

O PROCESSO DE AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO
NA CONSTRUÇÃO DE SISTEMAS ESPECIALISTAS

Márcia de Paiva Bastos Gottgroy

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

Aprovada por:

Antonio de Almeida Pinho

Prof. Antonio de Almeida Pinho, D.Sc.
(Presidente)

Sheila Regina Murgel Veloso

Profa. Sheila Regina Murgel Veloso, D.Sc.

Cláudia Guerreiro Ribeiro do Valle

Profa. Cláudia Guerreiro Ribeiro do Valle, D.Sc.

Nelson Francisco Favilla Ebecken

Prof. Nelson Francisco Favilla Ebecken, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO de 1990

GOTTGTROY, MÁRCIA DE PAIVA BASTOS

O Processo de Aquisição do Conhecimento na Construção de
Sistemas Especialistas [Rio de Janeiro] 1990.

XIII , 222 , 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia de
Sistemas e Computação, 1990)

Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

1. Aquisição do Conhecimento para Sistemas Especialistas

I. COPPE/UFRJ

II. Título

À você, Paulo César,

Aos meus pais,

Ao meu irmão,

Aos meus avós,

À Baixinha

AGRADECIMENTOS

A realização desse trabalho só se tornou possível graças ao apoio e colaboração de inúmeras pessoas, às quais agradeço sinceramente. Em especial desejo agradecer:

Ao meu prestativo e compreensivo orientador, pelo apoio, pela amizade.

Ao Paulo César, meu marido, meu amigo, por tudo. Sem palavras!

À minha "grande" família: meus pais, irmãos, sobrinhos, cunhados, sogros, avós, tios, primos e "agregados", pelo apoio, pela força, pelas orações, pelo amor!

Aos meus fiéis e sinceros amigos e incentivadores, Landau, Zé, Álvaro, Padilha, Chico, Gilberto, Célio, Mônica, Léa, Aninha, André, Lucinha, Simone, Luís Fernando, Giorno, Vera, Ramiro, Casanova, Furtado, Anelise, Tuchermam, Solon, Damski, Milani, Mário, Moacir, Sandra, Darlene, Bob, Xerez, Pedro, Nelsinho, Gilberto, Flaviano, Myrian, Luís e Chris, Valéria e Brejo, Belchior e Lucinha, Cypriano e Cris, Sandra, Léa, Lourdes, Cândida, Solange, Zenner, Padre João.

Aos amigos Daise, responsável pela bela apresentação da parte gráfica da tese e Kleber, um obrigada especial, do fundo do coração.

Aos meus queridos especialistas, Ronaldo e Cláudio.

Ao Nelson, pelo apoio irrestrito, pela força.

Ao Centro Científico da IBM - Rio, ao Almir, pela oportunidade e por tudo o que aprendi.

Ao CNPQ, IBM Brasil e PETROBRÁS pelo apoio dado no transcurso desse trabalho de pesquisa.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

**O PROCESSO DE AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO
NA CONSTRUÇÃO DE SISTEMAS ESPECIALISTAS**

Márcia de Paiva Bastos Gottgtroy

Março de 1990

Orientador: Prof. Antonio de Almeida Pinho

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

Os Sistemas Especialistas desenvolvidos até hoje demonstram seu poder e utilidade. Mas esses sistemas apresentam vários problemas que dificultam a efetivação de seu uso comercialmente.

No ciclo de vida de desenvolvimento de um Sistema Especialista, é na etapa de Aquisição do Conhecimento que o conhecimento do especialista é captado e transformado em uma linguagem compreensível pela máquina. Esse processo não é trivial e vem sendo considerado responsável pela grande maioria dos problemas detectados.

O objetivo desse trabalho é mostrar os principais enfoques utilizados na tentativa de solucionar esses problemas, ou seja, na efetivação do processo de AC. É dada maior ênfase ao processo de Eliciação do Conhecimento - uma das primeiras fases da etapa de Aquisição do Conhecimento - que

recentemente vem sendo abordada mais atentamente pelos pesquisadores da área. Esse processo ainda é feito de maneira "ad hoc" e os métodos e técnicas utilizados não são ainda totalmente formalizados, nem difundidos, tornando-o dependente das pessoas envolvidas e pondo em risco o seu sucesso, e do sistema em questão.

Procuramos definir os vários conceitos envolvidos nesse processo, assim como descrever os métodos e técnicas que vem sendo utilizados, comparando-os e fornecendo diretrizes para sua utilização, de forma a contribuir para uma melhor aplicação dos mesmos, uma maior formalização do processo de elicitação do conhecimento e conseqüente aumento da eficiência do mesmo.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

**THE PROCESS OF KNOWLEDGE ACQUISITION
ON DEVELOPMENT OF EXPERT SYSTEMS**

Márcia de Paiva Bastos Gottgtroy

March, 1990

Thesis Supervisor: Prof. Antonio de Almeida Pinho

Department: Systems Engineering and Computer Science

Expert Systems developed up to the present date, have demonstrated their power and utility. However these systems still present several drawbacks which inhibit, to some extent, their full application on production systems.

On an Expert System development life cycle, it is in the Knowledge Acquisition stage that the expertise is uncovered and transformed into a language that is machine understandable. Such acquisition process is not trivial and most of a system's success relies on the effectiveness of this process.

This work surveys the main approaches used in order to overcome the addressed problems, i.e., the effectiveness of the knowledge acquisition process. Attention is focused on the process of Knowledge Elicitation - one of the first phase of the knowledge acquisition stage. Recent researches

have paid due attention on this subject.

Knowledge Elicitation is still an "ad hoc" process and the methods and techniques used on this, are not formalized, which makes it dependent on the people involved, a potential source of hazards to its success and also to the success of the related system.

The related concepts, as well as methods and techniques are assessed, thus offering directions for their efficient utilization on the Knowledge Elicitation process, enabling reliable and robust Expert Systems development.

ÍNDICE

	Página
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO.....	1
I.1 - Inteligência Artificial - Histórico.....	1
I.2 - Sistemas Baseados no Conhecimento.....	4
I.2.1 - A Evolução dos Sistemas Baseados no Co- nhecimento.....	6
I.3 - O Processo de Aquisição do Conhecimento....	10
I.3.1 - A Especialidade e a Eliciação do Conhe- cimento.....	14
CAPÍTULO II - REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	18
II.1 - Os Formalismos de Representação do Conhe- cimento.....	18
II.2 - A Eficiência dos Formalismos e os Novos Rumos.....	25
CAPÍTULO III - ELICIAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	29
III.1 - Introdução.....	29
III.2 - Aquisição Automática.....	34
III.2.1 - Ferramentas que Auxiliam o Processo de Aquisição do Conhecimento.....	34
III.2.2 - Aprendizado Automático.....	36
III.2.2.1 - Indução.....	40
III.2.2.1.1 - ID3 - "Interactive Dichotomizer 3".	42
III.3 - Formalização dos Métodos e Técnicas Tra- dicionalmente Empregados na AC e Busca de Novos Métodos.....	48
III.3.1 - Descrição dos Métodos e Técnicas.....	53
III.3.1.1 - Entrevistas.....	53

III.3.1.1.1 - Entrevista Não-Estruturada, Estilo Livre, Informal.....	55
III.3.1.1.2 - Entrevista Estruturada.....	56
III.3.1.2 - Observação.....	59
III.3.1.2.1 - Observação Simples, Tarefas Familiares.....	60
III.3.1.2.2 - Análise de Protocolos.....	61
III.3.1.2.2.A - Protocolos Concorrentes.....	62
III.3.1.2.2.B - Protocolos Retrospectivos.....	67
III.3.1.3 - Análise por Interrupção.....	68
III.3.1.4 - Tarefas com Informações Limitadas....	69
III.3.1.5 - Tarefas com Processamento Restrito...	70
III.3.1.5.1 - Análise Dirigida pelo Contexto ("Context-Focusing: A Short-Cut Protocol Analysis").....	72
III.3.1.5.2 - Cenários.....	74
III.3.1.6 - Casos Robustos ou Difíceis.....	75
III.3.1.7 - Questionários.....	76
III.3.1.8 - Análise de Avaliação.....	79
III.3.1.8.1 - Descrição.....	79
III.3.1.8.1.A - Coleta de Dados.....	79
III.3.1.8.1.A.1 - Comparações Par a Par.....	81
III.3.1.8.1.A.2 - Ordenação.....	82
III.3.1.8.1.A.3 - Listagem.....	82
III.3.1.8.1.A.4 - Gravação de Eventos.....	83
III.3.1.8.1.A.5 - Rede de Comparações ("Repertory Grid").....	83
III.3.1.8.1.B - Avaliação.....	84
III.3.1.8.1.B.1 - Avaliação Multidimensional (MDS)	87
III.3.1.8.1.B.2 - Gerador de Caminhos ("Pathfinder").....	91
III.3.1.8.1.B.3 - Esquemas Hierárquicos de Agrupamento (HCS) ("Cluster Analysis")	97

III.3.1.8.1.B.4 - Rede de Comparações ("Repertory Grid").....	100
III.3.1.8.2 - Análise Comparativa das Técnicas de Avaliação.....	113
III.3.1.9 - Ordenação de Cartões.....	114
III.3.1.9.1 - Separação de Grupos.....	116
III.3.1.9.2 - Criação de Grupos.....	117
III.3.1.9.3 - Comparações Triádicas.....	118
III.3.1.10 - Árvores Ordenada por Lembrança.....	119
III.3.1.11 - Análise de Fluxo Inferencial.....	122
III.3.1.12 - Diagrama.....	124
III.3.1.13 - Desenhando "Curvas Fechadas".....	125
III.3.1.14 - BRADA - "Brainstorm Adaptado".....	126
III.3.1.15 - FCSSES - Fatores Críticos de Sucesso em SE.....	128
III.3.1.16 - LIFA - Lista de Fatos.....	130
III.3.1.17 - HITE - Hipóteses Terminais.....	132
III.3.1.18 - POLOS - Focos de Atenção.....	133
III.3.1.19 - Codificação por Listas Adaptado.....	135
III.3.2 - Considerações sobre os Métodos e Técnicas Descritos.....	139
CAPÍTULO IV - O PROCESSO DE ELICIAÇÃO DO CONHECIMENTO NA PRÁTICA - UMA APLICAÇÃO.....	151
IV.1 - As Bases do Projeto.....	151
IV.2 - Descrição do Processo.....	154
IV.2.1 - Primeira Etapa.....	154
IV.2.2 - Reinício do Processo.....	161
IV.3 - Conclusões.....	187
CAPÍTULO V - UMA METODOLOGIA PARA A AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO.....	190

V.1 - Introdução.....	190
V.2 - Uma Metodologia sob o Enfoque da Análise de Avaliação.....	192
V.3 - O Enfoque da Metodologia KADS.....	195
V.3.1 - Uma Revisão no Processo de Desenvolvimento dos SBC.....	195
V.3.2 - Os Princípios da Metodologia KADS.....	197
V.3.3 - Outros Desenvolvimentos sob o Enfoque KADS.....	206
V.3.3.1 - Linguagens de Modelagem.....	206
V.3.3.2 - Ferramentas Semi-Automatizadas.....	207
CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES.....	209
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	212

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

I.1 - INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL - HISTÓRICO

O fascínio causado pela inteligência humana e as suas mais versáteis facetas e formas de apresentação não constitui novidade e não é absolutamente um fenômeno recente.

Talvez na Grécia, onde se desenvolveu a lógica e a geometria como estudamos atualmente, tenham proliferado mais intensamente as primeiras tentativas para uma formalização e sistematização do raciocínio humano. Platão, por exemplo, iniciou uma longa tradição de considerar o conhecimento humano passível de expressão explícita e, portanto, seguidor de regras elaboráveis. Desde o seu início, entretanto, este assunto tem levado a sérias polêmicas. Aristóteles, discípulo de Platão, já não nutria o mesmo descaso do mestre em relação as atividades mais relacionadas à intuição e à inspiração e que não podem, pelo menos por enquanto, serem formalizadas precisamente.

Com o surgimento do computador durante a II Guerra Mundial, a idéia de uma "máquina inteligente" tornou-se plausível, sendo legitimada com a publicação do trabalho "Can a Machine Think?" em 1950 por Alan Turing. Em 1956, com McCarthy no Darmouth College, surgiu o termo Inteligência Artificial (IA) para este ramo de pesquisa (GOTTGROY e MONAT, 1986).

A partir daí, foram dados os primeiros passos em direção ao objetivo da IA, qual seja, fazer com que as máquinas tenham comportamento "inteligente". A primeira realização significativa, nesse sentido, foi o "General Problem Solver"(GPS) de Simon, Newell e Shaw por volta de 1957 (SELL, 1985). O GPS foi criado com a idéia de ser um sistema de aplicação geral, isto é, um solucionador de problemas independente do domínio de aplicação. Mas, como verificou-se mais tarde, não foi possível manter essa caracterização, pois o GPS era baseado em duas premissas falsas: que eram conhecidos métodos gerais para solucionar problemas e que esses métodos eram muito potentes, solucionando uma ampla variedade de problemas.

Mesmo nessa época de euforia surgiram contestações sobre a forma pela qual a IA estava sendo enfocada. Um dos principais contestadores foi o filósofo Hubert L. Dreyfus que em seu livro "O que os Computadores não podem fazer - Crítica da Razão Artificial" (GOTTGTROY e MONAT, 1986) levantou uma série de pontos não percebidos até então, que balisaram o restante das pesquisas de IA até os nossos dias.

A preocupação direcionou-se, então, para a formulação do problema a ser resolvido e para o aperfeiçoamento dos métodos de busca de solução.

Em meados dos anos 70, houve uma mudança conceitual no enfoque dos problemas. Pesquisas mostraram que o poder de solução de um problema está muito mais no conhecimento que o programa de solução detém do que meramente nos formalis-

mos e métodos de inferência utilizados (SELL, 1985). Procurou-se, então, entender o funcionamento da mente humana, e buscar métodos dependentes do domínio para obter a solução de problemas, isto é, métodos baseados no conhecimento especializado, raciocinando por inferência. Tais métodos constituem os fundamentos do que conhecemos por **Sistema Especialista(SE)** ou, mais globalmente, **Sistema Baseado no Conhecimento(SBC)**.

I.2 - SISTEMAS BASEADOS NO CONHECIMENTO

SBC é um sistema que tem como ponto focal de sua arquitetura a separação entre conhecimento do domínio de problema e conhecimento geral de solução de problemas. Assim, tem como componentes básicos uma **Base de Conhecimento(BC)**, dependente do domínio e um **Mecanismo de Inferência(MI)**, independente do domínio. Como componentes desejáveis figuram: Mecanismos de Explicação, Tutoriamento, Aprendizado, Transferência de Conhecimento, etc, que apoiam as atividades desenvolvidas pelo MI e na BC (WATERMAN, 1986; BUENO e USATEGUI, 1986; FRENZEL, 1987).

A BC contém os elementos(dados) e formas de condução para a identificação e solução de um problema, isto é, o processo decisorial do especialista, e caminhos de conduta no processo decisorial, representados internamente no computador, de alguma maneira específica. Em outras palavras, uma BC genérica deve ser constituída de: conceitos básicos do domínio, relações, fatos, regras e procedimentos (COOKE e MCDONALD, 1987).

O MI atua como um processador, trabalhando com as informações contidas na BC em função de ocorrências, ou seja, em função dos dados do problema em questão, utilizando um paradigma de controle, como por exemplo, processamento progressivo e retroativo.

A separação entre MI e BC, não pode ser total, pois a maneira de representar o conhecimento influencia no paradigma de controle usado no MI e vice-versa (WATERMAN, 1986;

BREUKER e WIELINGA, 1987a).

O desenvolvimento de um SBC pode ser entendido, em linhas gerais, como a definição do MI, implementação das tarefas de comunicação e a construção da BC propriamente dita.

A estrutura de inferência é considerada como um dos pontos críticos no desenvolvimento de SEs e, devido a isso, deve ser especificada e discutida inicialmente a fim de garantir uma linha de raciocínio completa e reduzir o tempo e o custo do desenvolvimento do SE. Com essa definição, desde o início, as funções de explanação, tutoriamento e a própria transferência de conhecimento são muito facilitadas. Essa definição depende da natureza do domínio de problema e da maneira na qual o conhecimento é representado e organizado (SHORTLIFFE e BUCHANAN, 1984).

Na construção da BC, a transferência do conhecimento especializado para o programa é o elemento chave, uma vez que o poder e utilidade do SBC resultante dependem da qualidade de representação desse conhecimento. Para que essa transferência se efetive, o conhecimento precisa estar representado em uma linguagem que a máquina entenda, ou seja, em um **formalismo de representação do conhecimento(RC)** adequado. O processo de transformação dos dados especializados em RCs é conhecido por **Aquisição do Conhecimento (AC)** (FEIGENBAUN e BARR, 1981; SHORTLIFFE e BUCHANAN, 1984 ; RICH, 1985; HART, 1986; BREUKER e WIELINGA, 1988b).

As tarefas de comunicação formam a interface entre o ambiente operacional e a especialidade, constituindo a modalidade do sistema (BREUKER et al., 1988).

O desenvolvimento de um SBC pode ser feito diretamente pelo especialista ou pelo **Engenheiro do Conhecimento (EC)** - profissional nascido da necessidade de um intermediário entre o especialista e a máquina, responsável pelo processo, conhecido como **Engenharia do Conhecimento (EngC)**, que envolve: definição do problema, projeto da arquitetura do sistema, construção da BC, teste e refinamento do sistema (manutenção) (GRUBER e COHEN, 1987).

Esse processo é desenvolvido sob um enfoque experimental e não estruturado, caracterizado por uma análise incremental e "ad hoc" do domínio (enfoque "bottom-up"). A implementação de um SBC, é feita normalmente por prototipagem rápida, ou seja, tenta-se implementar um núcleo do conhecimento do especialista, o mais rápido possível, num protótipo. O objetivo desse protótipo é fornecer uma idéia de como o sistema final irá funcionar (BREUKER et al., 1988; BREUKER e WIELINGA, 1988b).

I.2.1 - A Evolução dos Sistemas Baseados no Conhecimento

Até há pouco tempo, os SEs eram desenvolvidos somente em/para ambientes acadêmicos e por serem de concepção realmente recente, estavam em experimentação. Gastava-se muito tempo em desenvolvimento, o custo era elevado, o tempo de

resposta era muito grande e havia um forte receio quanto as consequências da aplicação dessa nova tecnologia no mercado de trabalho, e na própria vida do ser humano. Nota-se hoje, que o impacto causado pela IA se assemelha ao causado pelo próprio computador. Assim sendo, não havia credibilidade suficiente para investir em produção de SEs (GOTTGTROY e MONAT, 1986).

Com o uso e sucesso de alguns sistemas e o desenvolvimento de técnicas, que minimizaram alguns dos problemas existentes, os SEs tornaram-se viáveis e de interesse comercial, existindo hoje muitos sistemas em operação em diversos domínios de aplicação.

Mas, na verdade, são poucos os SEs totalmente operacionais, em comparação com o número de SEs desenvolvidos, o que permite concluir que a EngC ainda não está bem estabelecida (BREUKER e WIELINGA, 1985). É necessário aumentar a aplicabilidade dos SEs e aperfeiçoar o seu desenvolvimento e principalmente sua manutenção.

A fase de manutenção é primordial para o sucesso de um SE, que é, em essência, evolutivo. A própria evolução do conhecimento do especialista força modificações na BC. Mas, a maioria dos SEs são tão opacos e desestruturados que é difícil dizer onde as modificações devem ser aplicadas.

Outros problemas que podem ser citados se referem a aceitação do SE no ambiente operacional pretendido, além da falha em satisfazer os critérios de desempenho. Problemas de inconsistência e redundância da BC dificultam em muito o

processo de manutenção e o desempenho do SE, mas o principal fator é o desenvolvimento rudimentar da modalidade do SE (BREUKER e WIELINGA, 1985; 1987). Modalidade envolve mais do que uma interface homem-máquina, envolve tarefas como negociação, explanação, documentação, instrumentação, dentre outras, que requerem planejamento e diagnose entre outras atividades de solução de problemas. A distinção entre competência na solução de problemas e modalidade, raramente é levada em consideração; por exemplo, a tipologia de SEs apresentada por HAYES-ROTH et al. (1983), não distingue tarefas típicas de solução de problemas e tarefas de modalidade (BREUKER e WIELINGA, 1987a; BREUKER et al., 1988).

Vemos que os problemas são mais facilmente identificáveis nas fases finais do ciclo de vida dos SEs, mas isso não quer dizer que sejam inerentes a essas fases; na verdade os problemas se propagam pelos estágios de desenvolvimento. Se conseguimos detectá-los nas primeiras etapas do processo, mais rapidamente e facilmente conseguimos eliminá-los.

Durante muito tempo pensou-se que a chave para a solução de todos esses problemas estava na maneira de representar o conhecimento do especialista, pois como dito anteriormente, é fundamental para o sucesso de um SE, que o conhecimento do especialista esteja representado de alguma forma manipulável e compreensível pela máquina. Pensava-se que o conhecimento existia e era conhecido, só não se sabia como representá-lo. Essa tendência guiou as pesquisas du-

rante a década de 70. Mas, percebeu-se mais tarde (HOFFMAN, 1987; HART, 1987; COOKE, 1985a), que não adiantava somente trabalhar na busca de uma representação potente e coerente, mas era preciso também, e primeiramente, conhecer o que se desejava representar. Esses dois pontos abordados, e considerados críticos no desenvolvimento dos SEs, dizem respeito à AC que passou a ser considerada o gargalo para a efetivação desse processo.

I.3 - O PROCESSO DE AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO

Sob o enfoque experimental que os SEs eram e são desenvolvidos até hoje, principalmente a fase de AC é conduzida de maneira totalmente "ad hoc". Com o intuito de tornar a AC mais fácil e controlável, houve uma busca para a estruturação do processo.

O processo de AC ocorre durante todo o ciclo de vida do desenvolvimento de um SBC e pode ser orientado de diversas maneiras. Envolve identificação, eliciação, interpretação, formalização e implementação do conhecimento que um especialista humano usa quando soluciona um problema específico (KIDD, 1987).

Essas 5 fases são fortemente caracterizadas pelo tipo de interação existente entre o especialista e o EC e pelas características do conhecimento que flui nessa interação.

Dentre muitos outros, podemos identificar como fatores limitantes em cada fase (SHORTLIFFE e BUCHANAN, 1984):

- . a formalização e estruturação do conhecimento do domínio;

- . a habilidade do especialista em formular novo conhecimento baseado em experiências anteriores;

- . o poder das ferramentas de apoio ao desenvolvimento como edição e depuração;

- . a habilidade do engenheiro do conhecimento em entender as características da especialidade humana.

. o poder expressivo do formalismo de representação;

HAYES-ROTH e seus colaboradores (1983) desenvolveram um modelo de ciclo de vida para a AC, que descreveremos abaixo (BREUKER et al., 1988):

- Identificação do Conhecimento:
 - . identificação dos participantes do projeto
 - . descrição informal do problema
- Conceitualização do Problema:
 - . descrição da estrutura geral do problema
 - . identificação dos conceitos relevantes na estrutura
 - . determinação da viabilidade da construção do SE
- Formalização do Conhecimento:
 - . identificação do processo de solução do problema
 - . seleção de uma estrutura geral de representação
- Representação:
 - . especificação das bases para a representação
 - . seleção das ferramentas que suportam a representação escolhida
 - . execução de um primeiro projeto do SE
- Construção do Protótipo:
 - . seleção de um sub-domínio do conhecimento

envolvido

- . implementação de um protótipo relativo ao sub-domínio escolhido
 - . aplicação de uma bateria de testes à esse protótipo
- Revisão:
- . avaliação do protótipo com relação ao seu desempenho, aceitabilidade e validade
- Refinamento e Extensão do Conhecimento:
- . crescimento do protótipo pela adição de mais conhecimento do domínio, resultando eventualmente no SE final
- Reformulação:
- . novo projeto da estrutura do protótipo, se a estrutura inicialmente especificada é insuficiente para abrigar a ampliação do conhecimento, o que significa um retorno ao estágio de representação.
- "Teste de Campo":
- . introdução do sistema final no seu ambiente operacional real
 - . reavaliação do sistema com relação ao seu desempenho, aceitabilidade e validade. O resultado dessa reavaliação pode requerer o retorno a algum passo anterior.

Muitas ferramentas e linguagens de programação foram

desenvolvidas para dar suporte ao processo de AC, mais especificamente à esse ciclo de vida.

Algumas dessas ferramentas são, em teoria, independentes do domínio, pois possuem o MI mas a BC está vazia. São destinadas a certas classes de problemas como, por exemplo, diagnóstico e possuem, geralmente, um formalismo de representação do conhecimento pré-especificado. São os chamados ambientes de desenvolvimento de SE ou "shells" (FRENZEL, 1987). Auxiliam na formalização do conhecimento, uma vez adquirido. Dentre vários exemplos podemos citar o EMYCIN, que derivou do MYCIN (SHORTLIFFE e BUCHANAN, 1984) e o BACO, que está sendo desenvolvido pelo grupo de IA (GIA) da UFRJ (PINHO et al., 1988).

Existem ainda outras que auxiliam nas fases finais do processo de AC envolvendo refinamento e teste da BC, uma vez criada. Por exemplo, citamos o TERESIAS (SHORTLIFFE E BUCHANAN, 1984) - interage com o especialista para refinar a BC através da localização e depuração de erros (regras inconsistentes ou incompletas, por exemplo) e da adição de novas regras quando necessárias - e o CRÍTICO - em desenvolvimento pelo GIA da UFRJ, para validação de BCs descritas segundo o paradigma do BACO (PRADO, 1989).

Existem também ferramentas de edição que auxiliam na gerência das informações adquiridas. Normalmente estão associadas às "shells".

Nenhuma dessas ferramentas, no entanto, focaliza as primeiras etapas do processo de AC, nem fornece formas

livres de RC ou auxilia na escolha do melhor formalismo (COOKE, 1985a).

Entretanto, para que o processo de AC se efetive, além de especificar e desenvolver o próprio processo, é necessário também, como mencionamos anteriormente, ter conhecimento do objeto de trabalho desse processo, que é o conhecimento humano, mais especificamente o conhecimento especializado (COOKE et al., 1985; BREUKER e WIELINGA, 1985).

I.3.1 - A Especialidade e a Eliciação do Conhecimento

O termo especialidade refere-se ao desempenho de uma pessoa num domínio particular, que é superior ao desempenho de outras pessoas no mesmo domínio.

O desempenho especializado pode consistir de comportamento motor hábil, rapidez no reconhecimento de padrões complexos, habilidade na solução de problemas e tomada de decisão ou numa combinação dessas características.

Embora a definição de especialidade seja simples, a explicação em termos dos fatores cognitivos que suportam o desempenho especializado não é (LEÃO, 1989).

"... Um especialista amplia fatos documentados e processos com conhecimento obtido de anos de experiência na sua especialidade, envolvendo o uso de regras práticas ("rules of thumb"), heurísticas; desenvolvendo capacidade de julgamento, introspecção, etc. É a qualidade desse conhecimento

não documentado que determina o seu nível de especialidade" (HART, 1987).

Os especialistas possuem, portanto, ricas estruturas e habilidades de raciocínio, que caracterizam a especialização, tais como (OLSON e RUETER, 1987):

- . melhor filtragem das escolhas boas e más;
- . melhor organização e estruturação do conhecimento, com a elaboração de mais organizações centrais;
- . uso de grande variedade de tipos de estruturas de conhecimento: listas, tabelas, diagramas de fluxo, hierarquias de relacionamento, agrupamentos ("clusters"), redes, etc, guardando informações sobre objetos em várias representações, adequando a um tipo particular de raciocínio ou armazenamento;
- . uso de busca diferenciada através dos estados intermediários do problema;
- . uso de inferência capaz de conectar constelações dessas estruturas para serem usadas na solução dos problemas;

A **Eliciação do Conhecimento (ElC)** é a fase da AC que trabalha diretamente com o conhecimento do especialista, com o objetivo de permitir a construção de um modelo desse conhecimento. É a fase da coleta dos dados, sem os quais não há SE.

Não é tão difícil compreender porque o processo de ElC

não é nada trivial.

A mente do especialista não é constituída de "porções elementares" de conhecimento, que possam ser extraídas uma a uma; existem diversos tipos e níveis de conhecimento. É preciso captar todo o espectro de conhecimento que está envolvido não só na especialidade, como também no próprio conhecimento humano (KIDD e WELBANK, 1984).

O conhecimento humano é complexo, incompleto, confuso, muitas vezes contraditório e esses fatores são agravados se o veículo usado para a sua transmissão é o "dado verbal". O dado verbal não permite um uso direto do seu conteúdo; ele precisa ser interpretado (BREUKER e WIELINGA, 1987; 1987a).

Além disso, os especialistas, na sua grande maioria, acham difícil dar descrições detalhadas do seu conhecimento e de como o usa.

Dessa forma, são necessárias técnicas que auxiliem tanto o especialista como o EC no processo de EIC.

Aliás, um dos sub-produtos do desenvolvimento de SEs é exatamente propiciar ao especialista uma análise sobre a forma pela qual ele representa seu conhecimento e raciocina sobre ele.

Nos capítulos seguintes nos aprofundaremos em cada um dos elementos básicos relacionados à AC. Assim:

- no Capítulo II mostraremos os principais resultados das pesquisas relativas à representação do conhecimento e suas consequências e conclusões;

- a fase de EIC será focalizada no Capítulo III;
- no Capítulo IV descreveremos um exemplo prático da aplicação das técnicas de EIC;
- abordaremos a busca de uma metodologia para guiar o processo de AC no Capítulo V;
- no Capítulo VI estão as nossas conclusões.

CAPÍTULO II

REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO

II.1 - OS FORMALISMOS DE REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO

Grande parte da pesquisa aplicada em IA na década de 70 foi direcionada para o desenvolvimento de técnicas e ferramentas para representação do conhecimento; pois é necessário dispor de uma linguagem para representar o conhecimento específico do domínio para que um sistema de conhecimento o utilize.

As primeiras tentativas na construção de sistemas inteligentes usaram a **lógica** como linguagem de representação devido ao seu grande poder expressivo geral, à certeza de deduções corretas, e à sua semântica bem definida - as representações lógicas são baseadas no cálculo predicativo de primeira ordem, um método formal de representar fatos e inferências resultantes. Mas devido à ausência de facilidades que permitiram a definição de sintaxes mais complexas, os especialistas têm enfrentado sérias dificuldades na utilização e na compreensão do conhecimento expresso dessa forma. A excessiva generalidade do cálculo predicativo tem-se constituído também em um obstáculo para o desenvolvimento de efetivas facilidades de dedução para a manipulação do conhecimento expresso por ele (FEIGENBAUN e BARR, 1981).

Um dos princípios básicos da tecnologia de sistemas de

conhecimento é que a forma declarativa é mais eficiente que a procedural, tanto para uma utilização mais efetiva do conhecimento, por parte do sistema, como para uma maior compreensão desse conhecimento, por parte do usuário do sistema (FRIEDLAND, 1985).

A forma representacional mais popular e mais efetiva para descrições declarativas do conhecimento, dependente do domínio, em sistemas de conhecimento, tem sido regras de decisão da forma "se condição então ação", chamadas **regras de produção** - desenvolvidas por Newell e Simon em 1972 (FEIGENBAUN e BARR, 1981; RICH, 1985; WATERMAN, 1986; ARCIDIACOMO, 1988) - que se constituem, na verdade, em um subconjunto do cálculo de predicados com um componente prescritivo adicional indicando como a informação contida nas regras deve ser usada durante o raciocínio.

Regras de produção tem uma série de vantagens sobre os outros formalismos de representação: podem ser facilmente entendidas pelos especialistas do domínio e tem poder expressivo suficiente para representar regras de inferência específicas do domínio e especificações de conduta gerais. Além disso, regras podem ser adicionadas, modificadas ou removidas, teoricamente e usualmente, sem efeito secundário nas demais regras, simplificando a construção e manutenção da BC. Entretanto a utilização das regras de produção traz uma série de limitações:

- . necessidade de proceder busca sequencial na BC repetidamente. A eficiência da busca decresce linearmente com o número de regras e a ordenação das regras diminui a

independência entre elas;

. novas regras podem repetir o conhecimento representado por outras regras, principalmente se estamos lidando com uma BC extensa. Se a redundância torna-se grande, a manutenção do sistema torna-se difícil e a sua eficiência fica comprometida;

. a representação do conhecimento procedural num sistema de produção é difícil;

. há muito conhecimento implícito, isto é, a separação do conhecimento específico do domínio, do conhecimento de controle, não se dá completamente, propiciando redundância, incompletude, falta de clareza e principalmente redução da capacidade resolutiva;

. há dificuldade de manipular conceitos quantificáveis e conhecimento impreciso;

Sistemas baseados em regras são utilizados em uma gama de domínios de problemas; mas um bom domínio de problema para esse tipo de sistema deve requerer assertivas e atividades independentes, como por exemplo: diagnóstico de falhas mecânicas - pois seu poder expressivo é inadequado à definição de termos, à descrição de objetos do domínio e ao estabelecimento de relações estáticas entre objetos.

O tipo de inferência normalmente usado nos sistemas baseados em regras é o encadeamento;

As dificuldades surgidas ajudaram a motivar a pesquisa

e o desenvolvimento de outras formas para representação do conhecimento.

" O princípio básico do paradigma de processamento da informação que baseia muitos trabalhos na psicologia cognitiva é que a mente humana opera como um manipulador de símbolos de propósito geral. Essa ênfase nos símbolos guiou muito da pesquisa em RC, por exemplo: Collins e Loftus desenvolveram uma teoria de memória semântica baseada em representações de redes de conceitos armazenados" (COOKE e MCDONALD, 1986). Dessa forma surgiram vários formalismos de representação do conhecimento, dentre os quais podemos citar: redes semânticas, frames, triplas O-A-V e scripts.

Rede semântica é um esquema de representação definido por Quilan em 1968 (BRACHMAN, 1977). É uma estrutura que usa nós de um grafo para representar fatos ou estados de problemas e arcos para representar inferências. As conclusões são obtidas através da busca dos passos de inferência entre os nós de início e os de objetivo.

Devido à sua estrutura são adequadas para descrever conceitos e relações entre conceitos; associações importantes podem ser feitas explícita e suscintamente; também o conhecimento hierárquico ou em classe pode ser representado eficientemente; fatos relevantes sobre um objeto podem ser inferidos dos nós, sem a necessidade de pesquisar toda a BC (HOFMANN et al., 1987).

Os tipos de inferência mais usados em sistemas com representação em redes semânticas são propagação, busca e he-

rança de propriedades.

A herança faz da rede semântica uma representação natural nos domínios onde existe uma taxonomia complicada de objetos à representar.

A representação do conhecimento através da **tripla objeto-atributo-valor (tripla O-A-V)**, é um caso particular do enfoque de redes semânticas, onde os arcos são apenas de dois tipos: "tem-um" e "é-um". É comumente usada para a composição das regras de produção.

Com esse tipo de representação é simples adicionar ou retirar arcos e nós, mas há dificuldade de manipular excessões, crenças, quantificadores e conceitos temporais.

Frames foram propostas por Minsky em 1975, como uma base para se compreender comportamentos complexos como percepção visual, diálogos em linguagem natural, etc (FEIGENBAUN e BARR, 1981; ARCIDIACOMO, 1988).

Oferecem ao construtor da BC uma maneira fácil de descrever os tipos dos objetos do domínio que o SE tem que modelar, seja uma representação estruturada de um objeto, seja de uma classe de objetos; também é possível definir construções que facilitam a organização de frames para representar classes em taxonomias.

Organizadas hierarquicamente, as frames podem compartilhar informações através de um mecanismo de herança - o que economiza memória e acelera a busca - sem entretanto haver perda da independência do conhecimento. O método de

herança elimina a necessidade de armazenamento da informação que pode ser percebida no contexto e permite que as inferências sejam realizadas sobre a estrutura constituída pelos problemas, pelos conceitos e pela relação entre suas partes. Uma unidade de conhecimento representada por uma frame pode ser interpretada em diferentes contextos; desta forma, novas frames raramente afetam frames já existentes na BC. Os SEs que usam frames tratam o problema de falta de informação numa descrição de problema, de forma mais eficiente do que os que utilizam regras.

Mas as frames são apenas um método de organização do conhecimento e seu poder depende do método de inferência utilizado. Frames não oferecem nenhuma facilidade direta para descrição declarativa de como o conhecimento armazenado na frame deve ser utilizado, embora essa deficiência possa ser contornada através de uma associação entre a estrutura de frames e procedimentos escritos em linguagem de programação como LISP. Além disso, as frames são frequentemente, também, ligadas a outros formalismos de representação - por exemplo: frames podem compartilhar a BC com uma base de regras, através da ligação de regras a "slots" com outras informações contidas na estrutura hierárquica da frame ou pelo armazenamento do conhecimento em nós de uma rede semântica. Essa ligação é, em parte, responsável por ainda não existir um método de inferência padrão para frames.

A representação por frames é apropriada para domínios de problema em que o conhecimento é hierárquico ou contex-

tual - por exemplo: taxonomia de plantas, interpretação de texto em linguagem natural - ou ainda para domínios com conhecimento conflitante ou incompleto.

Desenvolvidos por Shank e Abelson em 1977 (FEIGENBAUN e BARR, 1981), **scripts** são frames genéricas que podem especificar sequências de eventos esperados em contextos específicos sem a necessidade de referências explícitas. Assim como um mecanismo de inferência, os scripts podem verificar a existência de assertivas esperadas, podem confirmar que eventos (representados por uma frame instância) ocorreram. Podem usar "defaults" e especificar exceções e possíveis erros.

Dessa forma, as frames podem ser usadas também para resolver problemas que requerem conhecimento de eventos em sequência cronológica, o que é muito difícil de ser feito por regras.

II.2 - A EFICIÊNCIA DOS FORMALISMOS E OS NOVOS RUMOS

Apesar das vantagens de cada formalismo, vemos que nenhum deles satisfaz a todos os critérios básicos para uma linguagem de representação do conhecimento que são (FIKES e KEHLER, 1985):

- poder expressivo: podem os especialistas passar seu conhecimento de maneira efetiva ao sistema?

- compreensibilidade: podem os especialistas entender o que o sistema sabe?

- acessibilidade: pode o sistema usar a informação que ele próprio tem fornecido?

A experiência nos tem mostrado (FIKES E KEHLER, 1985; O'HARE e BELL, 1985; WATERMAN, 1986; ARCIDIACOMO, 1988) que o uso combinado de algumas dessas técnicas, utilizando as vantagens dos componentes de representação de cada uma tem tido sucesso, como por exemplo o uso integrado de regras de produção com frames, como já citado: alguns sistemas desenvolvidos, como o LOOPS, KEE, CENTAUR (FIKES e KEHLER, 1985) mostraram como a frame pode servir como uma base potente para o emprego das regras, devido a sua linguagem estruturalmente rica para descrição dos objetos referidos nas regras, devido a uma camada de suporte com capacidade dedutiva genérica sobre esses objetos, que não necessita ser tratada explicitamente nas regras. As taxonomias de frames também podem ser usadas para particionar, indexar e organizar um sistema de regras de produção. Essa capacidade faci-

lita ao especialista do domínio construir e entender regras, e permite ao projetista do sistema, controlar quando e para que propósito particular coleções de regras são usadas pelo SE.

Mesmo com todo o avanço alcançado pela introdução dos formalismos de representação mais elaborados, os especialistas ainda têm dificuldades com o manuseio da BC, assim como com o entendimento do procedimento feito pelo SE e suas explicações - "... as sentenças representativas do conhecimento do especialista precisam ser tais que o especialista possa reconhecê-las como uma descrição clara e sem ambiguidade do conhecimento relevante" (FREILING et al., 1985). São também ainda não totalmente resolvidos os problemas de manutenção e desenvolvimento da BC. Devido a redundâncias, incompatibilidades e incompletude, há a perda de confiabilidade no SE.

Um passo a frente na introdução dos formalismos de representação são as ferramentas como os ambientes de desenvolvimento, introduzidas no Capítulo I, pelas facilidades que apresentam, principalmente de edição e depuração da BC e no caso de ferramentas mais especializadas, até de validação da BC.

Com relação aos problemas relativos ao conhecimento propriamente dito, no entanto, os problemas perduraram: existem limitações nos formalismos de RC que os ambientes suportam e, principalmente, as conexões entre os diversos formalismos oferecidos são fracas, fazendo com que essas ferramentas tornem-se insuficientes para implementar a

especialidade.

Essa insuficiência conduziu ao aparecimento de ferramentas de implementação mais avançadas e menos rígidas, os ambientes de EngC, que oferecem uma variação dos formalismos de representação implementados, e também permitem a construção de métodos especiais - escapando aos níveis de programação mais baixos, como LISP e PROLOG. KEE, ART, LOOPS, GOLDWORKS, Knowledge Craft, KREME, BABYLON e KRS são exemplos desses ambientes, citados por BREUKER e WIELINGA (1988b). A conversação entre os diferentes formalismos de representação permite que o usuário livremente escolha a representação que melhor se adequa ao momento (HOFFMAN et al., 1985). Outro enfoque nessa área é o desenvolvimento de um conjunto coerente de lógicas de alto nível (SÓCRATES em BREUKER e WIELINGA, 1988b).

Mas, ainda não existe uma tipologia de conhecimentos e inferências disponível para facilitar a seleção e o projeto de uma arquitetura. E o problema de reconhecer qual formalismo é adequado para qual tipo de conhecimento e inferência permanece (COOKE e MCDONALD, 1986).

Em resumo, ainda não se conseguiu solucionar o que conhecemos por "representação incompatível de Lenat" (COOKE, 1985a), isto é, há uma discrepância entre o conhecimento do especialista e o que está representado na BC.

Uma das causas dessa incompatibilidade é que a construção da BC, na maioria dos SEs, é guiada pelo formalismo de representação do conhecimento disponível e não pelo

conhecimento do especialista. Diferentes formalismos originam diferentes estratégias de eliciação do conhecimento. Consequentemente essa inversão pode direcionar erroneamente o processo de AC (COOKE e MCDONALD, 1986). Acredita-se que essa inversão ocorre por não haver uma preocupação antecipada em se conhecer o conhecimento que se quer representar para a partir daí procurar o formalismo de representação que melhor o represente.

Como mencionamos no capítulo anterior, o conhecimento humano, então do especialista, se compõe de uma gama de "tipos" de conhecimento. É preciso não só identificá-los, como também descrever o conteúdo de cada um deles e por fim representar formalmente esse conhecimento. Além disso, é preciso identificar e representar o processo envolvido no uso desse conhecimento (COOKE et al., 1985).

As atenções voltaram-se às primeiras fases do processo de AC, buscando um maior entendimento do conhecimento especializado e do seu uso.

A identificação dos tipos de conhecimento e seu conteúdo e das características do conhecimento do especialista passaram a ser as principais atividades relacionadas a esse ramo de pesquisa, caracterizando o processo de EIC, assunto do Capítulo III.

CAPÍTULO III

ELICIAÇÃO DO CONHECIMENTO

III.1 - INTRODUÇÃO

O processo de EIC do conhecimento do especialista não era e, não é ainda hoje, bem definido. De uma maneira geral podemos dizer que envolve a interação entre um EC - normalmente os EC eram especialistas em computação, sem treinamento em como trabalhar com o conhecimento humano (COOKE e MCDONALD, 1986) - e um especialista.

Essa interação baseava-se em respostas a perguntas feitas pelo EC ao especialista e/ou a explicação do processo de solução de problema, pelo especialista, enquanto desenvolvia uma tarefa real ou simulada relativa ao domínio de problema. Esses processos são conhecidos como Entrevista e Análise de Protocolos, respectivamente.

Após a tomada de consciência da importância dessa fase, viu-se que a aplicação desses procedimentos empíricos e pouco formais, não poderia continuar.

A falta de formalismo aliada às características dos procedimentos empregados, levavam a uma série de problemas que contribuíam para o gargalo na transferência do conhecimento.

Como podemos perceber, os processos acima são baseados na linguagem, na necessidade da expressão verbal e de

introspecção. Isso traz um sem número de sérios problemas para a EIC, interpretação e qualidade dos dados obtidos (BREUKER e WIELINGA, 1985). Verbalizar é uma tarefa muito difícil aos humanos - estudos mostraram que as pessoas podem apresentar uma conduta consciente e acurada sem serem capazes de reportar verbalmente os conceitos usados (WRIGHT e AYTON, 1987; SHAW e GAINES, 1987). Isso se dá por diversas razões. Entre elas figuram:

- forma de expressão: o domínio em questão pode não ter a "nossa linguagem" como forma de expressão mais apropriada (OLSON e RUETER, 1987) - "existem tipos de tarefas para as quais são usadas linguagens idiosincráticas e os processos de "pensar alto" e "explicar por que", podem ser distorcidos e até mesmo errados; por exemplo, composição de música. Existem ainda tarefas ou estados do conhecimento para os quais não há verbalização natural, como tarefas de percepção motora" - esse tipo de tarefa não é ensinada verbalmente. Como dissertam COOKE e MCDONALD (1986) , "muito do conhecimento do especialista é da forma de heurísticas, regras e estratégias, que são procedurais por natureza. É especialmente difícil transmitir conhecimento procedural. Como ilustração, tente enumerar os passos requeridos para dar um laço num sapato... provavelmente vai haver dificuldade. Isso se dá pois esse conhecimento é adquirido fazendo, ou observando e não por instrução verbal...".

- verbalização propriamente dita: isto é, busca do conhecimento na memória. ERICSSON e SIMON (1984) concluíram que é preciso que a informação esteja no "foco de

atenção", ou seja, na memória de acesso rápido, para que possa ser verbalizada.

À essas razões, soma-se a especialidade. Como mostramos no Capítulo I, o conhecimento especializado é rico e complexo e uma especialização resulta em declínio da habilidade de expressar o conhecimento. A automatização da especialidade é análoga a execução de um algoritmo de computador compilado ao invés de interpretado. A automatização e a compilação tem duas consequências importantes: aceleram o processo e tornam o conhecimento do processo não disponível à memória de acesso rápido, e conseqüentemente, não disponível à verbalização (WRIGHT e AYTON, 1987).

Na verdade podemos dizer que a maioria dos especialistas não tem consciência do próprio conhecimento - "o que os mestres realmente sabem não está escrito nos livros dos mestres" (FEIGENBAUN e BARR, 1981). Quando questionados a dar explicações para a sua conduta, podem produzir razões, regras ou estratégias que não correspondem a realidade. Ou quando solicitados a relembrar casos, os especialistas podem esquecer características importantes.

Por outro lado, a nossa linguagem é muito complexa, confusa e ambígua. A título de exemplo, podemos citar algumas ambigüidades mais comuns (EVANSON, 1988): as palavras, frequentemente, não têm referência especificada nas frases; referências para palavras comparativas como melhor, mais fácil, algumas vezes não são explícitas; palavras como sempre, nunca, nada, toda vez, podem implicar erroneamente

na universalidade dos princípios, etc. A partir disso, a comunicação entre o EC e o especialista constitui-se um sério problema, não só pelo vocabulário usado pelo especialista - uso de jargão - mas devido a necessidade de interpretação requerida pelos métodos citados anteriormente e, conflitantemente, devido à grande margem permitida.

Mas, para entender o processo de solução de problema e representar verdadeiramente a especialidade, o EC precisa conhecer e entender essas ricas estruturas e habilidades envolvidas nas informações fornecidas pelo especialista (OLSON e RUETER, 1987). No entanto, o EC normalmente é uma pessoa que iniciou a familiarização com o vocabulário do domínio e com o próprio domínio em função da construção do sistema, havendo uma enorme dificuldade de acompanhar as explicações do especialista e de tirar do discurso os pontos chaves, a não ser que sejam explicitamente citados. Aparece nesse ponto, uma das ambiguidades mais comuns da linguagem, pois a linguagem que o especialista usa, pode deletar componentes chaves do processo de raciocínio. Essa deleção se efetiva, se o receptor não tem informação suficiente para reconstruir os componentes sensorial, cognitivo, sentimental e de memória, envolvidos (EVANSON, 1988). De toda forma, para que o EC possa trabalhar o discurso do especialista, captando esses pontos chaves, ele precisa interpretar esse discurso; e é muito importante, e difícil, que o EC não projete seu modo de pensar no discurso verbal do especialista.

Normalmente, assim como para o especialista, esse

"modo de pensar" está inconsciente para o EC. Sem prestar atenção para esse fato, e sem ter ferramentas que permitam evitar, ou pelo menos, amenizar esse problema, o EC pode obter um modelo do conhecimento do especialista errado ou incompleto.

Um outro problema diz respeito ao trabalho com mais de um especialista. É desejável que a BC represente da melhor forma possível a especialidade existente naquele domínio específico, e muitas vezes, a combinação do conhecimento de mais de um especialista é não somente desejável, como necessário.

Concluindo, podemos dizer, que os métodos usados até então, eram e ainda são muito mal entendidos, formalizados e conseqüentemente mal utilizados, além de terem aplicabilidade realmente limitada (KIDD e WELBANK, 1984).

Surgiram várias propostas vindas de ciências correlatas, inclusive, que há muito se preocupam com o conhecimento humano, na tentativa de solucionar os problemas até então apresentados e efetivar o processo de EIC. A automatização e formalização dos métodos tradicionalmente empregados e busca de novos métodos são duas linhas distintas, embora convergentes, sobre as quais falaremos a seguir.

III.2 - AQUISIÇÃO AUTOMÁTICA

Uma solução para o problema da expressão verbal, tanto no que se refere à expressão do conhecimento pelo especialista, quanto à interação com o EC, são os sistemas com AC automática. A aplicação das técnicas que envolvem interação entre o especialista e o EC como base para a transferência do conhecimento, mesmo as mais formais e objetivas, faz da AC uma tarefa tediosa e demorada, requerendo esforços e disposição tanto do EC quanto do especialista. Existe, assim, uma boa motivação para automatizar esse processo, mas os métodos usados até agora para esse fim, mostraram-se sem grande sucesso (COOKE, 1985a).

Um enfoque alternativo refere-se a aprendizagem por máquina, que assume que pela automatização do processo de aprendizado, o programa pode adquirir "experiência", aprendendo da mesma forma que os humanos. Sobre esse enfoque o especialista não necessita verbalizar o seu conhecimento, mas demonstrá-lo (HART, 1987).

III.2.1 - Ferramentas que Auxiliam o Processo de Aquisição do Conhecimento

Algumas ferramentas foram desenvolvidas com o intuito de automatizar o processo de AC, através da interação direta do especialista com a ferramenta (SHORTLIFFE e BUCHANAN, 1984; COOKE, 1985a; SRIRAM, 1989). O objetivo dessas ferramentas é permitir que o SE "aprenda" através dessa intera-

ção, garantindo consistência no processo de questionamento e na BC. Mas as que estão em uso, requerem ainda o auxílio de um EC. Como exemplo dessas ferramentas podemos citar (COOKE, 1985a): KITTEN, MORE, TDE, RIME, assim como SALT (MCDERMOTT e MARCUS, 1989), INFORM (MOORE e AGOGINO, 1987), MOLE (KORNELL, 1987) e AQUINAS (BOOSE e KITTO, 1987; KORNELL, 1987).

Esse enfoque apresenta um problema básico. O desenvolvimento de sistemas que aprendem, depende da identificação e descrição das estratégias humanas gerais de aprendizado, envolvendo portanto um problema de AC, similar ao que tenta resolver, num nível mais abstrato. Dessa forma, ainda são poucas as ferramentas que efetivamente automatizam partes do processo de EIC. Uma das causas para esse fato, é muito provavelmente a falta de formalização do processo - voltaremos a esse assunto mais adiante no Capítulo V.

Várias ferramentas, no entanto, foram desenvolvidas para suportar a gerência de informações, durante a análise dos dados. Hoje, essas ferramentas são consideradas indispensáveis. São ferramentas como editores de protocolos, gráficos, "browsers", que são usadas para o conhecimento e estruturação do raciocínio do especialista. Essas ferramentas podem ser combinadas com outras ferramentas, como as implementacionais, por exemplo. KEATS, KADS Power Tools, BLIP, METAKREK, KRITON são exemplos dessas ferramentas (BREUKER e WIELINGA, 1988b).

III.2.2 - Aprendizado Automático

Os programas de aprendizado automático automatizam o processo de AC, provendo o SE de capacidade de aprendizado.

Aprendizado automático refere-se a habilidade de um sistema ajustar-se a modificações no ambiente, de forma a desempenhar uma certa tarefa ou tarefas relacionadas, mais efetiva e eficientemente da próxima vez que for executada, isto é, o sistema melhora seu desempenho com o tempo, pela automatização da AC e refinamento do conhecimento (FISHER, 1987).

Apresentaremos abaixo uma classificação para os trabalhos em aprendizado automático, de acordo com MICHALSKI, CARBONEL e MITCHELL em (GUERREIRO, 1989) e (SRIRAM, 1989), que leva em consideração a capacidade de inferência do sistema.

a) APRENDIZADO DIRETO: o usuário fornece o conhecimento; nenhuma inferência é realizada. A maioria dos sistemas não têm nem mecanismo de consistência. É o tipo de aprendizado mais comumente usado na construção dos SBCs, até hoje.

b) APRENDIZADO POR INSTRUÇÃO: o usuário fornece o conhecimento que é muito abstrato ou geral. Do conhecimento geral é inferido o conhecimento específico. É facilmente incorporado nos SBCs. Exemplo (GUERREIRO, 1989): NANOKLAUS.

c) APRENDIZADO POR EXEMPLOS: a partir de um conjunto de exemplos fornecidos, o programa é capaz de hipote-

tizar estruturas de conhecimento gerais, aplicáveis em outras situações. O trabalho nessa área pode ser classificado em:

c.1) MODELAGEM DE REDES NEURAIIS: o conhecimento é representado na forma de nós, chamados células, e pesos, que determinam a confiança das conexões entre essas células. A partir de um conjunto de pares de entrada/saída, o aprendizado se dá pelo ajuste dos pesos associados às conexões, entre células.

Muitos simuladores neurais estão no comércio.

Esse enfoque tem tido sucesso em problemas de derivação, principalmente em situações onde as associações entre os sintomas (evidências) e as hipóteses não são bem entendidas.

c.2) APRENDIZADO INDUTIVO: exemplos de conceitos , positivos e negativos, são os dados de entrada. Através de um processo indutivo, o programa gera uma descrição do conceito que explica todos os exemplos positivos. Programas clássicos (SRIRAM, 1989): ARCH de Winston, "Mitchell's Version Space algorithm", ID3 de Quinlan, algoritmo A⁹.

c.3) APRENDIZADO DEDUTIVO OU ANALÍTICO: os dados de entrada são um exemplo de conceito do domínio e uma descrição funcional desse exemplo. Tal exemplo é usado para gerar conceitos específicos e gerais do domínio, tipicamente regras. Uma variação desse enfoque é chamada "aprendizado baseado na explicação". Exemplo (SRIRAM, 1989):

SOAR.

c.4) APRENDIZADO POR CAMINHO DE SOLUÇÃO: o programa faz uma análise do caminho de solução e gera heurísticas baseadas nessa análise. Exemplos (SRIRAM, 1989): LEAP - programa aprendiz - CHECKERS e SAGE - atribuição de crédito.

d) APRENDIZADO POR ANALOGIA: o aprendizado se dá, quando o sistema usa o conhecimento obtido no passado para gerar novos conceitos do domínio. Exemplos (SRIRAM, 1989): STRUPL - para projeto estrutural; ARGO - para projeto de circuito; CYCLOPS - para alocação de terra.

e) APRENDIZADO POR DESCOBERTA E OBSERVAÇÃO OU APRENDIZADO NÃO-SUPERVISIONADO: o sistema descobre novos fatos e teorias a partir de informações existentes. A principal diferença entre esse tipo de aprendizado e o aprendizado por exemplos é que não há necessidade de pre-classificação de objetos (FISHER, 1987). A partir das informações existentes, o sistema tenta descobrir regularidades entre as variáveis do domínio ou novos conceitos. Em alguns casos essa meta é alcançada pela estratégia gerar_e_testar.

e.1) FORMAÇÃO DE TAXONOMIAS CLASSIFICATÓRIAS: a descoberta automática das categorias pode ser feita através do uso de algoritmos de agrupamento. Esses algoritmos geram, a partir de um conjunto de descrições de objetos, uma classificação hierárquica pelo agrupamento desses objetos em grupos distintos. Exemplo (SRIRAM, 1989): ISG - descobre classes de formações geológicas.

Existem dois tipos de esquemas de agrupamentos:

e.1.1) numéricos: os algoritmos numéricos - como por exemplo o NUMTAX (SRIRAM, 1989) - usam uma medida numérica de similaridade.

e.1.2) conceitual: utilizam uma medida qualitativa para gerar os grupos. Através de uma função de avaliação, descobrem classes com descrições conceituais apropriadas, assim como os conceitos para cada classe. Diferem dos métodos de taxonomia numérica, justamente porque a qualidade dos agrupamentos não é somente função de objetos individuais, mas dependente de conceitos que descrevam as classes dos objetos e/ou um mapa entre conceitos e as classes que cobrem. Aqui encontra-se o mesmo problema que no aprendizado por exemplos que é a caracterização dos objetos.

O agrupamento conceitual foi definido por MICHALSKI (GUERREIRO, 1989) e é também chamado "aprendizado por observação", sendo uma maneira importante de sumarizar dados numa forma compreensível.

Exemplos de sistemas que usam agrupamento conceitual (FISHER, 1987): DISCON, UNIMEM, CYRUS e COWEB.

e.2) DESCOBERTA DE LEIS EMPÍRICAS: descoberta de relações causa-dependência entre várias entidades - variáveis - de dados experimentais e não-experimentais. Exemplos (SRIRAM, 1989): GLAUBER - química, descoberta de leis qualitativas; descoberta de leis quantitativas, BACON

e HOTEP - engenharia, descoberta de mecanismos de falha de pavimentos.

e.3) GERAÇÃO DE NOVOS CONCEITOS: inicia com um conjunto de especificações, uma base de conhecimento do domínio, e gera novos conceitos que satisfazem essas especificações. Exemplo (SRIRAM, 1989): EDISON - projeto mecânico.

O tipo de aprendizado mais comumente usado na construção de SE, é o aprendizado por exemplos, principalmente o indutivo, mas as pesquisas apontam o aprendizado por analogia (COOKE e MCDONALD, 1987) e a modelagem de redes neurais como direções bastante promissoras (MACHADO, 1988).

III.2.2.1) Indução

A indução trabalha de maneira inversa à dedução: de exemplos específicos são induzidas regras gerais, regras que o especialista, por si só, não está apto a formular.

Esses exemplos consistem de decisões e fatores envolvidos nessas decisões. Não constam aí, os detalhes de acesso às diferentes evidências e resolução de conflitos, que são passos importantes na chegada às decisões.

A indução pode ser útil (HART, 1987):

- se existem exemplos documentados , ou se podem ser obtidos facilmente.

- para tarefas de classificação

- em domínios onde as regras são apropriadas, isto é, domínios que não são de tempo-real e que são de reconhecimento de padrões, diagnóstico de falhas e aconselhamento no uso de um conjunto de procedimentos, por exemplo.

As regras induzidas dependem do algoritmo que está sendo utilizado e do conjunto particular de exemplos que se tem disponível. Não existem garantias de que a regra induzida esteja correta, mas se o algoritmo é eficiente e o conjunto de exemplos informativo, então podemos esperar que a regra seja boa.

Segundo mostra HART (1987), a indução é assunto de bastante controvérsia: muitos são pessimistas, veja KIDD e WELBANK (1984), muitos projetaram algoritmos, como Buchanan, Hayes-Roth, Winston e Michalski.

Alguns algoritmos são usados com sucesso como o AQ/1, com o qual MICHALSKI e CHILANSKI (HART, 1987) obtiveram bons resultados em 1980 na análise de doenças de um tipo determinado, mas o que é mais usado em softwares comerciais, incluindo os ambientes de desenvolvimento para SE, é o algoritmo de QUINLAN, o ID3, que iremos descrever, a seguir.

Embora bastante promissor, esse enfoque traz uma série de problemas ainda sem solução (KIDD e WELBANK, 1984):

- os métodos usados ainda são imaturos e conseqüentemente as regras são pouco robustas.

- no atual estado da arte, os algoritmos de indução podem suportar somente geração de regras para sistemas bastante simples.

- mas talvez o ponto mais importante, é que as regras induzidas de um conjunto de exemplos, não serão necessariamente as mesmas que o especialista humano usa. Na verdade elas tendem a ser extremamente complexas e difíceis de entender. Com isso, o SE gerado perde a característica da transparência, essencial para esse tipo de sistema. Entretanto, quando usados de maneira combinada com as técnicas mais convencionais, podem ser extremamente úteis em certas classes de aplicação, como por exemplo, onde a especialidade humana não é bem desenvolvida ou é altamente intuitiva.

Mesmo nessas aplicações, é vital que os especialistas humanos forneçam restrições para estruturar o processo de indução.

III.2.2.1.1 - ID3 - "INTERACTIVE DICHOTOMIZER 3"

Descrição (HART, 1987):

- Dado um conjunto de exemplos, dividi-lo em sub-conjuntos sucessivos, gerando uma hierarquia - normalmente usa-se o método de separação de atributos.

- Após a geração da árvore, o especialista é entrevistado. Normalmente as entrevistas são gravadas e transcritas.

- Nessas entrevistas, compara-se o que foi gerado por indução com o que foi gerado pelo especialista e questiona-se o especialista sobre as áreas de interesse mostradas pela indução.

- Baseado no conteúdo das transcrições, gera-se um diagrama, para ser aprovado pelo especialista.

- As regras devem ser testadas em outros conjuntos de exemplos.

Na figura (III.1) HART (1987) ilustra o funcionamento um programa indutivo e dá um exemplo de uma árvore gerada.

Objetivos (HART, 1987):

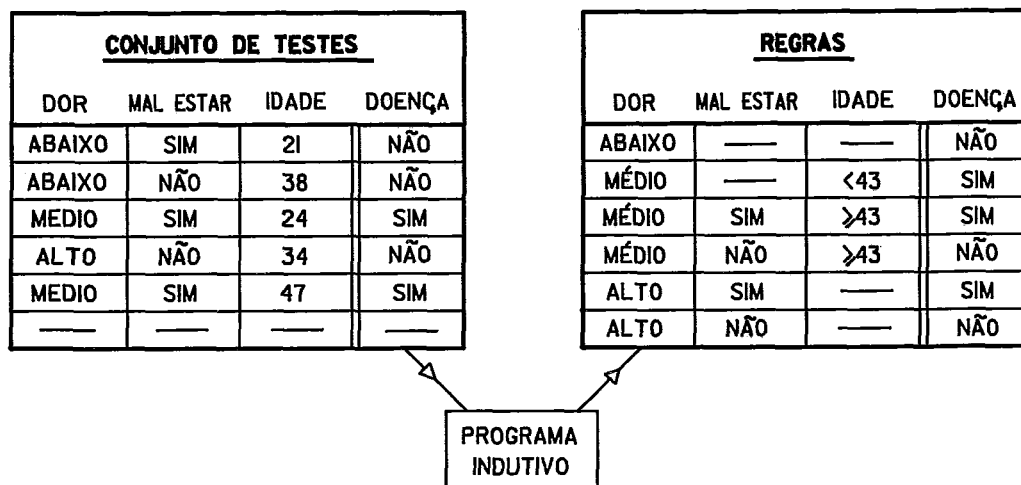
- Induzir uma árvore de decisão do conjunto de exemplos, normalmente com os seguintes propósitos:

- explicar os padrões subjacentes e efeitos dos atributos;

- as explicações provêm base para se conseguir prever resultados dos exemplos que não estejam expressos explicitamente;

- Gerar regras.

(a)



(b)

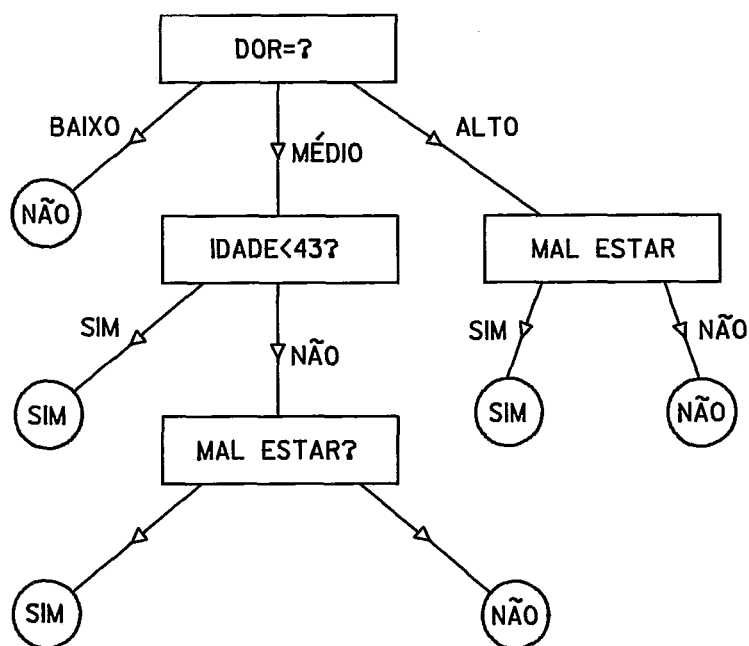


FIGURA III.1-(a) Um programa Indutivo lê um conjunto de testes de exemplos com atributos (dor, malestar, idade) e classes (sim, não). Ele deduz regras para aplicar ao conjunto de testes e formar as bases do conhecimento em questão.

(b) Uma árvore de decisão pode ser usada para representar regras. Os nós intermediários descrevem as regras e os finais (círculos) descrevem as decisões.

Características (HART, 1987):

- É possível construir muitas árvores de decisão corretas a partir de um conjunto de entrada de dados.

- O algoritmo tem um critério para escolher uma dentre as diversas árvores. A árvore induzida tem que garantir a classificação de todas as instâncias corretamente.

- Os exemplos consistem de classes e atributos. Classes são as decisões do especialista; são valores categóricos que recaem nos tipos discretos. Atributos são as características do exemplo que o especialista usa para chegar a sua decisão. São de dois tipos:

a) categóricos - tem um valor que cai num conjunto de categorias discretas ou separadas. Exemplo: cor.

b) reais - existem, potencialmente, infinitos valores, mas, na verdade, não existem mais valores do que o número de exemplos no conjunto de testes e esses valores podem ser restritos devido a acurácia do julgamento. Exemplo: altura.

- O especialista deve usar seu julgamento para selecionar atributos que pareçam naturais para ele. Os atributos devem ser relevantes e não muito correlacionados. Ele pode também identificar os diferentes tipos de problemas com os quais trabalha para definir a estrutura do conjunto.

- Além do critério para a separação do conjunto, há também a necessidade de se determinar um critério para parar - geração de nó terminal na árvore - e um método para

alocar a classe no nó terminal.

- É consistente e "imparcial", provavelmente usa uma única forma de raciocínio.

- As regras são relativamente fáceis de entender.

- É repetitivo e infatigável. Não faz falsas suposições ou esquece o estado dos resultados como um especialista pode fazer.

- Se o conjunto de testes estiver disponível e os exemplos forem claros, é rápido e descobre regras que o especialista não se deu conta ou não está apto a expressar claramente.

- Pode fornecer ao EC, casos contraditórios no conjunto de exemplos, resultados, questões e hipóteses que formam a base para a consulta com o especialista.

- O especialista pode achar útil para expressar o seu conhecimento ou experimentar suas hipóteses.

- Problemas:

- . como adquirir os atributos. Assume que o conjunto de testes é completo e correto.

- . não pode distinguir entre atributos necessários e confirmatórios.

- . o critério para a escolha da árvore correta é baseado numa fórmula e, portanto, num processo "pouco inteligente".

. os resultados não tem explicação.

. os resultados precisam ser analisados criticamente.

- O especialista deve ser capaz de discutir a maneira na qual os atributos são usados nos resultados. Ele deve ser capaz de distinguir entre atributos confirmatórios e necessários, explicando o porque de determinado atributo não influenciar nos resultados. Esse tipo de discussão dá mais detalhes do conhecimento do especialista.

III.3 - FORMALIZAÇÃO DOS MÉTODOS E TÉCNICAS TRADICIONALMENTE EMPREGADOS NA AC E BUSCA DE NOVOS MÉTODOS

Técnicas para obter informações de seres humanos, não são novidade em muitos ramos de atividade, principalmente na psicologia. Trabalhar com a informação a fim de perceber o seu real sentido também não é esforço recente e existem diversas técnicas desenvolvidas, não só na psicologia mas em outras áreas, como a estatística, por exemplo.

" Na década passada, psicólogos cognitivos geraram considerável corpo de teoria e dados relativos a organização e armazenamento do conhecimento. Pesquisas relativas a excepcionalidade de bancos de dados de linguagem natural e categorias naturais demonstraram que a organização da memória exerce influências importantes na codificação e recuperação da informação" (COOKE e SCHVANEVELDT, 1985).

Essas pesquisas se estendem ao estudo da especialidade humana e provem métodos para avaliar e extrair as estruturas do conhecimento.

COOKE (1985, 1985a, 1986, 1987) sugere o uso das técnicas de avaliação como uma boa alternativa para a AC, principalmente por não serem dependentes da expressão verbal. Elas trabalham com o especialista de forma indireta, normalmente requerendo que ele faça julgamentos - tarefa com a qual ele está mais habituado - e fornece condições para introspecção consciente, quando necessária - ERICSSON e SIMON (1984) notaram que são necessárias "dicas" apropria-

das para acessar a memória de "acesso demorado".

Essas técnicas já vem sendo utilizadas em outras áreas, em diversas aplicações. Visando a aplicação na EngC, no entanto, vários pontos ainda precisam ser considerados. Além disso, essas técnicas estão restritas à geração de classificações, não sendo suficientes para "cobrir" todo o conhecimento envolvido numa aplicação (BREUKER e WIELINGA, 1988b).

Na verdade, várias técnicas ou métodos podem ser usados na ElC, mas para isso eles precisam ser formalizados. Na literatura, encontramos a mesma técnica com nomes distintos e muitas vezes há variações nas descrições dos processos das técnicas de autor para autor. Atribuímos esse fato à maneira experimental como as técnicas são empregadas no campo onde são normalmente utilizadas. Até mesmo na classificação dos processos em métodos e técnicas existem divergências, pois muitas vezes o que é considerado como método por um autor é considerado como técnica de um processo mais abrangente por outro autor.

Além disso, os métodos e técnicas precisam fornecer uma interpretação coerente dos dados gerados, de forma a permitir seu mapeamento numa BC.

Por fim, para solucionar efetivamente o problema da ElC, há também a necessidade de uma maneira eficaz de se aplicar esses processos de forma a "varrer" todo o espectro do conhecimento envolvido numa determinada aplicação. Até hoje, a combinação das diversas técnicas e métodos vem

sendo feita de maneira "ad hoc", empírica, pela intuição e/ou experiência do EC.

Como essa área é nova e em plena evolução, muitos conceitos ainda estão mal definidos e alguns pontos que consideramos fundamentais, ainda estão em aberto.

Um ponto fora de discussão é que as técnicas têm aplicação limitada, não sendo uma apenas, suficiente para a eliciação dos vários tipos de conhecimento envolvidos numa especialidade. Assim sendo, um bom caminho para guiar a utilização das técnicas e métodos, é o mapeamento destes pelo tipo de conhecimento que eliciam. Mas quais são os vários tipos de conhecimento que compõem a especialidade e como identificá-los numa aplicação específica?

A literatura ainda é muito pouco clara com relação à definição desses tipos e sua classificação. Por exemplo, GAMMACK (1987) decompõe o conhecimento em fatos, conceitos, procedimentos e meta-conhecimento; SHORTLIFFE e BUCHANAN (1984) classificam o conhecimento em procedural, causal, classificatório e conceitual; já BREUKER e seus colaboradores (1988), tentam uma classificação dos tipos de "especialidade" como: "habilidade automatizada" - típico para sistemas perceptuais como visão e robótica - "muitos fatos", associações empíricas - representam o caráter heurístico de muitos SE - "solução de problemas baseados no conhecimento em domínios ricos semanticamente" - por exemplo, um médico consegue distinguir entre doenças diferentes, com base no conhecimento sobre essas doenças - "quebra do conhecimento" - consiste da habilidade de abstrair de soluções parciais

para um problema, dados e restrições que são relevantes à solução de outras partes do problema pelo uso do conhecimento de outros domínios - "especialidade estética" - qualidades estéticas podem ter um papel importante no projeto e avaliação de implementações.

O que pudemos perceber, é que fora BREUKER e seus colaboradores que trabalham com um enfoque realmente distinto, a maioria dos outros autores trabalham, na verdade, em níveis distintos de uma mesma classificação; só que o que ocorre muitas vezes, é uma mistura desses níveis.

Abaixo tentamos mostrar uma classificação que julgamos representar o exposto na literatura e que usaremos no restante desse trabalho (FRIEDLAND, 1981; COOKE e SCHVANEVELDT, 1985; WRIGHT e AYTON, 1987):

- conhecimento declarativo: representa fatos sobre o mundo ou domínio. Inclui definições, relações, descrições, conceitos, características, modelos, teorias e restrições. Pode ser representado em termos de classificações e relações. É o conhecimento encontrado nos livros de texto.

- conhecimento procedural: está relacionado com os procedimentos e regras para uso ou raciocínio sobre o conhecimento declarativo e também com os processos de controle que contêm informações sobre quando e como aplicar os procedimentos e as regras. Pode ter a forma de heurísticas ou "regras de bolso", estratégias, procedimentos algorítmicos específicos e podem variar no nível de abstração.

Encontramos na literatura, classificações que julgamos mais específicas e que incidem sobre a primeira, mais geral. Embora achemos que ainda exista mistura de níveis, não tivemos como identificá-los. Assim temos: conhecimento causal, conhecimento classificatório, conhecimento conceitual, meta-conhecimento - conhecimento sobre o que se sabe - conhecimento impreciso, conhecimento tácito - não expresso por palavras; normalmente não expresso - conhecimento baseado em fatos.

Uma outra informação que encontramos em algumas referências, é o mapeamento das técnicas com relação às categorias de aplicação - segundo a classificação de HAYES-ROTH (1983) - e aos domínios de aplicação.

Com o intuito de contribuir para a efetivação do processo de ElC, procuramos descrever todas as técnicas e métodos, que estavam descritos e dispersos na bibliografia existente sobre o assunto, o mais claramente possível, além de apresentar todas as características que pudemos extrair e inferir dessa bibliografia e de experiências vividas no processo de ElC.

III.3.1 - Descrição dos Métodos e Técnicas

III.3.1.1) ENTREVISTAS

Descrição:

Entrevistas consistem de uma conversa entre EC e especialista (OLSON e RUETER, 1987; HOFFMAN, 1987; BELL, 1987; GIORNO et al., 1988). O EC toma notas e/ou grava a conversa. Posteriormente o EC analisa as notas e/ou a gravação. O especialista pode estar executando uma tarefa relativa ao domínio de problema ou apenas falando sobre ele.

Objetivos:

Revelar os objetos sobre os quais o especialista pensa, como estão relacionados ou organizados; o processo de julgamento, solução de problemas ou projeção de uma solução.

Características:

- São os métodos de eliciação mais conhecidos e mais comumente utilizados;

- Têm como característica básica, o uso do dado verbal na forte interação entre especialista e EC, seja através de questionamentos diretos, seja através de explica-

ções.

- Não pudemos observar nenhuma restrição quanto ao trabalho com mais de um especialista, percebendo inclusive, que a interação entre eles é bastante produtiva e elucidativa, desde que haja uma medida para consenso - vide Capítulo IV. É principalmente favorável quando o domínio pressupõe um trabalho em conjunto, como por exemplo, no caso de previsões meteorológicas (DUARTE, 1987).

- Tomar notas enquanto o especialista fala, não é suficiente pois:

a) distrai a atenção do especialista além de distrair a atenção do EC sobre o quê o especialista está dizendo;

b) o EC tem a tendência a anotar as informações que "ele" julga úteis ou importantes, no determinado instante da entrevista. Dessa forma, as anotações podem estar incompletas e sob a forte interpretação do EC;

O uso de gravação e posterior transcrição permite maximizar o tempo disponível do especialista e observar que, às vezes, pontos julgados de pouca ou nenhuma importância numa primeira análise da transcrição, revelam-se de extrema importância posteriormente. As anotações são um excelente guia para a análise da transcrição além de permitirem que o EC registre suas observações sobre o comportamento do especialista durante a conversa, como "expressões faciais" e gestos, que a gravação não consegue captar, e

que muitas vezes revelam ou indicam caminhos de decisão além das anotações do próprio especialista (HOFFMAN, 1987).

- O conhecimento eliciado não é facilmente traduzido no formalismo de representação do conhecimento, nem nas estruturas de controle;

III.3.1.1.1) ENTREVISTA NÃO-ESTRUTURADA, ESTILO LIVRE, INFORMAL

Descrição:

Dissertam sobre a Entrevista não-estruturada HOFFMAN (1987), LEÃO (1988), SRIRAM (1989):

Normalmente o especialista é arguido a falar livremente sobre o escopo do SE. O EC pode fazer perguntas mais ou menos espontâneas, descendo a nível de detalhes quando julgar oportuno. através da utilização de estratégias como "incidente crítico".

Objetivos:

- Familiarização com o vocabulário (jargão) usado pelo especialista.
- Eliciação da estrutura básica do domínio.
- Permitir que o especialista comece a articular o

projeto de inferência e as relações entre os diversos objetos do domínio.

- Auxiliar na determinação das necessidades do usuário e projeto do sistema.

Características:

- É centrada no especialista.
- Mostra maior produtividade se utilizada nos primeiros contatos com o especialista, pois a porção de conhecimento especializado e a completude do que pode ser obtido chega rapidamente ao seu limite.

III.3.1.1.2) ENTREVISTA ESTRUTURADA

Descrição:

O EC seleciona estratégias para condução da conversa, com o objetivo de se aprofundar no domínio de conhecimento. Podemos citar como exemplos de estratégias: QUESTÕES INVESTIGATIVAS DIRETAS, ESTUDO DE CASOS, ESTUDO DE EXEMPLOS, INCIDENTE CRÍTICO (que consiste em focalizar casos particulares em detalhes), etc (HOFFMAN, 1987; OLSON e RUETER, 1987; GAMMACK, 1987; WRIGHT e AYTON, 1987; BREUKER et al., 1988; LEÃO, 1988).

Objetivos:

Acessar conhecimento declarativo e procedural ; explicitação de conceitos.

Características:

- É necessário que o EC já tenha tido um primeiro contato com o especialista, estando familiarizado com o jargão utilizado por este e tendo noção do problema a ser resolvido.

- Na psicologia cognitiva, é utilizada como uma técnica para transpor as defesas cognitivas, incluindo as resultantes da automatização do comportamento do especialista (KIDD, 1987; SHAW e GAINES, 1987);

- O sucesso do método na AC é bastante dependente do EC, isto é, ele pode estender o limite de aplicação do método, através da seleção adequada das estratégias, assim como do direcionamento para uma boa execução das mesmas, pois estas provem caminhos para que o especialista se recorde da informação relevante:

- o uso da técnica INCIDENTE CRÍTICO, por exemplo, elicia descrições, regras e objetivos particulares, que

podem ser examinados na sua generalidade, em sessões posteriores (OLSON, 1987).

- a escolha e colocação das questões de maneira apropriada é muito importante para o êxito do processo - o questionamento sobre sintomas e "características" elicia características, enquanto o questionamento sobre evidências, elicia inferências (LA FRANCE, 1987). A partir desses fatos, muitos estudos foram realizados com o propósito de auxiliar o EC. LA FRANCE (1987), por exemplo, apresenta uma combinação de 6 tipos de questões com 5 categorias de conhecimento, de forma a guiar as entrevistas; BOOSE e GAINES (1987), sugerem evitar questões de condução, cheias e de controle, que distraem a linha de raciocínio do especialista, e ainda sugerem dois tipos de técnicas para sequenciar o processo de questionamento:

a) sequência de afunilamento - começar a entrevista com questões abertas (mais gerais) e terminar com diretas (investigativas sobre algum ponto específico - conceito, relação, procedimento);

b) sequência de afunilamento invertido.

- É interessante quando o EC pode fornecer um protótipo para o especialista criticar, principalmente quando se trata de introduzir exceções às regras (KIDD e WELBANK, 1984).

- Sua utilização não tem restrição com relação às

fases do desenvolvimento do SE.

III.3.1.2) OBSERVAÇÃO

Descrição:

São os métodos baseados na observação do desempenho do especialista na solução de problemas reais ou simulados (HOFFMAN, 1987; OLSON e RUETER, 1987).

Objetivos:

- Explicitação do vocabulário usado pelo especialista para identificar os objetos e suas relações.
- Explicitação do conteúdo do processo de raciocínio e do tipo de inferências feitas.
- Geração do conhecimento base para suposições ou desmembramentos posteriores.

Características:

- Podemos deduzir, pelo tipo de trabalho desenvolvido, que esses métodos supõem, de uma maneira geral, observação de um único especialista e que sua automatização é praticamente impossível.

- Bom emprego para domínios com vasta bibliografia, principalmente que ressaltem o modo de trabalho do especialista, pois o sucesso da tarefa fica muito dependente da interpretação do observador, no caso o EC, e como consequência, do conhecimento do mesmo sobre o domínio.

- Para o êxito dos métodos, com relação à construção da BC, é preciso que seja selecionado um conjunto de problemas que descrevam, de uma forma geral, todos os tipos de problemas que o SE se propõe a solucionar.

III.3.1.2.1) OBSERVAÇÃO SIMPLES, TAREFAS FAMILIARES

Descrição:

O EC simplesmente observa, toma notas e tenta seguir o processo de raciocínio do especialista, enquanto este está engajado no desempenho de tarefas usuais ou típicas (OLSON e RUETER, 1987; HOFFMAN, 1987; GIORNO et al., 1988).

Objetivos:

- Familiarização do EC com o domínio.
- Eliciação dos tipos de conhecimento e da especialidade envolvidos no domínio;

- Eliciação de fatos, algumas regras básicas, objetos e dados que o especialista precisa disponível para solucionar o problema; pouco revela sobre o raciocínio do especialista;

Características:

- Parece-nos que não há problemas na observação de um grupo de especialistas, se o trabalho em conjunto faz parte do dia-a-dia do grupo.

- Consome pouco tempo do especialista embora muito do EC.

- Bom emprego na fase inicial do processo de eliciação, principalmente para SE que envolvem pequenos diagnósticos;

- Preserva o processo natural de raciocínio de solução de problema, pela não verbalização.

III.3.1.2.2) ANÁLISE DE PROTOCOLOS

Esses métodos são caracterizados pela verbalização do especialista do processo de solução de um caso real (HOFFMAN, 1987; OLSON e RUETER, 1987; WRIGHT e AYTON, 1987; GIORNO et al., 1988; BREUKER et al., 1988).

III.3.1.2.2.A) PROTOCOLOS CONCORRENTES

Descrição:

Além do EC tomar notas e até filmar, se quiser, ele pede ao especialista que "pense alto" enquanto desenvolve o a tarefa, isto é, que verbalize o processo de solução de problema. Essa verbalização é gravada. Posteriormente é feita uma transcrição.

O método é chamado "protocolos concorrentes" pois o dado verbal é obtido durante o processo de solução do problema.

Os protocolos consistem das observações do EC e das partes da transcrição referentes a um tópico específico. A análise dos protocolos consiste da leitura das transcrições e extração das frases julgadas como informação útil sobre o conhecimento do especialista - é um processo bastante intuitivo (KIDD e WELBANK, 1984).

Na figura (III.2) podemos observar três etapas da análise de uma transcrição (FOX et al., 1987).

A figura (III.3) mostra parte da transcrição de uma sessão, na qual o especialista resolve um problema de cripto-aritmética - (OLSON e RUETER, 1987) "Nesse caso o EC busca a mudança no foco de atenção. O especialista começa trabalhando de maneira progressiva (cada D é 5, portanto T

é 0 ... agora eu tenho algum outro T? Não, mas tenho outro D). Mais tarde ele trabalha retroativamente (...uma vez que R é um número ímpar e D é 5, G tem que ser um número par).

Objetivos:

- Auxiliar na eliciação da estrutura do domínio de problema e da maneira de representá-la do especialista (QUINN, 1987); das relações existentes entre os protocolos e tipos de inferências tiradas das relações vistas.

Características:

- Alguns autores, como OLSON e RUETER (1987), usam o termo "análise de protocolos" referindo-se somente a esse método.

- O sucesso da técnica fica muito dependente da interpretação do EC , pois para a construção dos protocolos o EC tem que julgar que informações são úteis, ou seja, a eliciação necessita de cuidados, e é importante que os dados sejam interpretados com referência às circunstâncias sobre as quais foram obtidos. O uso deste método torna-se bastante produtivo se combinado com outros métodos pois dessa forma a interpretação pode se dar também com referência às informações eliciadas pelo uso destes.

Depende também do especialista, pois há o perigo de que ele adote um enfoque mais sistemático para o problema

do que o normal pela necessidade de explicar o que está fazendo.

(A)

'O PACIENTE É UM ADULTO DE 50 ANOS QUE, COMO O ÚLTIMO PACIENTE, TAMBÉM DISSE TER LEUCEMIA MIELÓIDE CRÔNICA DIAGNOSTICADA EM 1978 E QUE AGORA SOFRE TRANSFORMAÇÃO BLÁSTICA E DISSE SER LINFÓIDE POR CRITÉRIO MORFOLÓGICO E CITOQUÍMICO ... OLHANDO PARA O "TUTANO DO OSSO" QUE TEM 70% DE PLAQUETAS, HUM, E TAMBÉM SEI, EMBORA EU NÃO POSSA DAR UM VALOR NUMÉRICO PARA ISSO, QUE QUANDO ESSE VALOR DE 70% É OBTIDO DE UMA GOTTA DE SANGUE, NO PROCESSO DE PREPARAÇÃO DOS TESTES EXISTE UM AUMENTO DE PLAQUETAS, ASSIM, 70% PODE SER UM VALOR MÍNIMO E TALVEZ EXISTA BEM MAIS. A TRANSFERÊNCIA TERMINAL É 90%. DE FATO HOUE ALGUM AUMENTO, E EM UM ADULTO ISSO É UM SINAL DE LEUCEMIA. NUM PACIENTE ADULTO COM TDT NORMAL, AS CÉLULAS POSITIVAS NÃO SÃO MAIS DO QUE 5%. ASSIM, ISSO É ... SÃO TODOS LINFOBLASTOS LEUCÊMICOS EM TRANSFORMAÇÃO LINFOBLÁSTICA DE CLL, DO QUE MIELOBLÁSTICA, E EU ESTOU OLHANDO PARA VER QUE SUBCONJUNTO ISSO É - A IMUNOGLOBULINA É SOMENTE 4%, ASSIM, NÃO É TIPO B. T-CÉLULAS OBSERVADAS SÃO 14%, 5%, 6% E MENOS DO QUE 1%. TUDO MENOS QUE 20. VOCE PODERIA DIZER QUE 90% ULTRAPASSA COM 14%, MAS EU CONSIDERO COMO UM EXCEDENTE INSIGNIFICANTE ... COM O ERRO DE NOSSAS TÉCNICAS'.

(B)

- . 70% DE PLAQUETAS, PREPARAÇÃO GERA AUMENTO DE PALQUETAS, ASSIM 70% PODE SER UM MINIMO.
- . TRANSFERÊNCIA TERMINAL E 90%. DE FATO EXISTE ALGUM AUMENTO.
- . E EM UM ADULTO ISSO É UM SINAL DE LEUCEMIA. NUM PACIENTE ADULTO COM TDT NORMAL, AS CÉLULAS POSITIVAS NÃO SÃO MAIS QUE 5%.
- . IMUNOGLOBULINA É SOMENTE 4%, ASSIM, NÃO É DO TIPO B.
- . AS MARCAÇÕES DAS CELULAS T, SÃO 14%, 5%, 6% E MENOS QUE 1%. TODOS MENOS QUE 20. VOCE PODERIA DIZER QUE 90% ULTRAPASSA COM 14%, MAS EU CONSIDERO QUE ESSE EXCEDENTE É INSIGNIFICANTE ... COM O ERRO DE NOSSAS TÉCNICAS.

(C)

- . PREPARAÇÃO AUMENTA AS PLAQUETAS; DESSA FORMA CONSIDERE A CONTAGEM DE PLAQUETAS COMO MÍNIMA.
- . CONTAGEM DE PLAQUETAS TDT -- SUGERE AUMENTO.
- . TDT NUM ADULTO -- SINAL DE LEUCEMIA.
- . O NÍVEL NORMAL DE TDT NUM ADULTO E MENOS QUE 5%.
- . IMUNOGLOBULINA < 4% -- NÃO HÁ CÉLULAS TIPO B.
- . MARCAÇÕES DE CELULAS T MENOS QUE 20% -- NÃO HÁ CELULAS T.
- . EXCEDENTE DE 14 COM 90 -- INSIGNIFICANTE.

FIGURA III.2 - (A) PARTE DA TRANSCRIÇÃO ORIGINAL. OS TRECHOS CONSIDERADOS IMPORTANTES PELO EC ESTÃO ESCRITOS EM LETRA MAIÚSCULA.
 (B) SENTENÇAS EXTRAÍDAS DA TRANSCRIÇÃO.
 (C) SENTENÇAS (REGRAS) DE ANÁLISE FINAL DA TRANSCRIÇÃO.

DONALD D-5

GERALD *

ROBERT

'CADA LETRA TEM UM E SOMENTE UM VALOR NUMÉRICO ...
EXISTEM DEZ LETRAS DIFERENTES E CADA UMA DELAS TEM UM VALOR NUMÉRICO.
PORTANTO EU POSSO, OLHANDO PARA OS DOIS DS ... CADA D É 5; LOGO T É ZERO.

ASSIM, EU PRECISO ... VOU COMEÇAR A ESCREVER O PROBLEMA AQUI.
EU VOU ESCREVER 5 E 5 E ZERO.

AGORA, EU TENHO OUTRAS LETRAS T? NÃO, MAS EU TENHO OUTRO D.

ISSO SIGNIFICA QUE EU TENHO UM 5 DO OUTRO LADO.

AGORA EU TENHO DOIS AS E DOIS LS QUE ESTÃO CADA, EM ALGUM LUGAR, E ESSE R .

DOIS LS É IGUAL A UM R. E CLARO QUE EU ESTOU CHEGANDO A 1.

O QUE SIGNIFICARÁ QUE R TEM QUE SER UM NUMERO ÍMPAR.

ASSIM R PODE SER 1, 3, NÃO PODE SER 5, 7 OU 9.

AGORA G ... UMA VEZ QUE R PARECE SER UM NUMERO ÍMPAR, ESTOU OLHANDO PARA O
LADO ESQUERDO DO PROBLEMA, AQUI, ONDE DIZ QUE D • G, OHI

MAIS POSSIVELMENTE OUTRO NÚMERO, SE EU TENHO QUE CONCLUIR 1 DE E • O.

EU PENSO QUE VOU ESQUECER ISSO POR UM MINUTO...'

FIGURA III.3 - PROBLEMA CRIPTOARITIMÉTICO

- Não é apropriado para todos os tipos de tarefa devido a necessidade de verbalização "in loco", além dos casos de tarefas com linguagens idiossincráticas e tarefas para as quais não há verbalização natural, como citamos no início deste capítulo. " Aquelas tarefas para as quais a verbalização é uma parte do processo natural de pensamento, são aquelas para as quais podemos ter como dado o resultado do processo de "pensar alto". Isto é, se a informação verbal é produzida enquanto alguém faz inferências a si pró-

prio ou identifica características típicas dos objetos, então a informação do protocolo é um dado aceitável" (ERICSSON e SIMON em OLSON e RUETER, 1987).

Ainda é questão de estudo a interferência da verbalização no desempenho da tarefa. WRIGHT e AYTON (1987) concluíram que não há essa influência. Segundo ERICSSON e SIMON (1984), somente a velocidade do desempenho da tarefa é diminuída. Mas se pedirmos ao especialista que explique porque está fazendo o que está fazendo, estamos requerendo acesso a informação e conhecimento adicionais na memória e o desempenho da tarefa pode ser perturbado. Dessa forma, se o EC quer questionar o especialista, isso só deve ser feito após e imediatamente após a execução completa da ação ou evento, nunca durante. BERRY e BROADBENT em (WRIGHT e AYTON, 1987) mostraram também que as pessoas tendem a parar de verbalizar, ou a verbalizar de maneira incompleta, quando a tarefa é difícil e requer um esforço mental grande para chegar a uma solução.

- De acordo com todas as considerações expostas acima, WRIGHT e AYTON (1987) concluíram que um protocolo é potencialmente útil para o que ele contém mais do que para o que omite.

- Acreditamos que não há como aplicar esse método, com sucesso, para mais de um especialista, nem há como automatizar o processo devido a subjetividade do papel do especialista e do EC.

III.3.1.2.2.B) PROTOCOLOS RETROSPECTIVOS

Descrição:

O EC filma o especialista no tratamento de um problema. Posteriormente o processo é revisado com o especialista e o EC pede que ele explique o que estava fazendo e pensando (WRIGHT e AYTON, 1987).

Objetivos:

- Auxiliar na eliciação da estrutura do domínio de problema e da maneira de representá-la do especialista das relações existentes entre os protocolos e tipos de inferências tiradas das relações vistas (QUINN, 1987).

- Eliciar detalhes do processo de solução, muitas vezes implícitos para o próprio especialista, que surgem quando este está engajado em observar suas próprias ações (WRIGHT e AYTON, 1987).

Características:

- Valioso quando:

. o conhecimento do especialista é largamente tácito isto é, não facilmente traduzido numa forma verbal (WRIGHT e AYTON, 1987);

. há suspeita de que o desempenho da tarefa in-

terfira na produção de um protocolo coerente pelo especialista - como exemplo podemos citar o atendimento de casos urgentes na medicina (LEÃO, 1988) ou os casos onde a obtenção de um protocolo concorrente afeta o desempenho da tarefa.

- O sucesso do método fica dependente da habilidade do especialista em buscar as razões que o levaram a tomar determinada atitude ou que nortearam seu desempenho (OLSON e RUETER, 1987).

- É mais custoso do que protocolos concorrentes e mais difícil do ponto de vista operacional - pode causar embaraço ao especialista (GIORNO et al., 1988).

- Preserva o processo natural de raciocínio de solução de problema, pela não verbalização.

- Acreditamos que possa ser empregado para uma equipe de especialistas que trabalhe em conjunto sempre.

III.3.1.3) ANÁLISE POR INTERRUPTÃO

Descrição:

O especialista procede o tratamento de um problema sem verbalizar, e o EC simplesmente observa. Quando o processo chega a um ponto que o EC não pode mais entender o processo de raciocínio do especialista, ele o interrompe, questio-

nando-o em detalhes sobre o por quê de ter feito algo (OLSON E RUETER, 1987).

Objetivos:

- Tentar capturar o foco de atenção do especialista "no momento" e os tipos de inferências feitas para as características notadas.

Características:

- Preserva o processo natural de raciocínio de solução de problema, pela não verbalização.

- É bastante instrutivo sobre o processo observado, mas uma vez interrompido, existe uma chance muito pequena de que possa ser retomado;

- É mais valioso depois que o protótipo foi construído, e seu desempenho está sendo comparado com o desempenho do especialista.

III.3.1.4) TAREFAS COM INFORMAÇÕES LIMITADAS

Descrição:

É uma observação simples, onde há restrição da quanti-

dade ou tipo de informação disponível ao especialista (HOFFMAN, 1987).

Objetivos:

- Fornecer informações sobre os sub-domínios específicos do conhecimento; forçar a formulação de hipóteses - ao invés de resultados finais - estratégias de pensamento, opostamente ao conhecimento baseado em fatos, e uso de heurísticas com o objetivo de preencher os "gaps" do conhecimento adquirido.

Características:

- Não é uma técnica confortável ao especialista que pode se sentir sob pressão e hesitar em fazer julgamentos. É importante deixar claro ao especialista, que o objetivo do processo não é testá-lo.

III.3.1.5) TAREFAS COM PROCESSAMENTO RESTRITO

Descrição:

É uma técnica análoga a anterior, só que aqui a restrição imposta é sobre o processamento da tarefa (HOFFMAN,

1987).

Uma das maneiras de se conseguir tal restrição é limitando o tempo que o especialista tem para absorver informação sobre o problema a ser resolvido ou para fazer julgamentos. Outra forma é chamada de PROTOCOLO POR TELEFONE e consiste em pedir ao especialista que solucione um problema sem vê-lo, isto é, como se o estivesse fazendo pelo telefone, similarmente como na técnica ANÁLISE DIRIGIDA PELO CONTEXTO, descrita adiante. Outra maneira de restringir o processamento é questionar o especialista com uma pergunta específica ao invés de requerer uma análise completa sobre o problema.

Objetivos:

- Revelar o enfoque que o especialista usa na tentativa de resolver o problema, através da ordem e natureza das questões que o especialista formulará;

- Adquirir o conhecimento tácito;

- Pode ser direcionada de forma a se obter informações sobre sub-domínios do conhecimento.

Características:

- Existem os mesmos problemas com os especialista do que na técnica TAREFAS COM INFORMAÇÕES LIMITADAS.

**III.3.1.5.1) ANÁLISE DIRIGIDA PELO CONTEXTO
("CONTEXT_FOCUSING: SHORT-CUT PROTOCOL
ANALYSIS")**

Descrição:

O EC imagina um estado particular ou uma classificação do sistema e o especialista tem que descobrir que estado ou classificação é esse, questionando o EC (WRIGHT e AYTON, 1987).

Idealmente, o EC deve começar o procedimento várias vezes, cada vez imaginando um estado alternativo do sistema. Dessa forma o EC pode checar se a ordem de prioridade de ordenação das regras que o especialista usa, é consistente de tarefa para tarefa. Se não for, o EC deve perguntar ao especialista porque sua sequência de perguntas se alterou. Se a sequência é consistente, o EC deve discutir com o especialista, a racionalidade existente por trás dessa ordenação.

Se o EC não tem grande familiaridade com o domínio de problema em questão, ele não estará apto a responder as perguntas do especialista de maneira satisfatória. Nessas circunstâncias o EC deve agir como um observador de dois especialistas, que compartilham um conhecimento comum sobre o domínio, na aplicação desse método. O EC grava a sequência de regras de teste para posterior elaboração numa discussão com o(s) especialista(s).

O diálogo abaixo, ilustra o trecho de uma sessão com um

mecânico com o objetivo de diagnosticar porque um carro não pega (WRIGHT e AYTON, 1987):

MECÂNICO: A luz da ignição acende quando você gira a chave?

EC: Sim.

MECÂNICO: O medidor de combustível mostra que há combustível no tanque?

EC: Sim.

MECÂNICO: O motor gira quando você gira a chave?

EC: Sim.

MECÂNICO: Ele gira tão rápido quanto normalmente acontece?

EC: Não.

MECÂNICO: ...

Objetivos:

Permite acesso a sequência de regras de teste do especialista. Se o especialista usa seu conhecimento de forma eficiente, as primeiras questões servem para eliminar a maioria dos casos mais comuns relativos ao domínio em questão, isto é, as regras que são primeiramente testadas, tem uma prioridade maior do que as outras.

Características:

- Para ser aplicado após o EC ter um primeiro contato

com o domínio de problema.

- É necessário que o EC questione o especialista sobre a racionalidade da sequência de regras de teste, pois o EC tem, no máximo, o entendimento de um novato no domínio de problema, não tendo condições, portanto, de perceber o porque de determinada sequência.

- Permite acesso direto mais conveniente ao conhecimento procedural do que PROTOCOLOS CONCORRENTES ou RETROSPECTIVOS.

III.3.1.5.2) CENÁRIOS

Descrição:

Como descrito por HOFFMAN (1987), são fornecidos ao especialista várias tarefas similares, por exemplo. Pede-se ao especialista que selecione os casos análogos.

Objetivos:

- Eliciar o tipo de raciocínio feito quando o especialista chega a alguma conclusão por analogia.

- Evidenciar novas relações na BC.

Características:

- É um processo cansativo, principalmente para o especialista.

- Para que haja êxito, é preciso que o especialista perca a hesitação em fornecer incertezas ou em fazer julgamentos qualificados.

- Produz grande quantidade de dados confiáveis.

III.3.1.6) CASOS ROBUSTOS OU DIFÍCEIS**Descrição:**

Análise de casos com características não usuais, não familiares.

Normalmente pede-se ao especialista que grave o processo de solução quando encontrar um caso desse tipo durante sua rotina de trabalho (HOFFMAN, 1987).

Objetivos:

- Captar evidências sobre aspectos súbitos ou refinados do raciocínio;

- Extrair informações sobre sub-domínios específicos com o objetivo de preencher os "gaps" do conhecimento adquirido por outros métodos e técnicas.

Características:

- Quando o conhecimento e os métodos de raciocínio do especialista já foram descritos preliminarmente pelo uso de alguns métodos, é preciso evidenciar aspectos refinados do conhecimento. Esses aspectos afloram quando o especialista encontra um problema não usual, difícil, diferente de problemas comuns restritos, como vimos anteriormente. Quase por definição, esses casos são raros e os especialistas sabem identificá-los quase que intuitivamente. Assim, a própria identificação do problema é um conhecimento importante de ser eliciado.

III.3.1.7) QUESTIONÁRIOS

Descrição:

São escritas algumas questões em cartões ou pedaços de papel. Essas questões embora sejam básicas, são abertas (OLSON e RUETER, 1987).

A figura (III.4) mostra dois tipos de cartões com ques-

tões para a eliciação de variáveis e relações.

Objetivos:

- Eliciação de objetos do domínio, relações e principalmente informação imprecisa.

(a)

<p>NOME DA VARIÁVEL: VENDA</p> <p>DESCRIÇÃO:</p> <p>TIPO DE VALORES: NUMÉRICO</p> <p>TAMANHO DOS VALORES:</p> <p>LIMITES DOS VALORES: 0-100.000</p> <p>ESTADO QUANDO O RACIONAMENTO COMEÇA?</p> <p>CONHECIDO / DESCONHECIDO</p> <p>DEPENDE DE OUTRAS VARIÁVEIS? NÃO</p>

(b)

<p>DESENHE A RELAÇÃO ENTRE</p> <p>VENDA COTA BASE</p> <p>VOCE PODE ESPECIFICAR A RELAÇÃO PRECISAMENTE?</p> <p>Nos casos onde a renda para esse produto excede a cota por mais de 15%, a base de adicula para a nova cota e estipulada para a cota passada mais a quantidade excedente de venda.</p>
--

FIGURA 4.4 - (a) EXEMPLO DE QUESTIONÁRIO PARA A ELICIAÇÃO DE VARIÁVEIS;
 (b) EXEMPLO DE QUESTIONÁRIO PARA A ELICIAÇÃO DE RELAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS (OLSON E RUETER, 1987)

Características:

- Maneira eficiente de se obter informação.
- O especialista deve preencher o questionário numa atmosfera de relaxamento e tranquilidade.
- Acreditamos que o trabalho com mais de um especialista só seja possível se uma equipe trabalha em conjunto, normalmente, e se um consenso é possível.
- Existem duas estratégias preferidas para a eliciação de incerteza (figura III.5): uma barra onde o especialista indica um ponto para refletir a incerteza ou uma escala de 5 pontos no cartão, onde o especialista marca o "trabalho" que é mais aproximado associado com sua certeza.

CERTEZAINCERTEZA COLOQUE UM X NA ESCALA PARA INDICAR SUA RESPOSTA
--- COMPLETAMENTE CERTO --- RAZOAVELMENTE CERTO --- DUVIDOSO --- MODERADAMENTE INCERTO --- EXTREMAMENTE INCERTO

FIGURA III.5 - ESTRATÉGIAS USADAS PARA A ELICIAÇÃO DE INCERTEZA SOB O ENFOQUE DA TÉCNICA QUESTIONÁRIO. (OLSON E RUETER, 1987)

III.3.1.8) ANÁLISE DE AVALIAÇÃO

III.3.1.8.1) Descrição

As análises de avaliação são compostas por três fases principais (COOKE e MCDONALD, 1987):

- a) Coleta de dados
- b) Avaliação
- c) Interpretação

III.3.1.8.1.A) Coleta de Dados

A maioria dos procedimentos de avaliação para produção de descrições estruturais de um conjunto de conceitos requerem alguma medida de distância psicológica entre os conceitos. Embora duas estratégias gerais terem sido citadas na literatura - distância inter-item no protocolo relembrado e julgamentos diretos de pares de similaridades ou dissimilaridade - recentes trabalhos (COOKE et al.,1985) sugerem que a última medida provê um banco de dados mais sensitivo e válido para a delineação de estruturas conceituais.

O primeiro passo da fase de coleta de dados envolve a seleção do conjunto de itens - conceitos, objetos, ações - a serem representados. Costuma-se limitar o número de itens no conjunto para simplificar a coleta e a interpretação da solução, procurando evitar os itens irrelevantes e capturar os itens críticos do domínio. Não existe nenhum método efetivo para se conseguir isso, recaindo na necessidade de se valer da intuição do EC ou do especialista do domínio - devido a dificuldade de introspecção e expressão verbal dos processos mentais, esse conjunto pode ser incompleto ou inapropriado. Pesquisas estão sendo conduzidas sobre vários

métodos para eliciação de informação relacionada com o domínio de um especialista (COOKE e MCDONALD, 1986):

- . listagem de conceitos críticos do domínio;
- . listagem de passos envolvidos numa tarefa relacionada com o domínio;
- . listagem de títulos e sub-títulos de capítulos para um livro hipotético sobre o domínio;
- . extração de idéias críticas de uma entrevista com um especialista.

O resultado dessas pesquisas mostra que as quatro técnicas variam no número de idéias geradas assim como nos tipos de conhecimento eliciados - conceitos, regras gerais, fatos.

A escolha dos itens é importante pois a seleção do conjunto de conceitos incorreto ou incompleto resulta numa Representação do Conhecimento incorreta ou incompleta. Além disso, as distâncias estimadas geradas pelas pessoas são afetadas pelo contexto; por exemplo: pinguins são bastante similares a pássaros quando os outros conceitos são tipos de vegetais, mas não são tão similares quando os outros conceitos são tipos de pássaros.

Segundo passo: produzir as distâncias estimadas (DE).

O resultados das estratégias utilizadas para produzir DE entre todos os possíveis pares de itens, pode ter a forma de uma matriz na qual as linhas e colunas designam

itens específicos no conjunto. Essas matrizes podem ser simétricas - a distância de A a B é igual a distância de B a A - ou assimétricas - a distância de A a B é diferente da distância de B a A. Somente a técnica "PATHFINDER" faz uso dessa informação.

COOKE e MCDONALD (1987) sugerem alguns métodos que podem ser usados para esse fim:

III.3.1.8.1.A.1) COMPARAÇÕES PAR A PAR

Descrição:

- Identificação da razão de relação ou similaridade de todos os $n(n-1)/2$ pares de itens pelo especialista, através de julgamento.

- A DE é obtida calculando-se o inverso das razões.

Características:

- Teoricamente, distâncias assimétricas podem ser obtidas, porém, para isso, bastante tempo é consumido.

- Gasta-se muito tempo, principalmente para conjuntos muito grandes.

III.3.1.8.1.A.2) ORDENAÇÃO

Descrição:

- Empilhamento de itens ordenados de acordo com o julgamento do especialista, baseado na relação compartilhada pelos dados e que o levou a ordená-los.

- Para um determinado grupo de julgamentos, a DE é o inverso da frequência com a qual pares de itens são colocados na mesma pilha.

Características:

- Gasta menos tempo que "COMPARAÇÕES PAR A PAR".

III.3.1.8.1.A.3) LISTAGEM

Descrição:

- O especialista lista os conceitos relevantes do domínio.

- A DE é obtida pela computação da probabilidade condicional de um item seguir o outro nas listas.

Características:

- Não é garantido que a DE seja obtida para todos os itens relevantes. Existem outras estratégias para a determinação da DE como por exemplo, o número de intervalos de itens numa lista.

III.3.1.8.1.A.4) GRAVAÇÃO DE EVENTOS

Descrição:

- Estratégias similares as utilizadas em "LISTAGEM" podem ser aplicadas, onde as listas consistem de ações gravadas enquanto os especialistas desempenham tarefas relacionadas com o domínio.

III.3.1.8.1.A.5) REDE DE COMPARAÇÕES ("REPERTORY GRID")

Descrição:

- É essencialmente uma sessão livre de listagem e classificação de objetos na qual o EC faz inferências sobre as relações de semelhança entre os objetos e relações das dimensões às quais o especialista presta mais atenção.

- Os elementos são graduados de acordo com várias construções ou dimensões bipolares.

- A distância entre dois elementos pode ser obtida pela distância entre os dois vetores de graduação correspondentes.

Características:

- A principal desvantagem desse enfoque, é que as construções relevantes, assim como os elementos, têm que ser sabidos. Mas se isso acontece, a técnica oferece uma solução para o problema do EFEITO DAS INTRUÇÕES que é a dependência, para o sucesso da técnica ou método, da orientação de quem está aplicando a técnica ou método, comum na aplicação dos métodos de coleta de dados, como também de avaliação.

- Essa técnica será abordada posteriormente, pois combinada com outras técnicas, como por exemplo, ESQUEMAS HIERÁRQUICOS DE AGRUPAMENTO, tem sido usado como método de ELC (COOKE et al., 1985).

III.3.1.8.1.B) AVALIAÇÃO

Existem várias técnicas que permitem uma avaliação dos julgamentos feitos pelo especialista.

A diferença entre os vários procedimentos de avaliação, recai nos tipos de representação estrutural que produzem. Existem procedimentos para a geração de

agrupamentos hierárquicos, agrupamentos aditivos, árvores com pesos livres, espaços multidimensionais e redes com ligações e pesos. Isso faz com que tenham aplicabilidade ampla e direcionada para o tipo de conhecimento que se quer trabalhar, ou por outro lado, como fornecem informação sobre a estrutura do conhecimento, serve de base para a representação do conhecimento no sistema. Outro ponto interessante, é que essa representação estrutural permite uma representação visual das similaridades psicológicas entre os objetos ou experiências, eliminando um outro problema comumente enfrentado na construção de SE que é como medir e entender a maneira que os especialistas veem as relações entre os objetos e experiências.

São padronizadas, isto é, dado um conjunto de distâncias estimadas e uma técnica de avaliação específica, dois diferentes EC produzirão representações idênticas, independentemente.

Podem ser aplicadas a um grupo de especialistas, da mesma forma que para uma pessoa. A solução resultante de um grupo pode ser vista como uma representação prototípica do conhecimento especializado, provendo dessa forma uma maneira de combinar o conhecimento de vários especialistas.

Embora com as vantagens listadas acima, as técnicas de avaliação tem uma série de problemas. Não só os inerentes à concepção das técnicas em si, como a necessidade da introspecção, subjetividade e interpretação do EC (para a construção do conjunto de dados de entrada que se compõe dos conceitos que serão julgados), mas também outros que se

referem a aplicação dessas técnicas à construção de SE especificamente, como a interpretação dos resultados.

A seguir descreveremos essas técnicas:

III.3.1.8.1.B.1) AVALIAÇÃO MULTIDIMENSIONAL (MDS)

Descrição:

- Dados: uma matriz de distâncias simétricas e a especificação do número de dimensões a serem trabalhadas.

- Tenta-se ajustar os pontos dados no espaço de dimensões determinado, minimizando o total de "stress" - ou desvio de acerto ótimo - de modo iterativo (COOKE e MCDONALD, 1987). Esse "stress" é associado a cada solução dimensional e representa a medida do desvio das posições perfeitas. Como resultado obtém-se um conjunto de pontos no espaço n-ário dado que correspondem a localização de cada conceito nesse espaço.

- O EC analisa as soluções plotadas para ver como melhor colocar e nomear os eixos.

A figura (III.6), mostra parte de uma matriz com comparações de pares de animais domésticos e selvagens e a solução num espaço bi-dimensional (OLSON e RUETER, 1987).

Objetivos:

- Extrair a estrutura latente com os julgamentos empíricos de similaridade. Essa estrutura é a estrutura conceitual, baseada em relações globais.

(a)

	CABRA	VACA	OVELHA	PORCO	CAVALO	CACHORRO	COELHO
CABRA		1	1	3	4	10	11
VACA			1	3	3	9	12
OVELHA				2	4	6	10
PORCO					8	8	9
CAVALO						6	6
CACHORRO							2
COELHO							

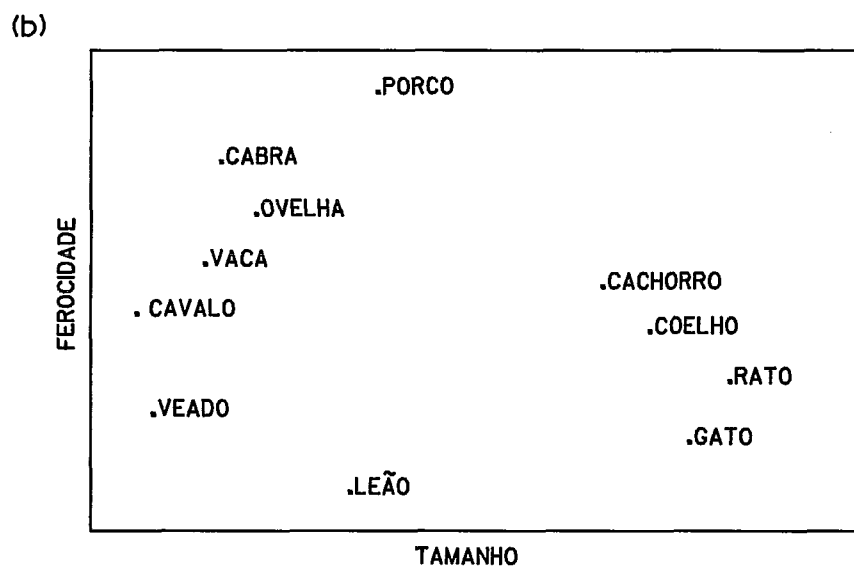


FIGURA III.6 - (a) Parte da matriz de julgamentos de similaridade.

(b) Solução MDS em duas dimensões para o conjunto completo de animais.

Características:

- O algoritmo captura as relações globais entre os conceitos, podendo revelar agrupamentos interessantes de

objetos, relações de vizinhança (locais) e não-locais ("outliers"). Considera o relacionamento de cada conceito para todos os outros e posiciona-os através das dimensões do espaço de uma maneira que reflete essas relações (GAMMACK, 1987). Essa métrica fornecida pelo MDS (distância entre conceitos num espaço multidimensional) tem aplicações úteis (COOKE e MCDONALD, 1987).

- Pode distorcer relacionamentos locais - distância entre algum par em particular - devido ao ajuste dos dados para produzir distâncias que obedeçam as hipóteses da métrica. A distância entre um par, no MDS, pode ser baseada na distância Euclidiana entre dois pontos localizados pelas coordenadas correspondentes a cada conceito (COOKE et al, 1985).

- Deve ser aplicado somente em dados que são assumidos terem vindo de representações de espaço físico n-dimensional (OLSON e RUETER, 1987). Quando há um certo número de conceitos estreitamente relacionados e não há nenhum vocabulário especializado - ou ele é confuso e ambíguo - para descrever distinções sutis e relações, é uma técnica bastante útil (COOKE et al., 1985).

- Aplicável a um especialista ou a um grupo de especialistas.

- A aquisição da matriz inicial de distâncias estimadas é um outro problema, pois é preciso ter julgamentos de similaridade para todos os pares de objetos ou conceitos do domínio escolhidos. Assume-se que esses julgamentos sejam

simétricos e graduados, isto é, assume-se que as similaridades dadas estão entre valores contínuos (OLSON e RUETER, 1987). Esse processo é tedioso: para n objetos são necessários $n(n-1)/2$ julgamentos, número que cresce rapidamente.

- A identificação das dimensões ou a determinação do número correto de dimensões a ser usado é difícil, principalmente porque a orientação do espaço é arbitrária. Na verdade a dimensionalidade ótima é determinada por uma gama de fatores; a medida do "stress" e R^2 tendem a 3 dimensões, pois a adição da terceira, clareia as primeiras e é, por ela mesma, interpretável. O procedimento de ISAAC e POOR em (COOKE e MCDONALD, 1987) também sugere 3 dimensões.

- A identificação com sucesso das dimensões do espaço, fornecem informações sobre a estrutura conceitual que não podem ser obtidas das avaliações originais nem de outras técnicas de avaliação.

- É difícil perceber a melhor colocação dos eixos e seus nomes.

VIII.3.1.8.1.B.2) GERADOR DE CAMINHOS ("PATHFINDER")Descrição:

COOKE e MCDONALD (1987) e OLSON e RUETER (1987) descrevem o algoritmo:

- Dado de entrada: matriz de distâncias simétricas estimadas.

- São feitas conexões entre cada par de conceitos. Às conexões são associados pesos correspondendo ao seu comprimento, que são as distâncias na matriz de dados.

- É formada uma rede mínima conectada (MCN), através da conexão dos itens ligados mais próximos. Uma conexão permanece na rede se e somente se essa conexão é o menor caminho entre os dois conceitos em questão. O comprimento de um caminho é função dos pesos associados com as conexões nesse caminho.

- Outras ligações são adicionadas formando uma rede mínima elaborada (MEN): se a distância mínima entre os conceitos, baseada em todos os caminhos existentes - conjunto de uma ou mais conexões - é maior do que a distância estimada para aquele par, uma nova conexão é adicionada.

- MCN e MEN são examinadas para identificação dos conceitos dominantes - aqueles que têm um grande número de conexões a muitos outros nós - e dos membros de ciclos - aqueles que são totalmente ligados em círculos.

A figura (III.7) mostra um exemplo da MCN e MEN para o

exemplo de animais (OLSON e RUETER, 1987). Essas redes foram geradas a partir da matriz de similaridade mostrada na figura (III.6(a)).

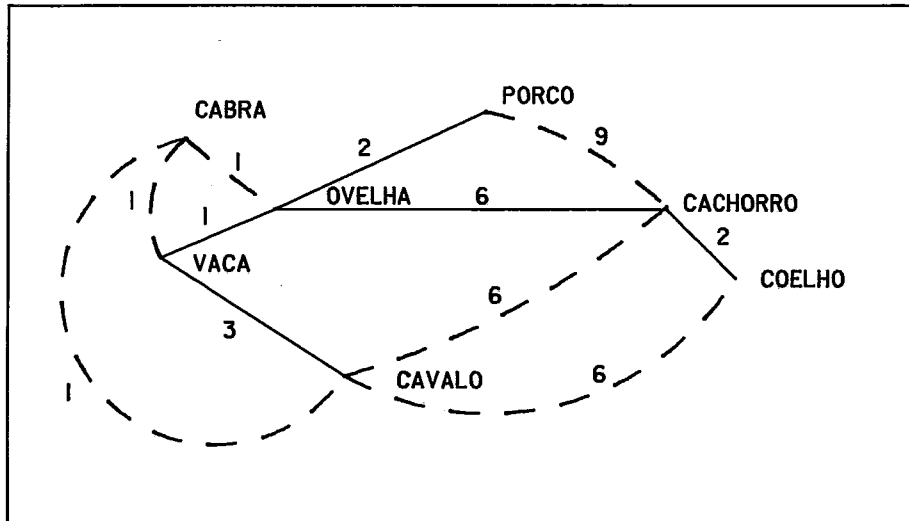


FIGURA 7 - MCN (REPRESENTADA PELA LINHA CHEIA) E MEN PARA O EXEMPLO DOS ANIMAIS. (OLSON E RUETER, 1987)

Objetivos:

- Algoritmo: determinar se pode existir uma conexão entre cada par de conceitos, gerando uma rede de nós e conexões entre alguns desses nós, isto é, um grafo onde os nós representam os conceitos, objetos ou ações e as conexões representam as relações entre estes.

- Elicia estrutura conceitual baseada em relações locais.

Características:

- Esse algoritmo desenvolvido por SCHVANEVELDT, DURSO e DEARHOLT (COOKE e MCDONALD, 1987), faz parte de um enfoque mais amplo que é o de REDES GERAIS GRADUADAS (GWN).

- Com um conjunto de DE completo, a rede inicial corresponde a um grafo completo .

- Funções diferentes para computar o comprimento do caminho geram redes diferentes (COOKE et al., 1985).

- Devido às conexões serem uni ou bi-direcionais, as distâncias entre os conceitos podem ser simétricas ou assimétricas. Com as distâncias estimadas simétricas, somente conexões bi-direcionais podem ser incluídas na representação por rede.

- O grafo gerado pelo algoritmo é inerentemente adimensional, sendo difícil sua representação gráfica. Além disso, embora sejam especificados os nós e arcos de conexão, não existe nenhuma limitação real sobre a localização dos nós no espaço n-ário, nem informação sobre o significado dos arcos (COOKE e MCDONALD, 1987).

- Aplicável a um ou mais especialistas.

- Pode revelar aspectos significativos da especialidade, permitindo uma comparação detalhada conceito por con-

ceito entre grupos que diferem em especialidade (OLSON e RUETER, 1987). Usado com especialistas e novatos pode-se perceber as seguintes diferenças (COOKE e MCDONALD, 1987):

- . as estruturas dos especialistas são mais simples do que as dos novatos;

- . ligações elaboradas conectadas integram grandes estruturas conceituais;

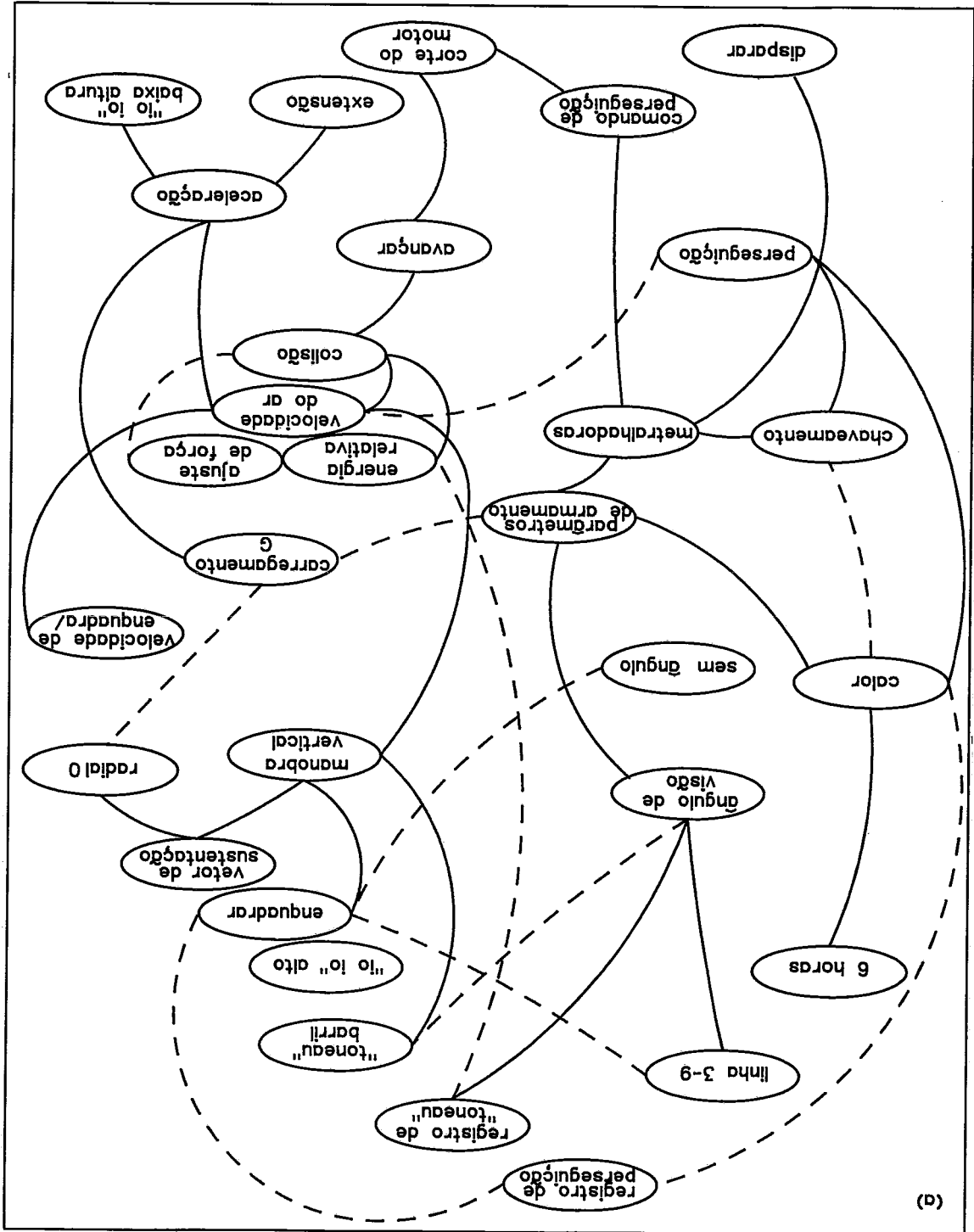
- . especialistas podem facilmente identificar relações usando termos como "afeta", "é_um", "desejável", "aceitável", etc.

- Na figura (III.8) mostramos as redes geradas por pilotos especialistas e por pilotos novatos (OLSON e RUETER, 1987; COOKE e MCDONALD, 1987).

- O EC tem dificuldade de determinar quando parar de agrupar.

- Não é possível distinguir relações entre conceitos de um mesmo nível em níveis diferentes, ou seja, não permite a percepção dos diversos níveis de abstração embutidos no domínio.

- É superior ao MDS quando se trata da eliciação do conhecimento relacionado com lembrança.



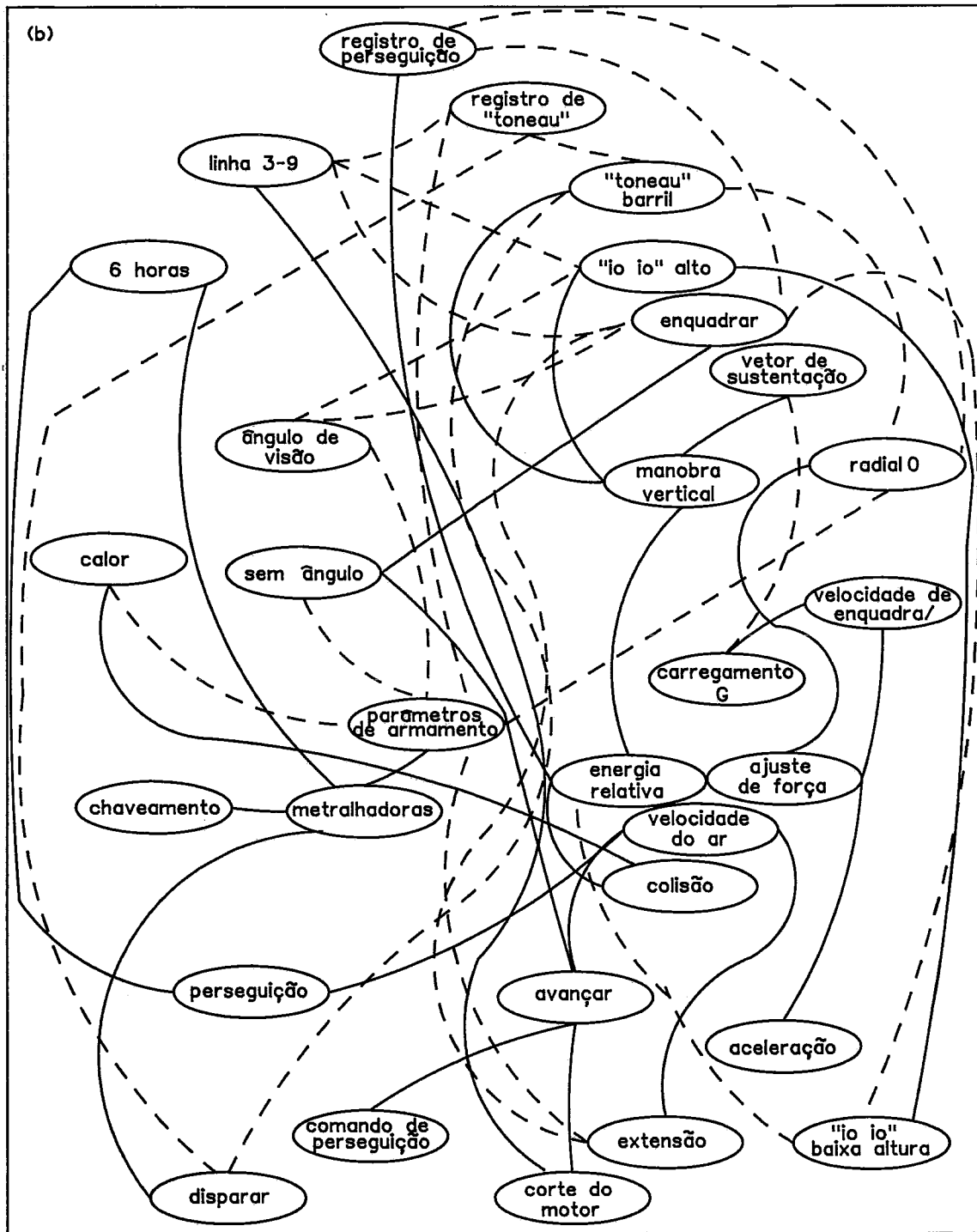


FIGURA III.8 - (a) MCN - EM LINHA CHEIA - E MEN DE PILOTOS ESPECIALISTAS
 (b) MCN - EM LINHA CHEIA - E MEN PARA PILOTOS NOVATOS

III.3.1.8.1.B.3) ESQUEMAS HIERÁRQUICOS DE AGRUPAMENTO (HCS) ("CLUSTER ANALISIS")

Descrição:

- Combinar repetidamente os dois elementos mais próximos na matriz de dados, num único agrupamento.

- As distâncias entre os dois elementos são novamente computadas; o novo agrupamento agora é um item. A distância entre o agrupamento e os outros itens pode ser calculada considerando a distância mínima ou a máxima das distâncias de cada objeto do agrupamento e o item; ocasionalmente a média pode ser usada (COOKE e MCDONALD, 1987).

A figura (III.9) ilustra os passos da aplicação dessa técnica ao conjunto de animais domésticos e selvagens (OLSON e RUETER, 1987). A similaridade foi obtida pelo uso do algoritmo de distância mínima.

Objetivos:

- Algoritmo: construir uma árvore de conexões entre os nós e agrupamentos em vários níveis, que representa a representação hierárquica dos itens (OLSON e RUETER, 1987).

- Descrever padrões embutidos/relacionados com o domínio (HART, 1987).

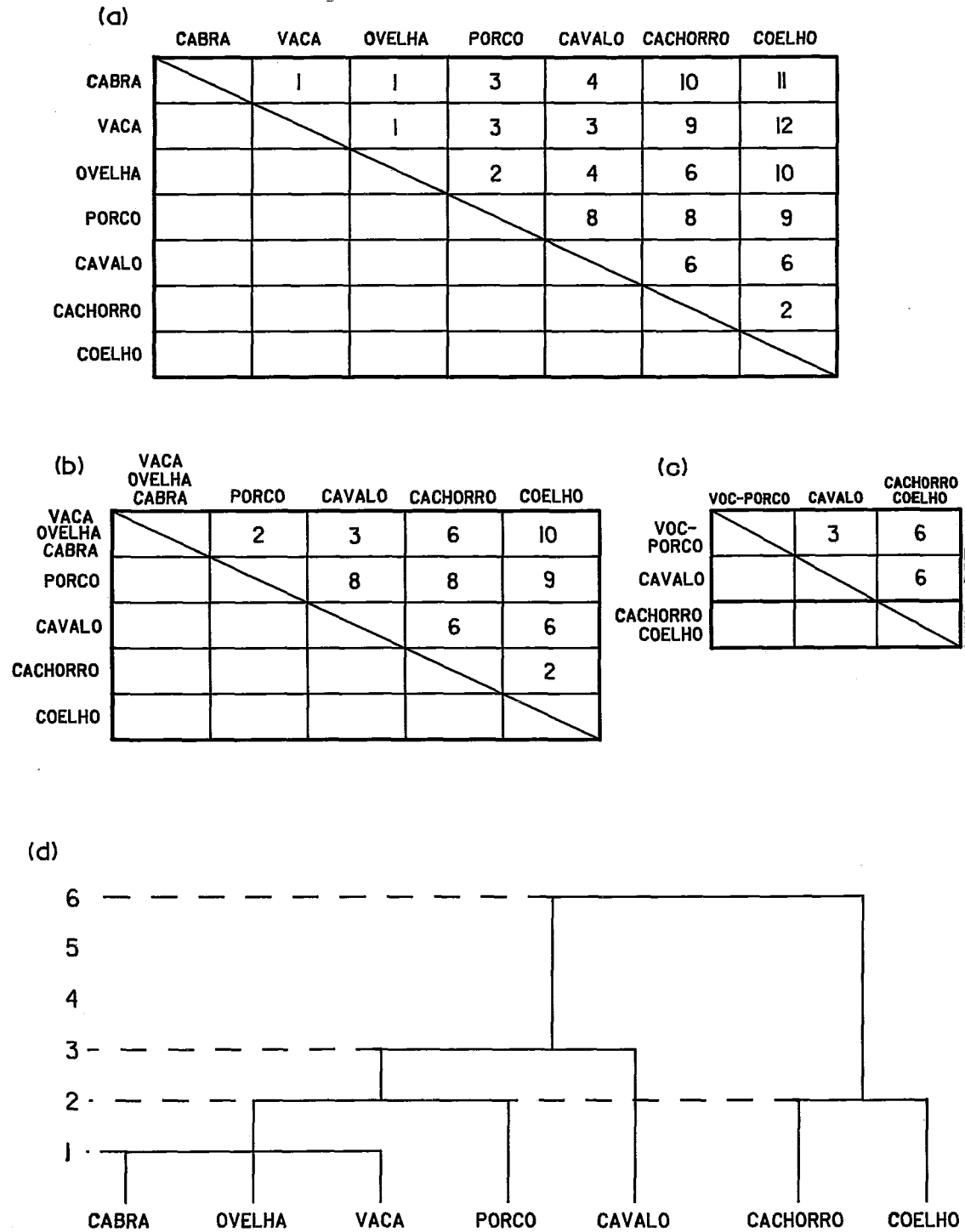


FIGURA III.9 - (a) Matriz de julgamentos de similaridade para o exemplo dos animais.
 (b) Matriz de similaridade de (a) com o agrupamento vaca-ovelha-cabra.
 (c) Matriz de similaridade de (b) após novos agrupamentos.
 (d) Esquema hierárquico de agrupamento final.

Características:

- Existem diversas técnicas de agrupamento: hierárquica, por agregação ("overlapping"), por desagregação ("disjoint"), etc, mas os esquemas hierárquicos de agrupamento (HCS) são os mais usados.

- O número de agrupamentos varia de n - cada elemento em um agrupamento - a 1 - todos os elementos num único agrupamento. Essa técnica permite que as entidades sejam agrupadas dependendo do nível de similaridade requerido pelo usuário (HART, 1987), mas como a escolha da maneira de medir a distância entre o novo agrupamento e os outros itens é arbitrária, algoritmos diferentes podem produzir hierarquias diferentes. Sob esse prisma, a análise fica subjetiva.

- Frequentemente é usado em taxonomia.

- Pode ser aplicado a um ou mais especialistas.

- Pode ser implementado computacionalmente em grande porte (WRIGHT e AYTON, 1987), embora possa ser feito com lápis e papel por ser uma técnica direta. Os julgamentos são função do número de agrupamentos aninhados que dois itens têm em comum, isto é, a "altura" que dois itens tornam-se membros da mesma categoria superior (OLSON e RUETER, 1987).

- Embora produza estruturas multiníveis, os níveis não necessariamente correspondem aos níveis de abstração. Podem gerar estruturas multiníveis mesmo quando os concei-

tos são do mesmo nível de abstração. É importante distinguir entre agrupamentos feitos devido a associações categóricas dos feitos devido a variabilidade nos dados.

- A dificuldade em aplicar HCS para AC é decidir o nível de corte apropriado, isto é, quando parar de agrupar, do mesmo modo que no "PATHFINDER". Essa decisão precisa ser tomada por alguém bem experimentado.

III.3.1.1.B.4) REDE DE COMPARAÇÕES ("REPERTORY GRID")

Foi citado anteriormente como uma técnica para geração de distâncias estimadas, mas na verdade sua utilização não é restrita a isso. Existem vários trabalhos desenvolvidos baseados na técnica inicial com o objetivo de formalizar todos os passos do processo e incrementar a técnica. Hoje, pode ser utilizado como um método em si, como veremos adiante.

Tem suas raízes na Teoria da Construção Pessoal - George Kelly 1955 (GAMMACK, 1987) - que se baseia na idéia de que cada pessoa tem seu próprio modelo do mundo que a cerca e age baseada de acordo com as previsões que faz sobre esse modelo (HART, 1987). Kelly desenvolveu sua teoria no contexto da psicologia clínica e estava preocupado em ter técnicas que vencessem as defesas cognitivas e eliciassem os sistemas de construção

subjacentes ao comportamento. Esse é precisamente o problema da Engenharia do Conhecimento. Olhando para um especialista em determinado domínio, esse modelo seria uma descrição do desenvolvimento e uso do seu próprio conhecimento. "Repertory Grid" é um método para eliciar e analisar esse modelo; é uma classificação de dados de duas formas nos quais eventos são entrelaçados com abstrações de uma maneira tal a expressar parte do sistema pessoal de referências cruzadas entre as observações pessoais do especialista ou experiências do mundo e suas construções pessoais ou classificações dessas experiências" (SHAW e GAINES, 1987).

Descrição:

Inclui basicamente:

a) Sessão inicial com o especialista:

- Entrevista aberta na qual se pede ao especialista para listar algumas entidades chaves do domínio de problema - concretas ou abstratas, chamadas "elementos".

b) Sessão de avaliação:

- A partir da avaliação dos elementos segundo uma escala graduada são eliciadas as "construções". Pode-se usar duas estratégias para tal eliciação: método diádico ou triádico, através da análise de dois ou três elementos respectivamente. Pede-se ao especialista que

identifique de que maneira 2 (1) dos elementos são similares e ao mesmo tempo diferentes do terceiro (segundo) - esse é o "polo emergente" da construção. O "polo implícito" pode ser eliciado pelo método da diferença - de que maneira um elemento se diferencia do par (ou do outro) - ou pelo método do oposto - o que pode ser o oposto da descrição do par (ou do elemento). Cria-se dessa forma uma característica bipolar, sob a qual serão classificados todos os objetos do domínio em uma escala linear: a cada elemento será dado um valor da escala - de acordo com a relação, como usado na técnica QUESTIONÁRIO para a eliciação de incertezas - valor subjetivo fornecido pelo especialista. Deve ser usada a mesma escala para todas as construções.

Esse processo prossegue até o EC perceber que já foram cobertas a maioria das relações de similaridade.

O mapeamento dos elementos nas construções, produz uma malha bi-dimensional de relações que é construída pelo EC da seguinte maneira: os elementos são posicionados na vertical e as construções na horizontal. Pede-se então ao especialista que preencha os valores que estão faltando (figura III.10).

c) Análise da Malha:

É conveniente dividir as técnicas de análise em três grupos que se referem a análise de uma única malha, de um par de malhas e de um grupo.

(A)

EC: POR FAVOR, LISTE OS ELEMENTOS - EXEMPLOS DE ESTUDANTES - QUE VOCE CONSIDERA IMPORTANTES NESSA INVESTIGAÇÃO.

ESPECIALISTA: ELES SÃO: BRIAN, KIM, TERRY, IAN, STEPHEN E NADIA

EC: DE BRIAN, KIM, E TERRY SELECIONE DOIS QUE SÃO SIMILARES ENTRE SI E DIFERENTES DO TERCEIRO.

ESPECIALISTA: BRIAN E TERRY SÃO SIMILARES - KIM É DIFERENTE.

EC: O QUE FAZ BRIAN E TERRY SIMILARES?

ESPECIALISTA: OS DOIS SÃO MADUROS.

EC: MADURO É UM POLO DA SUA CONSTRUÇÃO. QUAL É O OUTRO POLO?

ESPECIALISTA: "FALTA AULAS".

EC: AGORA CLASSIFIQUE CADA UM DOS SEUS ELEMENTOS DE ACORDO COM ESSA CONSTRUÇÃO, ONDE 1 SIGNIFICA "FALTA AULAS" E 3 SIGNIFICA MADURO.

ESPECIALISTA: ELES SÃO: BRIAN - 3

KIM - 1

TERRY - 3

IAN - 1

STEPHEN - 1

NADIA - 1

(B)

COMPARAÇÃO DE ESTUDANTES DE UM CURSO										
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7		
C1	FALTA-AULAS	3	1	3	1	1	1	1	MADURO	C1
C2	QUALIFICAÇÕES RUINS	1	2	1	2	3	2	2	QUALIFICAÇÕES BOAS	C2
C3	INSEGURO	3	1	1	2	3	1	3	CONFIANTE	C3
C4	QUESTIONADOR	1	3	2	2	1	3	2	QUIETO	C4
C5	ATENCIOSO	1	3	3	1	2	2	3	DISPERSO	C5
C6	TRABALHADOR	1	3	2	1	1	3	1	PREGUIÇOSO	C6
C7	BRINCALHÃO	1	3	3	2	2	3	1	SÉRIO	C7
C8	DESORGANIZADO	3	1	1	2	3	2	1	ORGANIZADO	C8
C9	NÃO ASSEADO	3	1	1	2	3	3	1	ASSEADO	C9
BRIAN										
KIM										
TERRY										
IAN										
STEPHEN										
NADIA										
DAVID										

FIGURA III.10 - (A) TRANSCRIÇÃO DE PARTE DA SESSÃO DE AVALIAÇÃO - "REPERTORY GRID"

(B) TABELA DE AVALIAÇÃO RESULTANTE DA FASE DE AVALIAÇÃO PELA UTILIZAÇÃO DO MÉTODO TRIÁDICO - "REPERTORY GRID".

(HART, 1986)

Para uma malha, o mais comumente usado é agrupar as construções que estão mais próximas no espaço - cada construção é representada por um ponto num espaço multidimensional cuja dimensão é o número de elementos envolvidos. Agrupa-se da mesma forma os elementos. Usa-se, então, alguma forma de "análise de agrupamento", como o HCS, fazendo-se necessário uma matriz de DE. Primeiramente ordena-se linearmente os elementos e as construções, de forma que aqueles mais próximos no espaço são também mais próximos na ordem.

Para o julgamento de similaridade entre os elementos usa-se a seguinte métrica de distâncias: para cada par de elementos soma-se as diferenças absolutas entre os valores que cada um deles tem em cada construção (figura III.11).

Para o julgamento de similaridade das construções, a definição das distâncias não é tão direta. Como não é feito um julgamento para saber porque determinado item recebeu um valor da escala e o oposto outro, existem casos em que dimensões bastante similares são altamente correlacionadas mas estão associadas a valores opostos da escala. Dessa forma parte do cálculo da matriz de DE envolve a inversão de posição das dimensões apropriadas. A matriz completa é calculada como a soma (não absoluta) das diferenças entre os valores de todos os elementos em duas dimensões. Acima da diagonal estão as distâncias entre duas dimensões na maneira como estão escritas (C_k, C_l). Abaixo, a segunda dimensão tem seus valores de escala in-

vertidos (C_k, C_l') . Mas como o HCS não pode ter como dados de entrada uma matriz assim, uma meia matriz simétrica é obtida pela seleção do menor valor entre $(C_k - C_l)$ e $(C_k - C_l')$.

(a)

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
E1	-	17	12	8	6	13	10
E2		-	5	9	14	4	7
E3			-	10	12	9	8
E4				-	6	6	6
E5					-	9	8
E6						-	11
E7							-

(b)

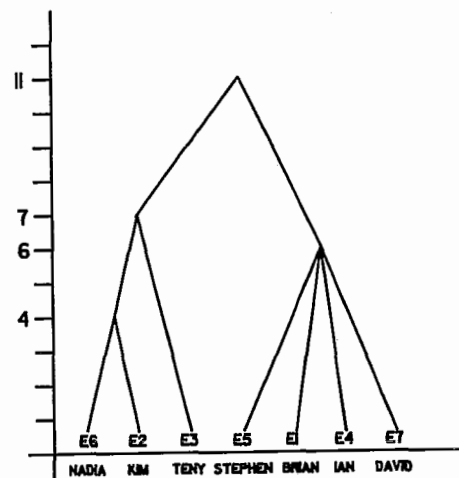


FIGURA III.11 - (a) Matriz de similaridade para os elementos
(b) Hierarquia para os elementos obtida pela técnica HCS. (OLSON E RUETER, 1987)

Prossegue-se com o HCS até encontrar as árvores hierárquicas, que devem ser mostradas ao especialista para análise (figura III.12). Essas árvores indicam grupos de elementos/construções similares, com a medida dessa similaridade. Gera-se uma rede focalizada ("focused grid") pela ordenação das construções e elementos, como indicado nas árvores, de forma que os itens mais similares fiquem próximos. A partir dessa rede focalizada, o especia-

lista pode avaliar as conclusões e fazer modificações, se julgar necessário (HART, 1987).

(a)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	-	10	7	9	8	7	8	6	7
C2	4	-	5	5	6	7	6	4	5
C3	7	7	-	10	9	12	11	3	4
C4	5	5	2	-	5	2	3	9	8
C5	6	6	5	9	-	5	4	10	11
C6	7	7	2	10	9	-	3	9	6
C7	6	6	1	9	8	11	-	8	7
C8	8	6	9	3	2	5	4	-	1
C9	7	7	8	4	3	6	5	11	-

(b)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	-	4	7	5	6	7	6	6	7
C2		-	5	5	6	7	6	4	5
C3			-	2	5	2	1	3	4
C4				-	5	2	3	3	4
C5					-	5	4	2	3
C6						-	3	5	6
C7							-	4	5
C8								-	1
C9									-

(c)

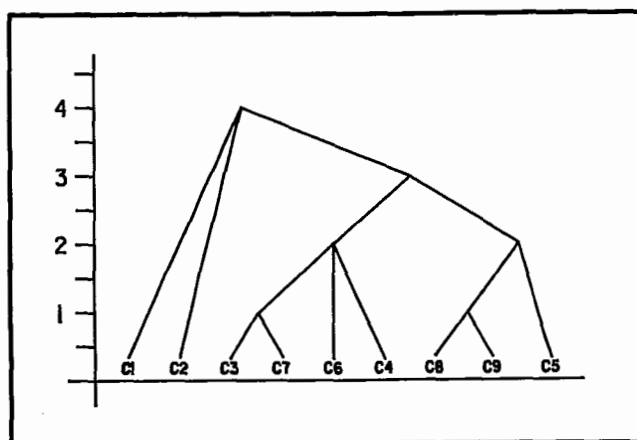


FIGURA III.12 - (a) Matriz de similaridade assimétrica.
 (b) Matriz de similaridade simétrica.
 (c) Hierarquia para as construções obtidas pela técnica HCS (OLSON E RUETER, 1987).

Objetivos:

Eliciar dimensões que distinguem os objetos (GAMMACK, 1987).

Eliciar padrões ou associações - inferências baseadas nas associações entre os atributos dos elementos - e conceitos gerais.

Características:

- O método é aplicável a qualquer domínio - desde que para um problema específico - particularmente para problemas de classificação, onde as características de um novo objeto (caso) são observáveis e o objeto ordenável num dos conjuntos de categorias conhecidos.

- A malha contém conhecimento sobre os elementos através da diferenciação entre eles. Essa diferenciação é feita através da associação de estimativas a esses elementos, baseada em cada uma das construções. Na maioria das vezes essa eliciação não é trivial e envolve repetidas comparações dos elementos. Esse trabalho de eliciação faz o especialista pensar sobre os problemas, ajudando-o a formalizar suas idéias. Os padrões e associações eliciados numa malha podem ser utilizados para investigações posteriores: para a seleção de atributos e como exemplo para o processo de indução ou para o desmembramento de um problema complexo em

sub-problemas menores, e para sugerir agrupamentos pelas suas propriedades comuns - dessa forma é particularmente útil quando vários conceitos do domínio são estreitamente relacionados (GAMMACK, 1987).

- A necessidade de nomear as construções pode auxiliar no desenvolvimento de uma linguagem para descrever as distinções que o especialista pode fazer. Isso é particularmente verdade, para estímulos pictoriais e outros estímulos perceptuais (GAMMACK, 1987).

- Malhas muito grandes, descrevendo muitos detalhes tendem a ser difíceis de manusear.

- Analisando a teoria que o suporta, percebe-se que os resultados são dependentes dos especialistas, ou seja são muito subjetivos. Dois especialistas analisando o mesmo problema podem produzir resultados diferentes - de fato a teoria subjacente à "Construção Pessoal", não faz nenhuma separação, necessária, entre indivíduo e grupo (SHAW e GAINES, 1987). Embora, a princípio possa ser considerada uma desvantagem, essa característica pode ser aproveitada para, por exemplo, distinguir os especialistas de novatos.

- Os elementos devem ser do mesmo tipo e nível de complexidade e devem abranger o tópico tanto quanto possível. São eles que determinam o universo do discurso.

- Para a eliciação das construções, o método triádico

é mais comumente usado e é também chamado "forma mínima de contexto".

- Qualquer construção ou dimensão de pensamento que é importante ao especialista é uma "construção válida". Pensamento e sentimento, descrições objetivas e subjetivas, atitudes e "regras de bolso" constituem construções válidas.

- As descrições verbais das construções e a nomeação dos polos não necessitam ter significado verdadeiro para o mundo, mas somente precisam ser tais que sirvam de guia para o processo de raciocínio do especialista (HART, 1987).

- O uso de uma escala multiponto com um número ímpar de valores permite um escalonamento central que não força a escolha dos polos. Possivelmente, é preferível aplicar mais discriminação a esse escalonamento central e permitir que o especialista escolha entre duas possibilidades: nenhum dos elementos pertence a nenhum polo ou os dois elementos pertencem aos dois polos. É também possível estender essas possibilidades para permitir escalonamento separado em cada polo.

- A análise mais detalhada das malhas, assim como a comparação de malhas de pessoas diferentes normalmente é feita por programas. A eliciação da malha também pode ser automatizada como parte de um diálogo interativo. Podem ser usados no desenvolvimento do vocabulário do especialista e

na codificação de aspectos do seu raciocínio para um KBS.

- Existem várias formas de análise que são largamente usadas para diferentes propósitos. Que forma deve ser usada em cada caso, é parte um problema de preferência pessoal e parte um problema de propósito. SHAW em (HART, 1987) fez comparações entre as diferentes análises com os mesmos dados.

- Um enfoque para a análise de agrupamento, e que até então é o mais usado, é baseado na distância. FOCUS e PRINGRID são dois algoritmos de análise de agrupamento baseados na distância. O primeiro implementa o agrupamento hierárquico (HCS), explicado anteriormente. Ele nasceu de uma adaptação do método feita por BOOSE (KIDD, 1987) para o desenvolvimento explícito de regras. As regras são obtidas numa entrevista com o especialista, posterior à geração das árvores hierárquicas, onde as tentativas de dimensionamento eliciadas na primeira fase do método são revisadas e nomeadas. As regras devem refletir a correlação entre as dimensões e a combinação de valores dimensionais para predizer uma categoria final.

- O sistema de BOOSE (OLSON e RUETER, 1987) tem uma série de vantagens: produz matriz de similaridade por um procedimento bem menos cansativo do que a comparação direta. Usado para combinar experiências de dois diferentes especialistas no mesmo domínio ou combinar resultados de dois especialistas em diferentes aspectos do mesmo domínio

geral, tem mostrado sucesso. Malhas individuais também podem ser usadas como base para discussões ou negociações sobre opiniões diferentes entre especialistas - os especialistas discutem com base nas malhas geradas. Também podem ser usadas na transferência do conhecimento de um especialista tutor para um novato através da comparação das malhas geradas pelos dois; as diferenças determinam o foco de instruções adicionais.

- Uma alternativa aos métodos baseados na distância, é uma análise lógica, relevante para a EngC, segundo SHAW e GAINES (1987). Nesse enfoque as construções são vistas como predicados aplicados aos elementos. ENTAIL é um algoritmo baseado na análise lógica. Os julgamentos do especialista são considerados predicados nebulosos. São derivadas implicações assimétricas entre os polos das construções de forma que pode-se inferir como um novo elemento pode ser posto numa construção dado como é posto nas outras. A estrutura de vínculo gerada pode ser usada como uma árvore de decisão que expressa a relação entre os dados de um especialista e suas conclusões. Pode também prover regras como entrada para um ambiente de desenvolvimento - o valor "V" da regra é codificado no valor "V" da representação usada pelo ambiente de desenvolvimento. As regras podem ser checadas pelo especialista no seu conteúdo mas sua avaliação prévia por redução de incerteza faz com que seja pouco provável que regras falsas sejam geradas. O objetivo principal é permitir que o especialista explore as dimensões da sua estrutura conceitual, testando-a com casos

específicos e discutindo suas implicações, até que ele sinta que a representação eliciada representa satisfatoriamente o seu conhecimento.

- Para a análise de um par de malhas, os algoritmos FOCUS, PRINGRID e ENTAIL também podem ser usados como uma das formas de análise entre outras - ver SHAW e GAINES(1987).

- PLANET (KIDD, 1987) é um processo integrado de programas que operacionaliza o trabalho do Kelly e pode ser usado para a eliciação interativa e análise das malhas. PLANET contém dois programas: PEGASUS, que elicia uma malha única de uma pessoa e retorna comentários - uma das técnicas usadas para eliciar construções é a da comparação triádica. Os polos das construções não são exatamente predicados lógicos e suas negações. A interpretação dos elementos fixa um contexto, ou uma perspectiva que corresponde à noção lógica de relevância. Os dois polos da construção fixam os limites extremos da dimensão de interpretação que define essa relevância - e sugestões durante a eliciação - e ARGUS, que elicia um conjunto de malhas usando diferentes perspectivas.

III.3.1.8.2) Análise Comparativa das Técnicas de Avaliação

"PATHFINDER" extrai a estrutura latente ao invés de transformar o dado - como o MDS - refletindo melhor a proximidade psicológica com base num par. Por outro lado não produz informação global do tipo fornecido pelo MDS. Os dois produzem informações relacionais e organizacionais sobre os conceitos num domínio particular do conhecimento. Capturam alguma informação estrutural válida sobre as diferenças na maneira que grupos distintos de pessoas organizam informação conceitual. MDS captura algo mais sobre informação estrutural que é útil na discriminação de grupos de indivíduos, principalmente entre grupos de especialistas. MDS fornece uma forma geométrica para conceitualização, mas relações específicas podem ser distorcidas. O modelo em rede preserva essas relações. Dessa forma, uma descrição em rede pode complementar a estrutura global (GAMMACK, 1987). São facilmente implementáveis computacionalmente - exemplo de implementação do MDS é o programa INDSCAL (KIDD, 1987).

Itens do domínio não podem satisfazer ao mesmo tempo HCS e MDS por que enquanto MDS assume distâncias simétricas e propriedades graduadas, HCS assume somente que um item é ou não membro de um agrupamento (OLSON e RUETER, 1987).

Em verdade, a melhor técnica é aquela na qual a representação subjacente mais se aproxima da estrutura cognitiva que se percebe ser a do especialista.

III.3.1.9) ORDENAÇÃO DE CARTÕES

Refere-se a uma família de técnicas que foram usadas em domínios como física, matemática e computação (GAMMACK, 1987).

Descrição:

- Escreve-se o nome dos objetos, experiências ou regras do contexto do especialista - já eliciados e julgados, pelo EC, relevantes para o processo em questão - em cartas individuais.

- Esse conjunto de cartas nomeadas podem ser trabalhadas de diversas maneiras, segundo a aplicação de estratégias como as descritas mais adiante (WRIGHT e AYTON, 1987).

Objetivos:

- Construção de árvores ou redes, representativas da estrutura e/ou relação entre os elementos.

- Permite acesso a hierarquias do conhecimento declarativo; acesso ao conhecimento de classificação e relação entre objetos, experiências ou regras; acesso ao entendimento da estratégia do conhecimento que embasa o jargão (GIORNO et al., 1988).

Características:

- Aplicável a qualquer domínio com uma hierarquia bem definida.

- Aplicável a um único especialista.

- São adaptáveis a uma gama de aplicações. Ordenar é uma tarefa que as pessoas julgam fácil e natural (GAMMACK, 1987).

- Somente pode ser parcialmente automatizado pois a dependência da heurística do EC é muito grande.

- Consome muito tempo; também do especialista, principalmente enquanto este não se familiariza com o processo.

- Como pode ser observado pelos comentários acima, a participação do EC é bastante efetiva, interferindo no processo todo o tempo, seja escolhendo os elementos, orientando o especialista, etc.

- As diferentes estratégias de ordenação de cartões normalmente não produzem as mesmas representações da estrutura do conhecimento do especialista. Provêm, entretanto, uma maneira de chegar a um entendimento das classificações e relacionamentos do especialista de maneira mais focalizada e sistemática.

III.3.1.9.1) SEPARAÇÃO DE GRUPOS

Descrição:

- O EC pede ao especialista para dividir as cartas em dois grupos que devem ser nomeados.

- Mistura-se novamente as cartas e pede-se, agora, que separe em três grupos.

- Mais uma vez as cartas são embaralhadas e pede-se uma separação em quatro grupos e assim por diante.

Um exemplo de uma possível hierarquia, resultante da aplicação dessa estratégia, é mostrado na figura (III.13) (WRIGHT e AYTON, 1987):

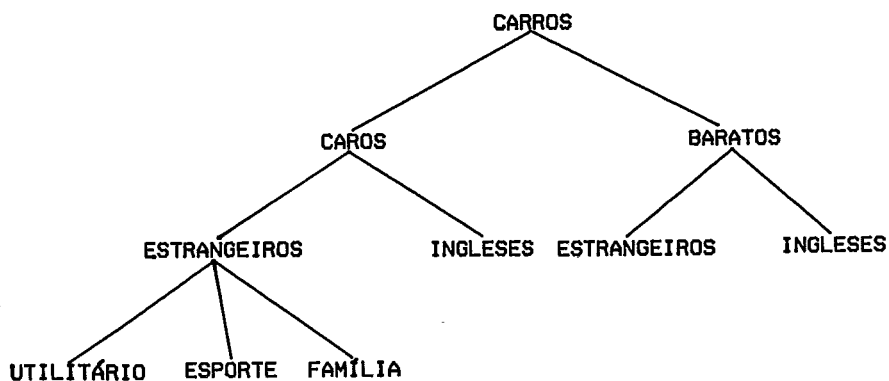


FIGURA III.13 - HIERARQUIAS RESULTANTES DA ORDENAÇÃO DE CARTÕES POR SEPARAÇÃO DE GRUPOS. (WRIGHT E AYTON, 1987)

Objetivos:

- Construir uma árvore combinando as categorias.
- Checar se a estrutura hierárquica realmente representa a visão do especialista sobre o problema. Para isso é preciso trabalhar em ordem inversa com ele.

Características:

- Nem sempre é apropriado trabalhar com representações hierárquicas de classificação e/ou relação, isto é, nem sempre podemos combinar todos os resultados numa única estrutura hierárquica.

III.3.1.9.2) CRIAÇÃO DE GRUPOSDescrição:

- Pede-se ao especialista que ache no grupo de cartas, um par no qual uma das cartas tem maior similaridade com a outra do que com qualquer outra carta do grupo (WRIGHT e AYTON, 1987).

- Em seguida, pede-se que encontre o próximo par mais similar ou que adicione outra carta ao par inicial.

- Pede-se que o especialista tente nomear os grupos e/ou ligações que são formados.

Objetivos:

- Permite que o EC tome conhecimento da estrutura do conhecimento do especialista.

Características:

- Esse objetivo se dá através da exploração - descoberta - da relação existente entre os conceitos que o EC escreveu nas cartas e de perguntas feitas ao especialista para nomear os grupos e ligações formados como: "quanto essas cartas são similares mas diferentes dessas outras?" e através de comentários do próprio especialista, como: "essas são parte do sistema elétrico da máquina".

III.3.1.9.3) COMPARAÇÕES TRIÁDICASDescrição:

- Pega-se três cartas quaisquer do conjunto de cartas.
- Essas cartas são apresentadas ao especialista. É pedido a ele que separe as cartas em dois grupos de maneira que as duas cartas em um grupo sejam mais similares uma a outra do que à terceira carta.
- O especialista deve nomear os grupos de maneira a representar a diferenciação entre eles (WRIGHT e AYTON,

1987).

III.3.1.10) ÁRVORES ORDENADAS POR LEMBRANÇA

Descrição:

- Pede-se ao especialista para listar os nomes dos objetos envolvidos no processo de 10 a 20 vezes.

- Para encorajar a variedade, em alguns dos ensaios é dito com que item começar.

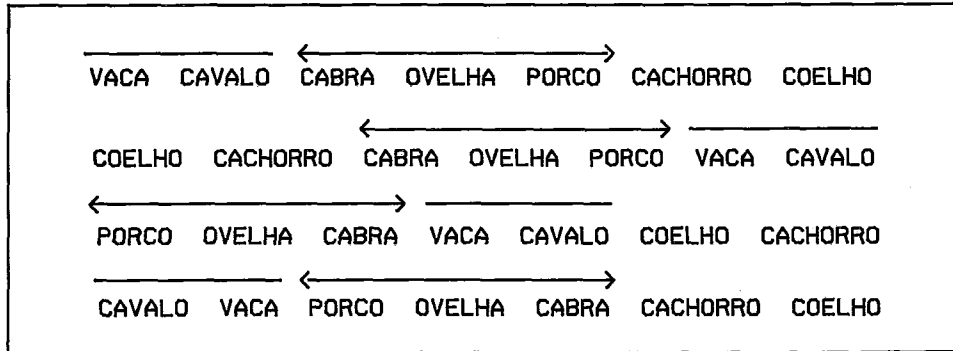
- Essas tentativas são examinadas buscando-se regularidades.

- Todos os conjuntos de itens listados juntos, são identificados como agrupamento.

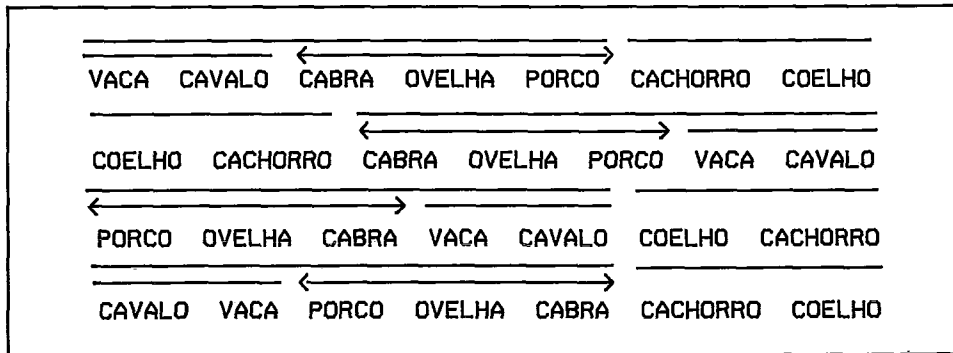
- Esses agrupamentos são redesenhados numa árvore ordenada onde setas uni e bi-direcionais são desenhadas sobre os agrupamentos de elementos que foram listados consistentemente numa ordem particular - as setas bi-direcionais indicam que a listagem ocorreu na ordem que está escrito e na ordem inversa (OLSON e RUETER, 1987).

Um exemplo da utilização dessa técnica é mostrado na figura (III.14) - (OLSON E RUETER, 1987).

(A)



(B)



(C)

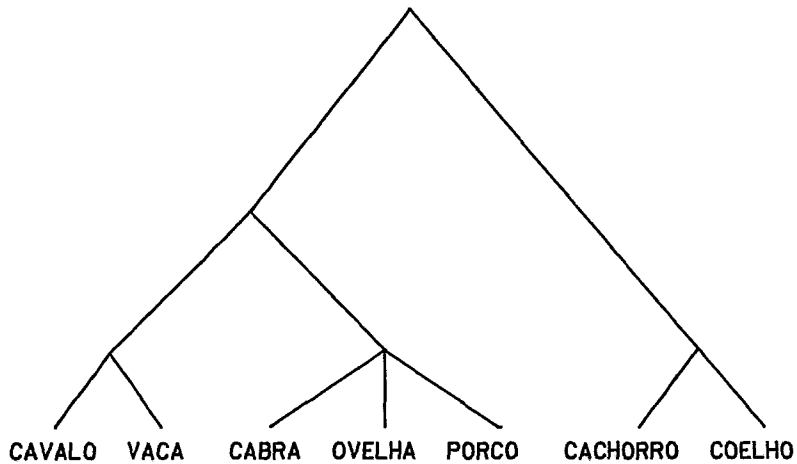


FIGURE III.14 - (A) IDENTIFICAÇÃO DOS AGRUPAMENTOS DE BAIXO NÍVEL QUE SE REPETEM EM TODAS AS TENTATIVAS DE LEMBRANÇA DE 7 ANIMAIS.
 (B) IDENTIFICAÇÃO DOS AGRUPAMENTOS DE MAIS ALTO NÍVEL.
 (C) ÁRVORE ORDENADA FINAL.

Objetivos:

- Construção de uma árvore ordenada que permita a relação entre os objetos do domínio.

Características:

- Essa técnica surgiu do trabalho de REITMAN e RUETER (OLSON e RUETER, 1987) em estudar como as organizações da memória de especialistas e novatos são diferentes num domínio particular.

- É assumido que as regularidades encontradas refletem a organização dos dados na memória - as pessoas lembram todos os itens de um agrupamento "guardado", antes de lembrar de itens de outro agrupamento.

- Assume-se, também, que os objetos estão ou não num agrupamento similarmente ao que se assume no HCS, mas ao contrário dele, a árvore é construída sobre um modelo de como os dados são produzidos pelo especialista.

- Pode ser feito manualmente, mas é um processo muito tedioso e sujeito a erros de percepção. Assim, uma análise computacional é melhor. Computacionalmente, também podem ser feitas análises avançadas adicionais.

- Existem vários estudos que usam essa técnica para revelar a organização em diferentes domínios da especialidade, todos mostrando convergência entre especialistas na organização dos conceitos na memória.

- Permite comparação entre especialistas e novatos.

III.3.1.11) ANÁLISE DE FLUXO INFERENCIAL

Descrição:

- Lista de alguns conceitos chaves do domínio.
- Perguntas diretas sobre a relação causal entre dois dos conceitos são formuladas ao especialista.
- As respostas revelam as ligações e a direção das relações entre itens entre esses dois conceitos em questão.
- Cada vez que um item é mencionado numa resposta, ele é ligado aos outros itens na resposta, com as ligações positivas ou negativas como indicado.
- Os itens ligados são unidos numa rede inclusiva de relações.
- Quando uma relação é mencionada pela primeira vez, um peso básico (.5) é associado a ela. A cada nova menção, a ligação tem seu peso acrescido de alguma proporção entre o valor corrente e 1.
- As relações resultantes são mostradas como uma rede causal (WRIGHT e AYTON, 1987).

A figura (III.15) mostra um exemplo de rede de fluxo

inferencial.

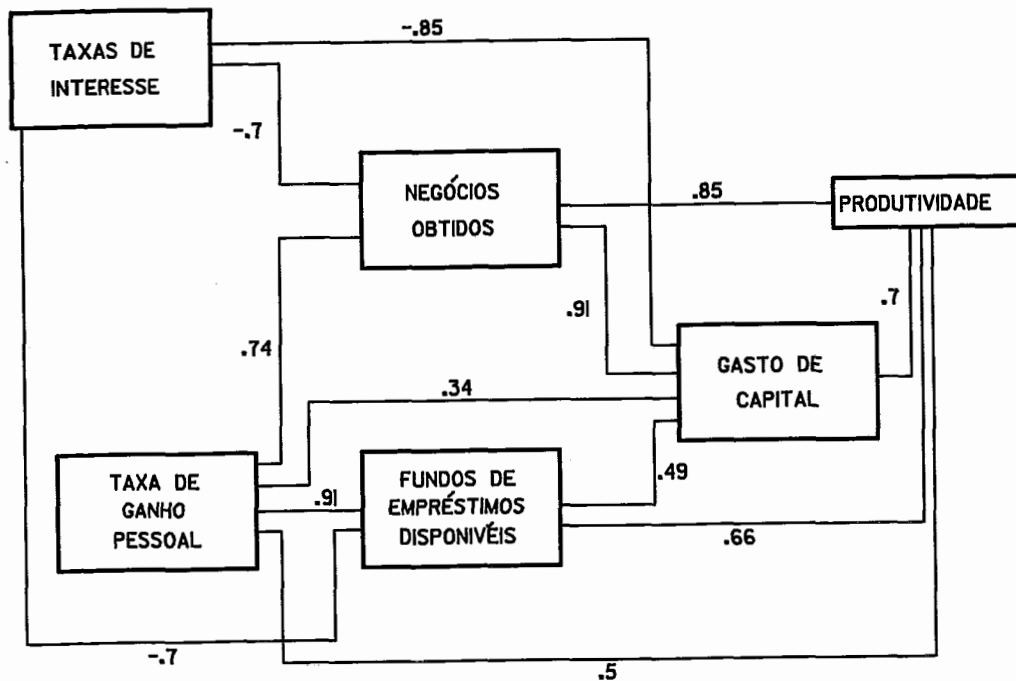


FIGURA III.15 - REDE DE FLUXO INFERENCIAL (WRIGHT E AYTON, 1987)

Objetivos:

- Mostrar a cadeia de inferência que os especialistas usam para chegar a uma conclusão.

Características:

- Embora pareça uma técnica "ad hoc", as redes resultantes têm se mostrado estáveis e consistentes com outros conjuntos de "crenças".

- É simples de aplicar e potente como uma ferramenta para mostrar ao especialista aspectos da especialidade que ele revelou naquele ponto. Isso pode ser usado efetivamente como um estímulo para o uso de outros métodos e técnicas.

- OLSON e RUETER (1987) caracterizam essa técnica como uma variante de ENTREVISTA.

- Acreditamos aplicável a um único especialista.

- É parcialmente automatizável.

III.3.1.12) DIAGRAMA

Descrição:

- Dado um elemento relacionado ao domínio de problema, considera-se esse elemento como um "raiz".

- Esse elemento pode ser decomposto graficamente em sub-elementos, que são ligados a ele.

- Cada um dos sub-elementos deve ser sucessivamente decomposto até que o nível de decomposição desejado seja obtido (GIORNO et al., 1988).

Objetivos:

- Geração de um esqueleto ou árvore que pode dar suporte a outros métodos ou técnicas.

Características:

- Útil para decompor e compor conceitos do domínio.
- Aplicável a um ou mais especialistas.
- Computacionalmente implementável.

III.3.1.13) DESENHANDO "CURVAS FECHADAS"Descrição:

É pedido ao especialista que:

- indique que coleção de objetos físicos "andam juntos".
- desenhe os objetos relacionados numa "curva fechada" (OLSON e RUETER, 1987).

Objetivos:

Indicar as relações entre os objetos do domínio que

podem ser assumidos serem codificados numa representação de espaço físico.

Características:

- Aplicável a qualquer domínio com representação espacial, como raio X, posições em tabuleiros, etc.
- Aplicável a um único especialista.
- O processo pode ser automatizado sem problemas.

III.3.1.14) BRADA - "BRAINSTORM ADAPTADO"

Desenvolvido por GONÇALVES (1986).

Descrição:

- O EC delimita contextos de decisão no domínio de problema.
- Faz-se uma reunião com um grupo de especialistas, apresentando sucintamente o que é um "brainstorm" e sistemas baseados em regras.
- Restringe-se a maneira de expressão dos especialistas a SE ... ENTÃO.

- Cada regra enunciada deve permanecer visível para estimular os outros especialistas à formular novas regras.

- Dá-se início às discussões pela escolha de um dos contextos de decisão escolhidos.

Objetivos:

- Eliciação de regras de produção para prototipagem rápida.

- Permite que o EC tome noção da extensão do domínio de problema.

Características:

- Bom para a aplicação em domínios com conhecimento difuso.

- É necessário que os especialistas possuam um mesmo nível de competência para que não haja inibição ou desinteresse.

- Favorece muitas abstrações, havendo a necessidade do EC assegurar a visibilidade das regras geradas, evitando dispersão.

- Há a necessidade de depuração das regras buscando consistência. É necessário que o EC, após avaliar o material, retorne aos especialistas e esse processo se mantenha

até que haja concordância de todos sobre as regras.

- Acredita-se que essa forma de geração, favoreça a explicitação de regras próximas às realmente utilizadas pelos especialistas.

- Propicia regras de decisão práticas e em forma livre.

III.3.1.15) FCSSES - FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO EM SE

Desenvolvido por GONÇALVES (1986).

Descrição:

- Delimitação do domínio de problema.
- Pede-se ao especialista:
 - . que enuncie 5 ou mais "fatores críticos de sucesso (FCS)" para que a solução (ou alvo global do problema) seja atingida.
 - . que ordene os FCS por ordem de importância.
 - . que refine os fatores em sub-fatores até o nível de atributos e valores.
- Cria-se uma árvore de contexto inicial.

- Monta-se as regras de decisão e refina-se para a obtenção da BC inicial.

Objetivos:

- Permite que o EC tenha uma orientação sobre a ordem de uso das estratégias pelo especialista.

Características:

- Os fatores e sub-fatores fornecidos delinham a direção dos esforços do especialista em busca da solução do problema.

- Aplicado para iniciar a apropriação da BC.

- É necessário que o domínio de problema permita a identificação de soluções a priori (hipóteses a serem confirmadas) e que essas soluções estejam associadas com hierarquias de decisão (linhas monotônicas de raciocínio).

- É preciso que o especialista tenha, além da capacidade de abstração, seu conhecimento organizado.

- É um método de difícil aceitação pelos especialistas. É monótono para aplicações prolongadas e necessita de vários refinamentos e cruzamentos entre os fatos para obtenção das regras.

III.3.1.16) LIFA - LISTA DE FATOS

Desenvolvido por GONÇALVES (1986).

Descrição:

- Delimita-se contextos de decisão no domínio de problema.

- Faz-se reuniões com os especialistas para geração de lista de fatos aleatória - os fatos devem ser relatados como vêm na mente.

- Essa lista deve ser depurada quanto a inconsistências grosseiras, usando-se ferramentas computacionais.

- Novas reuniões para formulação de restrições a serem atendidas e objetivos a serem alcançados devem ser feitas.

- Estrutura-se a lista de fatos com os especialistas através da indicação de objetos, atributos e valores. As formas incompletas devem ser completadas.

- Estabelece-se precedências - fatos iniciais e finais - entre os fatos, criando, quando viável, relações de precedência compostas.

- Monta-se, finalmente , uma rede de fatos.

Objetivos:

- Fornece fatos, atributos e valores associados a fatos; relações de precedência entre fatos; estratégias ou alvos terminais.

- Fornece indicações do número de fatos manipuláveis e do número apropriado de regras.

Características:

- Aplicação para domínios específicos e pequenos.
- Permite construção rápida da BC através de prototipagem.
- É um processo naturalmente aceito pelos especialistas.
- Minimiza a preocupação em capturar o discurso do especialista.
- Dificuldade para o manuseio de fatos em diferentes níveis de abstração e em estabelecer precedências entre os fatos nessa condição.
- Dificuldade de manusear a lista de fatos quando se torna muito extensa.

III.3.1.17) HITE - HIPÓTESES TERMINAIS

Desenvolvido por GONÇALVES (1986).

Descrição:

- Delimita-se o domínio de problema.
- Enuncia-se uma regra de produção alvo, em um dado nível de abstração, que contenha fatos terminais de uma derivação no domínio de problema.
- Pede-se ao especialista que considere cada uma das hipóteses terminais e especifique os fatos que levam a elas. Cada um desses fatos passa a ser hipótese terminal.
- O processo é repetido até que fatos primitivos ou iniciais sejam alcançados.

Objetivos:

- Levantamento das linhas de raciocínio heurístico do especialista a partir das regras alvo.

Características:

- Próprio para ser aplicado em domínios de problema que reflitam espaços de estado de pequeno porte, hierarquizáveis e associados com linhas monotônicas de raciocínio.

- Exige uma definição prévia de um número finito de hipóteses terminais.

- Não garante a obtenção da forma heurística natural do especialista.

- Facilita o controle de abstrações.

- Pode-se trabalhar de forma regressiva: formula-se fatos e hipóteses conclusivas no domínio e formula-se os antecedentes.

- Pode-se trabalhar de forma progressiva: parte-se de elementos iniciais (oriundos do mundo externo) e obtem-se as conclusões.

III.3.1.18) POLOS - FOCOS DE ATENÇÃO

Desenvolvido por GONÇALVES (1986).

Descrição:

- Faz-se um exercício inicial de identificação de um objeto por meio da descrição de características do mesmo para que o especialista se familiarize com o processo.

- Elaborar-se um FATO ALVO (pequeno problema ou observação), relevante a um certo contexto de conhecimento.

- Faz-se FATO ALVO ser o foco de atenção inicial.
- Identifica-se os elementos, fatos e ações mais próximos.
- Repete-se o processo até atingir o término de uma cadeia decisorial.

Objetivos:

- Favorece a obtenção de idéias, contingências, conjunto de restrições a serem atendidas ou conjunto alvo a ser atingido.

Características:

- Próprio para domínios de problemas sujeitos a mudanças ambientais - conhecimento volátil - e que permitam descrição de contingências, casos e exemplos e que sejam de linha monotônica de raciocínio.
- Favorece a desancoragem do especialista e permite que o mesmo sinta que está produzindo a BC rapidamente.
- Dificuldade de identificação de um foco de atenção e formação de sequências decisão isoladas.
- Permite a obtenção do conhecimento em pequenos módulos - criação de sequências decisão isoladas.

- Assim como o HITE, pode ser aplicado progressiva ou regressivamente.

III.3.1.19) CODIFICAÇÃO POR LISTAS ADAPTADO

O método CODIFICAÇÃO POR LISTAS (LEÃO et al., 1987; LEAO, 1988) desenvolvido para a EIC de uma população de especialistas em diagnóstico médico, foi generalizado para problemas de diagnóstico em geral pelo grupo de pesquisa em IA da IBM-RIO e VILLARES (GIORNO et al., 1988).

Descrição:

- Seleção de diagnósticos_objetivo.

- Definição, pelo especialista, de lista de sinais, sintomas e exames subsidiários dos diagnósticos envolvidos, a serem analisados:
 - . seleção dos sinais e sintomas necessários a formulação da hipótese diagnóstica dada.

 - . o especialista pode acrescentar novos itens na lista de sinais e sintomas.

 - . ordenação dos itens selecionados de acordo com a importância decrescente que assumiam na definição diagnóstica.

- Elaboração de um grafo com as associações utilizadas para a conclusão diagnóstica. Os códigos dos itens selecionados e ordenados formam a linha de base do grafo e o diagnóstico dado , o ponto de convergência , isto é , o topo. O especialista pode criar nós intermediários, se necessário.

- Após a construção do grafo, com as associações claramente explicitadas pelos especialistas, pede-se a eles que atribuam notas, na escala 0 a 10 para todos os nós que compõem o grafo.

- Repetir o processo para cada um dos diagnósticos_objetivo.

- Analisar estatisticamente os grafos, buscando a representação média do conhecimento, isto é, o conjunto de grafos mais frequentes para cada um dos diagnósticos_objetivo.

Objetivos:

- Explicitação das heurísticas do especialista - conhecimento procedural.

Características:

- A família de grafos obtidos corresponde a um modelo aproximado do conhecimento do especialista que pode ser mapeado num formalismo de representação como regras de produção. É um método bastante eficiente e oferece a possi-

bilidade de gerar muitas regras de produção.

- No caso de vários especialistas, uma família de grafos (ao invés de um único) é obtida para cada diagnóstico. Esses grafos são reduzidos a um grafo médio (MACHADO e ROCHA, 1988), tratado, então, como grafo gerado por um especialista.

- Pode, ser aplicado para mais de um especialista sem dificuldades.

- Não há intervenção do EC no processo.

- Os especialistas sentem certa dificuldade até se familiarizarem com a forma representacional - grafo. Essa dificuldade se acentua na construção dos nós intermediários. Uma maneira de auxiliar o especialista, é inquirí-lo, para cada linha de base do grafo, se a informação, isoladamente, fora suficiente para o diagnóstico. Se a resposta é negativa, solicita-se qua as demais informações, associadas à primeira, sejam agrupadas, criando nós intermediários.

- Aplicável para domínios bem estruturados e restritos.

- Pode-se detectar especialistas e não-especialistas - os especialistas constroem grafos com "menor estrutura" - menor número de níveis, de nós terminais e número de nós por nível superior - refletindo o emprego de modelos menores de raciocínio. Apesar de serem "menores", exibem maior número de associações capazes de chegar ao diagnóstico - árvores - demonstrando maior capacidade semântica nos modelos de raciocínio diagnóstico.

- Facilidade e simplicidade de aplicação.
- Adaptabilidade a vários domínios.
- Facilidade para transcrição da representação do conhecimento para formalismos computacionais.

III.3.2 - CONSIDERAÇÕES SOBRE OS MÉTODOS E TÉCNICAS DESCRITOS

Procuramos apresentar os métodos e técnicas agrupando-os de acordo com a similaridade no seu emprego. Assim podemos dizer que:

1) baseados num trabalho entre EC e especialista, especificamente sobre o processo de solução de problema em determinado domínio - com o uso do dado verbal como ferramenta básica nesse trabalho - destacamos dois grandes métodos. As técnicas e outros métodos empregados sobre esse enfoque, são em sua maioria, derivações ou combinações desses métodos:

a) ENTREVISTAS, onde podemos arguir o especialista diretamente sobre seu processo de solução do problema.

b) OBSERVAÇÃO, onde acompanhamos o especialista na solução de casos reais ou simulados relativos ao domínio.

Esses métodos e técnicas têm em comum também, a dependência da disponibilidade de informação tanto para introspecção como para articulação. São livres na suposição da forma das relações entre os itens e portanto podem, de uma maneira geral, revelar qualquer tipo de informação, pois não foram projetados especificamente para eliciar um tipo particular de informação sobre o outro - como podemos perceber na Tabela I (OLSON e RUETER, 1987).

As técnicas de III.3.1.3 a III.3.1.7 estão enquadradas nesse enfoque e podem ser bastante úteis se utilizadas para guiar o processo de ENTREVISTA ESTRUTURADA ou ANÁLISE DE PROTOCOLOS (GIORNO et al., 1988).

A introspecção e verbalização dos processos cognitivos do especialista, a interpretação subjetiva do EC e a transcrição, são características importantes e complicadoras pois a eficiência dos métodos é extremamente dependente da maneira de ser do especialista, da facilidade em formalizar e expressar o seu conhecimento, da capacidade de percepção e interpretação do EC e de como ele conduz o processo - o EC deve se preocupar com questões como controlar as divagações do especialista, não permitir monotonia das sessões, fazer com que o especialista se sinta a vontade, estar familiarizado com o domínio (importante para ganhar a confiança do especialista) (OLSON e RUETER, 1987; BELL, 1988):

- as descrições dos processos cognitivos podem ser inválidas. Os processos cognitivos recorrentes tendem a tornar-se automatizados; dessa forma os especialistas têm grande dificuldade em expressá-los. NISBETT E WILSON em (WRIGHT e AYTON, 1987) dizem que "nós não temos acesso consciente aos nossos processos mentais - somente aos produtos mentais desses processos; e desses produtos, somente a existência e natureza dos processos pode ser inferida".

- já discutimos, quando descrevemos o método da ENTREVISTA ESTRUTURADA, que as transcrições são limitadas; elas, por exemplo, não contem informações explícitas sobre

a estrutura de alto nível da tarefa (COOKE e MCDONALD, 1986). Como já sabemos, transcrições também são usadas na ANÁLISE DE PROTOCOLOS, para gerar os protocolos que serão analisados. Se não complementadas devidamente, podem contribuir para descrições inválidas.

- responder a perguntas sobre como proceder na solução de problemas é diferente de explicar o que "está fazendo" para solucionar um determinado problema, principalmente uma vez que verbalizar não interfere no processo de solução, como mostramos anteriormente. Responder a perguntas, encoraja mais o especialista a especular e teorizar sobre seus processos cognitivos.

- consomem muito tempo; não só no processo em si mas também no tratamento dos dados obtidos;

Segundo WRIGHT e AYTON (1987), a obtenção de protocolos concorrentes torna mais provável ter como resultado, conhecimento válido dos processos do especialista, do que a obtenção de protocolos recorrentes e mais ainda do que usar puramente questões investigativas. Por outro lado, as questões investigativas diretas, podem "descobrir" processos cognitivos subjacentes que não são verbalizados como protocolos (WRIGHT e AYTON, 1987). Além disso, as experiências mostram que os especialistas preferem as ENTREVISTAS à ANÁLISE DE PROTOCOLOS (COOKE, 1985a).

2) baseados num trabalho também entre EC e especialista, sobre os elementos básicos do domínio - basicamente julgamentos - com o objetivo de revelar aspectos

particulares dos relacionamentos entre esses elementos, podemos citar:

a) técnicas quantitativas, como por exemplo as usadas na ANÁLISE DE AVALIAÇÃO.

b) técnicas qualitativas como ORDENAÇÃO DE CARTÕES.

Essas técnicas têm como característica básica, o não questionamento direto ao especialista. Fazem suposições sobre a forma da representação subjacente, sendo limitadas no que podem revelar. São, no entanto, uma boa alternativa para a obtenção do conhecimento sem os problemas relacionados ao uso do dado verbal (OLSON e RUETER, 1987).

Buscando uma melhor adaptação do especialista ou das circunstâncias ao método, surgem várias combinações e variações dessas técnicas e métodos, assim como métodos e técnicas desenvolvidos especificamente para auxiliar a arte da eliciação do conhecimento. Dentre esses figuram:

a) BRADA, LIFA, FCSES, POLOS, desenvolvidos por GONÇALVES (1986), que têm como características gerais: serem independentes do domínio de aplicação, serem de difícil implementação computacional, não incorporarem técnicas para a eliciação de incertezas; serem específicos para trabalhar com regras e para uma geração rápida da BC.

b) CODIFICAÇÃO POR LISTAS ADAPTADO é específico para diagnóstico, e portanto, lida com os tipos de conhecimento embutidos nessa categoria de problemas; pressupõe uma

estrutura para o conhecimento e é bastante recomendado devido a sua grande eficiência (GIORNO et al., 1988).

OLSON e RUETER (1987) fizeram uma classificação de alguns métodos pelos tipos de estrutura que podem mostrar e pelo tipo de informação que podem revelar. Estendemos essa classificação para os outros métodos e técnicas descritos nesse capítulo, como mostramos nas Tabelas I e II abaixo. Como dissemos anteriormente, os métodos e técnicas classificados como ENTREVISTA e OBSERVAÇÃO são livres na suposição da forma das relações entre os itens, não cabendo serem incluídos na Tabela II. O mesmo ocorre com o método BRADA.

Na apresentação dos métodos e técnicas, procuramos mapeá-los segundo todas as características que dispersamente são citadas para alguns deles na literatura, como: domínio de aplicação, categoria de aplicação, tipo de conhecimento, tarefas, aplicação complementar dos métodos, etc. No entanto, nem sempre conseguimos um mapeamento completo.

Todas as características, sobre as quais procuramos mapear os métodos, têm sua real importância, se de alguma forma conseguirem conduzir a aplicação dos métodos e técnicas pelas fases do processo de ELC. Esse é um ponto muito importante, pois na verdade, essas fases são tão ou mais mal definidas do que os próprios métodos e técnicas. No ciclo de vida para AC, apresentado no Capítulo I, essas fases estão confusas e em aberto. Vários autores como KIDD e WELBANK (1984) e QUINN (1987), procuram definir alguns passos fundamentais desse processo.

INFORMAÇÕES MÉTODOS E TÉCNICAS	OBJETOS	RELAÇÕES	ESTRATÉGIAS
ENTREVISTAS	X	X	X
OBSERVAÇÃO SIMPLES	X	X	X
ANÁLISE DE PROTOCOLOS	X	X	X
QUESTIONÁRIOS		X	X
TAREFAS COM IN- FORMAÇÕES LIMITADAS			X
TAREFAS COM PROCESSA- MENTO RESTRITO			X
CENÁRIOS		X	X
CASOS ROBUSTOS		X	X
ANÁLISE POR INTERRUPÇÃO			X
MDS		X	
"PATHFINDER"		X	
HCS		X	
"REPERTORY GRID"	X	X	X
ÁRVORES ORDENADAS POR LEMBRANÇA		X	
CURVAS FECHADAS		X	
ANÁLISE DE FLUXO INFERENCIAL		X	X
DIAGRAMA		X	
ORDENAÇÃO DE CARTÕES		X	
BRADA	X	X	X
FCSES	X	X	X
LIFA	X	X	X
HITE	X	X	X
POLOS	X	X	X
CODIFICAÇÃO POR LISTAS ADAPTADO	X	X	X

TABELA 1- INFORMAÇÕES QUE OS MÉTODOS PODEM REVELAR

Baseados nessas propostas, e no que pudemos identificar quando da descrição dos métodos e técnicas e, pela necessidade de ter um guia para o mapeamento das técnicas, para dar início à fase de EIC na construção de um SE, que será descrito no Capítulo IV, propomos as seguintes fases para o processo de EIC:

a) identificação do problema, que envolve:

. identificação dos usuários e suas expectativas;

. identificação dos possíveis especialistas e escolha a partir de parâmetros como disponibilidade, interesse, etc;

. contatos iniciais entre o EC e os especialistas para delimitação do domínio de problema e projeto do SE, a partir do problema proposto, das expectativas dos usuários e das expectativas e necessidades do especialista para a solução do problema. Pode-se aqui, inclusive, ser determinado o trabalho com mais de um especialista, se o domínio assim requisitar e dispor ou o trabalho com uma equipe, se assim for o procedimento normal de trabalho do especialista.

Dessa forma o EC tem como avaliar se o SE proposto poderá cumprir o seu papel como solução aos problemas do usuário.

. familiarização do EC com o domínio de problema e com o jargão utilizado;

. familiarização do especialista com o processo que ele vai participar. É importante, nesse ponto, que o EC consiga engajar o especialista no processo, se ele ainda não está.

EC tem como avaliar , mesmo que de uma maneira geral, ao menos que classes de conhecimento o SE necessita para cumprir realmente o seu papel, e já tem como avaliar que tipo de de interação poderá ter com o especialista. Alguns autores, como GONÇALVES (1986), sugerem o uso de uma avaliação dos tipos psicológicos do especialista e do EC, para auxiliar o EC na condução das sessões. GONÇALVES (1986), inclusive, mapeia seus métodos de acordo com essa avaliação. Também dentro do enfoque da interação com o especialista, o EC tem como identificar se o domínio tem o uso da linguagem como forma natural de expressão, ou se o especialista, independente do domínio, tem facilidade de se expressar verbalmente ou não.

A falta do cumprimento desse passo de maneira concreta, tem sido apontada (KIDD e WELBANK, 1984) como uma das razões para o não sucesso de muitos SE.

b) Estruturação do conhecimento, através de:

- identificação dos elementos que o especialista necessita para a solução dos problemas relativos ao domínio delimitado.

. identificação dos conceitos básicos do domínio e que relações básicas existem entre os conceitos.

. identificação da forma que o especialista articula - de maneira geral - o seu conhecimento.

Para esses passos citados até então, os métodos e técnicas como ENTREVISTA e OBSERVAÇÃO são os mais indicados por poderem eliciar qualquer tipo de informação, permitindo que o EC tenha uma visão ampla do domínio. Podemos perceber, que os primeiros contatos do especialista com o EC são baseados em ENTREVISTA NÃO-ESTRUTURADA, podendo haver alguma variação para OBSERVAÇÃO SIMPLES. A partir daí, o EC tem como optar por algum método mais específico, como o CODIFICAÇÃO POR LISTAS ADAPTADO, BRADA, etc, ou pelo uso de ENTREVISTA ESTRUTURADA ou ANÁLISE DE PROTOCOLOS e todas as outras técnicas que as auxiliam buscando subsídios para a aplicação dos outros métodos e técnicas.

c) O próximo passo consiste de um aprofundamento nas relações existentes entre os diversos elementos do domínio e nas estratégias utilizadas pelo especialista. Na verdade, busca-se a eliciação do critério estrutural que o especialista pode usar para organizar os conceitos do domínio. É esse conhecimento que faz a ligação entre os outros tipos de conhecimento eliciados. Uma vez captada a estruturação usada pelo especialista, o EC não precisa se preocupar em impor uma estruturação - o que vinha acontecendo na construção de muitos SE - e pode usá-la para organizar uma eliciação sistemática usando outras técnicas. Aqui é importante separar a busca de uma organização global das maiores divisões do domínio e quais conceitos pertencem de maneira apropriada a cada sub-divisão especializada, pois técnicas

diferentes podem ser usadas para cada um (GAMMACK, 1987). Por exemplo, para a busca de uma organização global podemos usar DESENHANDO CURVAS FECHADAS, MDS, HCS, ORDENAÇÃO DE CARTÕES, ANÁLISE DE FLUXO INFERENCIAL; para a apropriação dos conceitos aos sub_domínios, TAREFAS COM PROCESSAMENTO RESTRITO e suas variações, QUESTIONÁRIOS, PATHFINDER, ÁRVORES ORDENADAS POR LEMBRANÇA, DIAGRAMA. Aqui também se aplicam alguns dos métodos desenvolvidos por GONÇALVES (1986) .

d) Para o preenchimento de "gaps" do conhecimento, algumas técnicas das acima citadas podem ser utilizadas como descrito em suas características, além de TAREFAS COM INFORMAÇÕES LIMITADAS e CASOS ROBUSTOS.

A escolha dessas técnicas, dentro das diversas fases, tem que levar em consideração também, os vários aspectos percebidos nas primeiras fases do processo, como o tipo do domínio de conhecimento - para um domínio de engenharia por exemplo, a técnica DIAGRAMA provavelmente será bem aceita, pois o especialista está acostumado a lidar com o tipo de representação com a qual a técnica trabalha (GIORNO et al., 1988) - categoria de aplicação - como o uso de HCS para taxonomia - o número de especialistas envolvidos - algumas técnicas não permitem o trabalho com mais de um especialista - e principalmente o tipo de conhecimento eliciado, que está diretamente relacionado com as fases da EIC e, como já mencionamos anteriormente, também está relacionado com o domínio e categoria de aplicação - segundo BELL (1987), as técnicas INCIDENTE CRÍTICO, PROTOCOLO POR TELEFONE (processamento restrito) e "REPERTORY GRID", foram projetadas

especificamente para lidar com o conhecimento tácito.

É importante ressaltar que é de grande valia também, a combinação dos diversos enfoques, isto é, o uso de técnicas com ferramentas automáticas ou com os algoritmos de aprendizado automático como já citamos quando analisamos indução.

CAPÍTULO IV

O PROCESSO DE ELICIAÇÃO DO CONHECIMENTO NA PRÁTICA - UMA APLICAÇÃO

IV.1 - AS BASES DO PROJETO

Nesse capítulo descreveremos o processo de EIC do SE TRADAN - do qual participamos - que se encontra na fase de implementação do protótipo. O TRADAN está sendo desenvolvido para a Petrobrás, sob o convênio COPPE/UFRJ - Petrobrás, e tem como objetivo dar apoio a decisão no diagnóstico e tratamento de danos em plataformas "offshore" (GOTTGTROY et al., 1989).

Iniciou-se o projeto visando guiar o processo de EIC através da implementação dos passos, métodos e técnicas descritos no capítulo anterior .

Validamos a utilização de um SE para a solução do problema através dos seguintes pontos:

- o problema é do tipo que não pode demorar a ser resolvido pois há vidas humanas em jogo, além de envolver elevada soma de recursos. Plataformas offshore são estruturas que demandam investimentos elevados e o risco de danos é muito alto.

- existem poucos especialistas na área, na Empresa em questão, mas muitos engenheiros estruturais com condições de resolver os problemas, se auxiliados - usuários

do SE em potencial.

- o problema envolve vários tipos de dados (de inspeção, construtivos) e conhecimento, não só da área de estruturas, como de metalurgia, por exemplo. São vários os fatores que influenciam para a prescrição de um reparo: segurança, vida útil da estrutura, custo, condições para o reparo, etc.

- a área é de certa forma recente e bastante evolutiva. Frequentemente surgem novas concepções estruturais para um "tipo" de plataforma, e/ou surgem novos "tipos"; surgem novos métodos numéricos para análise da estrutura, novas técnicas de controle e de reparo, etc. Dessa forma, vários pontos do domínio não estão formalizados. Além disso, dentro da Empresa, o próprio processo de diagnóstico e tratamento dos danos não é formalizado. Devido a esses pontos, pairou a dúvida sobre as condições para o desenvolvimento do SE e sua validade como solução. Mas os outros pontos abordados mostraram grande favorabilidade. Além disso, existem algumas áreas no domínio, que são mais formalizadas que outras e que podem ser tratadas isoladamente. Concluiu-se também, inclusive como um dos anseios da gerência contratante, que o processo de desenvolvimento do SE e o uso do próprio SE poderia contribuir de maneira significativa para a formalização do processo.

Dessa forma, a expectativa com relação ao SE ficou estabelecida: que ele seja uma ferramenta efetiva para o auxílio aos engenheiros estruturais da Empresa, não só no

diagnóstico e prescrição de tratamento de danos em si para as plataformas da Empresa, como também na formalização do domínio de conhecimento. O sistema deverá ser integrado a outras ferramentas computacionais, em desenvolvimento. Essa integração visa permitir um acompanhamento e controle automatizado das plataformas - para se tornar efetivo - desde sua concepção, até o acompanhamento de toda sua vida útil. Dessa forma, o SE também deve gerar informações para futuras inspeções, assim como atualizar os dados relativos à plataforma em questão no BD das plataformas.

IV.2 - DESCRIÇÃO DO PROCESSO

IV.2.1 - Primeira Etapa

A idéia inicial era que o SE fosse construído com os especialistas da Empresa contratante, tanto para poder responder à expectativa da formalização do processo de diagnóstico como pelo escopo, que envolve somente as plataformas da Companhia - pois cada plataforma, ainda que de mesmo tipo, tem suas características específicas, de construção e de operação, por exemplo, as plataformas são construídas para operar em determinado tipo de mar, etc. Assim, foram selecionados possíveis especialistas e escolhido um, levando-se em consideração a disponibilidade e maior interesse pelo assunto.

A definição dos usuários, assim como dos possíveis especialistas e as expectativas que envolviam o SE foi feita através de conversas mais ou menos formais - na verdade ENTREVISTAS NÃO-ESTRUTURADAS - com a gerência que nos contactou para desenvolver o SE.

Houve ainda uma reunião com a gerência para a apresentação do especialista e para combinar como seria feito o acompanhamento dos trabalhos.

As duas primeiras sessões com o especialista foram de ENTREVISTAS NÃO-ESTRUTURADAS, visando complementar a primeira fase do processo de EIC - identificação do problema - como descrito no capítulo anterior.

Ao final dessas duas entrevistas chegou-se à conclusão que o SE seria desenvolvido por prototipagem, pois:

a) como exposto anteriormente, o domínio é pouco formalizado, mas o protótipo abrange a parte mais formalizada, que também é a mais antiga dentro da área de conhecimento. Embora cada tipo de plataforma tenha suas próprias características e envolva aspectos bastante distintos, o processo de diagnóstico é o mesmo para todas; assim sendo, crescer o SE para que ele cumpra o papel esperado, significa apenas incorporar novas BC para cada tipo de plataforma. Dentro do tipo de plataforma escolhido, ainda surgiram restrições quanto ao tipo de "elementos" a serem considerados no protótipo. Como o tipo de elemento escolhido é o principal tipo que compõe as estruturas, a incorporação dos outros elementos no processo consiste em introduzir suas características e algumas outras considerações específicas. Da mesma forma, se algum novo dano precisa ser considerado, o processo de incorporação é análogo.

b) com a prototipação, os usuários e o próprio especialista teriam condições de entrar em contato com a nova ferramenta, com os benefícios que poderá proporcionar, validando inclusive todo o processo e o SE em si - apontando direções para sua apropriação ao contexto - como ferramenta para a solução de seus problemas.

c) também para a gerência, um protótipo mostrou-se importante, pois assim haveria como ter um retorno das expectativas e como "ter algo de concreto em mãos".

A familiarização do EC com o domínio de problema transcorreu sem problemas, principalmente porque este, além de ser Analista de Sistemas, já possuía experiência no trabalho com a área de Engenharia. Houve apenas, a introdução de termos e conceitos específicos a tratamento de danos. A familiarização se efetivou com a leitura de textos relacionados à área, como: BAKER e FENVES (1987), CONNOR e FINNGA (1986), MAHER et al. (1985), SOH (1986), YAO et al. (1988).

A familiarização do especialista com o processo de desenvolvimento do SE apresentou alguns problemas. Em primeiro lugar, apesar de interessado, o especialista não tinha conhecimento sobre IA e SE e demonstrou certo descrédito com relação a resultados efetivos em comparação com os sistemas convencionais, principalmente e especificamente para a área de Engenharia. Foi feito todo um trabalho de explanação sobre SE e IA, com exemplificação na área de Engenharia. O especialista também apresentou muita dificuldade de se expressar verbalmente e um grande incômodo com o uso do gravador - todas as sessões foram gravadas, mas algumas vezes desligamos o gravador, por problemas técnicos, ou mesmo para avaliar o comportamento do especialista, e percebemos nitidamente uma preocupação em formalizar o que dizia, quando o gravador estava ligado.

Houve uma tentativa de aplicar a idéia do GONÇALVES (1986) sobre a análise dos tipos psicológicos do especialista e do EC logo no início do processo, mas o especialista sempre reagiu como se estivesse sendo checado e como se sua vida particular fosse ser invadida. Resolveu-se, então,

pela não aplicação dos testes. Concluiu-se inclusive, que essa questão psicológica é bem mais delicada do que se supunha e que o fato de não ser uma pessoa da área de psicologia a aplicar os testes, influenciou bastante na reação do especialista. Acredita-se, no entanto, que o principal fator foi a pouca crença do especialista no processo.

Nesse ponto já se tinha percebido que o especialista trabalhava com muito conhecimento do senso comum da área de Engenharia, e que, de uma maneira geral, todo o processo de tomada de decisão estava ligado à algum tipo de análise numérica. Havia também o uso de conhecimento de áreas específicas, como metalurgia, solos, etc. Um enfoque bastante acentuado era dado às normas de construção e verificação de plataformas - cada plataforma é construída segundo determinada norma.

Nesse ponto também, o escopo do protótipo já estava definido: plataformas fixas (jaquetas), elementos tubulares de sessão circular.

Pela dificuldade de expressão do especialista, tentou-se iniciar a fase de estruturação do conhecimento usando as técnicas e métodos de OBSERVAÇÃO. Isso não foi possível, por problema de tempo do especialista.

Como o SE é de diagnóstico e pode-se perceber durante as ENTREVISTAS uma grande relação de sinais e sintomas e associações, pensou-se na aplicação do método CODIFICAÇÃO

POR LISTAS ADAPTADO, mas essas associações não são globais, não visam o diagnóstico final de reparo, embora sejam relacionadas aos danos. O método acima citado, foi então aplicado com o objetivo de mapear a relação entre os danos e suas causas. Uma lista dos danos e de sinais e sintomas foi feita com base nas entrevistas anteriores. Essa lista foi checada e complementada pelo especialista:

DANOS

1. moessa
2. trinca
3. perda de espessura
4. colapso hidrostático ou estrutural
5. mudança de propriedades do material
6. redução na capacidade de carga das fundações
7. acréscimo de cargas ambientais

Os danos 6 e 7 foram introduzidos pelos especialistas

SINAIS/SINTOMAS

8. queda de objetos
9. colisão
10. fogo
11. corrosão
12. perda de resistência

13. punctionamento
14. flambagem
15. erosão
16. alteração nas condições originais de carregamento (arranjo, peso de equipamentos, etc)
17. excesso de cracas
18. não conformidade de fabricação em solda ou costura
19. fadiga
20. alteração nas condições de contorno internas
21. diminuição da vida útil do material
22. aumento de tensões

Os itens de 15 a 22 foram introduzidos pelo especialista e o item "solda incorreta" foi retirado por ele. Foram selecionados os sinais para cada diagnóstico-objetivo e ordenados por ordem decrescente de importância. Mas o especialista não conseguia trabalhar somente nesse escopo, associando sempre as consequências aos danos, pois os danos, na verdade, são sinais, que associam outros sinais e sintomas, que são importantes para os diagnósticos; além disso, os diagnósticos finais não são os danos, mas a necessidade ou não de reparos e a prescrição destes. Dessa forma, existem relações como mostradas na figura (IV.1).

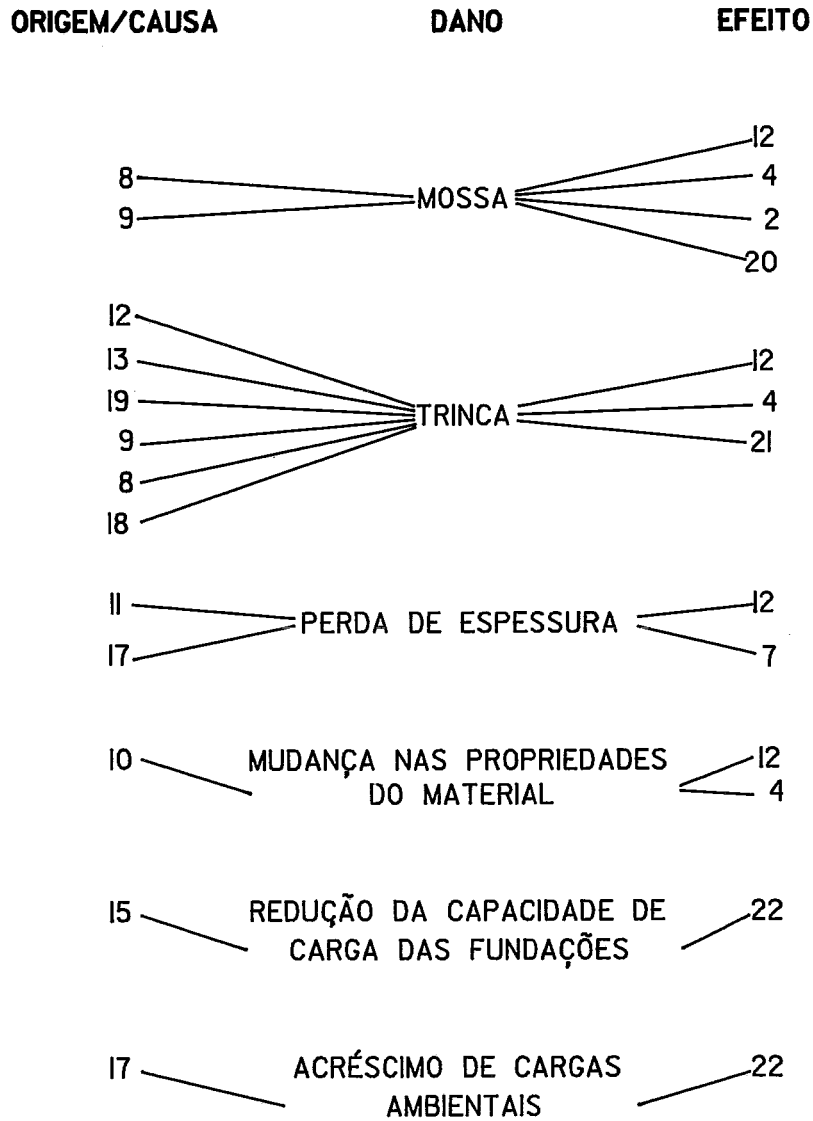


FIGURA IV.J- RELAÇÕES PRELIMINARES ELICIADAS ENTRE OS DANOS, SUAS CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS

As sessões estavam sendo problemáticas. Não havia um ambiente favorável, tanto no que se refere a lugar físico - pois nunca havia um lugar específico e tranquilo para as sessões - quanto a integração do especialista. Na verdade, o tão necessário e esperado engajamento do especialista no processo, não aconteceu. Havia pouca concentração do especialista, com demonstrações claras de cansaço e até mesmo de irritação; seu tempo era muito escasso e as interrupções às sessões eram frequentes. Dessa forma, o processo foi interrompido.

IV.2.2 - Reinício do Processo

Novos especialistas foram escolhidos pela gerência. Dessa vez optou-se por dois especialistas de fora da Empresa e por mais de um especialista, com o objetivo de auxiliar, sob um enfoque diferente do dado até então, na formalização do conhecimento e de englobar, de maneira mais efetiva, as diversas vertentes de especialistas do domínio, na busca de um SE mais abrangente.

Voltamos, então, à primeira etapa do processo de EIC, dessa vez com o complicador de estarmos trabalhando com dois especialistas.

Como nos primeiros contatos com eles, quando fomos apresentados, os dois estavam juntos e o entrosamento entre eles pareceu muito bom, optou-se por um trabalho em conjun-

to - pelo menos nessa primeira etapa - quando deveríamos rever todos os conceitos especificados até então e redefinir alguns pontos relativos ao SE. Optou-se por não colocar o conhecimento do especialista anterior como tal, ficando apenas de forma implícita, como conhecimento adquirido pelo EC no processo de familiarização com o domínio.

Além dos conceitos e relações mostrados anteriormente, percebeu-se também, do trabalho com o primeiro especialista, a necessidade da introdução de incertezas, como podemos exemplificar por trechos das transcrições das entrevistas como: "há 65% chance de haver mais de uma trinca em um só membro" ou "uma trinca sempre provoca a diminuição da inércia do tubo, chegando talvez a 20% da original" e, uma forte solicitação para interface com o usuário ser gráfica - um dos sub-domínios do conhecimento facilmente identificável é a modelagem do dano, que solicita as características geométricas não só do dano, mas sua localização na estrutura, dentre outros dados. Uma visualização dessas características geométricas auxilia em muito o processo; a própria forma dos dados de entrada é gráfica, incluindo croquis (figura IV.2) e fotos e percebe-se que a própria forma de expressão dos especialistas é gráfica como mostrado na figura (IV.3).

Das duas sessões de ENTREVISTAS NÃO-ESTRUTURADAS que foram feitas com os novos especialistas, pode-se concluir que:

- a) o escopo do SE satisfaz aos especialistas,

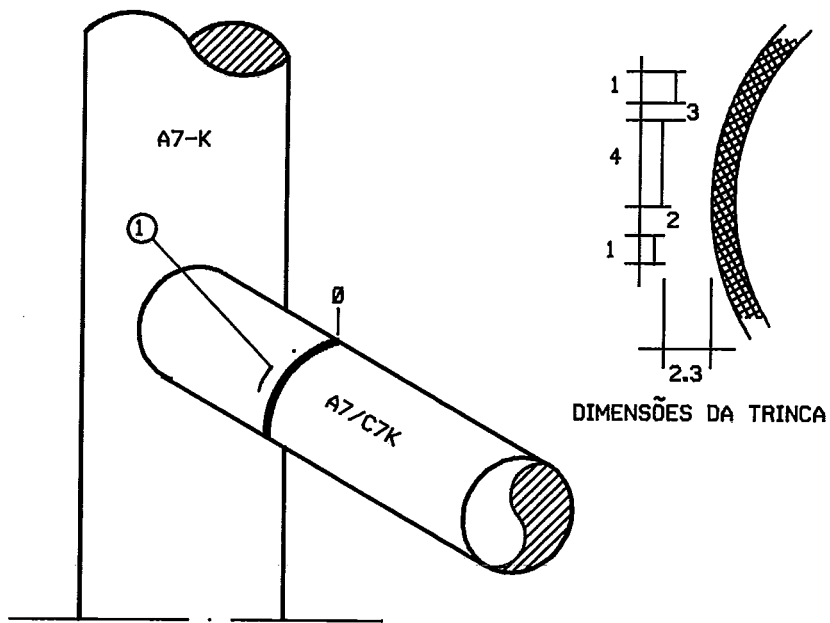
assim como o do protótipo e até mesmo a construção do SE por prototipagem - "para ver como funciona na realidade".

b) os novos especialistas tinham uma maneira distinta do outro especialista de encarar e lidar com o problema.

c) houve bastante ênfase quanto a interação usuário-sistema ser gráfica.

d) houve a necessidade de uma uniformização do jargão, pois vários conceitos são mencionados de maneira bem distinta pelos diversos especialistas. Dentro do próprio domínio da Engenharia, as palavras têm significado dúbio, e existem também muitos sinônimos, permitindo que cada um as utilize como melhor apraz. Como exemplo podemos citar a identificação dos elementos estruturais mostrada na figura (IV.3).

e) não houve problema quanto ao engajamento dos especialistas no processo. O interesse mostrou-se bastante grande logo de início, apesar do desconhecimento da IA e do que fosse e como funcionava um SE, como no primeiro caso, mas aqui a diferença foi o crédito dado pelos especialistas à nova forma de resolver o problema, até porque a tradicional não parecia satisfatória.



DESENHO S/ ESCALA
COTAS EM cm

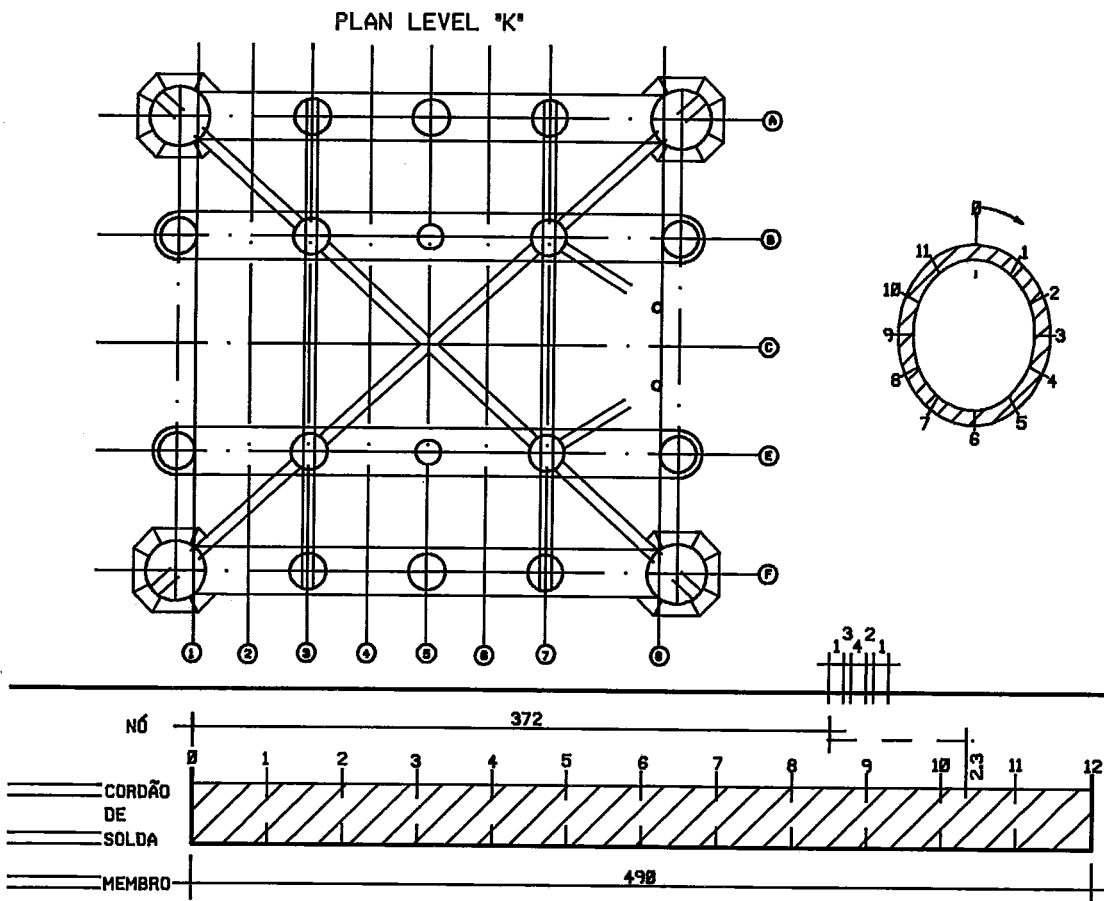
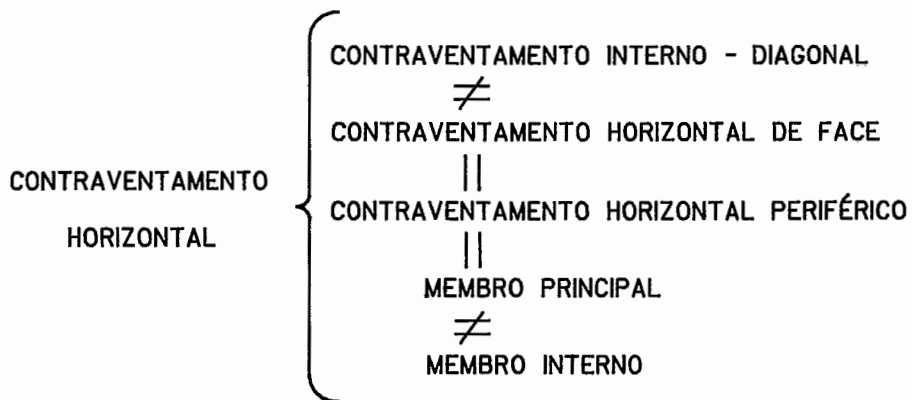


FIGURA IV.2 - CROQUIS DOS DANOS

ELEMENTO ESTRUTURAL \neq COMPONENTE ESTRUTURAL = MEMBRO



DIAGONAL VERTICAL = TRAVEJAMENTO DIAGONAL

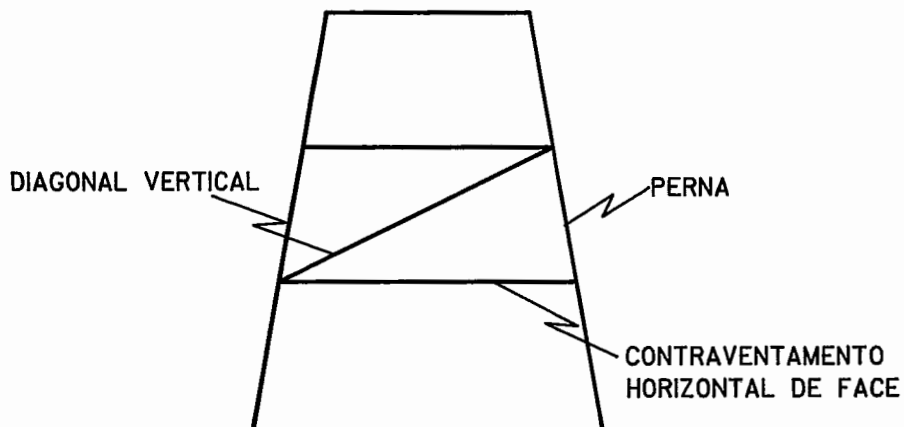
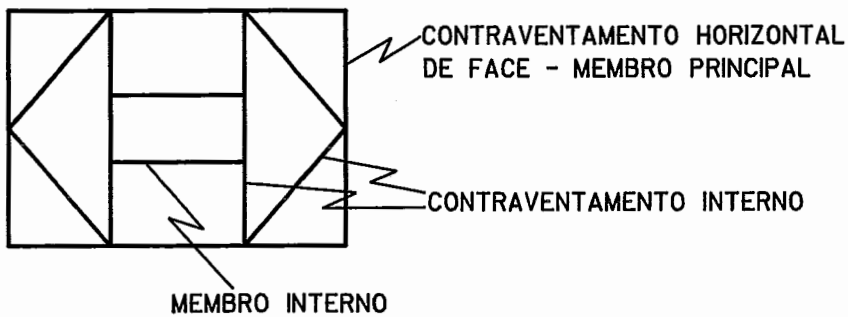


FIGURA IV.3 - AMBIGUIDADE DE TERMOS
IDENTIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS

Um dos especialistas não demonstrou problema algum com relação a expressar verbalmente suas idéias pois sendo professor, procurou sempre explicar da melhor forma possível, e de maneiras diferentes, se necessário, qualquer situação; não demonstrou qualquer constrangimento com o gravador. Entretanto fugia ao escopo do problema com facilidade, indicando a necessidade de muita atenção por parte do EC, inclusive para o uso de ferramentas eficazes que o auxiliassem a mantê-lo no escopo do SE, ou melhor, do protótipo, principalmente.

O outro especialista demonstrou a necessidade de ser auxiliado para conseguir uma introspecção ao nível desejado. O incômodo com o gravador também foi evidente, apesar do esforço para ignorá-lo. Tanto quanto o outro especialista, este se desviava com facilidade do escopo do SE, principalmente no que se refere ao tipo de estrutura e condições de operação. Reportava-se, na maior parte do tempo, ao conhecimento referente à "norma" representada por sua empresa. Optou-se, então, por ler (parte da) norma, como sugerido pelo próprio especialista. Acreditamos que a abrangência do trabalho desses dois especialistas, foi um fator muito importante para a fuga ao escopo, qual seja, plataformas fixas da Empresa contratante, elementos tubulares, de sessão circular.

Embora convergentes, os enfoques dos dois especialistas eram bastante distintos. Percebeu-se ,também, um problema inclusive abordado por GONÇALVES (1986) quando da descrição do método BRADA: há uma certa hierarquia entre os

especialistas, implícita, que apontou problemas futuros, pois percebemos não haver discussão de idéias a nível de divergência final. Por outro lado, apontou que haveria, assim, uma maneira natural, embora não ideal, de resolver o problema das divergências, quando ocorresse.

Para a fase de estruturação do conhecimento, optou-se por prosseguir com as ENTREVISTAS ESTRUTURADAS. Por não haver um consenso e certeza sobre os sinais e sintomas que formariam a base do grafo, nem tão pouco com relação aos diagnósticos-objetivos, optou-se pela não aplicação do método CODIFICAÇÃO POR LISTAS ADAPTADO. Haviam conceitos que navegavam em níveis de abstração diferentes e os diagnósticos entre intermediários e finais. Essa falta de "firmeza" - enfatizando a não formalização do domínio - não deixava os especialistas confortáveis para a aplicação desse método. Na verdade, como veremos mais adiante, a associação dos sinais e sintomas aos diagnósticos, não é tão trivial quanto parecia. Quanto a seguir pelas técnicas e métodos de OBSERVAÇÃO, que pareceram bastante úteis para eliciar a estrutura do conhecimento, sem a necessidade de uma formalização - pelo menos a nível verbal - sua realização não foi possível por dois motivos: primeiro, os especialistas, no momento, não estavam analisando nenhum caso que se enquadrasse no escopo do SE; segundo, os dados e material necessários para a escolha dos casos que cobrissem o escopo do SE e depois para a realização dos casos de forma completa, não estavam disponíveis. Os métodos descritos por GONÇALVES (1986) não pareceram de

aplicação, pelo menos imediata, pois não era claro que a melhor forma de representar o conhecimento seria por regras; por outro lado, o SE, e até mesmo o protótipo, pelo que parecia, não seria pequeno devido ao envolvimento de muitos conceitos e aspectos; por último, esses métodos não mencionam o tratamento de incertezas.

Iniciamos as ENTREVISTAS ESTRUTURADAS com cada especialista em separado, abordando sempre o mesmo tema com cada um, buscando o uso da colocação das questões como sugerido por LA FRANCE (1987) e BOOSE e KITTO (1987) e citado no capítulo anterior.

Em determinado ponto do processo de EIC, já havia muito conhecimento eliciado, de vários tipos e sobre as mais distintas fases do processo de solução do problema, fornecendo uma visão geral do mesmo, como por exemplo: expectativa quanto à interface com o usuário e os elementos que o especialista necessita para conduzir o processo de diagnóstico, relações básicas - "se houver redução da área ou da inércia, a rigidez também diminui" ou "cracas se formam na região mais próxima à superfície" - ensaio de estruturação do processo de diagnóstico, informações sobre as análises numéricas - desde a descrição de procedimentos, ao tratamento dos resultados - possíveis prescrições de reparos, etc.

Abaixo mostramos uma parte da transcrição de uma entrevista que ilustra as expectativas do especialista com rela-

ção à interface com o usuário:

"... é como se fosse fazer um desenho agora: croqui da estrutura, apontasse onde, em que membro ocorreu o dano; fizesse um outro croqui, que seria um "zoom" nesse componente e localizasse o dano nesse componente e um terceiro croqui ampliando a forma desse dano. Uma forma que é localmente distinta da que o elemento tinha anteriormente. Quero saber então, naquela estrutura, naquele componente, naquela seção que ocorreu o dano, que esforços estavam atuando, pelo menos os máximos que podem atuar ali - tenho isso da análise estática dessa estrutura. Então pego os esforços atuantes, pego também do projeto, informações sobre a geometria, todos os parâmetros geométricos desse componente, isto é, qual o raio, espessura, informações de material, se é aço comum ou não; tensão de escoamento, se é aço especial; tensão de proporcionalidade, de ruptura, e os parâmetros geométricos que definem o dano. Isso apareceria na tela, né? Eu vou ter que recorrer a certas teorias, já prontas, que eu possa buscar na minha cabeça, para verificar que causas prováveis levaram àquele dano..."

Se por um lado ter todo esse conhecimento eliciado é bom, por outro, muitas vezes não há como distinguir claramente a importância das informações e como utilizá-las. Para poder dar maior direcionamento às entrevistas, visando cobrir cada ponto citado pelos especialistas e evitar a dispersão dos mesmos, foi gerado um documento, contendo

partes das transcrições das entrevistas, agrupadas por assunto. A organização desse documento é mostrada abaixo:

I) Especificações gerais do sistema

I.1) Domínio de aplicação

I.2) Objetivos do sistema

I.3) Dados de entrada

I.4) Possíveis soluções

II) Conhecimento geral sobre o domínio de aplicação

II.1) Estrutura

II.1.1) Composição

a) Convés

b) Jaqueta

b.1) Geral

b.2) Componentes

b.3) Fabricação de componentes
tubulares

1. Processo

2. Material

II.1.2) Ambiente

II.1.3) Solicitações

II.1.4) Ciclo de vida

II.2) Colapso estrutural

II.2.1) Definição

II.2.2) Classificação

II.2.3) Ocorrências (mecanismos)

a) Flambagem

- b) Puncionamento
- c) Mecanismo Plástico
- d) Propagação de fraturas

II.2.4) Causas

II.3) Dano

II.3.1) Definição

II.3.2) Característica

II.3.3) Classificação

III) Linha de raciocínio do especialista

III.1) Diagnóstico - linhas gerais

III.1.1) Fatores que influenciam no diagnóstico

- a) disponibilidade de dados
- b) importância do membro
- c) importância do dano

III.1.2) Procedimento

Esse documento não foi muito positivo, pois na verdade, o que estava implícito ali, era uma tentativa de estruturação do conhecimento dos especialistas, pelo EC; a real estrutura do conhecimento não havia ainda sido captada. A estruturação das entrevistas ainda foi guiada por esse documento por algumas sessões.

Pensou-se em utilizar ORDENAÇÃO POR CARTÕES, mas essas técnicas não são apropriadas para mais de um especialista. Observou-se que poderia haver incongruências que seriam

bastante difíceis de tratar. Embora a estruturação usada no documento acima citado não seja a mais adequada, os principais itens identificados realmente compõem pontos decisórios chaves. Como já citamos também, o enfoque dos especialistas é distinto e observou-se sub-áreas de especialização. Dessa forma, resolveu-se por aplicar a ORDENAÇÃO DE CARTÕES para alguns dos pontos chaves identificados, com um único especialista, de acordo com a sub-área de interesse/especialização.

Utilizamos o método de ORDENAÇÃO DE CARTÕES POR SEPARAÇÃO DE GRUPOS sobre os itens "ciclo de vida", "colapso estrutural" e "danos e suas causas". A figura (IV.4) mostra alguns dos resultados. A utilização desse método permitiu também perceber a necessidade inadiável da definição dos conceitos. Ocorreu com frequência, dos especialistas citarem conceitos e relações não definíveis, a nível de realidade - como citado por HART (1985) - só que, como pode-se concluir, os profissionais de Engenharia têm muita dificuldade em lidar com esse tipo de abstração. Esse fato perturbou o processo de EIC, pois os especialistas, preocupados em definir de maneira real, muitas vezes racionalizavam em demasia o dado e muita informação foi perdida ou distorcida.

Da aplicação desse método também pode-se concluir que uma boa escolha dos conceitos é de extrema importância para o sucesso do método ou técnica. No caso, várias vezes o especialista questionou sobre a validade de um conceito no

conjunto em questão, retirando alguns conceitos, como "colapso hidrostático" - que segundo ele não se aplica muito a jaquetas - ou sobre o significado de um determinado conceito escrito no cartão - por exemplo: dano em juntas, erosão - alterando a palavra representativa do conceito para uma que melhor se adequasse; mas algumas vezes, em função dos outros cartões, o especialista dava uma interpretação ao conceito completamente diferente da esperada pelo EC. Quando isso acontecia, era perguntado ao especialista sobre a diferença entre as duas interpretações e como a interpretação dada pelo EC se enquadrava nos grupos formados - processo que ao final mostrou-se muito semelhante ao de CRIAÇÃO DE GRUPOS. O mesmo processo se repetiu quando o especialista introduziu vários outros conceitos. Por exemplo, ele introduziu "ações pemanentes e acidentais" e "memória de instalação", no primeiro caso. Esse trabalho foi bastante elucidativo.

Concluiu-se também, que a relação entre os elementos é melhor representada por redes do que por uma estrutura hierárquica, que se tornaria uma representação incompleta e incorreta, devido a necessidade de ligações entre ramos da árvore pois por exemplo, um "colapso localizado" pode levar a um "colapso generalizado" e assim por diante.

Com o resultado da ORDENAÇÃO POR CARTÕES e suas consequências, haviam elementos suficientes para melhor estruturar as entrevistas, direcionando as perguntas para o aprofundamento em cada um dos grupos formados.

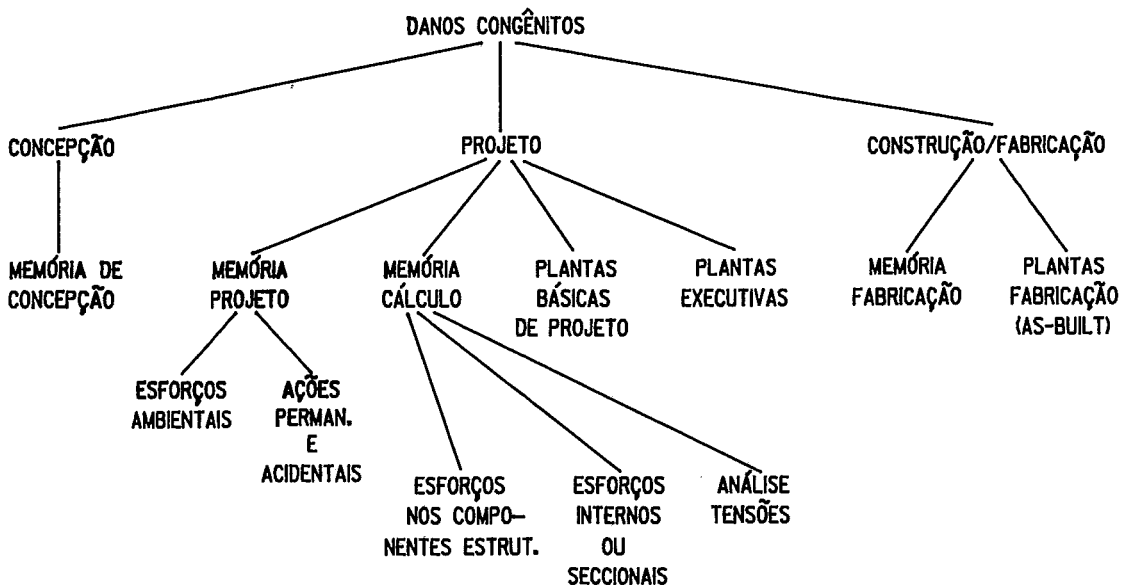
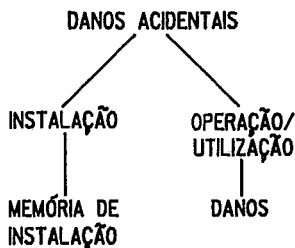
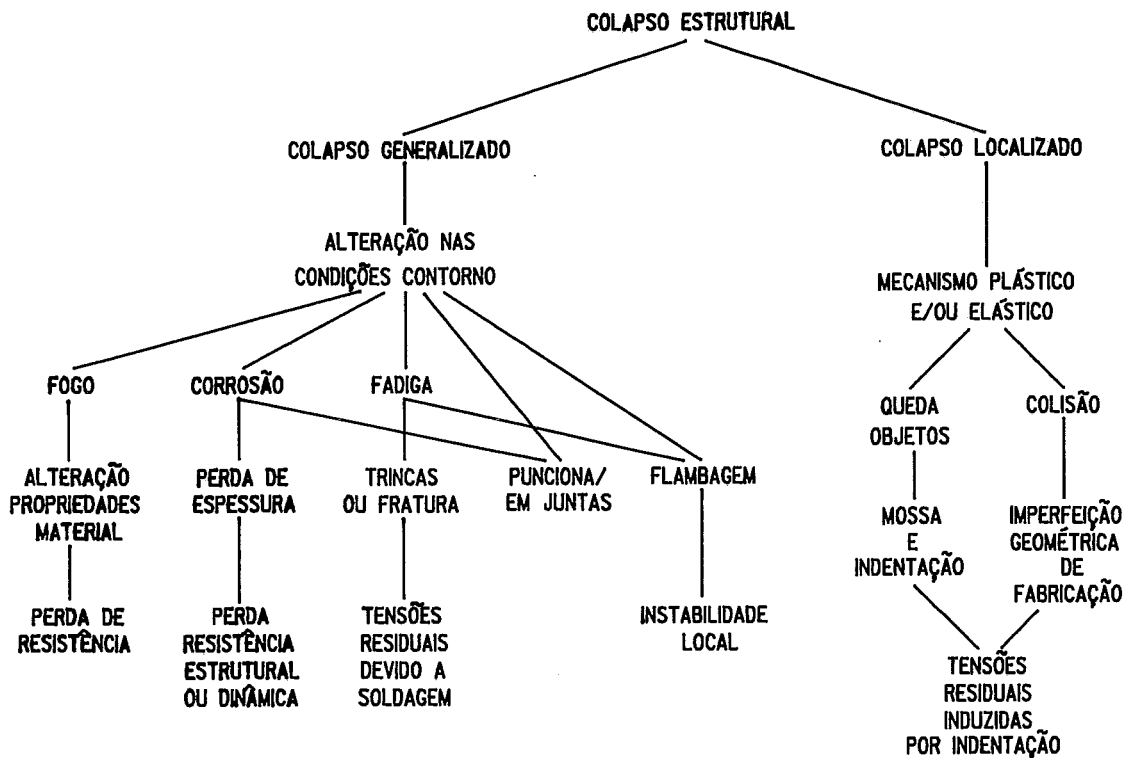


FIGURA IV.4 - ORDENAÇÃO POR CARTOES

Antes da aplicação de ORDENAÇÃO DE CARTÕES, tentou-se aplicar a técnica DESENHANDO CURVAS FECHADAS, mas não se obteve muito sucesso; os especialistas mostraram-se confusos e até mesmo um deles chegou a se irritar. Após a aplicação de ORDENAÇÃO DE CARTÕES, é que se percebeu que a representação do domínio não é espacial, contradizendo uma das diretrizes para a utilização da técnica, o que possivelmente gerou a confusão.

Obtivemos, até aqui, a eliciação, bastante considerável de conhecimento declarativo; mas pouco sobre o conhecimento procedural e menos ainda sobre o conhecimento tácito, bastante presente no domínio - por exemplo, olhando para um croqui, e pelas características geométricas apresentadas, o especialista disse diretamente que uma "mossa" era desprezível. Quando interrogado sobre o porquê, disse que bastava olhar para ela. A explicitação de incertezas só estava a nível de exemplos, mas nada de concreto para ser efetivamente usado, como mostra o exemplo abaixo:

"... e aí poderíamos partir para números que avaliassem as modificações das características geométricas da seção e a partir desse percentual e não da relação de profundidade com diâmetro, chegar a números tipo: até 5%, 6%, a análise é considerada simplificada, por volta de 15% tem que ser feita uma modelagem adequada; até 60% necessita de reanálise completa".

Os especialistas demonstraram bastante dificuldade em expressar esse tipo de conhecimento. Como já mencionamos

anteriormente, o processo de diagnóstico em questão é feito muito baseado em análise dos dados obtidos de procedimentos numéricos. Essa é uma característica da área que é baseada também em "normas", que contém incertezas associadas. Os especialistas sempre mencionavam a necessidade de resultados experimentais citando o exemplo da medicina - um dos especialistas inclusive comparou as plataformas às pessoas, colocando que mesmo ignorando o fato da medicina existir há milênios e a engenharia "offshore" ser bastante recente, a quantidade de pessoas, com os mais diversos problemas, sintomas e características, é bem maior do que de plataformas, guardando-se as devidas diferenças, permitindo que haja um trabalho estatístico, que auxilia a explicitação de incertezas.

As interfaces que o SE necessita já estavam definidas, apesar de não estar claro exatamente como elas funcionariam (figura IV.5). Mas para que o protótipo cumprisse o seu papel, era necessário que as interfaces estivessem implementadas quando a BC se completasse. Era preciso, então, definir o ambiente no qual o protótipo seria implementado para que o desenvolvimento das interfaces tivesse início.

Devido às ferramentas computacionais disponíveis para o desenvolvimento de SE - ambiente de desenvolvimento para PC AT e PROLOG - a necessidade de portabilidade do protótipo e da própria construção do protótipo, ficou decidido que seria desenvolvido no microcomputador com o ambiente de desenvolvimento disponível. Infelizmente esse ambiente

trabalha com representação por regras e pelo que pode ser captado, a melhor maneira de representar o conhecimento do especialista, dentro dos formalismos de representação do conhecimento conhecidos, seria por uma combinação de frames com regras; no entanto não havia condições de se obter um ambiente adequado. O ambiente disponível permitia a representação de incertezas através dos fatores de certeza, facilidade para a interface com os outros programas - inclusive interface gráfica - e mecanismos de explanação sobre o caminho percorrido pelo sistema para chegar a um determinado diagnóstico, que auxiliam, um pouco, na implementação de uma boa modalidade.

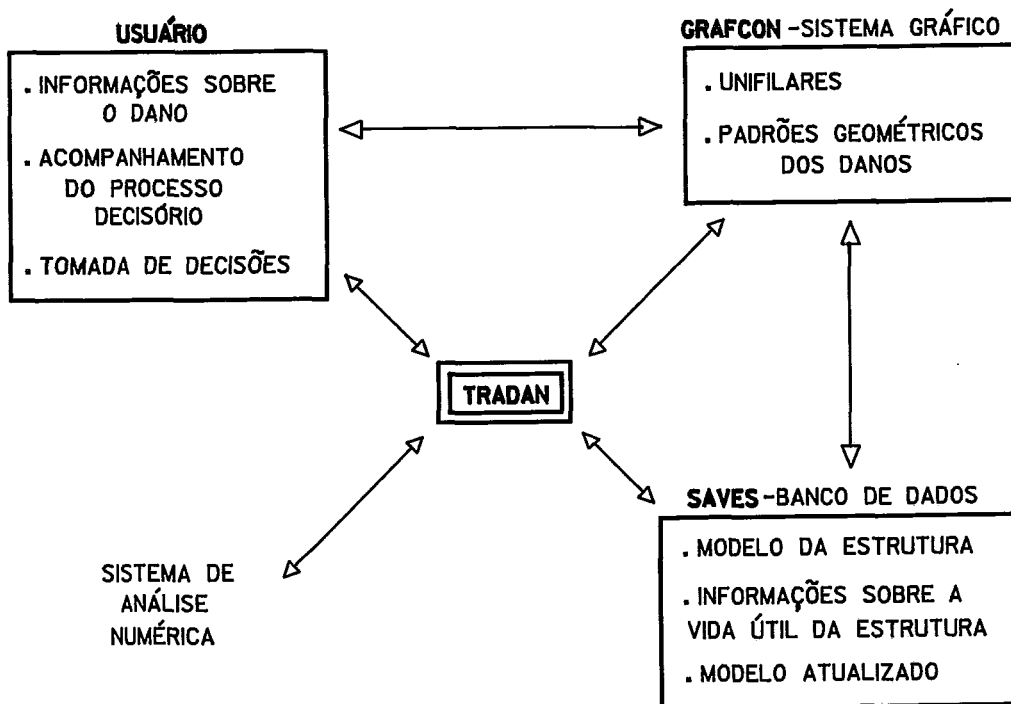


FIGURA IV.5 - ESQUEMA DAS INTERFACES

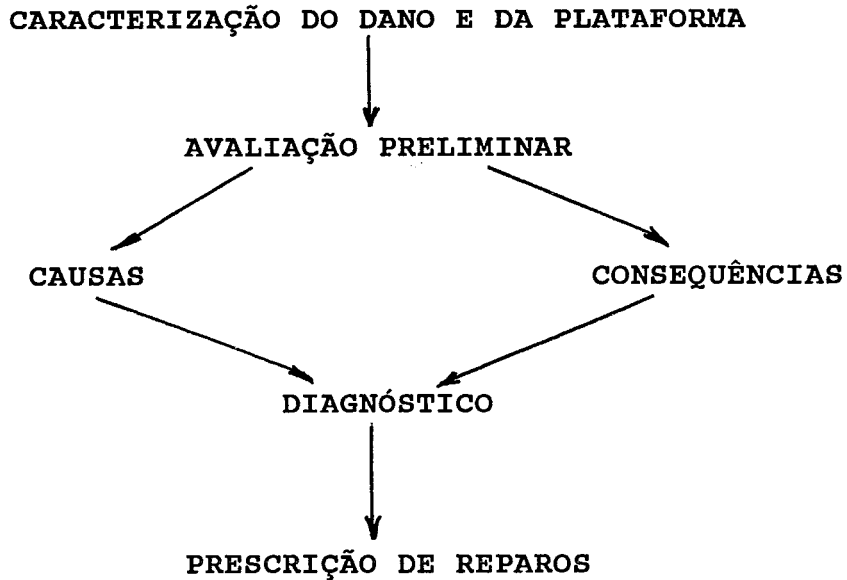
O banco de dados (BD) SAVES, que estará integrado ao sistema, ainda não está totalmente implementado. Trabalhar com um BD menor no PC, mas que contenha todas as informações necessárias, foi a solução encontrada. A interface é construída de tal forma que a troca para o BD definitivo é quase que direta.

A restrição maior do protótipo fica mesmo com relação as análises numéricas, pois a execução de todas as análises que um problema pode requerer, faz com que a resposta do protótipo fique muito lenta, perdendo a sua finalidade. Mas as análises viáveis de serem feitas no PC, foram consideradas, pelos especialistas, suficientes para cobrir o escopo do protótipo e a grande maioria dos casos.

Apesar de já se saber de antemão que a representação do conhecimento seria por regras e de conhecermos as demais características do ambiente de desenvolvimento, optou-se por dar continuidade ao processo sem nos prendermos à ferramenta implementacional, para que não houvesse restrições, nem perda de conhecimento. Achou-se que mesmo tendo que transformar todo o conhecimento em regras, a perda seria menor do que se fosse tentado capturar o conhecimento especializado com a restrição do formalismo de representação. Perde-se tempo, mas ganha-se em consistência de conhecimento e de trabalho.

Após mais algumas entrevistas, dessa vez bem focalizadas, chegou-se à estrutura global do processo de diagnósti-

co do especialista, como mostra o esquema abaixo:



Os especialistas trabalham progressivamente para avaliar as consequências do dano para a estrutura. Em paralelo, trabalham de forma retroativa até chegar às causas do dano - esse processo foi chamado por um dos especialistas de retro-análise. De maneira progressiva determinam um diagnóstico e a prescrição de reparos.

O dano, na realidade, pode ser apenas uma evidência, um sinal mais forte, que pode mostrar vários sinais e sintomas e ainda trazer outras consequências. Todos os dados evidenciados somados, podem vir a gerar outros danos, inclusive mais fortes, ou até mesmo catastróficos, que é o que procura-se evitar diagnosticando essa situação e prescrevendo reparos e medidas preventivas.

A aplicação de algumas técnicas é quase que uma consequência direta da observação da forma como o especialista raciocina. Por exemplo, percebeu-se que os especialistas sempre buscavam exemplos para discorrer sobre determinado assunto. Dessa forma aplicou-se técnicas como PROTOCOLO POR TELEFONE e QUESTÕES INVESTIGATIVAS DIRETAS, que foram bastante elucidativas e ESTUDO DE CASOS combinada com ANÁLISE POR INTERRUPÇÃO . O trecho abaixo é parte da transcrição de uma sessão usando PROTOCOLOS POR TELEFONE:

" Se o caso é como você diz, o dano é uma moosa localizada na região central do membro tal, na estrutura tal, seu desalinhamento é da ordem de 300, $r/e = 180$, λ é da ordem de 200, a profundidade da moosa com relação à espessura de parede é $1/4$, a dimensão da moosa com relação ao diâmetro do tubo é da ordem de $1/3$, então, bem deixa ver, teria que saber se o membro é primário ou secundário, né? É travejamento horizontal interno? Ah! então é membro secundário. A perda de retilinidade é não-desprezível, o membro é esbelto localmente e também globalmente pelo λ - difícil de encontrar essa situação em jaqueta, hein? Difícil mesmo, bem mas vamos lá. Se o λ é elevado, mesmo que a estrutura seja redundante, o membro é importante e o fator r/e também passa a ser. Sabe se a estrutura é redundante? Não dá para saber, né? Bem, a profundidade da moosa é pequena, a moosa é pequena e o membro é secundário... não mas o dano é importante devido à esbeltez local e global. Meu diagnóstico é: dano muito importante. Aconselho reparo e análise de esforços urgente!!!".

Essas técnicas foram bastante úteis para a eliciação da existência de determinadas relações e a combinação dos fatores nesses casos determinados, como: a importância do dano é função das relações: dimensão da mocha X dimensão da seção transversal; profundidade da mocha X espessura da parede do tubo; desalinhamento X comprimento do membro, etc. Se questionados diretamente a combinar todos os fatores, os especialistas, normalmente, só forneciam os casos extremos (limite inferior e superior de uma relação) - por exemplo, "se tomar 50% da seção transversal, a mocha é grande".

O uso da técnica INCIDENTE CRÍTICO, também foi utilizada para eliciar características relacionadas à combinações.

Uma outra característica marcante dos especialistas, ainda sobre o trabalho com exemplos, é o trabalho com analogia - "... eu já usei, num caso muito parecido com esse, a consideração de 1/3 da espessura na modelagem, mas não tenho um embasamento teórico para dizer porque". Assim, foi introduzida a técnica CENÁRIOS, mas, assim como com a utilização de PROTOCOLOS POR TELEFONE, os resultados não foram completos. Atribuímos, nos dois casos, o problema da hesitação em fornecer incertezas, como a principal razão.

Chegamos ao final do processo de ElC, e técnicas como TAREFAS COM INFORMAÇÕES LIMITADAS, além de estratégias como QUESTÕES INVESTIGATIVAS DIRETAS, estão sendo efetivamente utilizadas, e o conhecimento está realmente sendo comple-

mentado. Pelas próprias retrições que apontamos como causa ao não uso das técnicas de OBSERVAÇÃO, trabalhar com INFORMAÇÕES LIMITADAS é bem fácil. É interessante como a necessidade de hipotetizar faz com que o especialista repense sobre seus processos. Muito da análise dos resultados dos procedimentos numéricos estão sendo eliciados com essa técnica. Por exemplo, para a avaliação da "velocidade de propagação da trinca", que é um fator importante para a prescrição de reparos, seria necessária uma análise de elementos finitos, mais sofisticada. Não dispondo desse tipo de análise, o especialista passou a trabalhar da seguinte forma:

"... eu faria duas análises do que restou da seção fissurada e da outra, considerando um caso extremo de fissuração, colocando uma rótula no local. No primeiro caso, se o nível de tensões na junta é baixo, o nível de propagação deve ser lento; há indicação de reparo para esse membro, mas a urgência será indicada pela situação dos outros membros da sub-estrutura. Vamos ao segundo caso. Se a redistribuição continua insignificante, então não estou preocupado com a fissura; não há necessidade de reparo, pois a estrutura é redundante..."

CASOS ROBUSTOS são trazidos pelos próprios especialistas, mas sob a forma de exemplos lembrados. No entanto, a conjugação das QUESTÕES INVESTIGATIVAS DIRETAS, permite que muito se elicie desses casos.

Das análises das transcrições , uma rede causal foi

gerada, figura (IV.6), na qual sente-se a necessidade de pesos para as ligações, ou quantificações para os conceitos, para que a determinação dos caminhos a serem percorridos seja efetivada. Percebe-se hoje, que o uso da ANÁLISE DE FLUXO INFERENCIAL seria bastante produtiva, como também do "PATHFINDER", apesar do domínio ter muitos conceitos em níveis de abstração diferentes.

Achamos que o "REPERTORY GRID" seria um método com resultados efetivos em alguns sub-domínios como por exemplo, na determinação da importância do dano mas não possuímos ferramenta computacional para analisar os resultados.

Quando estávamos no meio do processo de EIC, referente à terceira etapa citada no capítulo anterior, um novo EC foi introduzido ao grupo. Esse novo EC possuía características que implicaram na reorganização da condução do processo de EIC. A principal, é que ele é engenheiro estrutural da Empresa contratante e conhecido dos especialistas. Como não tinha conhecimento do processo, métodos e técnicas de EIC, nas primeiras sessões que participou, houve alguns conflitos com os especialistas, pois estes se sentiam "checados". Com o engajamento desse novo EC ao processo, essa reação dos especialistas pode ser minimizada; no entanto, e o que é interessante, nunca totalmente dissipada. Percebe-se que não só o fato do novo EC ser engenheiro e da Empresa influenciou para uma reação negativa dos especialistas. A introdução de um novo elemento ao processo, perturba o especialista, pelo simples fato de estar "entrando no seu

processo", e é claro, por muitas vezes questionar pontos antes questionados, mesmo já tendo acompanhado as sessões anteriores pelas gravações e transcrições, como foi o caso.

Havia, também, a necessidade de buscar uma nova estratégia para a condução das sessões para não gerar ainda mais conflitos. Optou-se pelo comportamento de EC-observador e EC-interlocutor apresentado na metodologia proposta por BELL (1987) onde as sessões são conduzidas por dois ECs, mas um de cada vez; isto é, enquanto um conduz o processo, o outro observa, toma notas e cuida do gravador ou de qualquer outro equipamento utilizado; quando o primeiro EC se dá por satisfeito, as posições são invertidas.

Como o novo EC possuía uma formação diferente daquela do que já participava do projeto, também houve alteração na análise das sessões e conseqüente preparação das demais. O saldo foi bastante positivo nesse sentido, pois o pouco conhecimento de um sobre a área - ou o conhecimento quase que totalmente sob a visão dos especialistas - e o conhecimento do outro complementam-se, gerando questionamentos sobre diferentes aspectos do conhecimento dos especialistas. Essa distinção também é bastante positiva para "freiar" a interpretação de cada EC sob seu ponto de vista particular.

A formação do novo EC permitiu que, de certa forma, ele também atuasse como usuário, diminuindo a distância relacionada a realidade e expectativas dos usuários.

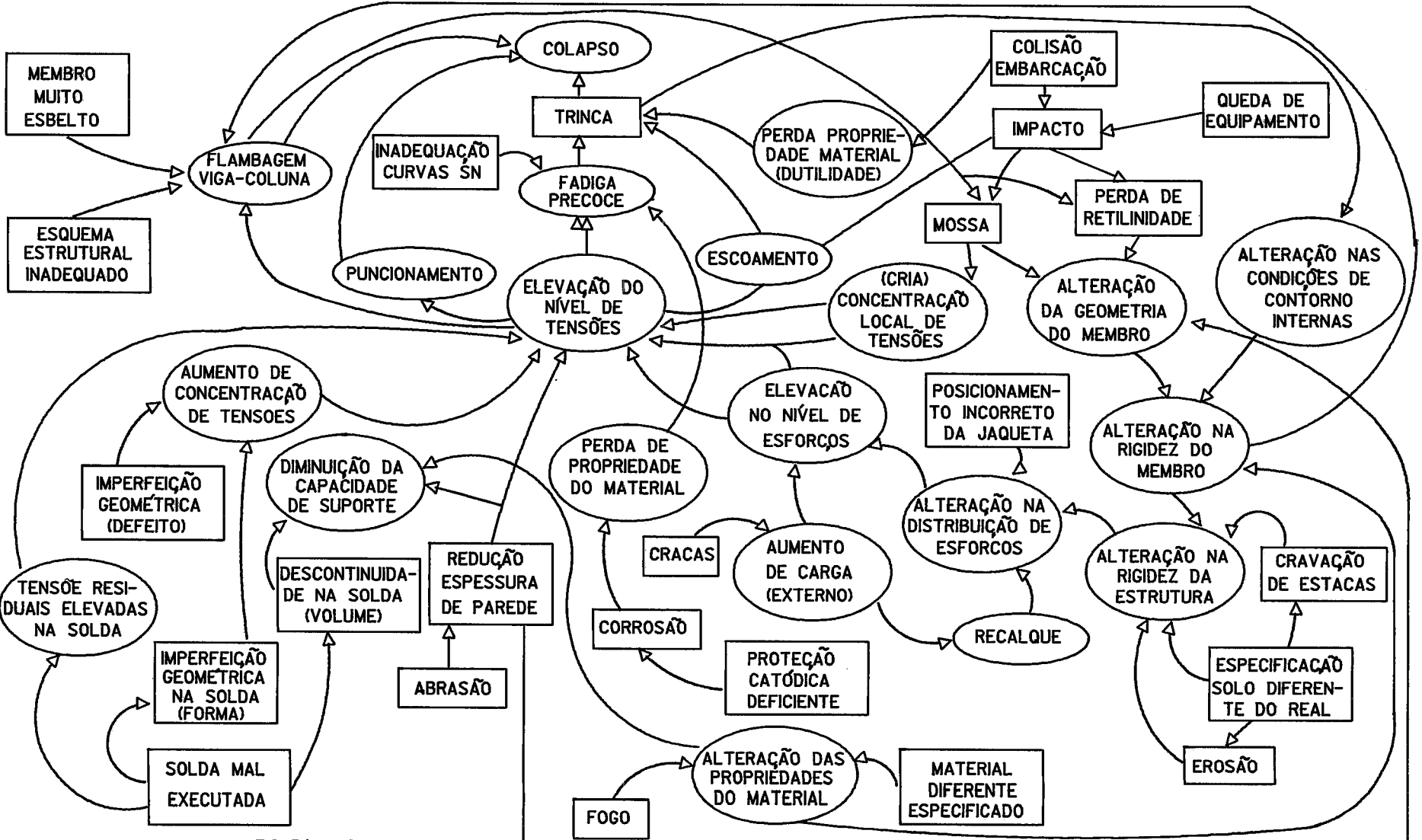


FIGURA IV.6 - REDE CAUSAL

Nessa última fase do processo, o trabalho está sendo feito apenas com um especialista. Os motivos do afastamento do segundo especialista são totalmente independentes do processo, mas até então, tivemos muito pouco problema com relação à discordâncias, pelo motivo citado no início do capítulo e por haver especializações em áreas distintas, que se complementam.

IV.3 - CONCLUSÕES

As técnicas e métodos utilizados permitem concluir que: o processo baseado em ENTREVISTAS é muito cansativo e demorado; como pode ser observado, muitos dos resultados a que se chegou, depois de muita discussão e diversas abordagens ao especialista seria eliciado mais naturalmente pelo uso de outras técnicas, como o exemplo citado da ANÁLISE DE FLUXO INFERENCIAL. Pode-se sentir também, que sem o engajamento do especialista, o processo não se completaria com o sucesso que percebemos até agora. Mas o sucesso também é bastante dependente da percepção do EC sobre as distorções que esse processo permite sobre o real conhecimento do especialista. A utilização de técnicas mais formais associadas às ENTREVISTAS favorece essa percepção.

É importante evitar, ao máximo, intromissões externas ao processo de EIC. Além da entrada do novo EC, tivemos um problema quando foi escolhida uma outra pessoa para implementar os procedimentos numéricos necessários. Seus contatos com um dos especialistas, inclusive fora das sessões, perturbavam de tal forma o processo que foi preciso reposicionar o especialista com relação à todos os pontos referentes ao projeto para que o processo, aos poucos voltasse ao seu ritmo normal. Daí concluímos, também, a necessidade desse posicionamento. O especialista, apesar de não necessitar, e muitas vezes não querer, entrar nos pormenores do SE, necessita estar ciente do que é, como é o SE que ele está ajudando a construir, para que possa dentre outras

coisas, perceber qual o nível de informação necessário e querer fornecer essa informação.

O domínio em questão não é pequeno e é bastante complexo, envolvendo muitas relações e associações em vários níveis de abstração. Achamos que ter iniciado o processo com algumas sessões de OBSERVAÇÃO, após as ENTREVISTAS NÃO-ESTRURADAS, teria sido um caminho mais correto, principalmente com a análise de PROTOCOLOS RETROSPECTIVOS que permitiria uma visão global do domínio de uma maneira mais organizada que simplesmente por ENTREVISTAS. Acredita-se, que a estrutura global do conhecimento do especialista teria sido captada mais rapidamente e o processo teria sido conduzido de maneira mais produtiva.

Podemos concluir que principalmente a falta de formalização do processo de EIC, mais especificamente, e da AC, faz com que o EC recaia no uso dos métodos ligados às ENTREVISTAS, ou mais globalmente dos métodos que não têm restrição quanto ao tipo de conhecimento eliciado.

Para que o processo de EIC se efetive, com a utilização das técnicas e métodos certos, na hora certa, é imprescindível que o EC esteja com eles "no sangue" - e para isso elas precisam ser bem conhecidas - pois muitas vezes, como citado, o próprio especialista fornece indicações do uso de algumas delas. No entanto, a percepção dessas indicações, ou, nos outros casos, a escolha das técnicas é um processo não trivial. A análise dos dados também é um ponto muito importante, pois se o processo não for bem conduzido, o EC

pode, em determinado momento, se ver afogado em dados e informações, podendo inclusive, perder o "fio da meada" do conhecimento do especialista e enrolar o processo. Na verdade faz-se sentir a necessidade de uma metodologia efetiva que guie todo o processo de AC, dando inclusive, embasamento e credibilidade ao trabalho do EC; permitindo um processo mais rápido e menos dependente das pessoas envolvidas.

CAPÍTULO V

UMA METODOLOGIA PARA A AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO

V.1 - INTRODUÇÃO

Como conclusão dos Capítulos III e IV, podemos dizer que a formalização das técnicas e métodos existentes para a ElC, e o fornecimento de diretrizes para a condução do processo, são imprescindíveis para a obtenção de um bom resultado do mesmo, embora não suficientes.

O processo de ElC é mais delicado e complexo do que se julgava e assim sendo, é necessária uma forma de condução mais efetiva.

Os passos dessa fase especificados nas metodologias de AC apresentadas até então (HAYES-ROTH et al., 1983), são vagos e permitem um grau de flexibilidade não oportuno para o processo em questão. Por outro lado, a descrição das fases do processo de ElC como proposta por KIDD e WELBANK (1984)), QUINN (1987) dentre outros, e por nós pode ser considerada uma boa tentativa para a busca de uma metodologia para a ElC, mas efetivamente, é fraca. O EC fica perdido entre métodos e técnicas, dados e mais dados eliciados, características do domínio de aplicação, da categoria de aplicação, diretrizes sobre como lidar com o especialista, etc.

Percebe-se um direcionamento das pesquisas para busca de metodologias mais formais e que envolvam não só a fase

de EIC, mas toda a AC, pois os problemas existentes na construção dos SEs são, em sua grande maioria, decorrentes da AC como um todo, como já vimos.

Algumas propostas baseiam-se nas categorias de aplicação e suas características relacionadas ao domínio para a escolha das técnicas e métodos (KASSIER e KURPERS, 1987), outras baseiam-se em aspectos puramente psicológicos e comportamentais, sem uma maior preocupação com a aplicação propriamente dita, como descrito por BELL (1987) ou baseiam-se no enfoque de uma boa escolha de projeto (GRUBER e COHEN, 1987). Sob o enfoque psicológico, conjugado com os outros aspectos relacionados ao processo de EIC, e já citados por nós várias vezes, surgem a maioria das propostas como as de GAMMACK (1987) e JOHNSON e JOHNSON (1987). Em sua maioria, essas metodologias trabalham apenas com alguns métodos e técnicas, ainda não estão totalmente formalizadas nem validadas e acabam por ser limitadas à determinados domínios ou aplicações.

Com uma visão mais abrangente, embora ainda pouco formalizada, está a metodologia proposta por COOKE e seus colaboradores (1986; 1987), que se baseia na análise de avaliação.

Sob um outro enfoque, e mais abrangente ainda, está a metodologia KADS.

V.2 - UMA METODOLOGIA SOB O ENFOQUE DA ANÁLISE DE AVALIAÇÃO

COOKE e seus colaboradores defendem o uso de uma ferramenta automatizada nas primeiras etapas do processo de EIC, com o uso das técnicas psicológicas para gerar um perfil cognitivo do especialista, que facilite o processo de AC e possivelmente sugira um esquema de representação do conhecimento conveniente. Esse perfil cognitivo pode servir de base para a aplicação de outras técnicas ou de um outro sistema automático - como o TERESIAS (SHORTLIFFE e BUCHANAN, 1984). O trecho a seguir expressa as expectativas de COOKE e MCDONALD (1987) com relação a essa ferramenta: "O objetivo da pesquisa, a longo prazo, é o desenvolvimento de um sistema que seja capaz de eliciar um conjunto de itens relacionados ao domínio, selecionar um método de coleta de dados apropriado, escolher técnicas de avaliação apropriadas, guiar as avaliações, escolher uma solução particular e interpretar a solução resultante".

Existem dois problemas que são críticos para a aplicação das técnicas de avaliação para a EIC e que se constituem nos maiores empecilhos para a estruturação de uma metodologia sob esse enfoque (COOKE e MCDONALD, 1986): a eliciação inicial de um conjunto de conceitos e a interpretação da representação resultante.

Vimos no Capítulo III que uma importante contribuição das técnicas de avaliação para a EIC é a independência do dado verbal. Mas vimos também que todas essas técnicas requerem como dado de entrada uma matriz de distâncias

estimadas e que para a geração dessa matriz se faz necessário selecionar o conjunto de itens a serem representados e produzir as referidas distâncias estimadas. Principalmente para a geração do conjunto de itens, não existe nenhum método efetivo e recai-se no empirismo, isto é, há a necessidade de se valer da intuição do EC ou do especialista. Devido a dificuldade de introspecção e expressão verbal, esse conjunto de itens pode ser incompleto ou inapropriado.

O segundo problema, que se refere à interpretação da representação resultante, envolve dois aspectos: primeiro, a separação da análise e da interpretação, que se confundem - como podemos verificar na descrição das técnicas de avaliação, no Capítulo III; uma vez esse problema resolvido, surge o aspecto do mapeamento da solução encontrada na análise para uma aplicação particular, no caso uma BC. Esse mapeamento pode ser feito indiretamente, usando as soluções para guiar entrevistas estruturadas ou outras técnicas de EIC ou até mesmo para guiar um enfoque de aprendizagem automática, que gerará informações para a BC, ou através da transformação das soluções num formato compatível com uma arquitetura de BC particular. As soluções também podem ser mapeadas diretamente na BC de um sistema capaz de interpretá-las.

Esse processo de interpretação ainda não está formalizado e para a aplicação em EngC esse é um passo muito importante: não é necessário saber somente que dois conceitos são relacionados, mas como eles se relacionam. Dessa forma é importante, por exemplo, prover as conexões resultantes

do "PATHFINDER" com semântica para que a rede resultante se torne uma rede semântica. Assim, também é necessário especificar como identificar as dimensões num MDS e o nível de corte de agrupamento numa HCS. A interpretação da representação resultante é bastante dependente desse tipo de informação.

V.3 - O ENFOQUE DA METODOLOGIA KADS

BREUKER e WIELINGA (1985; 1987; 1987a; 1988; 1988a; 1988b; DE GREEF e BREUKER, 1985) propõem uma metodologia que representa uma nova opção ao tratamento dos dados verbais, cujos princípios representam uma nova maneira de enxergar o processo de AC e têm guiado muito das pesquisas nesse campo atualmente.

V.3.1 - Uma Revisão no Processo de Desenvolvimento dos SBC

Em verdade, na busca de uma EIC orientada, que permitisse uma interpretação coerente dos dados obtidos, alguns pesquisadores como Breuker, Wielinga, De Greef, Clancey, Brachman, entre outros, repensaram as bases de todo o processo de desenvolvimento dos SEs, mais globalmente, dos SBCs.

Segundo essa visão, o enfoque "bottom-up", que guia o desenvolvimento dos SEs até hoje, traz uma série de problemas. Nesse enfoque, as estruturas que constituem a especialidade num domínio, podem ser descobertas através da abstração dos dados detalhados, colhidos do especialista. Segundo BREUKER e WIELINGA (1988b), no entanto, não existe nenhuma estrutura natural no dado. As estruturas reveladas são dependentes dos atributos que se considera mais ou menos relevantes.

Sob esse enfoque, ainda, as tentativas de solução para

a AC, partem de dois extremos, os dados - a partir das informações colhidas do especialista tenta-se chegar à uma implementação - ou a implementação - onde abstrai-se que a arquitetura do domínio tem a mesma estrutura do domínio original - no enfoque das "shells".

A maneira implementacional usada é a prototipagem rápida que se torna facilmente conduzida pelos formalismos de representação, pois o conjunto de soluções potenciais é reduzido ao que uma "shell" particular tem para oferecer, tornando cada vez maiores as chances da imposição de estruturas erradas, ineficientes ou opacas ao dado, pois o nível de abstração que as "shells" oferecem é baixo, não sendo suficiente para se adquirir uma visão coerente da estrutura da especialidade em domínios de relativa complexidade. Isto é, nas "shells", as estruturas são cadeias de raciocínio, que são instâncias, ao invés de descrições genéricas do processo de solução de problemas. Como consequência, a prototipagem rápida conduz facilmente ao "backtracking" e ao desuso dos sistemas (BREUKER et al., 1988).

" O objetivo da pesquisa atualmente é achar restrições e modelos de refinamento "top-down" para guiar o processo de desenvolvimento de SEs, evitando as situações "bottom-up", pois não há como garantir se os dois extremos em questão, isto é, os dados e a implementação, vão se encontrar" (BREUKER E WIELINGA, 1988b).

Esse objetivo tem ditado o aparecimento de novas ferramentas e metodologias como KADS (que também é uma ferra-

menta).

V.3.2 - Os Princípios da Metodologia KADS

A metodologia KADS é um enfoque baseado em estágios que também incorpora aspectos da Engenharia de Software, pois especifica um modelo de ciclo de vida de atividades, contendo ferramentas e técnicas típicas para a EngC.

Essa metodologia é baseada nos seguintes princípios (BREUKER et al., 1988; BREUKER e WIELINGA, 1988b):

- toda a análise dos dados deve preceder o projeto e implementação de um SBC - diferente do que ocorre na prototipagem rápida e nos enfoques incrementacionais.

- a validade dos resultados de um SBC pode ser igual ou melhor do que de um especialista humano, mas o desempenho não é tão flexível e a flexibilidade afeta o conjunto de problemas no domínio que o sistema pode resolver adequadamente - " A flexibilidade pode vir da exploração reflexiva de princípios do domínio, como aplicado na segunda geração de SE (XPLAIN, NEOMYCIN)" (BREUKER e WIELINGA, 1988b).

- não há restrições quanto às técnicas a serem usadas para ElC. Encontramos referência à grande maioria das técnicas e métodos descritos no Capítulo III. A metodologia fornece algumas diretrizes para sua aplicação - como também mencionado no capítulo anterior - mas essa atividade conti-

nua sem uma formalização. O dado novo nesse aspecto é que a ELC é guiada por um "modelo de interpretação", como veremos mais adiante, e não é considerada como gargalo na construção de um SE, mas como um fator limitante prático devido à consideração da existência de uma forte ligação entre a acessibilidade do conhecimento especializado e a viabilidade para o projeto de um SE para um domínio particular - "acessibilidade na mente e implementabilidade na máquina são talvez dois lados de uma mesma moeda" (BREUKER e WIELINGA, 1988b).

- existem cinco níveis para a descrição do dado estático, que são os cinco níveis que BRACHMAN (BREUKER e WIELINGA, 1988b) distinguiu na descrição dos vários formalismos (linguagens) que as redes semânticas tentam capturar: linguístico, conceitual, epistemológico, lógico e implementacional.

- construir um SE é construir um modelo da especialidade. Segundo CLANCEY (BREUKER e WIELINGA, 1988b) - "A AC guiada por modelo é um mapeamento da compreensão da conduta do especialista no mundo real, na descrição implementacional". Sob esse enfoque, o real gargalo na construção de SE é o mapeamento dos dados verbais nos formalismos de representação, pois se somos capazes de obter os dados detalhados do conhecimento do especialista, não sabemos como lidar com ele; o contexto de uso e as interdependências entre os diversos dados são, em geral, não explícitas. Assim, além do dado ter que ser transformado em elementos de implementação, o acesso à sua relevância e a identifica-

ção da sua estrutura tem que ser obtidos por abstração. A análise dos dados consiste dessas duas funções: transformação e abstração.

No KADS, a fase de análise é composta por atividades: externa, que produz a especificação dos requerimentos externos do SBC - que são: especificação de desempenho, restrições de implementação e especificação de interface - e interna, que consiste da modelagem da especialidade e comunicação com o usuário.

Requerimentos externos, modelo conceitual e conhecimento estático (chamados objetos na metodologia KADS), são os resultados dessa fase e os dados de entrada para a fase de projeto, onde são transformados na especificação da arquitetura do SE.

A figura (V.1) mostra o espaço de desenvolvimento de um SBC como considerado na metodologia KADS. Nesse espaço estão representadas as fases de análise e projeto, com as respectivas transformações sofridas pelo dado pelos cinco níveis de Brachman (modelos) (BREUKER e WIELINGA, 1988b).

O mapeamento dos dados no nível epistemológico - que é o mais alto nível de abstração - não se deve somente à grande distância existente entre o nível linguístico e o implementacional, mas porque dessa forma, existe um perigo menor de haver perda de informação no processo - "o nível epistemológico da rede semântica permite uma definição formal das primitivas da estrutura do conhecimento, ao invés de primitivas do conhecimento particularizado"

(BRACHMAN, 1977).

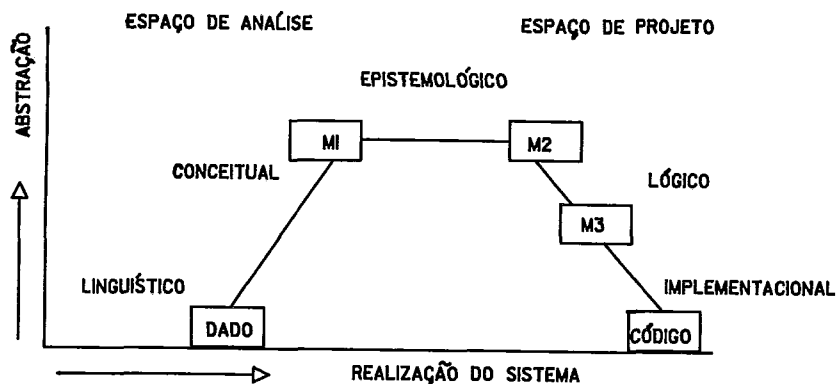


FIGURA V.1 - MODELOS E ESPAÇO DE DESENVOLVIMENTO DE SE.

Os níveis mais baixos são mais próximos à uma interpretação conceitual (conceitual e linguístico), ou à construções interpretáveis pela máquina (lógico e implementacional). Esses níveis também podem ser usados para descrever níveis ou estágios no desenvolvimento de um SBC.

Para descrever e especificar os vários objetos, uma "linguagem de modelagem" e estruturas foram desenvolvidas. As estruturas são: de modelo conceitual, de projeto e de modalidade.

A construção do modelo conceitual é que permite a interpretação dos dados no nível epistemológico, efetivando a "ponte" entre o espaço de análise e o de projeto, pois esse modelo deve refletir a compreensão que o EC tem da especialidade, de forma a facilmente mapeá-la em elementos implementáveis.

Uma linguagem de modelagem é necessária para a construção desse modelo, pois a compreensão da estrutura da tarefa e do domínio de conhecimento não é trivial. Essa linguagem provê um vocabulário no qual a especialidade pode ser expressa numa forma coerente. Na KADS, ela se chama KCML (Linguagem de modelagem conceitual KADS) e é derivada da teoria sobre solução de problemas reflexivos, a teoria das quatro camadas. Essa teoria é baseada em duas premissas: que é possível e útil distinguir entre vários tipos genéricos de conhecimento e que esses tipos podem ser organizados em camadas com interações limitadas. Na KADS os quatro níveis identificados são: nível do domínio, da inferência, da tarefa e da estratégia, como mostra a figura (V.2). As estruturas, tipos e termos dos elementos da KCML são especificados e descritos em BREUKER e WIELINGA (1988b).

"Uma linguagem de modelagem pode ser bastante útil para identificar os objetos e processos do domínio, mas para que a AC seja realmente guiada por modelo, os padrões genéricos da especialidade têm que ser identificados e tornados disponíveis como ferramentas para dar suporte aos estágios iniciais da AC" (BREUKER e WIELINGA, 1988b). No enfoque que baseia a KADS, esses padrões são identificados na estrutura do raciocínio que é usado em várias tarefas, chamadas tarefas genéricas - por exemplo, diagnóstico por classificação heurística. Dessa forma, para cada tarefa genérica, um modelo inicial de interpretação é disponível, provendo macro estruturas dos métodos de raciocínio. "Se a

identificação da tarefa é correta, a AC é basicamente um processo de refinamento" (BREUKER e WIELINGA, 1988b).

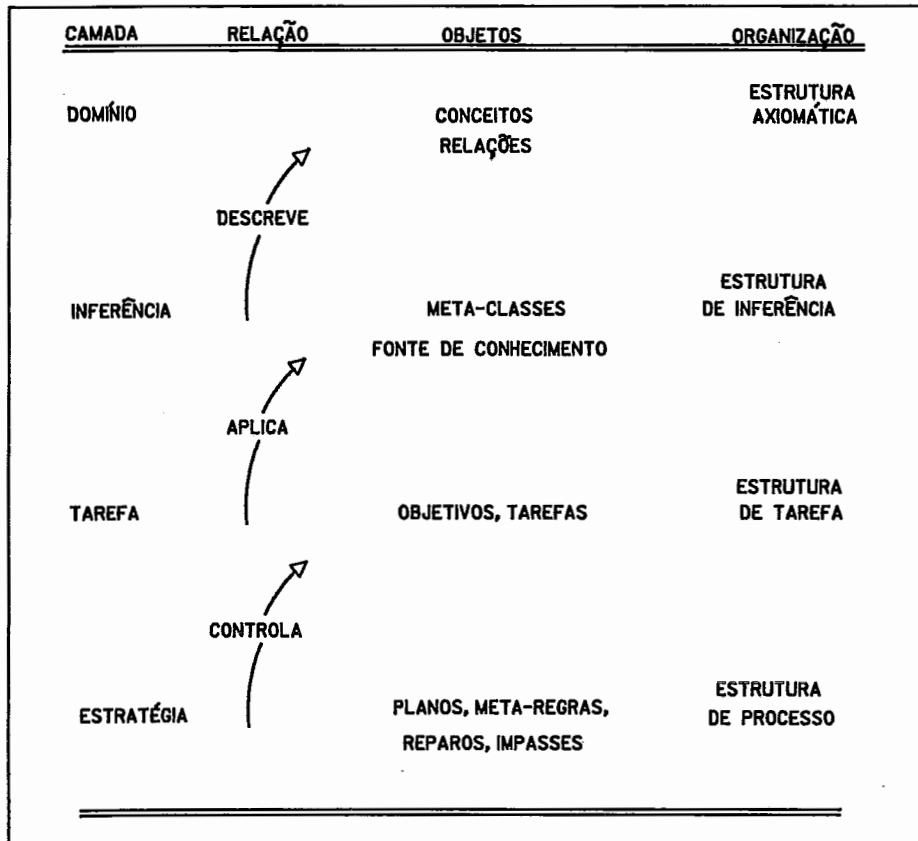


FIGURA V.2 - CAMADAS DE DESCRIÇÃO DO CONHECIMENTO DO ESPECIALISTA

Um modelo de interpretação, é um modelo de alto nível em KCML que é usado como um modelo inicial para guiar a análise dos dados, pois contém descrições abstratas de aspectos invariantes de tipos recorrentes de tarefas. A função do modelo de interpretação é prover uma estrutura inicial de alto nível para o modelo conceitual. A figura (V.3) mostra as estruturas de inferência, baseadas nos modelos de interpretação, para tarefas típicas de diagnóstico geral e diagnóstico sistemático respectivamente.

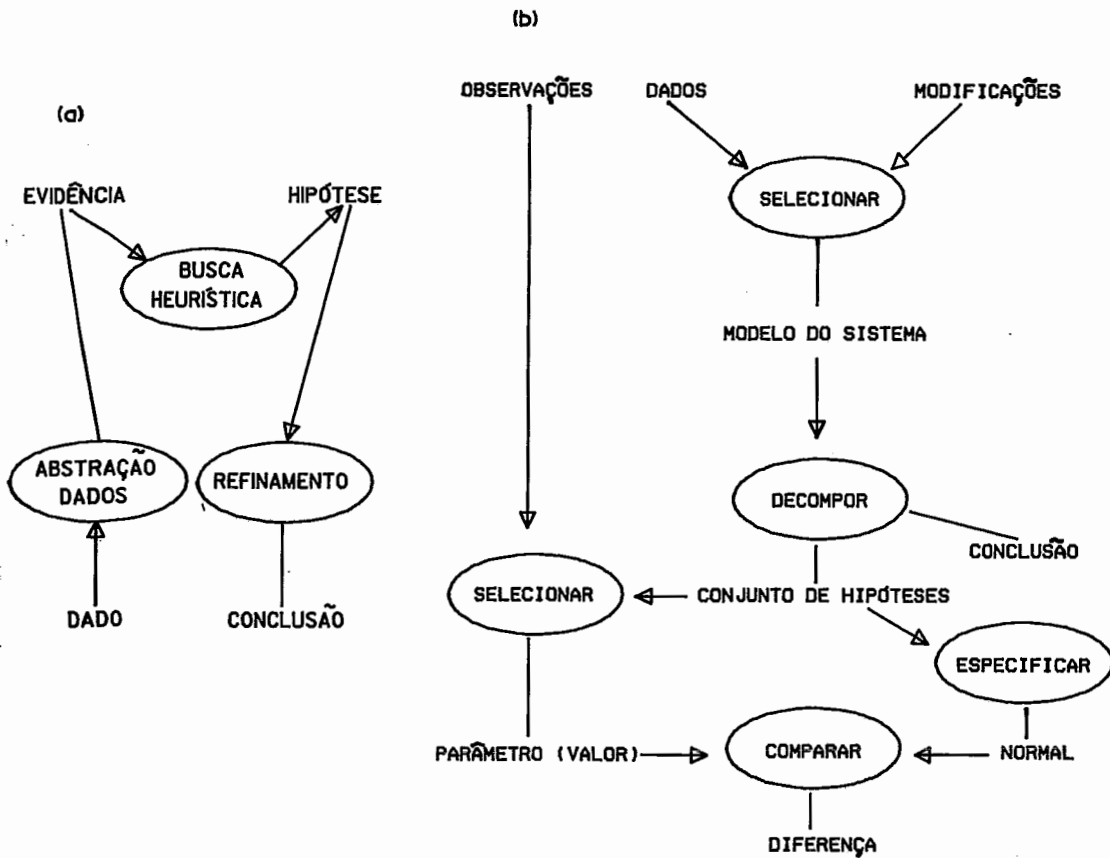


FIGURA V.3 - (a) ESTRUTURA DE INFERÊNCIA PARA TAREFA TÍPICA DE DIAGNÓSTICO.

(b) ESTRUTURA DE INFERÊNCIA PARA DIAGNÓSTICO SISTEMÁTICO.

(BREUKER E WIELINGA, 1988b)

Tarefas reais podem ser vistas como composições dinâmicas de tarefas genéricas. Por exemplo, em problemas em equipamentos de áudio, diagnósticos heurísticos podem preceder ou serem alternados com diagnóstico sistemático. Dessa forma, o modelo conceitual é construído pela combinação de modelos de interpretação. BREUKER e WIELINGA (1988b) fornecem uma taxonomia de tarefas genéricas que traz uma nova visão à classificação de categorias de aplicação feita por HAYES-ROTH et al. (1983) como mostra a figura (V.4).

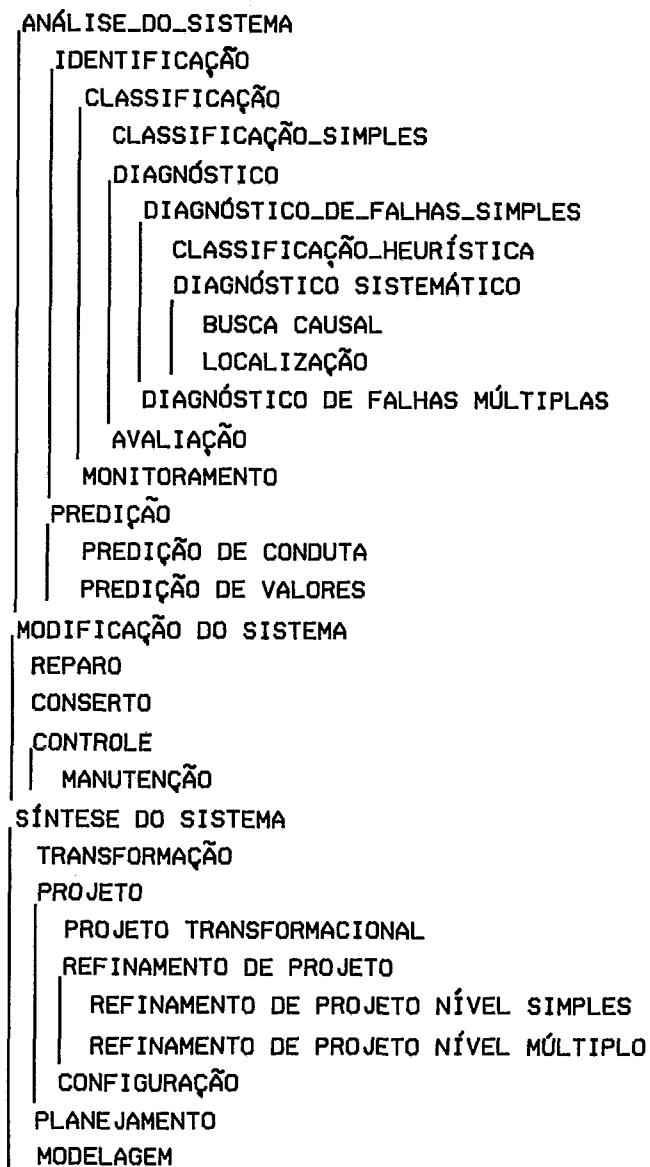


FIGURA V.4 - TAXONOMIA DE TAREFAS GENÉRICAS

As técnicas de análise e a documentação das fases de análise e projeto são suportadas por ferramentas, "KADS Power Tools". Uma nova geração dessas ferramentas e outros suportes, estão em desenvolvimento sob o nome de SHELLEY. SHELLEY é um sistema escrito em PCE/PROLOG e consiste de um

conjunto integrado de editores de manipulação direta para analisar o dado - editor de protocolos - construir um modelo conceitual, construir a estrutura do conhecimento estático, etc. A integração de suas várias funções é feita pelo uso de objetos tipo hipertexto que são criados e mantidos através de todas as atividades. SHELLEY contém uma biblioteca de modelos de interpretação para auxiliar o EC no início da fase de análise.

Apesar de os estudos mostrarem que a linguagem KCLM é útil como uma "ponte" entre os dados e o projeto de um SE e que os modelos de interpretação cumprem o seu papel, eles não estão totalmente desenvolvidos nem formalizados; ainda não existem modelos disponíveis para todas as categorias de aplicação.

A idéia dos modelos de interpretação foi usada em vários estudos, mesmo fora da metodologia KADS e chegou-se às seguintes conclusões:

- os modelos de interpretação dão suporte efetivo à análise dos dados num estágio inicial. Os EC novatos demonstram ter poucos problemas para usar os modelos.

- "um modelo errado é melhor que nenhum modelo" DE GREEF (BREUKER e WIELINGA, 1988b) - os EC demonstraram preferir trabalhar com um modelo inicial do que tentar analisar grandes quantidades de dados na maneira tradicional, e mesmo que os modelos selecionados inicialmente não sejam os mais apropriados, existe uma grande probabilidade desses modelos serem da mesma família dos realmente apro-

priados.

V.3.3 - Outros Desenvolvimentos sob o Enfoque KADS

V.3.3.1 - Linguagens de Modelagem

Assim como a linguagem de modelagem descrita na KADS, foi desenvolvida para construir um modelo conceitual que funciona como a ligação entre o dado e a implementação, outras linguagens foram desenvolvidas com esse mesmo fim (BREUKER et al., 1988). Algumas delas têm uma relação direta com os formalismos de implementação, como por exemplo CSRL, e se situam mais no espaço de projeto do que no de análise - como descritos na KADS. Outras são independentes do formalismo; por exemplo: SUPE-SPOONS, GLIB e a própria KCML. A independência da implementação tem a vantagem de permitir que as preocupações relativas ao projeto efetivo do sistema, possam ser deixadas até que o EC tenha adquirido uma compreensão explícita do que constitui o domínio.

O uso de uma linguagem intermediária entre o dado e a implementação tem uma série de vantagens:

- . reduz a complexidade do processo de AC, pois a flexibilidade refere-se ao controle da complexidade.

- . o resultado de cada atividade pode ser monitorado e revisto explicitamente, pois linguagens informais são especificadas para cada modelo intermediário.

- . o modelo conceitual serve como uma grava-

ção do conhecimento, independente da tecnologia, não sendo distorcido por uma implementação particular.

. descrições intermediárias podem ser utilizadas para depuração, manutenção e/ou refinamento do SBC final.

. os modelos conceitual e de projeto e suas relações, podem ser usados para dar explicações em um nível mais alto do que com o código parafraseado.

V.3.3.2 - Ferramentas Semi-Automatizadas

Sob a idéia de que uma "shell" por si só não é uma ferramenta e que é preciso um trabalho de frente, que sirva de ligação entre os espaços de análise e projeto, isto é, que permita uma especificação da BC automaticamente, pela interação com um EC ou diretamente com o especialista, surgem as ferramentas semi-automatizadas - sob o princípio do processo de AC guiado por modelo (BREUKER e WIELINGA, 1987a), representando um passo a frente sobre as ferramentas semi-automatizadas citadas no Capítulo III. O modelo é a arquitetura de uma "shell" e sua translação conceitual em conhecimento inteligente para interação.

A maioria dessas ferramentas ainda não está disponível comercialmente. Segundo BREUKER e WIELINGA (1988b), o problema desse enfoque é provavelmente o modelo conceitual de raciocínio, pois esses sistemas têm ou implementam apenas

um único modelo conceitual, podendo abranger apenas um pequeno conjunto de domínios.

A maioria desses sistemas semi-automatizados é desenvolvida principalmente para tarefas de classificação. Podemos citar, dentre outros: ROGET (BENNETT, 1985) - um dos primeiros desse tipo; usa o EMYCIN como sua "shell"; MOLE - para diagnóstico; KNACK (HOFMANN et al., 1987) - para avaliação de projeto; TKAW - para diagnóstico de falha em equipamentos; MORE - para diagnóstico; STUDENT - para análise de dados; Yaka - para diagnóstico para tarefas de configuração simples; TERESIAS - para manutenção para os sistemas tipo MYCIN; OPAL - para manutenção para o ONCOCIN; usa um modelo conceitual do conhecimento do domínio para guiar a interação com o EC ou com o especialista.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÕES

Nesse trabalho procuramos mostrar o papel da AC no processo de construção de SEs, sua importância e as principais linhas de pesquisa que estão envolvidas na busca da efetivação desse processo, com ênfase na ELC e nos métodos e técnicas utilizados nessa fase.

Vimos que o problema da AC é abordado e atacado sob várias e distintas diretrizes. E mesmo considerando que a fase de ELC, em si, não constitui o gargalo do processo de AC, ela mostra-se importante e imprescindível em todas as diretrizes: quer com a AC automática, sob o enfoque do aprendizado automático - com métodos e técnicas específicos - ou sob o enfoque do desenvolvimento de ferramentas mais potentes e integradas, quer com a utilização de metodologias que englobem o uso das diversas facilidades disponíveis na área.

Além disso, o estabelecimento de uma metodologia adequada para a condução do processo de ELC, e mais globalmente da AC, faz-se indispensável, mas ainda está em aberto, assim como o estabelecimento de ferramentas mais potentes, que possam ser usadas efetivamente para a ELC, e a efetivação dos sistemas de aprendizado automático.

Portanto, além de fornecer ao EC condições de escolher ou combinar as diferentes diretrizes, fica reforçada a necessidade do conhecimento e formalização dos métodos e

técnicas que possam efetivamente auxiliar, na prática, o EC na ELC, assim como o fornecimento de diretrizes para uma boa utilização desses métodos e técnicas.

Existe uma grande diversidade de métodos e técnicas citados na literatura, mas no entanto, a descrição do processo de cada método ou técnica normalmente não é formalizada. Percebemos também, que sua utilização ainda é feita de maneira experimental, até mesmo devido à busca de uma adequação das técnicas e métodos à construção de SBCs, pois eles são, em sua maioria, de propósito geral, e aplicados em ciências correlatas. Esse caráter experimental favorece as variações nos processos e o surgimento de novas técnicas. Além disso, outros pontos básicos encontram-se definidos e utilizados de maneira distinta e até mesmo, em alguns casos, confusa, como a definição dos tipos de conhecimento do especialista, a classificação das categorias de aplicação e a especificação das próprias fases dos processos de ELC e AC, dificultando o estabelecimento de critérios de utilização dos métodos e técnicas.

Acreditamos que conseguimos reunir as pontas de cada "novelo" que compõe o quadro exposto acima, descrevendo-as sob uma estruturação coerente, mostrando os diversos enfoques envolvidos e, especificando as linhas principais assumidas, contribuindo para um melhor direcionamento no processo de ELC, e para uma visão mais integrada dos problemas existentes.

Estamos trabalhando com uma área recente e altamente

evolutiva. As várias linhas de pesquisa que emergem e se entrelaçam - inclusive com outras áreas e disciplinas - faz da AC um vasto campo de trabalho. Especificamente no que se refere a EIC, podemos destacar trabalhos que seriam interessantes e importantes: utilização dos diversos métodos descritos com a validação dos critérios de utilização; busca de técnicas específicas e eficazes para a eliciação do raciocínio impreciso, de suma importância como mostrado no Capítulo IV e tão difícil de elicitar ; estudo dos diversos tipos de conhecimento envolvidos na construção de um SBC, com o mapeamento não só das técnicas e métodos, como também da especialidade; desenvolvimento de novos métodos visando algum(ns) tipo de conhecimento ou áreas de aplicação; outros trabalhos relacionados à efetivação de uma metodologia para a EIC e AC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCIADICOMO, T. (1988) "Computerized Reasoning", PC Tech Journal, May, pp. 44-56.
- BAKER, N., FENVES, S. (1987) A Knowledge Acquisition Study of Structural Engineer Performing Preliminary Design, Technical Report, EDRC 12-19-87, Carnegie-Mellon University.
- BELL, J. (1987) The Human Side of Knowledge Engineering, JB Associates, September.
- BENNETT, J.S. (1985) "ROGET: A Knowledge-Based System for Acquiring the Conceptual Structure of a Diagnostic Expert System", Journal of Automated Reasoning, vol. 1, pp. 49-74.
- BOOSE, J.H. e KITTO, C.M. (1987) "Heuristics for Expertise Transfer: An Implementation of a Dialog Manager for Knowledge Acquisition", Int. J. Man-Machine Studies, n. 26, pp. 183-202.
- BRACHMAN, R.J. (1977) "What's in a Concept: Structural Foundations for Semantic Networks", Int. J. Man Machine Studies, n. 9, pp. 127-152.

- BREUKER, J.A. e WIELINGA, B.J. (1985) **"Interpretation of Verbal Data for Knowledge Acquisition"**, Advances in Artificial Intelligence, T. O'SHEA(Ed.), Amsterdam, North-Holland.
- BREUKER, J.A. e WIELINGA, B.J. (1987) **"Models of Expertise"**, Advances in Artificial Intelligence, vol. II, B. Du Boulay, D. Hogg e L.Steels(Eds.), Amsterdam, North-Holland, pp. 497-509.
- BREUKER, J.A. e WIELINGA, B.J. (1987a) **"Use of Models in the Interpretation of Verbal Data"**, Knowledge Acquisition of Expert Systems - A Practical Handobook, Alison L. Kidd(Ed.), London, Plenum, pp.17-44.
- BREUKER, J.A., WIELINGA, B.J. e BREDEWEG, B. (1988) **"Knowledge Acquisition for Expert Systems"**, Proceedings of ACAI.
- BREUKER, J., WIELINGA, B., BREDEWEG, B., SCHREIBER, G. (1988a) **"Modeling in KBS Development"**, Second European Knowledge Acquisition Workshop, Boon, June.
- BREUKER, J.A. e WIELINGA, B.J. (1988b) **"Models of Expertise in Knowledge Acquisition"**, Topics in Expert System Design: Methodologies and Tools, Guida G. e Tasso C.(Eds.), Amsterdam, North-Holland.

BUENO, A. e USATEGUI, J.M. (1986) **Guia de la Inteligencia Artificial**, Madrid, Paraninfo.

CONNOR, J.J. e FINNGA (1986) **"Applied Artificial Intelligence for Structural Engineering Analysis and Design"**, OMAE.

COOKE, N., SCHVANEVELDT, R., DURSO, F.T., GOLSMITH, T.E., BREEN, T.J. (1985) **"Measuring the Structure of Expertise"**, Int. J. Man-Machine Studies, n. 23, pp. 699-278.

COOKE, N. (1985a) **Modelling Human Expertise in Expert Systems**, Technical Report MCCS-85-12, Las Cruces, New Mexico State University.

COOKE, N., MCDONALD, J. (1986) **"A Formal Methodology for Acquiring and Representing Expert Knowledge"**, Proceedings of the IEEE, vol. 74, n. 10, pp.1422-1430.

COOKE, N., MCDONALD, J. (1987) **"The Application of Psychological Scaling Techniques to Knowledge Elicitation for Knowledge-Based Systems"**, Int. J. Man-Machine Studies, n. 26, pp. 533-550.

DE GREEF, P. e BREUKER, J. (1985) **"A Case Study in Structural Knowledge Acquisition"**, Int. Joint Conf. on Artificial Intelligence, August, Los Angeles, California, pp. 390-392.

DUARTE, V. (1987) **BOLETIM - Um Sistema Especialista para Previsao de Tempo**, Tese de Mestrado, São José dos Campos, IMPE.

ERICSSON, K.A., SIMON, H.A. (1984) **Protocol Analysis: Verbal Reports as Data**, MIT Press.

EVANSON, S.E. (1988) **"How to Talk to an Expert"**, AI Expert, pp. 36-40.

FEIGENBAUN, E.A. e BARR, A.(Eds.) (1981) **The Handbook of Artificial Intelligence**, California, Stanford, HEURISTECH, vol I-III.

FIKES, R., KEHLER, T. (1985) **"The Role of Frame-Based Representation in Reasoning"**, Communications of the ACM, vol. 28, n. 9, pp. 904-920.

FISHER, D. (1987) **"Knowledge Acquisition Via Incremental Conceptual Clustering"**, Machine Learning, vol. 2, pp. 139-172.

FOX, J., MYERS, C.D., GREAVES, M.F., PEGRAM, S. (1987) **"A Systematic Study of Knowledge Based Refinement in the Diagnosis of Leukemia"**, Knowledge Acquisition for Expert Systems - A Practical Handbook, Alisson L. Kidd(Ed.), Plenum, London, pp. 73-89.

FREILING, M.J., ALEXANDER, J.H., MESSECK, S.L., REHFUSS, S., SCHULMAN, S. (1985) **"Starting a Knowledge Acquisition Project: A Step-by-Step Approach"**, AI Magazine, Fall.

FRENZEL JR, L.E. (1987) **Crash Course in Artificial Intelligence and Expert Systems**, Howard W. Sams & CO.

FRIEDLAND, P. (1981) **"Acquisition of Procedural Knowledge from Domain Experts"**, Int. Joint Conf. on AI, August, Vancouver, Canada.

FRIEDLAND, P., (1985) **"Special Section on Architectures for Knowledge-Based Systems"**, Communications of the ACM, vol. 28, n. 9, September.

GAMMACK, J.G. (1987) **"Different Techniques and Different Aspects on Declarative Knowledge"**, Knowledge Acquisition for Expert Systems - A Practical Handbook, Alison L. Kidd (Ed.), Plenum, London, pp. 137-162.

GIORNO, F., DUARTE, V.H., DAMSKI, J.C., MILANI, P. (1988) **Methods and Techniques for Knowledge Elicitation**, Technical Report CCR065, Rio de Janeiro, IBM Cientific Center.

GONÇALVES, C.A. (1986) **Aquisição e Representação de Conhecimento para Sistemas Especialistas**, Tese de Doutorado, São Paulo, FEA/USP.

GOTTGTROY, M.P.B. e MONAT, A. (1986) **Histórico e Avaliação Sócio-Econômica do Uso e Desenvolvimento da Inteligência Artificial**, Monografia do Curso Informática e Sociedade, Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ.

GOTTGTROY, M., SOBRAL, M., FERRANTE, A., FILHO, M. (1989) **"An Expert System to Assist in the Treatment of Damage in Offshore Structures"**, X Congresso Latino-Americano sobre Métodos Computacionais em Engenharia, Setembro, Porto, Portugal.

GRUBER, T.R. e COHEN, P.R. (1987) **"Design for Acquisition: Principles of Knowledge-System Design to Facilitate Knowledge Acquisition"**, Int. J. Man-Machine Studies, n. 26, pp.143-159.

GUERREIRO, C. (1989) **"Uma Classificação em Aprendizado Automático"**, Jornada de Atualização do Grupo de Inteligência Artificial da UFRJ, Rio de Janeiro.

HART, A. (1986) **Knowledge Acquisition for Expert Systems**, New York, McGraw-Hill.

HART, A. (1987) **"Role of Induction in Knowledge Elicitation"**, Knowledge Acquisition for Expert Systems - A Practical Handbook, Alison L. Kidd(Ed.), London, Plenum, pp.165-189.

- HAYES-ROTH, F., WATERMAN, D.A., LENAT, D.B. (Eds.) (1983) **Building Expert Systems**, Addison-Wesley.
- HOFMANN, M., HSIEH, L., HSY, J., PATRICK, A. (1987) **"KNACK - A Knowledge Acquisition Project"**, IBM Palo Alto Scientific Center.
- HOFFMAN, R.R. (1987) **"The Problem of Extracting the Knowledge of Expert from the Perspective of Experimental Psychology"**, AI Magazine, Summer, pp. 53-57.
- JOHNSON, L. e JOHNSON, N.E. (1987) **"Knowledge Elicitation Involving Teachback Interviewing"**, Knowledge Acquisition for Expert Systems - A Practical Handbook, Alison L. Kidd(Ed.), London, Plenum, pp. 91-108.
- KASSIER, J. e KURPERS, B. (1987) **"Knowledge Acquisition by Analysis of Verbatim Protocols"**, Knowledge Acquisition for Expert Systems - A Practical Handbook, Alison L. Kidd(Ed.), London, Plenum, pp.45-70.
- KIDD, A. e WELBANK, K.M. (1984) **"Knowledge Acquisition"**, Expert Systems - State of the Art Report, J. FOX(Ed.), Pergamon Infotech Ltd, vol.12, n. 7, pp. 71-119.
- KIDD, A. (1987) **"Knowledge Acquisition - An Introduction Framework"**, Knowledge Acquisition for Expert Systems - A Practical Handbook, Alison L. Kidd(Ed.), London, Plenum, pp.1-15.

- KORNELL, J. (1987) **"Formal Thought and Narrative Thought in Knowledge Acquisition"**, Int. J. Man-Machine Studies, n. 26, pp. 203-212.
- LA FRANCE, M. (1987) **"Knowledge Acquisition Grid: A Methodology for Training Knowledge Engineers"**, Int. J. Man-Machine Studies, n. 26, pp. 245-255.
- LEÃO, B.F., LUCCHESI, F.A., ROCHA, A.F. (1987) **"A Methodology Proposal for Knowledge Acquisition"**, Proc. 7th Int. Congress on Medical Informatics, September.
- LEÃO, B. (1988) **Construção da Base de Conhecimento de um Sistema Especialista de Apoio ao Diagnóstico de Cardiopatias Congênitas**, Tese de Doutorado, São Paulo, Escola Paulista de Medicina.
- MACHADO, R.J. e ROCHA, A.F. (1988) **"Calculating the Mean Knowledge Representation from Multiple Experts"**, Technical Report CCR062, Rio Scientific Center, October.
- MACHADO, R.J. (1989) **"Handling Knowledge in High Order Neural Networks: The Combinatorial Neural Model"**, IBM Rio Scientific Center.
- MAHER, M.L., SRIRAN, D., FENVES, S.J. (1985) **"Trends in Engineering Software and Hardware - Knowledge-Based Expert Systems in Structural Design"**, Computers and Structures, vol. 20, n. 1-3, pp. 1-9.

- MCDERMOTT, J. e MARCUS, S. (1989) **"SALT: A Knowledge Acquisition Language for Propose and Revise Systems"**, Artificial Intelligence, vol. 39, n. 1, pp. 1-37.
- MOORE, E.A. e AGOGINO, A.M. (1987) **"INFORM: An Architecture for Expert-Directed Knowledge Acquisition"**, Int. J. Man-Machine Studies, n. 26, pp. 213-230.
- O'HARE, G.M., BELL, O.A. (1985) **"The Coexistence Approach to Knowledge Representation"**, Expert Systems, October, vol. 2, n. 4, pp. 230-237.
- OLSON, J. e RUETER, H. (1987) **"Extracting Expertise from Experts: Methods for Knowledge Acquisition"**, Expert Systems, August, vol. 4, n. 3, pp. 152-166.
- PINHO, A., TELES, A., MENDES, F., RIBEIRO, M. (1988) **"BACO: Um Ambiente para Desenvolvimento de Sistemas Especialistas"**, XIX Congresso Nacional de Informática (SUCESSU), Natal.
- PRADO, H.A. (1989) **Validação de Bases de Conhecimento em Sistemas Especialistas Baseados em Regras**, Tese de Mestrado, Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ.
- QUINN, R.J. (1987) **"Cognitive Research and It's Implications for Knowledge Acquisition"**, IBM, Menlo Park.

RICH, E., (1985) **Artificial Intelligence**, New York, McGraw-Hill, 3. Edição.

SELL, P. (1985) **Expert Systems - A Practical Introduction**, London, MacMillan.

SHAW, M. e GAINES, B.R. (1987) **"An Interactive Knowledge Elicitation Technique Using Personal Construct Technology"**, Knowledge Acquisition for Expert Systems - A Practical Handbook, Alisson L. Kidd(Ed.), London, Plenum, pp. 109-136.

SHORTLIFFE, E.H. e BUCHANAN, B.G. (1984) **Rule-Based Expert Systems - The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project**, Massachussetts, Addison-Wesley.

SOH, C.K., (1986) **Preliminary Development of a Knowledge-Based Systems for the Preliminary Design of Fixed Steel Offshore Jacket Structures**, S.M. Thesis, Cambridge, Department of Civil Engineering, MIT.

SRIRAM, D. (1989) **Computer-Aided Engineering: The Knowledge Frontier (Fundamentals)**, Intelligent Engineering Systems Laboratory, Department of Civil Engineering of MIT, Cambridge, USA, vol. 1.

WATERMAN, D. (1986) **A Guide to Expert Systems**, Massachussetts, Addison-Wesley.

WRIGHT, G., AYTON, P. (1987) **"Eliciting and Modelling Expert Knowledge"**, Decision Support Systems, n. 3, pp. 13-25.

YAO, T., TABY, J., MOAN, T. (1988) **"Ultimate Strength and Post-Ultimate Strength Behavior of Damage Tubular Members on Offshore Structures"**, Transactions of the ASME, n. 110, August.