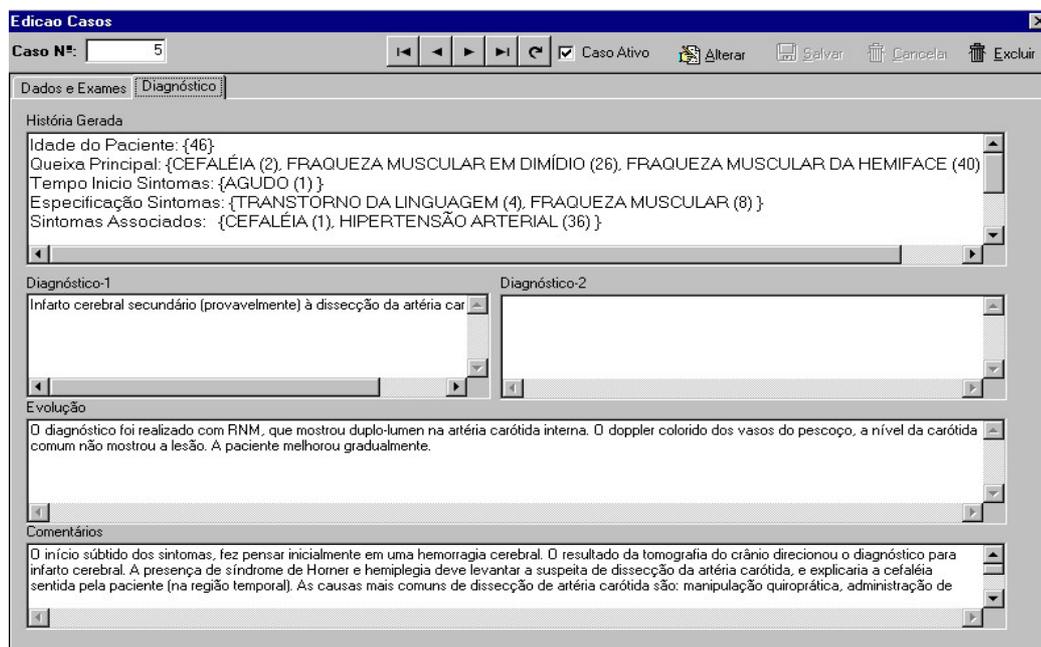


Figura 5.7: Edição e Exclusão de Casos.

5.5.2 Módulo Tabelas

Esse módulo apresenta 3 divisões: Vocabulário, Sistema e Pesos. O vocabulário de cada atributo ou índice possui uma tabela e conseqüentemente um formulário para cada uma. A opção “Sistema” trata das operações básicas de manutenção do sistema e a opção pesos determina os valores e as opções utilizadas na medida de similaridade. A Figura 5.8 mostra as

3 divisões do módulo “tabelas”.

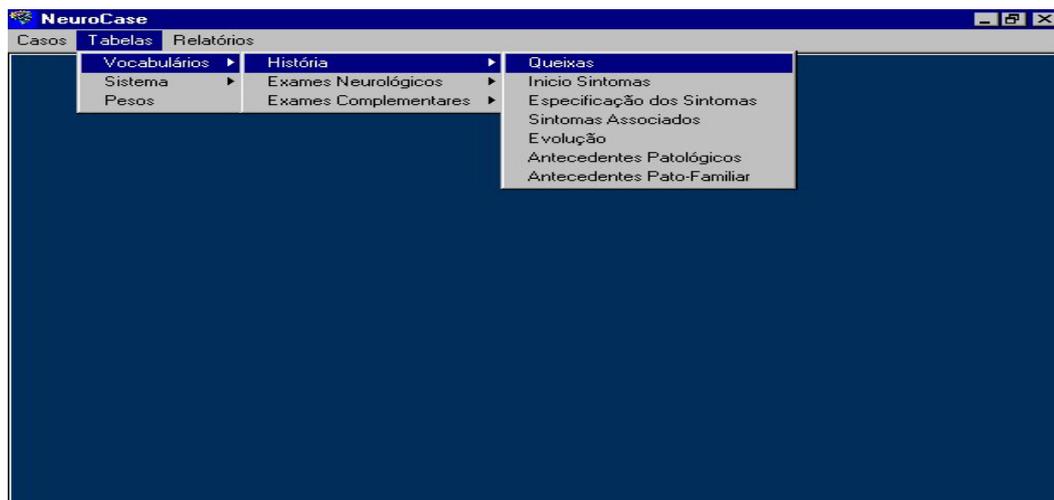


Figura 5.8: divisões do módulo “Tabelas”.

a) **Vocabulário** – é a opção relacionada a todos os índices e faz referência a seus respectivos conteúdos na indexação dos casos. A Figura 5.9 mostra um exemplo de formulário para cadastrar um novo item do vocabulário.

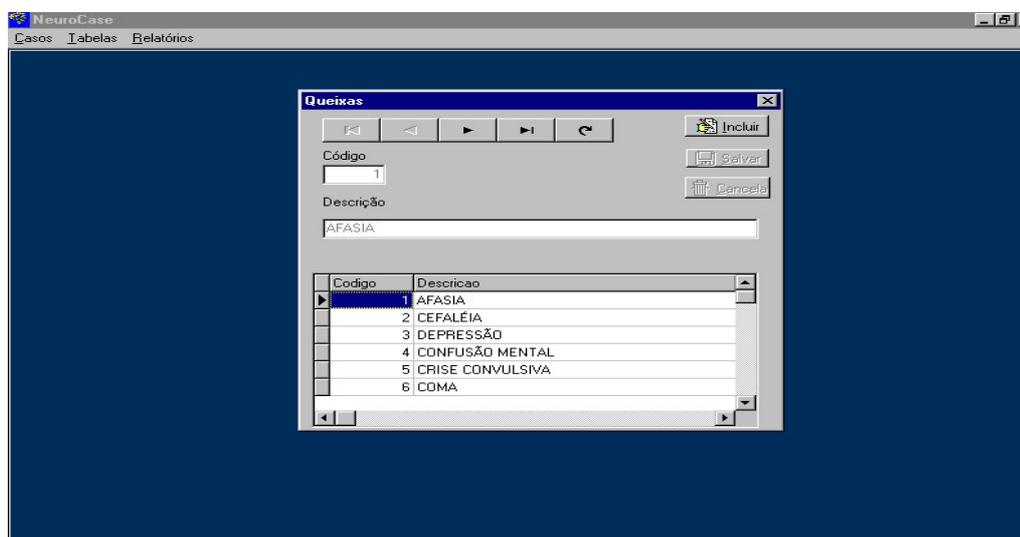


Figura 5.9: Formulário para vocabulários (exemplo para o índice Queixa Principal).

Cada formulário é ligado a um vocabulário e apresenta as seguintes ações:

- Um botão de navegação para se movimentar entre os vocabulários;
- Um botão “Incluir” para a inclusão de um novo vocabulário;
- Um botão “Salvar” para confirmar a gravação do item do vocabulário;
- Um botão “Cancelar” para cancelar a inclusão de um item;

b) Sistema – Possui opções para a manutenção de tabelas com problemas e para a limpeza de todas as tabelas para poder recomeçar novos casos com outros vocabulários.

c) Pesos - Representam o valor de diagnosticidade dos atributos no momento de calcular a similaridade dos casos. Os pesos variam de 0 a 1. A Figura 5.10 mostra o formulário para alterar os pesos. Aproveitou-se esse mesmo formulário para inserir duas opções de medida de similaridades, que podem ser escolhidas antes da recuperação dos casos.

O formulário, intitulado "Pesos dos Atributos", possui uma barra de navegação com as opções: "História do Paciente", "Exame Neurológico", "Exames Complementares" e "Opções". O formulário contém os seguintes campos de entrada:

Atributo	Valor
Idade do Paciente	0,5
Sexo	0,82
Queixa principal	0,53
Periodo Sintomas (Início)	0,79
Especificação dos Sintomas	0,21
Sintomas Associados	0,81
Evolução da Doença	0,26
Antecedentes Patológicos (Pessoais)	0,74
Antecedentes Patológicos (Família)	0,32

Um botão "Reseta Todos os Pesos" está localizado no canto superior direito. Um botão "Confirma" está no rodapé do formulário.

Figura 5.10: Formulário para atribuição de pesos aos atributos.

d) Opções para a recuperação dos casos - As opções fornecidas são constituídas pelos seguintes itens:

- **Limiar** – Determina qual o valor mínimo de similaridade que deve ser considerado na recuperação e ordenação dos casos. O valor pode variar entre 0 e 1 e pode ser escolhido pelo especialista. Um valor ideal é 0.6, ou seja, similaridades abaixo de 0.6 não serão consideradas no “rank” de casos recuperados.
- **Considerar Similaridade Funcional** – É a opção que quando habilitada, determina se haverá a média de similaridade entre os índices das duas indexações existentes para cada caso (índice geral e índice funcional)
- **Rank de Casos por Grupo** – É a função que quando habilitada, determina se os casos alvos serão filtrados de acordo com a classe do problema de entrada. Dessa forma, são computados apenas os casos pertencentes ao mesmo grupo ou classe do caso de entrada.
- **Medidas de Similaridades** – São oferecidas três funções de medidas de

simialridades. A primeira delas se baseia na similaridade entre os atributos válidos. A segunda considera todos os pesos e a terceira baseia-se na similaridade entre os atributos válidos e os pesos relacionados com cada atributo.

A Figura 5.11 mostra a tela de opções.

Figura 5.11: Formulário de opções para a recuperação dos casos.

5.5.3 Módulo Relatório

É o modulo responsável pela impressão do relatório dos casos. O especialista poderá escolher um, alguns ou todos os casos para serem impressos. Cada caso é composto por duas páginas, pois a confirmação e a descrição da solução são constituídas por textos explicativos necessitam de um bom espaço para essas descrições. A Figura 5.12 mostra a primeira página do relatório de um caso que é constituída pelo: histórico, exames e diagnóstico. Já a Figura 5.13 mostra a segunda página do relatório de um caso constituída pelo: tratamento, evolução e as referências do caso.

Relatório de Casos

17/04/2002

Caso Nº: 11

Grupo Patológico: Neoplasias

História

Idade do Paciente: {43}
 Queixa Principal: {DORMÊNCIA NA MÃO (16), DORMÊNCIA NA PERNA (19), SENSAÇÃO DE PESO NAS PERNAS (43) }
 Tempo Início Sintomas: {CRÔNICO (3) }
 Especificação Sintomas: {PARESTESIAS NA REGIÃO PERIANAL (27), AS PERNAS TENDEM A FRAQUEJAR (28) }
 Sintomas Associados: {CONFUSÃO MENTAL (14) }
 Evolução da Doença: {TENDÊNCIA A PIORAR (3) }
 Antecedentes Patológicos do Paciente: {}
 Antecedentes Patológico na Família: {}

Exames

Exames Neurológicos

 Linguagem: {NORMAL (8)}
 Estado Mental: {NORMAL (17)}
 Marcha: {}
 Nervos Cranianos: {}
 Função Motora: {FRAQUEZA MUSCULAR DIMIDIADA (5) }
 Reflexos : { GLABELAR (NORMAL) (1), MENTONIANO (NORMAL) (4), PALMENTONIANO (NORMAL) (7), CUTANEO-ABDOMINAL (NORMAL) (10), CUTANEO-PLANTAR (NORMAL) (13), BICIPITAL (NORMAL) (16), TRICIPITAL (NORMAL) (19), SUPINADOR (NORMAL) (22), PATELAR (NORMAL) (25), AQUILEU (NORMAL) (28), NORMAL (32) }
 Movimentos Anormais : {}
 Sinais Especiais: {}
 Coordenação: {NORMAL (11)}
 Sensibilidade: {ALODINIA (9)}

 Exames Complementares

 EEG: {NORMAL (1)}
 EMG: {}
 CT: {}
 RNM: {HIPERDENSO (3) LESÕES HIPERDENSAS PERIVENTRICULARES (8)}
 Poligrafia: {}
 LCR: {NORMAL (1)}
 Hemograma: { TESTES HEMATOLÓGICOS NORMAIS (1), PLAQUETAS (NORMAL) (3), ERITROGRAMA (NORMAL) (6), LEUCOGRAMA (NORMAL) (8), HEMATÓCRITO (NORMAL) (10), COAGULOGRAMA (NORMAL) (12) }
 Glicemia: {}
 Bioquímica: { URÉIA (NORMAL) (1), CREATININA (NORMAL) (3), POTÁSSIO (NORMAL) (5), SÓDIO (NORMAL) (7), TGO (NORMAL) (15), TGP (NORMAL) (17), ANÁLISE DE URINA (NORMAL) (21), PROTEÍNA SÉRICA (NORMAL) (27), PROVAS DE FUNÇÃO HEPÁTICA (NORMAL) (30) }
 Hormônios: {}
 Imunologia: {}
 Vitamina-B12: {}

Diagnóstico 1

Oligodendroglioma de baixo grau

Diagnóstico 2

Figura 5.12: Primeira página do relatório de um caso.

Relatório de Casos

17/04/2002

Caso Nº: 11

Grupo Patológico: Neoplasias

Tratamento

Pós-operativamente ela foi mantida no uso de dexametasona por várias semanas. Devido a psicose, a dexametasona foi diminuída gradativamente e foi acrescentado haloperidol. Alguns pacientes com gliomas de baixo grau podem ser seguidos inicialmente, mas neste caso, com hemiparesia discreta e sutil. Então, iniciou quimioterapia com procarbazina, lomustine e vincristina, em sete ciclos. Alterações alérgicas graves, resultou na retirada da procarbazina. No terceiro ciclo ela desenvolveu uma polineuropatia periférica. Retirou-se a vincristina. Os quatro ciclos restantes foram concluídos apenas com o lomustine.

Evolução

A paciente se submeteu a biópsia estereotáxica que revelou um oligodendroglioma de baixo grau. Antes do início do tratamento a paciente se tornou irracional e desenvolveu um agudo estado confusional, caracterizado por irritabilidade, paranóia e perserveração. Seus sintomas foram atribuídos a uma psicose induzida por esteróide. Após a retirada da dexametasona e iniciado haloperidol a paciente teve ampla recuperação da psicose. Após o tratamento quimioterápico o tumor regrediu (controles com RNM) e permaneceu estável. Houve melhora clínica, com resolução da hemiparesia e função mental normal. Oito anos após o início dos sintomas, ela tinha uma RNM e exame neurológico estável.

Comentários

A história da paciente, caracterizada por disfunção neurológica crônica, progressiva, combinada com RNM que mostra lesão ocupando espaço, difusa, sem reforço pelo contraste, é consistente com o diagnóstico de tumor cerebral infiltrante. A lesão na RNM é grande e confluenta para expressar doença cerebrovascular (DCV) ou esclerose múltipla (EM). Ela é jovem e não tem fatores de risco para DCV e a evolução da doença, sem surtos e supressão, não é compatível com EM. Linfomas primários do SN são caracteristicamente periventriculares, mas quase sempre tem algum reforço pelo contraste, o que torna improvável este diagnóstico. Gliomas são tumores altamente infiltrativos, que podem envolver grande área do cérebro, com poucos sintomas e sinais. Gliomas são facilmente identificados por RNM e a ausência de reforço, sugere fortemente um tumor de baixo grau. A absorção de contraste caracteriza os gliomas de alto-grau. O reforço pelo contraste indica a quebra da barreira hemato-encefálica, que ocorre paralelamente ao desenvolvimento de neovascularização, um dos marcos patológicos dos gliomas malignos. Com a compreensão de que os oligodendrogliomas de baixo grau são sensíveis quimicamente, a distinção entre oligodendrogliomas e astrocitomas de baixo grau se fez importante. O exame histológico é essencial para fazer a distinção.

Muitos gliomas de baixo grau transformam-se em gliomas de alto-grau, ocasionalmente, mas nem sempre, o estudo radiológico pode demonstrar a transformação focal. Pacientes que apresentam crises epiléticas não controladas, perdas cognitivas ou sintomas e sinais lateralizados, progressivos, devem se submeter imediatamente a biópsia ou ressecção para controlar os sintomas neurológicos. Pacientes com gliomas de baixo grau cujas crises epiléticas são facilmente controladas, pode-se diferir o tratamento até a época da progressão do tumor. Toxicidade a quimioterapia são agudas e comumente se relacionam com mielosupressão, no entanto, com a suspensão do tratamento o paciente se recupera. Há uma remota possibilidade de que a quimioterapia pode estar relacionada com o aparecimento de malignidade secundária (leucemia), mas o risco é pequeno.

Referências

Angelis (De) L. - Paresthesias and a cerebra mass. In: Schapira, A.H.V. e Rowland, L.P. - Clinical Cases in Neurology. Oxford. BH, caso 8, 2001, 261p.

Figura 5.13: Segunda página do relatório de um caso.

5.6 Avaliação do Sistema

A avaliação refere-se a comprovação da eficiência da aquisição de conhecimento (AC), bem como a precisão e a construção correta do sistema. Ela deve ser feita pelo engenheiro do conhecimento juntamente com o especialista, através de testes e comprovação de seus resultados. Nessa etapa o papel do usuário foi realizado pelo próprio especialista que interagiu com o protótipo.

Quanto à facilidade de uso, ficou clara a satisfação do especialista, que solicitou uma cópia e levantou a hipótese de se aprimorar o protótipo posteriormente, utilizando-se uma base de casos mais ampliada.

Como a avaliação de sistemas é considerada de extrema importância, foi reservado um capítulo para falar sobre a avaliação do Neurocase e sobre o desempenho de outros sistemas que utilizam essa metodologia de Raciocínio Baseado em Casos.

5.7 Conclusão

Este capítulo mostrou a arquitetura, a análise dos dados utilizados sob a forma de casos, o funcionamento do protótipo Neurocase e a importância de cada módulo implementado.

A arquitetura é descrita na forma de três camadas, sendo a lógica de aplicação a camada responsável pelo funcionamento da metodologia de Raciocínio baseado em Casos.

Os dados utilizados são extraídos da literatura médica pelo qual o especialista os identifica como casos mais efetivos para sistema.

A avaliação desses casos é de extrema importância e será o assunto do próximo capítulo, onde será feita uma abordagem sobre o processo de avaliação de sistemas em geral e de sistemas de RBC.

Capítulo 6

Verificação e Validação do Protótipo Neurocase

6.1 Introdução

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos através do processo de avaliação do Neurocase, bem como os resultados obtidos de outros sistemas de RBC para o diagnóstico médico.

O processo de avaliação do Neurocase é realizado de acordo com o método de avaliação de sistemas de RBC proposto por Watson (1996).

Não foi possível interagir com outros sistemas de RBC para o diagnóstico médico. Dessa forma, os resultados obtidos se limitam apenas às descrições feitas pelos seus respectivos autores.

6.2 Avaliação do Neurocase

Os sistemas desenvolvidos em RBC não possuem metodologias próprias para a validação do sistema, tampouco da memória empregada, conforme foi demonstrada na seção 2.7.2 (Avaliação de sistemas de RBC).

O desenvolvimento do protótipo tem como objetivo validar as metodologias utilizadas nesse trabalho para a representação, indexação e organização da base de casos, bem como as funções de medidas de similaridades descritas.

A avaliação do Neurocase segue o processo proposto por Watson (1996) através das etapas de verificação e validação. A verificação é a certeza da construção correta do sistema. A metodologia utilizada no trabalho para a construção correta do sistema, identifica essa verificação.

A validação avalia o grau de precisão na realização das tarefas propostas, como a utilidade e

eficiência do sistema no diagnóstico médico. Essa tarefa foi realizada junto com o especialista de Neurologia, que opinou a respeito das recuperações de casos feitas pelo sistema. Foram realizadas algumas modificações nos algoritmos de recuperação de casos para o processo de indexação (inserção de um novo tipo de indexação) e alguns testes com funções de similaridades, para que o sistema pudesse desempenhar resultados satisfatórios para o especialista.

Os casos de entrada foram classificados corretamente em 90% dos testes, com uma distância satisfatória do caso mais similar para os demais. Isso quer dizer que de cada 10 casos de entrada 9 conseguiam a recuperação de casos que casavam com a classe do problema que estava sendo descrito. Com relação aos casos recuperados, verificou-se uma precisão, considerada regular, que denotou a necessidade da aquisição de mais casos para tornar a recuperação mais eficiente.

Portanto, os resultados provenientes da validação são:

- i. **Preciso na Recuperação:** Inseriu-se na base de casos dois casos semelhantes (o caso de entrada fazia parte dos casos alvos) e fez se uma busca de similaridade na base de casos. O resultado mostrou uma medida de similaridade de 100 % entre o caso de entrada e o caso alvo semelhante. Ou seja, um caso só casou completamente com ele mesmo;
- ii. **Consistente na Recuperação:** foram escolhidos 5 casos para se fazer a busca de similaridades. Testou-se a recuperação dos mesmos casos por duas vezes, totalizando 10 buscas. Dessa forma, a precisão obtida na recuperação foi a mesma para cada caso submetido ao processo de busca de similaridades;
- iii. **Eficaz na Duplicação de Casos:** um caso somente combinou exatamente com ele mesmo, não havendo dois casos idênticos na base de casos;
- iv. **Adequado quanto à Cobertura dos Casos:** buscou-se contemplar nos casos, as principais classes de doenças neurológicas, através da aquisição de casos, para a obtenção de um diagnóstico mais individualizada possível.
- v. **Teste de Verificação Global do Sistema:** Escolheram-se 8 casos alvos representativos para se fazer a busca de similaridade e foram obtidos os seguintes resultados de acordo com a avaliação do especialista:
 - O sistema conseguiu recupera um conjunto de casos úteis;
 - A recuperação foi feita em tempo aceitável

Os cálculos resultantes do testes do conjunto de casos recuperados estão descritos na Tabela 6.1.

Caso	Descrição	Similaridade Caso +Similar	Similaridade Caso -Similar
Caso1- (043)	Neuropatia multifocal	0,76	0,71
Caso2 – (042)	Doença de Kennedy	0,84	0,66
Caso3 – (041)	Esclerose Múltipla	0,72	0,43
Caso4 – (037)	Síndrome de Guilan Barré, forma axonal	0,79	0,77
Caso5 – (036)	Miosite por Corpos de Inclusão	0,83	0,56
Caso6 – (035)	Displasia Focal Cortical	0,90	0,6
Caso7 - (05)	Infarto cerebral secundário.	0,74	0,47
Caso8 – (01)	Infarto cerebral	0,72	0,67
	Média	0,79	0,61
	Desvio Padrão	0,06- 6%	0,12- 12 %

Tabela 6.1: Resultados do Teste de Verificação Global do Neurocase.

6.3 Resultados Gerais Obtidos do Neurocase

Os resultados obtidos com a utilização do neurocase foram satisfatórios para o especialista. De acordo com o que foi proposto o sistema apresentou os seguintes resultados:

- O sistema é capaz de aceitar um novo caso, e recuperar um ou vários caso mais similares dentre os de sua classe ou dentre os de todas as classes, através da avaliação da similaridade;
- Representa o raciocínio do especialista em neurologia na realização do diagnóstico;
- Realização da Anamnese com o usuário;
- Habilidade de recuperar casos através de consultas parciais;
- Fontes de informações para consulta;
- Necessidade de inclusão de mais casos para melhorar o desempenho do sistema.

6.4 Resultados Obtidos de Outros Sistemas

Foi feita uma pesquisa com a intenção de verificar os trabalhos e seus respectivos sistemas, que utilizassem a metodologia de Raciocínio Baseado em Casos. Procurou-se dar ênfase para os trabalhos desenvolvidos aqui no Brasil e para os sistemas que envolvem o processo de diagnóstico.

6.4.1 Sistema 1

O sistema 1 aparece junto com um trabalho de dissertação com o título “Inteligência Artificial Aplicada à Nutrição na Prescrição de Planos Alimentares” desenvolvido por Camargo (1999). Esse trabalho apresenta os seguintes objetivos:

- Representar o conhecimento do especialista em Nutrição;
- Modelar o raciocínio de especialistas em Nutrição frente às tarefas de diagnóstico nutricional e de prescrição de dietas;
- Representar a consulta em Nutrição usando o paradigma de RBC

Os resultados obtidos com o trabalho foram:

- mostrou-se eficaz quanto aos mecanismos de aquisição de conhecimento, recuperação e na tarefa de classificação;
- O sistema apresentou deficiências na tarefa de prescrever o plano alimentar ideal para o exemplo citado. Isto ocorreu devido ao número insuficiente de casos;

6.4.2 Sistema 2

O sistema 2 aparece junto com um trabalho de dissertação com o título “Prescrição de Atividades Físicas Através do uso da Inteligência Artificial” desenvolvido por Delpizzo (1997). Esse trabalho apresenta os seguintes objetivos:

- Representar o raciocínio do especialista em Educação Física ao realizar o diagnóstico;
- Simular a tarefa do especialista em Educação Física ao realizar a prescrição para atividades físicas;
- Realizar uma anamnese com o usuário, detectando os pontos onde precisa intervenção ou encaminhamento para um médico especializado;
- Interpretar os dados relacionados à composição corporal, fornecendo os seguintes resultados: percentual de gordura, IMC (índice de massa corporal), MCM (massa corporal magra), e faixa de peso recomendada.
- Elaborar a prescrição de um programa de Atividade Física que leve em consideração as avaliações interpretadas para cada **indivíduo**

Os resultados obtidos por esse trabalho foram:

- Representação do raciocínio do especialista em Educação Física ao realizar o

diagnóstico;

- Simulação da tarefa do especialista em Educação Física ao realizar a prescrição para atividades físicas;
- Realização da Anamnese com o usuário;
- Fornecimento dos seguintes resultados referentes à avaliação da composição corporal: IMC (índice de massa corporal), percentual de gordura, MCM (massa corporal magra), e Faixa de peso ideal.
- Elaboração da prescrição de um programa de Atividade Física levando em consideração as avaliações interpretadas para cada indivíduo.
- O sistema representa um marco significativo no caminho da automação da prescrição de atividades físicas na Inteligência Artificial

6.4.3 Sistema 3

O sistema 3 é descrito através do trabalho de dissertação com o título “Utilização de Raciocínio Baseado em Casos para determinação de Aparelhos Auditivos” desenvolvido por Santos (2001). Esse trabalho tem como objetivo minimizar o tempo do profissional de fonoaudiologia, auxiliando-o nas escolhas de aparelhos auditivos a pessoas que por algum motivo tenham sofrido perda auditiva. (*Audio-In*).

Os resultados obtidos por esse trabalho foram:

- A técnica de Raciocínio Baseado em Casos (RBC) se mostrou eficiente quanto ao objetivo a ser alcançado com a construção do sistema *Audio-In*
- Para que obtenha melhores resultados, ainda é necessária grande inserção de casos já avaliados.

6.4.4 Sistema 4

O sistema 4 aparece com a definição “**TA3_{IVF}**”, onde TA3 é um tipo de algoritmo (tah-tree) , sendo IVF a abreviação de “ In Vitro Fertilizacion” , que é descrito por Jurísica (1998). Esse trabalho apresenta os seguintes objetivos:

- Criar uma base de casos de pacientes que foram avaliados e tratados pelos procedimentos de Fertilização in Vitro (IVF);
- Sugerir tratamento hormonal para novos pacientes através da base de casos (predição);

- Utilizar a base de casos para gerar relações interessantes entre dados (RBC e mineração de dados);

Os resultados obtidos foram:

- Base de conhecimento sobre os pacientes;
- Habilidade de recuperar casos através de consultas parciais;
- Habilidade de sugerir tratamento para gravidez e minimização de custos pela predição da dosagem hormonal;
- Predição de resultados de gravidez;
- Recupera casos positivos que são utilizados para tratamentos hormonais com sucesso e casos negativos são utilizados para evitar tratamentos sem sucesso

6.5 Conclusão

O presente capítulo mostrou que um sistema que utiliza RBC pode ser construído e validado corretamente de acordo com as especificações e objetivos propostos ao sistema.

A avaliação desse sistema segue as especificações sugeridas por Watson (1997), que tem por objetivo comprovar o funcionamento correto do sistema, através de seus resultados.

Também foi feita a análise de outros sistemas voltados para o diagnóstico médico, cujos resultados demonstraram ser positivos em relação à metodologia de RBC.

No próximo serão descritas as conclusões desse trabalho bem como os trabalhos futuros a partir dos resultados aqui obtidos.

7 Conclusão

7.1 Considerações Finais

Conforme a discussão anterior neste trabalho, a aplicação de sistemas de RBC provê muitas vantagens no que diz respeito à aquisição do conhecimento, manutenção desse conhecimento, eficiência na solução de problemas, aumento da qualidade das soluções e a aceitação do usuário.

Este trabalho mostrou os resultados de uma aplicação prática de RBC voltado para o domínio da Neurologia. Para isso, foi realizado um estudo sobre a metodologia de Raciocínio Baseado em Casos, um estudo sobre o diagnóstico sob a visão dos especialistas humanos e computacionais, bem como o domínio da Neurologia.

O estudo sobre o domínio da Neurologia possui um encadeamento específico, de modo que auxilie na compreensão dos casos criados para o sistema proposto nesse trabalho. Também foram descritas as etapas da construção de sistemas de RBC em geral, bem como a metodologia utilizada nesse trabalho para a construção do sistema Neurocase. A construção desse sistema foi de grande valor, pois a metodologia de RBC era vista sob uma perspectiva teórica e passou a ser vista de outra forma, através da perspectiva prática apresentada, que só pôde ser realizada através da obtenção e validação dos seus resultados.

A implementação do sistema foi descrita em termos de interface, funcionalidade, ambiente, bem como os dados utilizados para os testes e o funcionamento do sistema. A linguagem de programação escolhida foi o Object Pascal do **Delphi 4**, que foi de extrema importância para a construção dos objetos, métodos, funções e principalmente para a criação da interface do sistema. A interface foi construída com uma certa facilidade, pois suas ferramentas permitem a construção de interfaces gráficas de forma simples e objetiva.

A avaliação do sistema mostrou-se de grande importância para o trabalho, pois, como foi discutido na seção 6.2, foram realizadas algumas modificações nos algoritmos de recuperação de casos para o processo de indexação e alguns testes com funções de similaridades, de forma que o sistema pudesse desempenhar seu papel corretamente.

Na conclusão desse trabalho foi possível verificar que uma boa representação de casos no domínio escolhido, a escolha de bons índices e vocabulários que realizem a cobertura dos casos no domínio, bem como a escolha das funções de similaridades, são de extrema importância para a implementação dessa metodologia.

7.2 Trabalhos Futuros

Alguns aspectos importantes foram destacados nesse trabalho que podem ser aproveitadas como propostas para trabalhos futuros. Essas propostas podem ser identificadas da seguinte forma:

- Ampliar as categorias de problemas (classes de doenças), bem como criar casos específicos para cada categoria de problema, de forma que o sistema seja capaz de classificar um novo caso de acordo com uma dessas categorias, antes de iniciar o resgate de casos na base de casos.
- Implementar um servidor Web para dar o acesso aos casos armazenados na base de casos. Isso auxiliaria outros especialistas para a consulta de casos, permitiria o crescimento da base de casos através de um serviço de contribuições de casos por esses especialistas e o acesso de informações de qualquer lugar.
- A comparação com outras métricas de similaridades que possam surgir.
- Implementação de outros algoritmos de recuperação de casos que seja diferente do processamento seqüencial ou que melhorem o desempenho do sistema.

Referências Bibliográficas

- (AAMODT, 1994) AAMODT, A/ PLAZA E. **Case Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological variations, systems approaches**. AICOM vol 1, 1994, pp : 36-59.
- (ABEL, 1997) ABEL, M. **Engenharia de conhecimento**. Porto Alegre, Instituto de Informática a UFRGS, junho, 1997.
- (ABEL, 1996) ABEL, M. **Raciocínio Baseado em Casos**. Porto Alegre, Instituto de Informática da UFRGS, 1996.
- (ADAMS, 1997) ADAMS, Raymond D., Maurice Victor, Allan H. Ropper. **Principles of Neurology**. McGraw-Hill Companies, Inc. EUA, 1997.
- (ALTHOFF, 1995) ALTHOFF, Klaus-Dieter. **Evaluating Case-Based Reasoning Systems**. Proc. Unicom Workshop on CBR, London,1995.
- (BACELLAR, 2000) BACELLAR, Aroldo. Neurologia a Especialidade Médica do Século XXI. **Academia Brasileira de Neurologia**. Capturado em 2001. Online. Disponível em <http://www.abneuro.com.br/frame-base/frame-base-aneurologia.html>.
- (BALLONE , 2000) BALLONE G.J. - **Exames em Psiquiatria - in. PsiquWeb Psiquiatria Geral**. Capturado em 2001. Online. Disponível em <http://www.psiqweb.med.br/exames.html>.
- (BARBOSA,2002) BARBOSA, Santos;Armando P. **Exames/ Tratamentos - Neurologia in: Viva Saudável**. Capturado em 2002. [Online]. Disponível na Internet via WWW. URL:<http://www.vivasaudavel.pt/categoriam.asp?categ=exames#examesclinicos>. Capturado em Fevereiro de 2002.
- (BORELA, 1999) BORELA, C. R. **Uma Metodologia para Avaliação e Validação de Sistemas Especialistas**. Especialização em Ciência da Computação, Universidade de Passo Fundo, 1999, apud CARVALHO, Lucimar Fossatti et al. **Validação do Episys: Sistema Especialista de Apoio ao Diagnóstico Médico das Crises Convulsivas**. CONGRESSO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO - CBCOMP2001, 2001, Univali.
- (BRADBURN, 1993) BRADBURN,C. J. Zeleznikow, **The application of Cased-Based reasoning to the tasks of health care planning**, in: S. Wess, et al. (Eds.), Proceedings of European Workshop on CBR, Springer, Berlin, 1993, pp. 365–378.

- (CAMARGO,1999) CAMARGO, Katia Gavranich. **Inteligência Artificial aplicada à nutrição na prescrição de planos alimentares**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.
- (CARMO,1999) CARMO, Kleber Augusto Araujo. **NEUROCENTER**. Capturado em 2001. Online. Disponível em <http://www.rbeep.com.br/~kleberac/neurologia.htm>
- (CARVALHO,2001) CARVALHO, Lucimar Fossatti et al. **Validação do Episys: Sistema Especialista de Apoio ao Diagnóstico Médico das Crises Epiléticas**. CONGRESSO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO - CBCOMP2001, 2001, Univali.
- (CAVB, 2001) CAVB – Centro Acadêmico Vital Brasil. **Introdução ao Curso de Neurologia da Fcm.Pucsp**. Capturado em 2001. Online Disponível em <http://cavb.org/documentos/>
- (COELHO, 2000) COELHO, Roldão. **Eletroneuromiografia**. Capturado em 2001. Online. Disponível em <http://www.roldao-neurodiag.med.br/eletrone.htm>.
- (DELPIZZO , 1997) DELPIZZO , Vanessa Lins Francalacci. **Prescrição de atividades físicas através do uso da Inteligência Artificial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis,1997.
- (DRENTH, 1992) DRENTH H and Morris A.. **Prototyping expert solutions: an evaluation of Crystal, Leonardo, GURU and ART-IM**. Expert Systems 9, 1, 35-45, 1992, apud ALTHOFF, Klaus-Dieter. **Evaluating Case-Based Reasoning Systems**. Proc. Unicom Workshop on CBR, London,1995.
- (FATTU, 1986) FATTU, J.M.; Patrick, E.A. - **Computer-aided diagnosis and decision making**. In: Javitt, J. (Ed.) - Computers in Medicine. Applications and Possibilities. Philadelphia, PA: W.B. Saunders, p. 201-233, 1986, apud SABBATINI Renato M.E. **Uso do Computador no Apoio ao Diagnóstico Médico**. Capturado em março de 2001. Online. Disponível em <http://www.epub.org.br/informed/decisao.htm>.
- (FIESCHI,1990) FIESCHI, Marius. **Artificial intelligence in medicine: Expert Systems**. Chapman and Hall, London, 1990.
- (GROGONO,1991) GROGONO P and Batarekh A. and Preece A. and Shinghal R. and Suen C. **Expert system evaluation techniques: a selected bibliography**. Expert Systems 8, 4, 227-239, 1991, apud

- ALTHOFF, Klaus-Dieter. **Evaluating Case-Based Reasoning Systems**. Proc. Unicom Workshop on CBR, London,1995
- (HILAL , 1991) HILAL D K and Soltan H. **A suggested descriptive framework for the comparison of knowledge-based systems methodologies**. Expert Systems 8, 2, 107-114, 1991, apud ALTHOFF, Klaus-Dieter. **Evaluating Case-Based Reasoning Systems**. Proc. Unicom Workshop on CBR, London, 1995.
- (HOLLNAGEL ,1989) HOLLNAGEL E. **Evaluation of expert systems in Topics in Expert System Design** (Eds Guida, G, and Tasso, C) pp. 377-418, North Holland, 1989, apud ALTHOFF, Klaus-Dieter. **Evaluating Case-Based Reasoning Systems**. Proc. Unicom Workshop on CBR, London,1995
- (ISO/IEC,1991) ISO/IEC 9126. Information Tecnology – Software Evaluation – **Quality Characteristics and Guidelines for their use**. Dezembro, 1991, apud CARVALHO, Lucimar Fossatti et al. **Validação do Episys: Sistema Especialista de Apoio ao Diagnóstico Médico das Crises Convulsivas**. CONGRESSO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO - CBCOMP2001, 2001, Univali.
- (JURÍSICA,1998) JURÍSICA, I., et al. **Case-based reasoning in IVF: prediction and knowledge mining**. AI in Medicine 12 (1998) 1–24.
- (KITANO,1996) KITANO, Hiroaky; Hideo Shimazu. A case Study in Corporate-Wide Case-Based Software Quality Control in: LEAKE, David (Ed). **Case-Based Reasoning: Experiences, Lessons & Future Directions**. Menlo Park: AAAI Press/MIT Press, 1996. p.235 –268.
- (KOLODNER, 1993) KOLODNER, J. **Case-Based Reasoning**. Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo CA ,1993.
- (LADEIRA, 2000) LADEIRA, Marcelo. **Tratamento Eficiente da Incerteza em Sistemas de Apoio à Decisão**. XXVII Seminário Integrado de Software e Hardware; XX Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de Computação, Curitiba, 2000.
- (LEAKE, 1996) LEAKE, David (Ed). CBR in Context: The Present and Future. In:_____. **Case-Based Reasoning: Experiences, Lessons & Future Directions**. Menlo Park: AAAI Press/MIT Press, 1996. p. 3-30.
- (LEAKE, 2002) LEAKE, David. **Experience, Introspection, and Expertise: Learning to Refine the Case-Based Reasoning Process**. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL:<http://citeseer.nj.nec.com/1595.html>. Capturado em janeiro de 2002.
- (LEE, 1998) LEE, Rosina Weber. **Pesquisa Jurisprudencial Inteligente**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)- Programa de Pós-

- Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.
- (LORENZI, 1998) LORENZI, Fabiana. **Uso da metodologia de raciocínio baseado em casos na investigação de irregularidades nas internações hospitalares**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação)-Instituto de Informática. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.
- (MAHER, 1995) MAHER, Mary Lou, M. Bala Balachandran and Dong Mei Zhang. **Case-Based Reasoning in Design**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1995
- (MARTINS, 2000) MARTINS, Agenor S. **Computação Baseada em Casos: Contribuições metodológicas aos modelos de indexação, de avaliação, de Ranking e de similaridade de casos**. 2000. Tese (Doutorado) – COPELE , Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2000.
- (NASSAR, 1998) NASSAR, S. M. **Estatística e Informática: um processo interativo entre duas ciências**. Departamento de Informática e Estatística. Centro Tecnológico, UFSC, 1998.
- (NBR, 1996) NBR 13596. Tecnologia da Informação – Avaliação de Produto de Software – **Características de Qualidade e Diretrizes para seu uso**, ABNT, Abril, 1996, apud CARVALHO, Lucimar Fossatti et al. **Validação do Episys: Sistema Especialista de Apoio ao Diagnóstico Médico das Crises Convulsivas**. CONGRESSO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO - CBCOMP2001, 2001, Univali.
- (NBR, 1999) NBR 13596. **Subcaracterísticas da Qualidade de Software Segundo a Norma**, Fevereiro, 1999, apud CARVALHO, Lucimar Fossatti et al. **Validação do Episys: Sistema Especialista de Apoio ao Diagnóstico Médico das Crises Convulsivas**. CONGRESSO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO - CBCOMP2001, 2001, Univali.
- (NEWELL, 1972) NEWELL, A. and Simon, H.A. **Human Problem Solving**. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1972.
- (O'KEEFE, 1987) O'KEEFE, R. & SMITH, E. **Validating Expert Systems Performance**. IEEE Expert, 1987, apud CARVALHO, Lucimar Fossatti et al. **Validação do Episys: Sistema Especialista de Apoio ao Diagnóstico Médico das Crises Convulsivas**. CONGRESSO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO - CBCOMP2001, 2001, Univali.

- (PELLEGRINI,1995) PELLEGRINI, G. F. **Proposta de uma Metodologia de Avaliação para Sistemas Especialistas na Área Médica**. Dissertação de Mestrado, UFSC, 1995, apud CARVALHO, Lucimar Fossatti et al. **Validação do Episys: Sistema Especialista de Apoio ao Diagnóstico Médico das Crises Convulsivas**. CONGRESSO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO - CBCOMP2001, 2001, Univali.
- (REIS,1997) REIS, L. A. ; CARGNIN, M. L. **SDDEP – Uma Aplicação na Área Médica Utilizando Raciocínio Baseado em Casos**. Florianópolis, 1997. Relatório de Estágio (Graduação em Ciência da Computação) – Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Federal de Santa Catarina.
- (RICHTER, 1991) RICHTER M.M, Weiß S. **Similarity, Uncertainty and Case-Based Reasoning in PATDEX**. To appear in: Festschrift for Woody Bledsoe, Kluwer Academic Publishers, 1991.
- (ROTHENBERG ,1989) ROTHENBERG J. **Expert system tool evaluation in Topics in Expert System Design** (Eds Guida, G, and Tasso, C) pp. 205-229, North Holland, 1989, apud ALTHOFF, Klaus-Dieter. **Evaluating Case-Based Reasoning Systems**. Proc. Unicom Workshop on CBR, London,1995.
- (SANTOS, 2001) SANTOS, Fernando Gomes; FERNANDES, Anita M. R. **Utilização de Raciocínio Baseado em Casos para determinação de aparelhos auditivos**. Workshop de Informática aplicada à Saúde , Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI , CBComp 2001.
- (SCHANK, 1999) SCHANK, R. C. **Dynamic Memory Revisited**. Cambridge University Press, New York, 1999.
- (SABBATINI, 2001) SABBATINI, Renato M.E. **Uso do Computador no Apoio ao Diagnóstico Médico**. Capturado em março de 2001. Online. Disponível em <http://www.epub.org.br/informed/decisao.htm>.
- (SCHMIDT, 2001) SCHMIDT Rainer, et al., **Cased-Based Reasoning for medical knowledge-based systems**. International Journal of Medical Informatics 64 (2001), pp. 355-367
- (SZOLOVITS, 1982) SZOLOVITS, P. - **Artificial Intelligence and Medicine**. In: Szolovits, P. (Ed.) - Artificial Intelligence in Medicine. Westview Press, Boulder, CO, pp. 21-55, 1982 apud SABBATINI Renato M.E. **Uso do Computador no Apoio ao Diagnóstico Médico**. [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.epub.org.br/informed/decisao.htm>. Capturado em março de2001.

- (TURBAN, 1998) TURBAN, Efraim and Jay E. Aronson. **Decision Support Systems and Intelligent Systems**, 5th ed. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1998.
- (WATSON, 1997) WATSON, Ian. **Applying Case-Based Reasoning** : Techniques for Enterprise Systems, Morgan Kaufmann Publishers, Inc. San Francisco (EUA), 1997.

Apêndice A

Índices e Vocabulários de Indexação

Cod.	Índice - Sexo
1	MASC
2	FEM

Cod.	Índice - Idade	Valor
1	0 - 10 ANOS	0,10
2	11 - 20 ANOS	0,30
3	21 - 50 ANOS	0,50
4	MAIOR QUE 50 ANOS	1,00

Cod.	Índice - Grupo da doença
1	CEFALÉIA
2	EPILEPSIA
3	NEUROMUSCULAR
4	NEUROINFECÇÃO
5	DISTÚRBIO DOS MOVIMENTOS
6	DOENÇAS DESMIELINIZANTES
7	CEREBROVASCULARES
8	DEMÊNCIAS
9	NEOPLASIAS
10	DOENÇA DO SONO
11	DOENÇAS NEURODEGENERATIVAS

Cod.	Índice - Início Sintomas	Valor
1	AGUDO	0,10
2	SUBAGUDO	0,40
3	CRÔNICO	1,00

Cód.	Índice - Especificação dos sintomas
1	PERDA DE MEMÓRIA
2	ALTERAÇÕES COGNITIVAS
3	DESORIENTAÇÃO ESPACIAL
4	TRANSTORNO DA LINGUAGEM
5	COMA
6	PARESTESIAS
7	DOR
8	FRAQUEZA MUSCULAR
9	PERDA SENSITIVA
10	DIFICULDADE DA MARCHA
11	CEFALÉIA
12	TREMOR
13	COREOATETOSE
14	DISTONIA
15	TIC
16	DISCINESIA
17	MIOTONIA
18	TRANSTORNOS ESFINCTERIANOS
19	PÉ CAÍDO
20	CONFUSÃO MENTAL
21	SÍNDROME MENINGEA
22	HEMIPARESTESIA (PRESENTE)
23	PARESTESIA EM BOTAS (PRESENTE)
24	PARESTESIA DA HEMIFACE (PRESENTE)
25	PARESTESIA LOCALIZADA (PRESENTE)
26	HIPERATIVIDADE
27	PARESTESIAS NA REGIÃO PERIANAL
28	AS PERNAS TENDEM A FRAQUEJAR

Cód.	Índice - Queixa Principal
1	AFASIA
2	CEFALÉIA
3	DEPRESSÃO
4	CONFUSÃO MENTAL
5	CRISE CONVULSIVA
6	COMA
7	MUTISMO
8	DEMÊNCIA
9	DESEQUILIBRIO
10	DIPLOPIA
11	DISARTRIA
12	DISFASIA
13	DOR RADICULAR MEMBRO INFERIOR
14	DOR RADICULAR MEMBRO SUPERIOR
15	DORMÊNCIA NA MÃO
16	DORMÊNCIA NO MEMBRO SUPERIOR
17	DORMÊNCIA NA COXA
18	DORMÊNCIA NA PERNA
19	DORMÊNCIA NO PÉ
20	DORMÊNCIA NA HEMIFACE
21	FADIGA
22	FRAQUEZA MUSCULAR DISTAL
23	FRAQUEZA MUSCULAR GENERALIZADA
24	FRAQUEZA MUSCULAR PROXIMAL
25	FRAQUEZA MUSCULAR EM DIMÍDIO
26	FRAQUEZA MUSCULATURA OCULAR
27	HIPOTONIA MUSCULAR
28	MOVIMENTOS INVOLUTÁRIOS ANORMAIS
29	MIOTONIA
30	NISTAGMO
31	PARAPLEGIA
32	PARALISIA DE PARES CRANIANOS
33	PERDA VISUAL
34	RIGIDEZ MUSCULAR
35	TRANSTORNO DO SONO
36	SURDEZ
37	VERTIGEM
38	ALTERAÇÕES NA MEMÓRIA
39	FRAQUEZA MUSCULAR DA HEMIFACE
40	TRANSTORNOS DA MARCHA
41	PÉ CAÍDO
42	SENSAÇÃO DE PESO NAS PERNAS
43	TREMOR

Cód.	Índice - Evolução da Doença	Valor
1	TENDÊNCIA A MELHORAR	0,10
2	INTERMITENTE	0,40
3	TENDÊNCIA A PIORAR	0,70
4	ESTÁVEL	0,20
5	RECORRENTE	0,30

Cód.	Índice - Sintomas Associados
1	CEFALÉIA
2	DOR
3	PARESTESIA
4	NÁUSEAS
5	FOTOFOBIA
6	FONOFOBIA
7	VÔMITOS
8	TONTEIRAS
9	MAL-ESTAR
10	ALTERAÇÕES VISUAIS
11	ALTERAÇÕES ESFINCTERIANAS
12	ALTERAÇÕES POSTURAIS
13	ALTERAÇÕES DA MARCHA
14	CONFUSÃO MENTAL
15	PERDA DE CONSCIÊNCIA
16	SEM PERDA DE CONSCIÊNCIA
17	ANSIEDADE
18	TREMOR
19	CÂIMBRA
20	CANSAÇO
21	CONVULSÃO FEBRIL
22	CRISES CONVULSIVAS
23	ESQUECIMENTO
24	FRAQUEZA
25	INSÔNIA
26	PARALISIA
27	RIGIDEZ MUSCULAR
28	PERDA AUDITIVA
29	SONO INQUIETO
30	TREMOR DE VOZ
31	EDEMA
32	DIFICULDADE PARA ANDAR
33	HUMOR DEPRIMIDO
34	PERDA DE PESO
35	PERDA VISUAL
36	HIPERTENSÃO ARTERIAL
37	ALTERAÇÕES DA LINGUAGEM

Cód.	Índice -Marcha
1	PARKISONIANA
2	PEQUENO PASSOS
3	EM TESOURA
4	ATAXICA
5	MIOPÁTICA
6	APRÁXICA
7	HEMIPLÉGICA
8	PÉ CAIDO
9	BASE ALARGADA
10	NORMAL

Cód.	Índice -Antecedentes Patológicos
1	DIABETES MELLITUS
2	HIPERTENSÃO
3	DOENÇA CARDIACA
4	FEBRE REUMÁTICA
5	TRAUMA NA CABEÇA
6	HIPOTIREOIDISMO
7	HIPERTIREOIDISMO
8	ASMA
9	NEOPLASIAS
10	ENXAQUECA
11	USA UM TIPO DE MEDICAMENTO
12	ALCOOLISMO
13	FUMANTE
14	USO DE ANTICONCEPCIONAIS ORAIS
15	USO DE DROGAS ILÍCITAS
16	USO DE MARCA-PASSO CARDÍACO

Cód.	Índice - Linguagem
1	AFASIA SENSORIAL (PRESENTE)
2	AFASIA MOTORA (PRESENTE)
3	AFASIA DE CONDUÇÃO (PRESENTE)
4	AFASIA transcortical SENSORIAL (PRESENTE)
5	AFASIA transcortical MOTORA (PRESENTE)
6	DISARTRIA (PRESENTE)
7	MUTISMO
8	NORMAL
9	TICS VOCAIS

Cód.	Índice - Estado Mental
1	ALERTA
2	COOPERATIVO
3	DIFICULDADE DE PENSAR CLARAMENTE
4	DISTRAÍDO
5	APÁTICO
6	LINGUAGEM ESPONTÂNEA RESTRITA
7	ORIENTAÇÃO TEMPORAL NORMAL
8	ORIENTAÇÃO ESPACIAL ALTERADA
9	ESCRITA NORMAL
10	NOMEAR OBJETOS NORMAL
11	ORIENTAÇÃO TEMPORAL ALTERADA
12	ORIENTAÇÃO ESPACIAL NORMAL
13	LEITURA NORMAL
14	LEITURA ALTERADA
15	CÁLCULO (NORMAL)
16	CÁLCULO (ALTERADO)
17	NORMAL

Cod.	Índice -Reflexos
1	GLABELAR (NORMAL)
2	GLABELAR (+)
3	GLABELAR (-)
4	MENTONIANO (NORMAL)
5	MENTONIANO (+)
6	MENTONIANO(-)
7	PALMENTONIANO (NORMAL)
8	PALMENTONIANO (+)
9	PALMENTONIANO (-)
10	CUTANEO-ABDOMINAL (NORMAL)
11	CUTANEO-ABDOMINAL (+)
12	CUTANEO-ABDOMINAL (-)
13	CUTANEO-PLANTAR (NORMAL)
14	CUTANEO-PLANTAR (+)
15	CUTANEO-PLANTAR (-)
16	BICIPITAL (NORMAL)
17	BICIPITAL(+)
18	BICIPITAL (-)
19	TRICIPITAL (NORMAL)
20	TRICIPITAL (+)
21	TRICIPITAL (-)
22	SUPINADOR (NORMAL)
23	SUPINADOR (+)
24	SUPINADOR (-)
25	PATELAR (NORMAL)
26	PATELAR+
27	PATELAR-
28	AQUILEU (NORMAL)
29	AQUILEU+
30	AQUILEU -
31	PREENSÃO (PRESENTE)
32	NORMAL
33	REFLEXO DO VÔMITO (+)
34	REFLEXO DO VÔMITO (-)

Cód.	Índice - Sinais Especiais
1	SINAIS DE FRONTALIZAÇÃO
2	TESTES MENÍNGEOS
3	SINAL DE TINEL
4	SINAL DE LHERMITTE
5	PAPIEDEMA
6	SÍNDROME DE HORNER

Cód.	Índice - Coordenação
1	DISMETRIA
2	DECOMPOSIÇÃO DOS MOVIMENTOS
3	TREMOR DE INTENÇÃO
4	DISDIADOCINESIA
5	ATAXIA
7	SINAL DE ROMBERG
8	NISTAGMO HORIZONTAL
9	NISTAGMO VERTICAL
10	NISTAGMO ROTATÓRIO
11	NORMAL

Cód.	Índice - Nervos Cranianos
1	OLFATORIO (ALTERADO)
2	OPTICO (ALTERADO)
3	OCULOMOTORES (ALTERADO)
4	TRIGEMEO (ALTERADO)
5	FACIAL (ALTERADO)
6	AUDITIVO (ALTERADO)
7	PARES CRANIANOS BAIXOS (ALTERADO)
8	HEMIANOPSIA
9	EDEMA DE PAPILA
10	PUPILA MIÓTICA
11	PUPILA MIDRIÁTICA
12	NORMAL

Cód.	Índice- Função Motora
1	NORMAL
2	FRAQUEZA MUSCULAR GENERALIZADA
3	FRAQUEZA MUSCULAR PROXIMAL
4	FRAQUEZA MUSCULAR DISTAL
5	FRAQUEZA MUSCULAR DIMIDIADA
6	MONOPLÉGIA
7	PARAPLEGIA
8	NMS
9	NMI
10	NMS+NMI
11	ESPATICIDADE
12	HIPOTONIA
13	HIPERTONIA PLÁSTICA
14	ATROFIA MUSCULAR MEMBROS INFERIORES
15	ATROFIA MUSCULAR MEMBROS SUPERIORES
16	HEMINEGLIGÊNCIA
17	APRAXIA

Cód.	Índice - Movimentos anormais
1	TREMOR DE REPOUSO
2	TREMOR DE AÇÃO
3	TREMOR DISTÔNICO
4	ACATISIA
5	ATETOSE
6	COREIA
7	DICINESIA
8	DISTONIA
9	HEMIBALISMO
10	MIOCLONIA
11	TIC

Cód.	Índice - Sinais Especiais
1	SINAIS DE FRONTALIZAÇÃO
2	TESTES MENÍNGEOS
3	SINAL DE TINEL
4	SINAL DE LHERMITTE
5	PAPILEDEMA
6	SÍNDROME DE HORNER

Cod	Índice - Sensibilidade
1	HEMIPARESTESIA (PRESENTE)
2	PARESTESIA EM BOTAS (PRESENTE)
3	PARESTESIA DA HEMIFACE (PRESENTE)
4	PARESTESIA LOCALIZADA (PRESENTE)

Cód	Índice - EEG	Valor
1	NORMAL	0,10
2	LENTIFICADO	0,20
3	EPILEPTICO	0,99
4	SURTO-SUPRESSÃO	0,30
5	PLANO	0,40

Cód	Índice - EMG	Valor
1	NORMAL	1,00
2	NEUROPÁTICO	2,00
3	MIOPÁTICO	3,00
4	MIASTÊNICO	4,00
5	MIOTÔNICO	5,00

Cod	Índice - CT
1	NORMAL
2	HIPODENSO
3	HIPERDENSO
4	IRREGULAR
5	ATROFIA CEREBELAR
6	ATROFIA CEREBRAL
7	REFORÇO PELO CONTRASTE

Cod	Índice - RNM
1	NORMAL
2	HIPODENSO
3	HIPERDENSO
4	IRREGULAR
5	ATROFIA CEREBELAR
6	ATROFIA CEREBRAL
7	REFORÇO PELO CONTRASTE
8	PRESENÇA DE OLIGODENDROGLIOMA

Cód	Índice - Poligrafia
1	NORMAL
2	APNÉIA DO SONO
3	NARCOLEPSIA
4	INSÔNIA
5	PARASSONIAS
6	DESORDENS DO MOVIMENTO NOTURNAS

Cód	Índice -Hormônios	Valor
1	EUTIREOIDIANO	0,10
2	HIPOTIREOIDIANO	0,30
3	HIPERTIREOIDIANO	0,50

Cod	Índice -Vitamina B12	Valor
1	NORMAL	0,10
2	ALTERADO	0,30
3	MUITO ALTERADO	0,50

Cód	Índice - LCR
1	NORMAL
2	MENIGITE AGUDA
3	MENIGITE VIRAL
4	MENIGITE TUBERCULOSA
5	SÍNDROME DE GUILLAN -BARRE
6	MENIGITE FÚNGICA
7	ENCEFALITE HERPÉTICA
8	LCR COM SANGUE
9	ESCLEROSE MÚLTIPLA
10	PSEUDOTUMOR CEREBRAL
11	TOXOPLASMOSE
12	REFORÇO PELO CONTRASTE
13	PLEIOCITOSE
14	PROTEINAS ELEVADAS

Cod	Índice – Outros Exames
1	URÉIA (NORMAL)
2	URÉIA (ALTERADO)
3	CREATININA (NORMAL)
4	CREATININA (ALTERADO)
5	POTÁSSIO (NORMAL)
6	POTÁSSIO (ALTERADO)
7	SÓDIO (NORMAL)
8	SÓDIO (ALTERADO)
9	PROTEÍNA C REATIVA (NORMAL)
10	PROTEÍNA C REATIVA (ALTERADA)
11	FATOR REUMATÓIDE (NORMAL)
12	FATOR REUMATÓIDE (ALTERADO)
13	PARAPROTEINEMIA (NORMAL)
14	PARAPROTEINEMIA (ALTERADA)
15	TGO (NORMAL)
16	TGO (ALTERADA)
17	TGP (NORMAL)
18	TGP (ALTERADA)
19	COLESTEROL (NORMAL)
20	COLESTEROL (ALTERADO)
21	ANÁLISE DE URINA (NORMAL)
22	ANÁLISE DE URINA (ALTERADA)
23	CPK (NORMAL)
24	CPK (ALTERADO)
25	CÁLCIO (NORMAL)
26	CÁLCIO (ALTERADO)
27	PROTEÍNA SÉRICA (NORMAL)
28	PROTEÍNA SÉRICA (AUMENTADA)
29	PROTEÍNA SÉRICA (DIMINUÍDA)
30	PROVAS DE FUNÇÃO HEPÁTICA (NORMAL)
31	PROVAS DE FUNÇÃO HEPÁTICA (ALTERADO)
32	COBRE (NORMAL)
33	COBRE (ALTERADO)
34	CERULOPLASMINA (NORMAL)
35	CERULOPLASMINA (ALTERADO)
36	TESTES BIOQUÍMICOS NORMAIS
37	CERULOPLASMINA SÉRICA
38	COBRE URINÁRIO AUMENTADO
39	GLICEMIA- HIPERGLICEMIA
40	GLICEMIA - HIPOGLICEMIA
41	GLICEMIA - NORMAL

Cod	Índice - Imunologia
1	TESTE PARA SÍFILIS (PRESENTE)
2	TOXOPLASMOSE (PRESENTE)
3	LYME (PRESENTE)
4	ANTIGM (PRESENTE)
5	ANTICORPOS ANTIDUPLAHÉLICE (PRESENTE)
6	ANCA (PRESENTE)
7	HIV (PRESENTE)
8	ANTICORPOS ANTINUCLEAR (PRESENTE)
9	ANTICORPOS ANTINUCLEAR (AUSENTE)

Cod	Índice - Biópsia Muscular
1	NORMAL
2	ALTERAÇÕES NEUROPÁTICAS
3	ALTERAÇÕES MIOPÁTICAS
4	ALTERAÇÕES MITOCONDRIAIS
5	ALTERAÇÕES ESTRUTURAIS ESPECÍFICAS
6	DESPROPORÇÃO DE TIPO DE FIBRAS
7	HIV (PRESENTE)
8	ANTICORPOS ANTINUCLEAR (PRESENTE)
9	ANTICORPOS ANTINUCLEAR (AUSENTE)