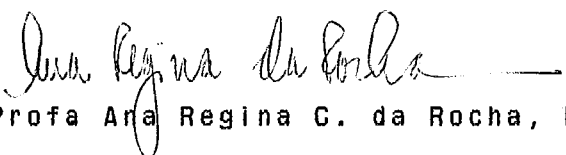


AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO PARA SISTEMAS BASEADOS NO CONHECIMENTO:
UMA EXPERIÊNCIA EM ENGENHARIA DE SOFTWARE


Selma Glitz de Assis

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS 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:


Profa Ana Regina C. da Rocha, D.Sc.
(Presidente)


Prof. Jano M. Souza, Ph.D.


Prof. Julio Cesar S. do Prado Leite, Ph.D.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 1992

ASSIS, Selma Giltz de

Aquisição de Conhecimento para Sistemas Baseados no
Conhecimento [Rio de Janeiro] 1992

VII, 163 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc.,
Engenharia de Sistemas e Computação, 1992)

Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

1. Aquisição de Conhecimento I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

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

AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO PARA SISTEMAS BASEADOS NO CONHECIMENTO:
UMA EXPERIÊNCIA EM ENGENHARIA DE SOFTWARE

SELMA GLITZ DE ASSIS

Março, 1992

Orientador: Ana Regina Cavalcanti da Rocha.

Programa : Engenharia de Sistemas e Computação.

Esta tese tem como objetivo ressaltar a importância da Engenharia do Conhecimento na construção de Sistemas Baseados no Conhecimento, descrever as principais técnicas e ferramentas de aquisição de conhecimento e realizar um experimento na área de Engenharia de Software. O experimento realizado consistiu na aplicação e análise dessas técnicas, objetivando uma indicação daquelas mais apropriadas para a aquisição de conhecimento nesta área.

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

KNOWLEDGE ACQUISITION FOR KNOWLEDGE BASED SYSTEMS:
AN EXPERIENCE IN SOFTWARE ENGINEERING.

SELMA GLITZ DE ASSIS

March, 1992

Thesis Supervisor: Ana Regina Cavalcanti da Rocha.

Department : Systems Engineering and Computer Science.

This work discusses the importance of Knowledge Engineering to the building of Knowledge Based Systems, and describes the main techniques and tools used in knowledge acquisition. Also, an experiment in the area of Software Engineering is reported, which consisted of the application and analysis of the techniques. This experiment aimed at indicating the techniques that are most suitable for knowledge acquisition in this area.

AGRADECIMENTOS

A todos que colaboraram para a realização deste trabalho, em especial:

A Profa Ana Regina Rocha, pela orientação deste trabalho.

Aos pesquisadores, Prof. Arndt von Staa (PUC/RJ), Claudio Trotta (COPPE/UFRJ), Guilherme Travassos (COPPE/UFRJ) e Prof. Luis Carlos Monte (UFF) e, ainda, ao analista de sistemas da EMBRATEL, José Geraldo Silva, pela colaboração recebida.

A EMBRATEL pela oportunidade de participação no seu Programa Interno de Pós-graduação e, também, pelo apoio dos empregados lotados na Biblioteca.

A André Monat, pelo apoio na orientação da tese em seu início.

A Teresa Aguiar e Márcia Gottgtroy pelas construtivas discussões ao longo deste trabalho.

Aos meus pais, pela formação recebida, sem a qual não seria possível realizar este trabalho.

Ao meu marido, Mauro, por tudo!

ÍNDICE

	Página
I - INTRODUÇÃO	1
II - SISTEMAS BASEADOS NO CONHECIMENTO, UMA ABORDAGEM GERAL	
II.1 - Considerações preliminares	5
II.2 - O conhecimento	13
II.3 - Pessoal envolvido no processo	17
II.4 - Importância e dificuldades encontradas no processo de aquisição do conhecimento	21
II.5 - Ciclo de aquisição do conhecimento	26
II.6 - Eliciação X representação do conhecimento	31
II.7 - Validação do Sistema Baseado no Conhecimento	37
II.7.1 - Caracterização do processo de validação	37
II.7.2 - Considerações sobre ferramentas para validação	43
II.8 - Engenharia do Conhecimento	48
III - TÉCNICAS E FERRAMENTAS PARA AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO	
III.1 - Formas de aquisição do conhecimento	54
III.2 - Descrição das técnicas de eliciação do conhecimento	59
III.3 - Ferramentas para aquisição do conhecimento	92
IV - ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO PARA ENGENHARIA DE SOFTWARE	
IV.1 - Descrição dos experimentos realizados	96
IV.1.1 - Relato do 1o experimento	98
IV.1.2 - Relato do 2o experimento	106

	Página
IV.1.3 - Relato do 3o experimento	114
IV.1.4 - Relato do 4o experimento	117
IV.1.5 - Relato do 5o experimento	122
IV.2 - Considerações sobre os experimentos realizados	136
V - CONCLUSÕES	156
VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	158

I - INTRODUÇÃO

A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL desde a década de 50 tem sido alvo de estudo de muitos pesquisadores, visando solucionar sistemas complexos baseados por computador, através de processos análogos ao do raciocínio humano. Segundo Nilsson (LUCENA, 1987), as tarefas que esses computadores deveriam realizar exigiriam conhecimento, percepção, raciocínio, aprendizado, entendimento e habilidades cognitivas similares.

Questões filosóficas sobre a inteligência têm sido levantadas por estudiosos de áreas afins, porém este termo é de muita imprecisão e, com isso, não se conseguiu muito progresso nesses estudos. Contudo, sabe-se que este conceito está intimamente ligado a idéia de conhecimento. Constatou-se que o computador poderá ser uma ferramenta útil para promover um melhor entendimento da mente humana, visto que, ao se escrever programas nessas máquinas, somos forçados a ser explícitos e, com isso, a confrontar os problemas com as teorias elaboradas.

Dentre as diversas linhas que compõem a área de Inteligência Artificial, SISTEMAS BASEADOS NO CONHECIMENTO é a que tem causado o maior impacto prático.

Wielinga (WIELINGA, 1988) define Sistemas Baseados no Conhecimento como aqueles que resolvem problemas usando conhecimento sobre o domínio.

Cabe salientar que a capacidade desses sistemas é diferente daquela utilizada pelo homem, que possui maior flexibilidade para solucionar problemas, além de realizar uma grande variedade de tarefas, enquanto computadores realizam tarefas típicas. Portanto para um sistema resolver um problema de forma inteligente é necessário que seja capaz de construir sua resposta de forma efetiva e seletiva dentro de um quadro de alternativas.

Capturando o conhecimento e as técnicas de raciocínio de especialistas humanos, Sistemas Baseados no Conhecimento tornarão os computadores capazes de realizar problemas que outrora eram considerados muito complexos para automação.

Obter, representar e usar o conhecimento tal qual um especialista humano é o problema chave na construção de Sistemas Baseados no Conhecimento. Isto se torna ainda mais difícil pelo fato do conhecimento ser impreciso, incerto ou até possuir alguma particularidade específica. Embora possa se observar isso nas mais diversas áreas de perícia, sabe-se que é deste conhecimento que o especialista humano alcança suas conclusões.

As atividades de obter e codificar esse conhecimento constituem as tarefas essenciais da ENGENHARIA DO CONHECIMENTO.

Este trabalho visa ressaltar a importância do papel da Engenharia do Conhecimento na construção de Sistemas Baseados no

Conhecimento, apontar as principais técnicas e ferramentas de aquisição do conhecimento e realizar uma aplicação prática na área de Engenharia de Software.

Esta tese foi organizada em quatro partes, a saber: a primeira apresenta a obra em questão, ressaltando os motivos, objetivos, importância e sua delimitação. Na segunda, é feita uma abordagem geral aos Sistemas Baseados no Conhecimento, a fim de possibilitar uma maior compreensão do estudo realizado. A partir dessa fase preliminar, são apontados alguns pontos básicos da Engenharia do Conhecimento, tais como: a caracterização do termo conhecimento, o pessoal envolvido nesta atividade, citando suas principais características, a importância e as dificuldades mais encontradas no processo de aquisição do conhecimento, situa esse problema no ciclo de vida de um Sistema Baseado no Conhecimento, destaca a relação da obtenção do conhecimento com a sua representação no sistema, discute a etapa de validação e, finalizando esse segundo tópico, faz-se um breve relato sobre a atuação da Engenharia do Conhecimento no desenvolvimento do sistema, sempre enfatizando o processo de aquisição do conhecimento.

No terceiro capítulo são apresentadas as diferentes formas do processo de aquisição do conhecimento, como também são destacadas as principais técnicas e ferramentas descritas na literatura. Nesta ocasião, serão discutidos alguns aspectos de elicitação do conhecimento.

Depois desse estudo, será descrito um experimento em Engenharia de Software para, a seguir, serem apresentadas as conclusões obtidas do trabalho realizado e possíveis expansões do mesmo.

II - SISTEMAS BASEADOS NO CONHECIMENTO, UMA ABORDAGEM GERAL

II.1 - Considerações preliminares

O termo SISTEMAS ESPECIALISTAS tem obtido algumas conotações negativas durante os últimos anos, por não atenderem as expectativas geradas nos primórdios da Inteligência Artificial. É como alternativa que surge o termo SISTEMAS BASEADOS NO CONHECIMENTO, que, por sua vez, é considerado mais apropriado, por se referir a um escopo maior de sistemas e, principalmente, por constituir uma proposta menos pretensiosa sobre a capacidade de tais sistemas (WIELINGA, 1988).

Sistemas Baseados no Conhecimento possuem características diferentes dos denominados tradicionais, no que se refere a:

- . conhecimento específico extensivo do domínio de interesse;
- . aplicação de técnicas de pesquisa;
- . suporte para análises heurísticas;
- . capacidade de inferir novo conhecimento daquele já existente;
- . processamento simbólico;
- . habilidade de explicar seu próprio raciocínio;
- . conhecimento impreciso;
- . modificação freqüente;
- . controle/dados separados;
- . difícil modificação e atualização;

. passos para se chegar as soluções não são explícitos;

. respostas satisfatórias.

Os itens citados anteriormente permitem que os Sistemas Baseados no Conhecimento resolvam os mais diferentes problemas, porém, que de acordo com suas características podem ser agrupados em (WATERMAN, 1986; ROLSTON, 1988):

. diagnose - detecta falhas no sistema (Ex.: DART - ajuda a diagnose de falhas em sistemas de hardware de computadores);

. planejamento - projeta ações (Ex.: PTRANS - ajuda a gerenciar a manufatura e distribuição de sistemas de computadores DEC);

. previsão - prognosticar o curso do futuro através de um modelo do passado e do presente (Ex.: PTRANS - ajuda a gerenciar a manufatura e distribuição de sistemas de computadores DEC);

. projeto - configura objetos que satisfazem necessidades particulares (Ex.: XCON - configura computadores VAX-11/790);

. interpretação - analisa os dados para determinar o seu significado (Ex.: REACTOR - ajuda a diagnosticar operadores e tratar acidentes de reatores nucleares);

. controle - governa o comportamento geral do sistema (Ex.: YES/MVS - ajuda a monitorar e controlar o sistema operacional MVS);

. monitoramento de status - interpreta continuamente sinais e aciona alarmes quando a intervenção é necessária (Ex.: ANNA - ajuda a administrar um medicamento denominado digitalis para pacientes com problemas no coração);

. instrução - diagnostica, depura e repara o comportamento do estudante (Ex.: GADHELP - ensina o uso de um subsistema CAD para projeto de circuito digital).

As tarefas apontadas anteriormente permitem a visualização da dificuldade do raciocínio especialista e sua relação com a arquitetura do sistema. Contudo, a utilidade e validade dessas categorias é questionável, conforme pode-se observar nos itens apontados a seguir (KIDD, 1987):

. pode estar havendo uma confusão entre o que parece ser uma propriedade inerente do mundo real com a maneira em que os programas de Inteligência Artificial atualmente resolvem o problema;

. a mesma tarefa em domínios diferentes podem envolver resoluções de diferentes tipos de problemas. Ex.: diagnose médica e eletrônica;

. qualquer uma das categorias acima pode incorporar tarefas de outras. Ex.: diagnose pode incluir atividades de planejamento e predição.

Há várias razões para se adotar Sistemas Baseados no Conhecimento em determinadas atividades humanas. Tais sistemas

permitted que o conhecimento adquirido fique armazenado na memória do computador, tornando-o permanente e facilitando sua transferência que, de certa forma, dará assistência àquela região onde os peritos não existem ou são escassos. Possibilitam também resultados mais consistentes com justificativa da solução encontrada, uma vez que não atuam sob efeito emocional. Possuem também a vantagem de terem um baixo custo de operação e facilitarem a geração da documentação, em virtude de existir um mapeamento entre a forma que o conhecimento é representado no sistema e a descrição em linguagem natural dessa representação.

Todavia, os Sistemas Baseados no Conhecimento não têm as mesmas características humanas, faltando-lhes sobretudo a criatividade, adaptabilidade a novas situações, capacidade sensorial, conhecimento geral do mundo, incluindo os mais diferentes aspectos que podem afetar na solução dada. Além disso, tais sistemas não têm o poder de examinar uma questão simples sob perspectivas diversas nem de tirar conclusões intuitivas.

Cabe salientar que esses sistemas também produzem erros. Muito embora, assim como o homem, possuem a propriedade de aprender através deles.

A conjunção do poder dos computadores com a experiência humana nas mais diversas áreas, acarretará numa enorme valorização do conhecimento humano, tornando-o pronto e largamente acessível. Contudo, deve-se fazer um estudo sobre a viabilidade de se desenvolver um Sistema Baseado no Conhecimento

em determinada área de aplicação antes de se iniciar o seu processo de desenvolvimento, para evitar eventuais transtornos como uma base de conhecimento tão extensa que impossibilite sua implementação de forma eficiente ou ainda, custo elevado de desenvolvimento, falta de recursos materiais e humanos disponíveis.

Segundo Waterman (WATERMAN, 1986) deve-se verificar se o desenvolvimento de um Sistema Baseado no Conhecimento é possível, justificado e apropriado, antes de iniciar sua construção.

Este autor cita como requisitos necessários para verificar a possibilidade de desenvolvimento de um Sistema Baseado no Conhecimento a conjunção dos seguintes aspectos: a tarefa não necessita de senso comum, apenas habilidades cognitivas são necessárias, os especialistas existem e podem articular seus métodos, e ainda concordam com as soluções, a tarefa não é demasiadamente difícil e nem é pouco entendida.

Contudo, o fato de ser possível o desenvolvimento de um Sistema Baseado no Conhecimento não implica que seja desejável fazê-lo. Waterman (WATERMAN, 1986) apresenta como justificativa de um esforço para desenvolvimento de tais sistemas, os seguintes aspectos: se a solução da tarefa acarreta uma alta despesa, ou se a especialidade humana está sendo perdida, ou se é escassa, ou ainda se é necessária em muitos locais, ou em ambientes hostis.

Finalmente, ainda segundo este autor, os fatores-chaves que tornam o desenvolvimento de um Sistema Baseado no Conhecimento apropriado são a natureza, quando a tarefa necessita de manipulações simbólicas e de soluções heurísticas, a complexidade, ou seja se a tarefa não é tão fácil, e, o escopo do problema a ser resolvido, se a tarefa tem valor prático e tamanho gerenciável.

Conforme explicitado anteriormente, Sistemas Baseados no Conhecimento possuem características bem diferentes dos denominados tradicionais.

Existem vários modelos de arquiteturas desses sistemas, como ilustrado na figura 1. Todos, porém, apresentam os seguintes componentes comuns:

- base de conhecimento

A base de conhecimento contém o domínio do conhecimento, que pode ser armazenado de diferentes formas, tais como: regras e frames. Ela deve se aproximar ao máximo da forma em que o especialista humano desempenha o seu papel na sua área de aplicação, visto que o poder do sistema é proveniente da riqueza dessa base. O seu processo de construção deve ser bastante cuidadoso, pois este módulo é um fator importante para que o sistema tenha um bom desempenho.

- mecanismo de inferência

O mecanismo de inferência manipula o conhecimento. O paradigma de inferência do motor é a estratégia de pesquisa utilizada para desenvolver o conhecimento necessário. Muitos paradigmas diferentes são adotados num Sistema Baseado no Conhecimento (orientação a objetos, meta-controle, gerenciamento de incerteza) porém a grande parte está baseada em dois conceitos fundamentais: "backward chaining" (raciocínio para trás), processo de raciocínio "top-down" que inicia dos objetivos desejados e trabalha em sentido contrário, ou seja, na direção das condições de requisito, e, "forward chaining" (raciocínio para frente), processo de raciocínio "bottom-up" que começa com as condições conhecidas e trabalha em direção ao objetivo desejado.

- interface de entrada/saída

A interface de entrada/saída permite, ao usuário, prover fatos e dados e, ao sistema, questionar ou fornecer conselhos e explicações.

Como se pode observar, a base de conhecimento é separada do mecanismo de inferência, tornando o conhecimento acessível a múltiplos usos, como, por exemplo, explicação do raciocínio.

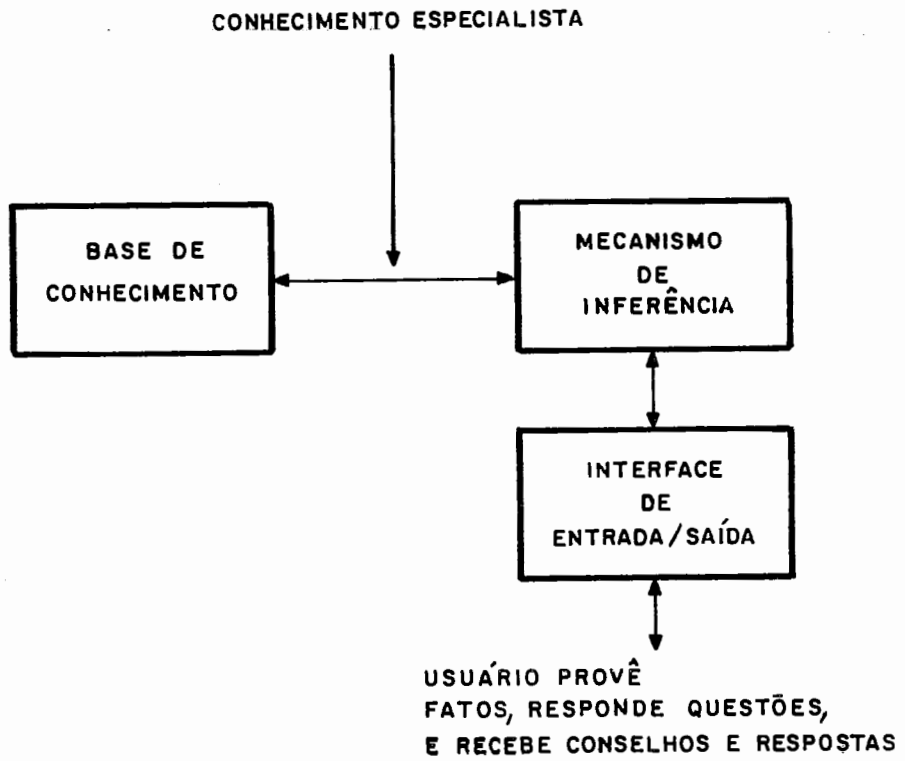


FIGURA 1 - PRINCIPAIS COMPONENTES DE UM SISTEMA BASEADO NO CONHECIMENTO (HART, 1986)

Os Sistemas Baseados no Conhecimento devem, entretanto, ser vistos como ferramentas para uso do homem. Portanto, seus processos decisórios devem ser feitos, a partir das informações armazenadas e com o apoio de conhecimento justificado. O poder desses sistemas está no conhecimento obtido na maioria das vezes por especialistas humanos. Obter, representar e manipular o conhecimento, é uma tarefa bastante árdua, principalmente, porque esse conhecimento é quase sempre impreciso, incerto, volumoso, contém certo grau de empirismo, está em constante mutação mas, além de tudo, é indispensável. Cabe observar que é esse tipo de conhecimento que os especialistas humanos usam para obter uma resposta.

11.2 - Conhecimento

As transições entre as diversas gerações de computadores têm introduzido novas tecnologias na área da Informática. As quatro primeiras foram baseadas em processadores de informação (GAINES, 1985) enquanto a transição para a quinta geração lançou um grande desafio para os estudiosos: o processamento do conhecimento. O conceito mudou. Os computadores agora, não apenas calculam e armazenam dados, eles raciocinam e informam. Com isso, a Inteligência Artificial está promovendo uma grande evolução na Informática e, por conseguinte, em todas as áreas de conhecimento. A Teoria do Conhecimento tem se transformado nos últimos anos num dos pilares da Inteligência Artificial.

Segundo Popper (GONÇALVES, 1986), existem três grandes e fundamentais fatores na humanidade, quais sejam: recursos materiais, as pessoas e o conhecimento. Ele prossegue dizendo que "o fenômeno do conhecimento humano é, sem dúvida, o maior milagre do nosso Universo". O conhecimento constitui o elo fundamental de ligação dos humanos com outros componentes de seu universo (material e espiritual).

Estudos sobre as origens do conhecimento têm sido alvo de debates por muitos séculos. Embora as sutilezas filosóficas sejam muitas, pode-se apontar basicamente três posições sobre suas origens (ANDERSON, 1989), que, provavelmente, esgotam as origens plausíveis do conhecimento:

. Nativismo - o indivíduo nasce com uma parte do conhecimento ou este surge na mente de acordo com algum processo de maturação pré-determinado. Ex.: conhecimento sobre a estrutura causal do mundo;

. Empirismo - o conhecimento foi implantado na mente pela experiência do indivíduo. Ex.: conhecimento sobre o significado das palavras;

. Racionalismo - o conhecimento é originado pela pessoa, engajado em algum processo de raciocínio. Ex.: conhecimento matemático.

O conhecimento pode estar incorporado em apenas uma pessoa ou em vários especialistas, num ambiente receptivo, ele

pode ser percebido e interpretado e, com algumas restrições, pode-se mudar as formas dos discursos que o descrevem (GONÇALVES, 1988).

A especialidade consiste do conhecimento sobre um domínio particular, entendimento de problemas do domínio e habilidade na resolução de alguns desses problemas. Ela acarreta maior velocidade para atingir as soluções, erros reduzidos, armazenamento de conhecimento reduzido, adaptabilidade e robustez aumentada.

O conhecimento é composto de vários componentes, que dão ao especialista a habilidade necessária para realizar a sua tarefa. Esses componentes podem ser vistos, de uma forma geral, como (ROLSTON, 1988; WIELINGA, 1988):

- . fatos: declarações sobre o domínio;
- . regras procedurais: regras bem definidas, que descrevem seqüências fundamentais dos eventos e relações relativas ao domínio;
- . regras heurísticas: regras gerais na forma de intuição ou regras simples e práticas que sugerem procedimentos a serem seguidos quando regras procedurais invariantes não são avaliáveis. Estas são aproximadas e estão relacionadas com a experiência do especialista. É a qualidade desse conhecimento que determina o nível de especialidade.

Adicionalmente a estas formas específicas do

conhecimento, um especialista tem também um modelo conceitual geral do domínio do sujeito e um esquema global para achar a solução (ROLSTON, 1988).

Na literatura observou-se que há várias classificações sugeridas para o termo conhecimento. O conhecimento é considerado público, quando inclui as definições, fatos e teorias existentes nas diversas referências (livros, por exemplo); caso contrário, é denominado privado, ou seja, quando consiste de heurísticas. A presença de heurísticas é que fornecem o poder e a flexibilidade aos especialistas. O conhecimento também pode ser classificado como trivial ou complexo, este quando está sujeito a juízo de valor. Uma outra alternativa é considerá-lo volátil ou não, em função da sua estabilidade durante o tempo. Há, ainda, naturalmente, a classificação quanto a sua origem (nativismo, empirismo ou racionalismo), conforme explicado anteriormente.

Segundo Cooke (COOKE, 1988), o conhecimento do especialista humano consiste de processos mentais que são automáticos ou compilados. Os primeiros são inconscientes, ilimitados em sua capacidade. Quanto ao compilado, trata-se de um processo de articular produções narradas, com aparente desarticulação, reduzindo o processamento passo a passo, e, acelerando o desempenho através de uma formulação concisa. Grande parte do conhecimento especialista aparece dessa forma e a reconstrução dos passos originais é extremamente difícil.

O conhecimento humano é perecível (se não for utilizado

por um tempo razoável, o seu desempenho se altera), difícil de ser transferido e documentado, inconsistente e escasso. Por isso, deve ser registrado, multiplicado e transferido. Sistemas Baseados no Conhecimento são uma forma alternativa para isso. O computador precisa do conhecimento para se comportar de forma inteligente, contudo, não basta possuí-lo, é necessário saber manipulá-lo.

Eliciar e reproduzir tal conhecimento é a tarefa central na construção de Sistemas Baseados no Conhecimento. E, isto, sem dúvida, é uma tarefa extremamente complexa, devido à sua própria característica.

11.3 - Pessoal envolvido no processo de aquisição do conhecimento

Embora o conhecimento possa ser obtido de várias origens distintas, tal como documentação e sistemas de informação de computador já existentes, grande parte do mesmo precisa ser eliciado de especialistas humanos.

O processo de aquisição do conhecimento é de extrema importância para o desenvolvimento de Sistemas Baseados no Conhecimento. Daí a necessidade de se caracterizar as pessoas envolvidas nesse processo e suas principais atividades.

O ESPECIALISTA é aquele capaz de resolver problemas de forma rápida e eficiente, em um determinado domínio de aplicação, com uma taxa razoável de sucesso. É bem verdade que ele conhece suas próprias limitações.

Um especialista possui as seguintes tarefas (HART, 1986) fundamentais para o desenvolvimento de um Sistema Baseado no Conhecimento:

- . fornecer a informação - o especialista dispõe de vasto conhecimento prontamente avaliável;

- . resolver problemas - com o seu conhecimento e a partir de evidência suficiente ou sintomas, utilizando-se de recursos pertinentes ou disponíveis (ferramentas, análises, sínteses e outros), ele pode facilmente identificar soluções possíveis ou prováveis, visto que o especialista possui uma estrutura interna que representa como ele se organiza e age na tomada de decisões. Além disso, pode também descrever a informação extra que seria necessária para se alcançar conclusões mais definidas;

- . explicar - algumas vezes, a resposta por si só não é suficiente, porém o especialista é capaz de explicar sua linha de raciocínio para chegar a determinada conclusão e ampliar definições.

Evidentemente, uma consulta a um especialista pode envolver a combinação das diversas atividades citadas anteriormente. Uma outra qualidade do especialista é a sua

versatilidade no sentido de verificar o tipo de resposta ou detalhe necessário.

Naturalmente vários fatores podem influenciar o desempenho do especialista no decorrer do processo decisório (GONÇALVES, 1986), dentre os quais pode-se destacar o ambiente (resistência do ambiente em fornecer informações, falta de recursos), tipo de problemas a serem identificados e solucionados (podendo, inclusive, acarretar a necessidade de mais de um especialista), grau de maturação do conhecimento e ajustamento do especialista (capacidade de análise e síntese), relação com o engenheiro do conhecimento (falta de planejamento e de um cronograma dos encontros para tratar do processo de desenvolvimento do sistema, dificuldade de comunicar o seu conhecimento).

Selecionar um especialista em determinado domínio também não é uma tarefa fácil e, para tanto, deve-se levar em consideração a sua experiência e seu desempenho na realização da tarefa desejada, a sua capacidade de comunicação, a sua cooperação e tempo disponível mediante seus afazeres, dentre outros fatores.

O ESPECIALISTA DO COMPUTADOR possui conhecimento da tecnologia do computador, mas sabe pouco sobre o domínio do especialista.

E, finalmente, tem-se o ENGENHEIRO DO CONHECIMENTO,

compromissado em reduzir a distância entre os especialistas do computador e do conhecimento. O engenheiro do conhecimento é também responsável pela gerência e identificação do projeto e pela aquisição do conhecimento. Em virtude da importância de sua tarefa, pode-se dizer que o engenheiro do conhecimento é a pessoa-chave no desenvolvimento de um Sistema Baseado no Conhecimento.

O engenheiro do conhecimento também precisa possuir determinadas habilidades, de tal forma que facilite a concretização do processo de aquisição do conhecimento. Algumas delas serão citadas a seguir: discernimento para descobrir quais informações dadas pelo especialista devem ser consideradas, inteligência, tato e diplomacia, confiança pessoal, perfícias de boa comunicação, conhecimentos de programação (técnico e do domínio). Além disso, deve possuir qualidades pessoais, as quais possam minimizar algum problema que possa surgir por parte do especialista.

Embora a função do engenheiro do conhecimento seja análoga a dos analistas de sistemas, a tarefa de elicitação do conhecimento é mais complexa que a de análise de sistemas.

Alguns autores acreditam ser conveniente que o engenheiro do conhecimento e o especialista sejam pessoas distintas, devido à grande dificuldade de se descrever o conhecimento. Outros, porém, contrariam essa idéia, pois acham

que, pelo fato de ser uma única pessoa, o processo se torna muito mais simples e rápido, devido ao entendimento tanto do domínio quanto do computador (particularmente, quanto a estrutura da base de conhecimento e as conseqüências de expressar o conhecimento de diferentes formas), possibilitando assim, uma melhor visão do problema.

No capítulo seguinte serão apresentadas diversas formas de aquisição do conhecimento, com diferentes níveis de participação do pessoal citado anteriormente.

11.4 - Importância e dificuldades no processo de aquisição do conhecimento

A extração de informações de usuários para então especificar o desenvolvimento de um software sempre foi uma tarefa complexa em sistemas tradicionais. Isto se deve a inúmeros fatores, como o receio do usuário em transmitir todas as informações que conhece sobre a sua tarefa, podendo acarretar um possível desemprego, e a própria disponibilidade do usuário para colaborar no desenvolvimento do sistema. Contudo, as informações a serem solicitadas apresentavam-se unicamente de forma passível de ser traduzida através de algoritmos, possuindo as características de serem firmes, fixas e formalizadas.

O conhecimento de um domínio de aplicação que apóia o desenvolvimento de um Sistema Baseado no Conhecimento não só se

apresenta da forma citada anteriormente. Na verdade, tais sistemas trabalham principalmente de maneira heurística, devido à subjetividade das informações, dificilmente permitindo uma tradução direta para um programa de computador. Por isso, a tarefa de extrair o conhecimento de um especialista, ou de uma outra origem do conhecimento, e, transferi-lo para um programa é bastante complexa e deve ser realizada cuidadosamente, a fim de realmente se atender as expectativas do usuário em relação ao sistema. Em vista dessa situação, tal processo tem sido alvo de estudo em diversas áreas: Engenharia, Programação, Epistemologia, Lógica e, inclusive, a Psicologia. Este processo é denominado **AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO** e, segundo KIDD (KIDD, 1987), envolve a eliciação, análise e interpretação do conhecimento que um especialista humano utiliza ao resolver um problema particular, transformando-o numa representação em máquina adequada.

O processo de aquisição do conhecimento é lento, e, muitas vezes, ineficiente e frustrante, tanto para o especialista quanto para o engenheiro do conhecimento. Associado a isso, há uma tendência de se considerar a atividade de se obter dados uma tarefa menos nobre do que sua análise.

Embora a tecnologia de desenvolvimento de Sistemas Baseados no Conhecimento tenha obtido avanços consideráveis, o processo de aquisição do conhecimento continua sendo o mais crítico ("bottleneck", conforme os estudiosos no assunto o classificam) na construção desses sistemas. Isso é observado

principalmente ao se trabalhar com uma base de conhecimentos extensa, ou seja, quando o sistema em questão deixa o estado de simples prototipagem para começar a lidar com instâncias cada vez mais complexas do seu domínio de aplicação.

Recentemente, com o objetivo de se obter soluções rápidas e impessoais, tem-se estimulado o estudo de técnicas automatizadas para aumentar a eficiência e a confiabilidade do processo.

De acordo com o que já foi apresentado, o conhecimento especialista consiste de uma coleção de fatos especializados, procedimentos e regras de julgamento sobre um domínio restrito (WATERMAN, 1986), tornando a tarefa de aquisição desse conhecimento bastante árdua. Independentemente de sua origem, a transferência da especialidade necessária para resolver um problema com alto desempenho em um determinado domínio, apresenta várias dificuldades, algumas delas apontadas a seguir (HART, 1986; PATTON, 1985; NISBETT, 1977; KLEIN, 1989; MENDEL, 1989; GROVER, 1982; BOOSE, 1985; COOKE, 1986; PRERAU, 1987; WATERMAN, 1986; FORSYTHE, 1989; SCHOENMAKERS, 1985):

. Identificação dos especialistas - especialistas não seguem apenas regras. Na verdade, são usadas mais heurísticas do que algoritmos. Além do mais, eles têm "insight" (habilidade de perceber relações significativas, que podem ser entre eventos ou evidências úteis, mas não necessariamente relatadas logicamente) em problemas e são capazes de fazer julgamento profissional;

. acesso aos especialistas - pode ser restrito por razões geográficas, de organização ou de segurança;

. falta de disponibilidade de tempo - por parte dos especialistas, para realização desse processo. Por isso, o trabalho precisa ser desenvolvido de forma organizada;

. verbalização pelo especialista - os especialistas normalmente apresentam dificuldade em identificar suas estruturas de conhecimento, descrevendo o conhecimento em termos precisos, complexos e consistentes o suficiente para uso em um programa de computador, visto que, em geral, estas advêm também da experiência e não apenas de um aprendizado sistemático. Deve-se destacar também que o conhecimento especialista se apresenta de uma forma compilada, dificultando ainda mais o processo de aquisição do conhecimento;

. insegurança do especialista - este pode se sentir inseguro, devido à intromissão do computador em seu domínio, ou, ainda, não querer expor seus métodos de resolução de problemas para não ser examinado minuciosamente por outros especialistas ou até mesmo pelo público de uma forma geral;

. múltiplos especialistas - fazer um consenso entre vários especialistas não é uma tarefa fácil. Além disso, muitas vezes, o engenheiro do conhecimento não tem tempo suficiente para explorar o processo de raciocínio de um ou mais especialistas com profundidade;

. custo - muitas vezes, necessita-se de mais de um especialista, o que torna o processo ainda mais caro. Um outro aspecto que se deve levar em consideração, ainda em relação ao custo, é que as decisões são tomadas baseadas no conhecimento,

por isso coletar informações válidas não acarretará mais tempo nem dinheiro;

. objetividade do engenheiro do conhecimento - iniciado o trabalho com o especialista, o engenheiro do conhecimento precisa ter cuidado para que os encontros a ocorrer sejam objetivos, de forma que não se tornem tão desgastantes;

. confiança no engenheiro do conhecimento - o especialista precisa acreditar no engenheiro do conhecimento para poder facilitar a saída do projeto;

. comunicação entre o especialista e o engenheiro do conhecimento - como o primeiro, geralmente, não entende de computador e o segundo, muitas vezes, não está familiarizado com o domínio, pode-se ter inúmeros conflitos. Alguns autores julgam necessário que o engenheiro do conhecimento tenha um treinamento formal em Ciências Sociais, que lhe permita estabelecer um entendimento com o especialista, apesar de possíveis barreiras provenientes de formações eventualmente diferentes. O entendimento do engenheiro do conhecimento, durante cada passo, embora possa ser abstrato, deve ser completo e seguro. Um programa de computador para usuários humanos deve envolver não só questões técnicas, como também sociais;

. habilidades do engenheiro do conhecimento - o engenheiro do conhecimento precisa tomar muito cuidado ao interpretar o que o especialista diz (conhecimento tácito, informação contextual e ações não reportadas) para refletir seu conhecimento como um tradutor da linguagem humana, procurando sempre repetir o significado do especialista;

. falta de ferramentas adequadas - que estimulem o especialista a fornecer suas reais formas de raciocínio;

. limite da tecnologia de Sistemas Baseados no Conhecimento - as linguagens de representação usadas são limitadas em suas características expressivas, tornando difícil ou impossível caracterizar todo o conhecimento do domínio relevante num sistema de representação dado mesmo quando o especialista é capaz de comunicar o conhecimento para o engenheiro do conhecimento. Adicionalmente, mesmo o conhecimento já obtido precisa algumas vezes ser especificado de uma forma que pareça estranha para o especialista;

. precisão das regras - muitas vezes, as regras extraídas do especialista são curtas e simples, sem fornecer um alto grau de precisão quando usadas em situações complexas;

. complexidade de teste e refinamento de Sistema Baseado no Conhecimento - necessidade de se entender a operação do sistema durante as fases de teste e refinamento da aquisição do conhecimento. Entre outras coisas, revisões na base de conhecimento podem introduzir erros;

. falta do uso de uma estrutura adequada para organizar o processo de aquisição do conhecimento - os passos para aquisição do conhecimento devem ser estruturados dentro do contexto das fases de desenvolvimento de um Sistema Baseado no Conhecimento.

11.5 - Ciclo de aquisição do conhecimento

Planejar o desenvolvimento de um software (Sistema

Baseado no Conhecimento ou não) envolve algumas considerações. A primeira delas seria definir as fases do processo de desenvolvimento com suas respectivas tarefas, ou seja construir um ciclo de vida para o sistema. O ciclo de vida consiste nas atividades necessárias para definir, desenvolver, testar, investigar, operar e manter um software.

A importância de se construir um ciclo de vida se dá pela oportunidade de se poder classificar e controlar as mais diversas atividades necessárias para desenvolver e manter um produto, facilitando a gerência do projeto, a comunicação entre os envolvidos, o custo, o tempo dispendido, a alocação de recursos, como também, a qualidade do produto (FAIRLEY, 1985). Além disso pode-se ressaltar que uma metodologia formal se torna muito importante, não só por permitir a visibilidade de todo o processo, como também por discipliná-lo.

Não há um modelo de ciclo de vida padrão. Existem sim, vários modelos que precisam ser estudados cuidadosamente antes de serem aplicados a fim de que melhor possam atender a realidade do projeto.

A escolha do ciclo de vida adequado depende basicamente do propósito do ciclo de vida, das características do software a ser desenvolvido e do ambiente de desenvolvimento (GHITMAN, 1991).

Na literatura consultada observou-se que os ciclos de vida que vêm sendo utilizados nos Sistemas Baseados no Conhecimento, em sua essência, não possuem diferenças significativas. Algumas das propostas existentes podem ser encontradas em: (PARTRIDGE, 1986; WATERMAN, 1986; ROLSTON, 1988; HAYES-ROTH, 1983; PRERAU, 1987; GROVER, 1982; RAMAMOORTHY, 1987; WEITZEL, 1989; ROOK, 1989; WIELINGA, 1988; COHEN, 1989).

O processo de aquisição do conhecimento passa por diversos estágios antes de se concluir o desenvolvimento do Sistema Baseado no Conhecimento. Esses estágios podem ser caracterizados como a identificação do problema, conceitualização, formalização, implementação e teste, conforme pode-se observar na figura seguinte:

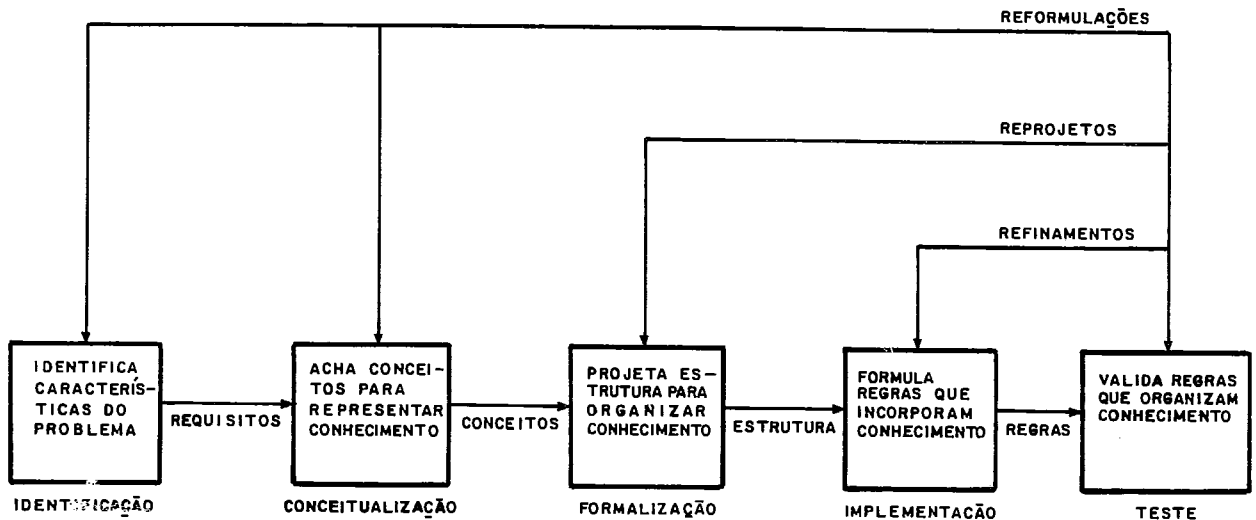


FIGURA 2 - ESTÁGIOS DA AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO (HAYES-ROTH, 1983)

Cabe salientar que, muito embora a figura possa passar uma idéia de que o ciclo de aquisição do conhecimento seja composto de estágios bem definidos, isso não ocorre. Na verdade, esses estágios são uma representação grosseira, com objetivos didáticos, para caracterizar o complexo sistema de aquisição do conhecimento. Esses estágios dependerão da situação apresentada e o processo de aquisição do conhecimento, conforme observado anteriormente, não é entendido suficientemente bem para se esboçar um modelo seqüencial de passos para otimizar o desenvolvimento de um Sistema Baseado no Conhecimento.

O primeiro estágio na aquisição do conhecimento é a IDENTIFICAÇÃO. Nesta fase deve-se caracterizar os aspectos mais importantes do problema, tais como: identificação dos participantes, características do problema, recursos e objetivos em se desenvolver tais sistemas.

Na CONCEITUALIZAÇÃO são elaborados os conceitos-chaves e relações mencionadas durante o estágio anterior. A diagramação desses conceitos e relações pode ser útil para a base conceitual a ser usada no protótipo do sistema. Deve-se evitar uma análise completa do problema nesse estágio, porque a primeira implementação permitirá um direcionamento melhor do trabalho que está sendo desenvolvido.

O processo de FORMALIZAÇÃO envolve o mapeamento dos

conceitos-chaves, subproblemas e características do fluxo de informação isolados durante a conceitualização em mais representações formais baseadas nas várias ferramentas da engenharia do conhecimento ou estruturas. A saída desse estágio é um conjunto de especificações parciais descrevendo como o problema pode ser representado com a ferramenta escolhida ou estrutura. Três importantes fatores neste processo são: o espaço de hipóteses, o modelo básico do processo e as características dos dados.

A IMPLEMENTAÇÃO envolve o mapeamento do conhecimento formalizado no estágio anterior na estrutura representacional associada com a ferramenta escolhida para o problema.

Na fase de TESTE ocorre a avaliação do protótipo e das formas representacionais usadas para implementá-lo.

Na construção de um Sistema Baseado no Conhecimento há sempre uma revisão constante, que pode envolver reformulação de conceitos, necessidade de refazer os projetos em função da representação escolhida ou até do tamanho ingerenciável da base de conhecimento, tornando o sistema demasiadamente lento e, finalmente, refinamentos do sistema implementado, devido a erros de conceitualização, por exemplo.

Como pode-se observar, o modelo de ciclo de vida proposto para esses sistemas é baseado no reconhecimento da natureza evolutiva do desenvolvimento do software, em função do

conhecimento.

11.6 - Eliciação X representação do conhecimento

Na Ciência da Computação, uma boa solução está intimamente ligada com uma boa representação. Esta preocupação torna-se ainda maior quando se trata de Inteligência Artificial, por ser o conhecimento o elemento-chave para sistemas inteligentes de alto desempenho. Sabe-se que para solucionar problemas complexos encontrados nessa área, necessita-se de uma grande gama de conhecimento e de certos mecanismos para manipulá-lo. Associado a isto, tem-se a falta de critérios claros para escolha da representação adequada e, ainda, o acréscimo do número de possibilidades de representação.

O tema REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO surgiu lentamente na década de 60 como uma área de estudo isolada (McGALLA, 1983). Observou-se que as formas tradicionais não atendiam a representação que se buscava. Com isso, diferentes propostas de representação começaram a surgir, resultando nas utilizadas atualmente: redes semânticas, dependência conceitual, "frames" (quadros), sistemas de produção, sistemas baseados em lógica de primeira ordem, lógica "fuzzy" (nebulosa) e orientação a objetos.

Observando-se, detalhadamente, as diversas formas de representar o conhecimento, pode-se constatar que os modelos de

representação de conhecimento específicos permitem mecanismos de inferência mais poderosos.

Entende-se por representação do conhecimento, as estruturas de dados que modelam o problema e que serão processadas de forma a tornar a solução disponível, seja partes da solução, seja orientação sobre como adquiri-la (LUCENA, 1987). Para isso torna-se fundamental organizar todas as informações necessárias de tal forma que os programas de Inteligência Artificial possam ter rápido acesso a elas para tomar decisões, planejar, reconhecer objetos e situações, analisar cenas, entre outras coisas (LUCENA, 1987).

Para efetivamente tornar o sistema inteligente, é necessário representar o conhecimento de uma forma abstrata, permitindo que o seu uso possa dar apoio ao processo de raciocínio do sistema. Rolston (ROLSTON, 1988) afirma que a representação do conhecimento envolve não só a estrutura usada para descrever elementos do conhecimento, como também, o processo interpretativo necessário para usar o conhecimento descrito. Logo, a representação pode ser vista, segundo Newell (LUCENA, 1987), através da seguinte equação:

$$\text{representação} = \text{conhecimento} + \text{acesso}$$

onde, pode-se notar que, a representação é um sistema que fornece acesso ao conhecimento de tal modo que permita a sua utilização para seleccionar ações que tornem o sistema capaz de atingir seus

objetivos. A função de acesso consiste de um sistema que visa recuperar o conhecimento codificado em uma estrutura de dados, que pode ser usada pelo sistema mais geral que representa o conhecimento sobre objetivos, ações, entre outros aspectos.

Para se representar o conhecimento do mundo real, trabalha-se com fatos, ou seja, partes do conhecimento que se referem ao elemento do domínio e a representação desses fatos com algum formalismo escolhido, isto é, o que realmente será capaz de ser manipulado. O conhecimento pode ter diferentes níveis de detalhe. Quanto mais baixo for, menos poderoso e mais flexível o conhecimento se torna.

Sem dúvida alguma, a escolha da representação é um aspecto crucial no desenvolvimento de um Sistema Baseado no Conhecimento, pois é necessário que o modelo elaborado seja suficientemente consistente com o do mundo real, que está em constante mutação, para que realmente o sistema consiga atingir seus objetivos. Aspectos como as representações da incerteza e da ambigüidade não podem ser negligenciados. Além disso, conforme já colocado anteriormente, os sistemas de representação do conhecimento são limitados para a potencialidade do mundo externo. Outrossim, é a inabilidade de aprender em um espaço de tempo relativamente curto toda a informação necessária.

Na literatura foram encontrados alguns estudos sobre aspectos que precisam ser considerados na escolha da representação (RICH, 1988; WOODS, 1986; ROLSTON, 1988;

BOURNE, 1985; RAMSEY, 1989), quais sejam: poder expressivo da representação, isto é, a capacidade de representar todos os tipos de conhecimento necessários para o domínio em estudo. O conhecimento deve ser armazenado de forma transparente, para que possa ser facilmente identificado. Um outro aspecto a considerar é a clareza da representação, ou seja, sua representação deve ser feita da forma mais direta possível. A naturalidade é outro aspecto a ser avaliado, pois deve-se sempre procurar representar o conhecimento na sua forma nativa. A eficiência, facilidade de se acessar o conhecimento específico durante a execução do sistema, e a modularidade, capacidade de armazenar fragmentos do conhecimento de forma independente, constituem também itens importantes na escolha da técnica a ser utilizada. A notação deve permitir que se manipule as estruturas representacionais de modo a derivar novas estruturas correspondentes ao conhecimento novo inferido do antigo. A forma de representação deve possuir a capacidade de incorporar, dentro da estrutura do conhecimento, informação adicional que possa ser utilizada para direcionar os mecanismos de inferência nas direções mais promissoras e, deve também possuir a capacidade de adquirir novas informações com facilidade. Além disso, o formalismo escolhido precisa também ser capaz de manusear raciocínio com incerteza, caso o domínio da aplicação tenha um grande potencial de incerteza associado a ele.

Cabe ressaltar que não há uma forma de representação que seja considerada como a melhor. Observou-se sim, que uma

notação pode ser dita mais adequada em relação à outra, relativa a um domínio específico. A definição da forma de representação a ser usada merece destaque, pois uma escolha inadequada pode acarretar consequências desastrosas, como, por exemplo, a descoberta de que uma informação crítica não consegue ser codificada na notação escolhida. Questões de custo e de eficiência podem interferir na decisão de uma ou mais representações no sistema.

A qualidade da representação do conhecimento eliciado de especialistas é que proporcionará a utilidade do Sistema Baseado no Conhecimento. Em vista disso, surge uma questão que precisa ser colocada: selecionar uma representação do conhecimento adequada sem ter o domínio do conhecimento é uma tarefa bastante difícil e, eliciar o conhecimento sem possuir previamente uma notação que já possa codificá-lo, é de igual dificuldade. Em virtude desse dilema é que Rolston (ROLSTON, 1988) sugere que seja selecionada uma representação, assim que possível, mesmo que esta não seja a ótima. Desta forma o engenheiro do conhecimento tem alguma forma de preservar o conhecimento já obtido, para que este não fique no seu subconsciente nem do especialista, o que pode provocar perda da informação. Segundo ele, depois que o domínio estiver bem claro, e se o conhecimento indicar uma nova representação, dever-se-á, então, fazer os ajustes necessários. Todavia, nem todos os estudiosos partilham da mesma idéia, e, por isso, esse problema pode ser visto por outro ângulo e é nesse sentido que Cooke (COOKE, 1986) destaca que se deve tomar muito cuidado para que a

eliciação do conhecimento não seja guiada por um esquema de representação, pois a base de conhecimento deve ser orientada em função do conhecimento e não, pela forma de representação escolhida.

Mais recentemente, um grande número de pesquisadores porém, considera necessário criar-se uma representação intermediária do conhecimento do domínio num nível mais abstrato que o do programa. Dessa forma, tem-se como principais vantagens o fato da representação: servir como registro do conhecimento eliciado independente de qualquer implementação; permitir que os engenheiros do conhecimento e os especialistas discutam o domínio numa referência comum, melhorando assim o processo da análise do conhecimento e servindo como um modelo do domínio; poder facilitar a identificação de erros e omissões e, reduzir equívocos sobre as estruturas do conhecimento do domínio. Deste modo, uma representação intermediária pode reduzir a probabilidade de custo e tarefas complexas de reescrever protótipo; servir como um meio para decidir sobre a implementação mais adaptável para o sistema, sem permitir tendências de implementação, que poderiam afetar a eliciação do conhecimento/processos de análise; poder ser usada como uma base para explicação, treinamento e documentação do sistema, depois de sua implementação. Com isso, o modelo resultante poderia ser usado para implementar um Sistema Baseado no Conhecimento em qualquer ambiente ou linguagem de Inteligência Artificial desejada.

O uso de "modelos de papel" ou representações gráficas do conhecimento é um poderoso e intuitivo caminho de representar o conhecimento explicitamente. Modelos de domínio gráfico com declarações textuais de conhecimento têm sido usado em KADS (BREUKER, 1988). Assim, a linguagem de representação fica distinta da linguagem de implementação.

Observou-se a necessidade de se ter uma metodologia formal para o processo de aquisição do conhecimento, capaz de revelar os conteúdos e a organização do conhecimento especialista, a fim de guiar a representação do conhecimento.

A formalização não deve ser evitada, pois facilita o entendimento de um problema que inicialmente não é bem entendido, além de preservar a informação obtida. Com esse registro, será possível ter uma visibilidade maior do projeto e, por conseguinte, um maior controle das informações pela gerência e pelo próprio usuário.

11.7 - Validação do Sistema Baseado no Conhecimento

11.7.1 - Caracterização do processo de validação

O desenvolvimento de sistemas de software envolve uma série de atividades de produção, nas quais falhas humanas

aparecem com freqüência. Esses erros podem ocorrer tanto no início do processo, quando os objetivos do sistema de software são especificados, quanto nos estágios posteriores, quando esses objetivos são mecanizados.

Para se alcançar a qualidade esperada do software, o produto final precisa conter um número mínimo de erros na implementação de suas intenções. A busca da qualidade deve guiar todo o processo de desenvolvimento. Devido à inabilidade do ser humano de realizar algumas tarefas e de se comunicar com perfeição, o desenvolvimento de software precisa então ser acompanhado das atividades de avaliação e validação. A importância de ambas para o projeto do software cresce a medida em que este atua em áreas mais críticas da sociedade, onde uma falha do software pode causar um efeito catastrófico.

Os termos VALIDAÇÃO, VERIFICAÇÃO e AVALIAÇÃO, por estarem intimamente relacionados, muitas vezes são usados na literatura indistintamente. O'Leary (O'LEARY, 1990) propõe a seguinte definição para cada um dos termos acima:

- VALIDAÇÃO - é o processo que determina se um Sistema Baseado no Conhecimento representa exatamente um conhecimento especialista num domínio particular de problema. Esta definição focaliza o Sistema Baseado no Conhecimento e o especialista. Segundo este autor, a validação pode ter duas dimensões, quais sejam:

. VERIFICAÇÃO - é a autenticação de que o problema

formulado contém o problema atual na sua totalidade e é suficientemente bem estruturado para permitir a derivação de uma solução com credibilidade;

SUBSTANCIACÃO - é a demonstração de que um modelo de computador, dentro de seu domínio de aplicabilidade, possui um raio satisfatório de precisão consistente com a aplicação pretendida do modelo.

- **AVALIAÇÃO** - é o processo que examina a habilidade de um Sistema Baseado no Conhecimento para resolver problemas do mundo real num domínio de problema particular. O foco, neste caso, está no Sistema Baseado no Conhecimento e no mundo real.

Para que um Sistema Baseado no Conhecimento obtenha sucesso é necessário que ele não seja abrangente ao ponto de tentar formular toda a capacidade humana em todas as áreas, ou seja, que ele atue num domínio específico do problema. Por outro lado, assim como se aceita que um ser humano não dê soluções ótimas em todos os casos, deve-se esperar do Sistema Baseado no Conhecimento, uma resposta aceitável, satisfatória, onde o nível de precisão é ditado pelo domínio do problema (ROLSTON, 1988).

Os Sistemas Baseados no Conhecimento podem ser julgados de dimensões diferentes, sendo que as três mais importantes (COHEN, 1982) são:

. **COMPUTACIONAL** - questões computacionais incluem velocidade, memória necessária, extensibilidade, a condição de ser portátil e facilidade de integração com outros sistemas;

. PSICOLÓGICO - questões desse tipo incluem facilidade de uso, compreensibilidade, naturalidade, ajuda "on line" e explicação:

. DESEMPENHO - questões de desempenho incluem escopo de competência, percentagem de soluções falsamente negativas e negativas (alarmes falsos e perdas) e tempo e dinheiro economizados. Algumas envolvem avaliações da base de conhecimento estática (ex.: seu escopo), enquanto outras envolvem olhar para o programa em uso (ex.: fácil uso ou estatísticas na correção).

Vários problemas surgem durante o processo de validação do Sistema Baseado no Conhecimento. Muitas vezes ao testar esses sistemas os usuários acham seu desempenho frustrante em termos de qualidade e utilidade das respostas produzidas. Para evitar esse tipo de problema surge a necessidade de começar o planejamento de técnicas de avaliação durante a fase de identificação da construção do sistema, com o intuito de guiar o projeto do sistema e auxiliar os desenvolvedores a terem uma participação ativa no progresso que está sendo feito. Durante as fases iniciais do desenvolvimento, deve-se especificar o desempenho mínimo aceitável que permitirá ao sistema atingir seu objetivo. A tarefa de testar um Sistema Baseado no Conhecimento é árdua, pois não há uma maneira formal para provar que uma resposta dada é correta ou é a melhor escolha possível. Para se ter certeza da utilidade dos resultados, deve-se envolver o usuário em todo o processo de desenvolvimento do sistema.

Os projetos dos sistemas devem ser sensíveis às necessidades dos diferentes tipos de usuários.

Quando o Sistema Baseado no Conhecimento começa a exceder o número de regras, as correções ou adições para estas tendem a introduzir mais erros, tornando a depuração uma tarefa infinita. Para evitar isso, deve-se manter o registro dos problemas apresentados para o sistemas e as respostas produzidas, a fim de criar um conjunto de problemas-padrões para testar a consistência do sistema. Este conjunto de problemas-modelos deve ser executado cada vez que se fizer modificações ou adições às regras, a fim de localizar erros. Também devem-se manter as regras que produzem conclusões particulares. Regras não usadas indicam ou premissas de regra errada ou uma falha no esquema de controle.

Um Sistema Baseado no Conhecimento, assim como qualquer programa complexo, torna-se muito mais difícil de modificar quando o programa torna-se maior. Adicionando novo código pode inadvertidamente afetar os resultados produzidos pelo código já existente. O uso de uma coleção de problemas-modelos ajuda a depurar o sistema e pode provar a não validade deste, sendo mais útil se combinado com um mecanismo para tentar automatizar a execução do problema depois que as mudanças do sistema forem feitas.

As diferentes versões desses sistemas são desenvolvidas através de refinamento gradual e é muito difícil compará-las. Daí

a sugestão dos sistemas conterem informações sobre seu histórico.

Fatores bloqueadores para um bom desempenho de um Sistema Baseado no Conhecimento incluem especificações mal definidas ou falhas, falta de metodologias e ferramentas adequadas para aquisição do conhecimento, inaplicabilidade de técnicas de avaliação e validação convencionais, falta de concordância das metodologias de avaliação e baixa prioridade associada à avaliação do desempenho do sistema. Mais uma vez, percebe-se a necessidade de uma metodologia de ambientes de desenvolvimento para minimizar os problemas de validação.

A necessidade de comercializar Sistemas Baseados no Conhecimento associada às dificuldades de formulações para aquisição do conhecimento, têm permitido o desenvolvimento de sistemas de aquisição do conhecimento automático, provendo um grande benefício à Inteligência Artificial. A rapidez em obter o conhecimento leva ao desenvolvimento de ferramentas para medir a qualidade do conhecimento obtido (PARSAYE, 1988). Essas ferramentas podem então ser usadas para validar a base de conhecimento, provocando os seguintes benefícios imediatos:

. tempo e dinheiro gasto nas reuniões do especialista com o engenheiro do conhecimento são economizados;

. não é tão necessário saber como classificar em regras desde que estas sejam geradas automaticamente;

. o conhecimento terá um nível de qualidade mais alto devido aos modelos de controle de qualidade inseridos nele.

A tendência geral no desenvolvimento de um Sistema Baseado no Conhecimento é construir facilidades para gerar testes de dados e verificar conhecimento. Isto inclui melhorias das facilidades para explicar as estruturas e o comportamento de tais sistemas. É importante lembrar que mesmo se um Sistema Baseado no Conhecimento tenha sido totalmente testado, a solução sempre inclui a satisfação do usuário, que examina o raciocínio usado no processo.

A aquisição do conhecimento não garante que todo o conhecimento esteja expresso ou correto. Deve-se desenvolver uma ferramenta computacional que faça a análise da base de conhecimento num enfoque mais sistemático e exaustivo em relação a verificação da consistência e da completeza e a análise dos fatores de certeza (DAMSKI, 1988).

O critério para aceitar qualquer tipo de erro, precisa ser determinado pelo custo de cada erro em relação aos benefícios das soluções.

11.7.2 - Considerações sobre ferramentas para validação

O modelo de ciclo de vida apresentado anteriormente (item 11.5) tem na sua última fase, teste, o processo de validação.

Sistemas Baseados no Conhecimento são evolutivos, envolvendo aumento na funcionalidade geral: correções, particularmente para a base de conhecimento; adições para a base de conhecimento, a fim de torná-la mais completa; expansão do domínio; revisões necessárias por modificações externas. E, ainda, em muitos domínios especialistas é impossível identificar uma resposta absolutamente correta para um determinado problema.

Como se pode então validar tais sistemas? Um procedimento para avaliar o sucesso de um programa em Inteligência Artificial é o teste de Turing.

Neste teste, dois seres humanos, sendo um deles o interrogador, e um computador são colocados em um ambiente de forma que não haja comunicação entre eles, a não ser através de um dispositivo do tipo terminal de computador.

O objetivo do interrogador é analisar as respostas provenientes tanto do ser humano quanto do Sistema Baseado no Conhecimento, a fim de determinar qual deles é o computador. Se, após questionamento suficiente, o interrogador não puder diferenciar entre o humano e o computador, então o Sistema Baseado no Conhecimento é considerado bem sucedido, e, portanto, a máquina simula a inteligência humana.

Obviamente este experimento nunca foi tentado seriamente na prática, pois nenhuma máquina atual passaria por este tipo de teste, devido à capacidade de memória, à arquitetura

das atuais máquinas, à inabilidade de comunicação em linguagem natural, ao restrito campo de conhecimentos, quando comparados ao da mente humana, à incapacidade de despistar o interrogador cometendo erros inadmissíveis em máquina, como, por exemplo, numa operação de adição, enfim, ao próprio estado da arte. De qualquer forma, com esse teste foi criado o sonho de Inteligência Artificial de capturar a inteligência humana com funções executáveis por computador.

O consumo exagerado de tempo, visto que a realização da validação é feita de modo manual, e a imprecisão, pois não se obtém respostas científicas buscando conhecimento, a partir do conhecimento de um especialista, são algumas desvantagens desse processo.

Técnicas não automatizadas não acompanham a demanda dos Sistemas Baseados no Conhecimento e, além disso, são penosas e imprecisas. Portanto, esforços para intensificar o processo de aquisição do conhecimento devem ser acompanhados do desenvolvimento de ferramentas adequadas para medir a qualidade do conhecimento adquirido.

Com o objetivo de automatizar os processos de aquisição e validação do conhecimento, deve-se possuir ferramentas capazes de (PARSAYE, 1988):

. ajudar os especialistas, sem um engenheiro do conhecimento, a entenderem suas próprias especialidades:

- . permitir que os engenheiros do conhecimento obtenham o conhecimento mais eficazmente em aplicações mais complexas;

- . fornecer técnicas de indução automática para obter o conhecimento usualmente não conseguido sem a assistência do computador;

- . fornecer facilidades para gerenciar uma base de dados de casos de teste e avaliá-los para medir a qualidade do conhecimento adquirido.

Especialista/Medida (PARSAYE, 1988) é um exemplo de ferramenta projetada com o propósito de verificar o desempenho do Sistema Baseado no Conhecimento.

Quando um Sistema Baseado no Conhecimento é apresentado com um novo caso a ser classificado, será atribuído um fator confiante para cada seleção. Comparando esses fatores com aqueles fornecidos por um especialista, pode-se medir a precisão do sistema em um caso único. Fazendo comparações de muitos casos, pode-se chegar a uma medida completa de desempenho do Sistema sobre um conjunto de casos de teste. Contudo está se considerando a validação do comportamento de entrada/saída do Sistema Baseado no Conhecimento. Esses sistemas também podem ser avaliados por considerar seus passos de raciocínio e explicações, dentre outros fatores.

De um ponto de vista científico e restrito, ao fazer tais medidas deve-se ter em mente que Sistema Baseado no

Conhecimento tem sido testado e medido apenas com respeito a um conjunto específico de casos de testes. Medições em outros casos de teste podem produzir diferentes resultados. É imperativo também medir a qualidade dos casos de teste no qual as medidas são realizadas. Usando um conjunto de casos representativo será fornecido um conjunto de resultados mais significativos.

Cabe salientar também que a formulação usada na ferramenta Especialista/Medida deve ser utilizada não apenas para medir um Sistema Baseado no Conhecimento contra um especialista humano, mas medir e comparar o desempenho de dois Sistemas Baseados no Conhecimento ou comparar dois especialistas humanos.

Observa-se que nenhuma medida única de precisão é uniformemente aplicável a todas as áreas e tarefas para os quais os Sistemas Baseados no Conhecimento podem ser construídos.

Deve-se ajustar vários parâmetros, baseados em fatores sociais, industriais e etc., de acordo com o Sistema Baseado no Conhecimento, e medir várias formas diferentes de precisão, conforme indicado por diferentes aplicações, com o intuito de determinar o que constitui bom desempenho para um sistema desse tipo. Deste modo o sistema pode ser visto e validado de diferentes pontos de vista.

Para medir o comportamento de um Sistema Baseado no Conhecimento, é preciso primeiro comparar casos de teste específicos. Dado um caso de testes específico, deve-se usar o

termo recomendação para se referir ao vetor de fatores confiantes fornecidos para um conjunto de seleções.

11.8 - Engenharia do Conhecimento

Esses anos de pesquisa em laboratório vêm orientando a tecnologia de Inteligência Artificial para ser um software comercial e, nesse sentido, constatou-se a necessidade de se apoiar a construção desses sistemas, através de formulações bem definidas e aceitas pelos especialistas da área, a fim de selecionar, construir, testar, avaliar e implementar tais sistemas, posto que estas tarefas estavam sendo desenvolvidas de forma empírica. Espera-se que Sistemas Baseados no Conhecimento sejam íntegros e manuteníveis e, por substituir as atividades da inteligência humana, obtenham a qualidade de inteligibilidade, pois há uma grande necessidade da compreensão dos usuários do sistema, tais como: médicos e físicos.

Muito embora tenha se verificado uma real necessidade de uma formulação estruturada para apoiar o desenvolvimento de Sistemas Baseados no Conhecimento, há uma grande divergência entre os estudiosos de ambas as áreas, Engenharia de Software e Inteligência Artificial, sobre o uso das técnicas tradicionais de Engenharia de Software em tais sistemas. Weilinga (WEILINGA, 1988) chega a afirmar que para se construir um Sistema Baseado no Conhecimento tem que se fazer com conhecimento e, que com o uso

dessas técnicas, o processo de aquisição do conhecimento seria subestimado. Por outro lado, há um outro grupo de pesquisadores como Lehner (LEHNER, 1989) que considera o desenvolvimento de Sistemas Baseados no Conhecimento similares aos tradicionais, obviamente com suas restrições. Segundo ele, com o advento das várias estratégias de prototipagem pelos engenheiros de software, as restrições em relação à análise das necessidades tendem a diminuir.

Através desse estudo da literatura, constatou-se que, na verdade, ambas deveriam ser investigadas em conjunto, pois apesar da Inteligência Artificial possuir características bem distintas de softwares tradicionais, a experiência já alcançada pela Engenharia de Software no mínimo auxiliaria na avaliação das formulações já existentes ou até possibilitaria a construção de novos instrumentos para uso em sistemas dessa natureza.

O desenvolvimento de qualquer sistema precisa de informação organizada. Sendo assim, o engenheiro do conhecimento pode aprender mais sobre a Engenharia de Software, já que ele é obrigado a desenvolver, entender e organizar relações entre as diversas partes do conhecimento.

As especificações das necessidades de Sistemas Baseados no Conhecimento são muitas vezes inexistentes, imprecisas ou rapidamente modificáveis. Adicionalmente, esses sistemas, em sua grande maioria, são produzidos em situações onde o próprio usuário não entende completamente suas próprias necessidades. Por

Isso cada nova aplicação necessita de trabalho criativo e desafiante, embora alguns princípios e sistematizações tenham emergido. Os instrumentos fornecidos pela Engenharia de Software devem ser adaptados de acordo com a nova realidade que está sendo vivida.

O desenvolvimento de um Sistema Baseado no Conhecimento, por envolver formalização de conhecimento especialista, adiciona dificuldades específicas da Engenharia do Conhecimento a todos os problemas tradicionais da Engenharia de Software.

Vários esforços vêm sendo realizados, com o objetivo de minimizar os problemas da aquisição do conhecimento e visando desenvolver um Sistema Baseado no Conhecimento de forma estruturada para torná-lo eficiente e produtivo. Rook (ROOK, 1989) desenvolveu uma estrutura conceitual que organiza os passos da aquisição do conhecimento dentro do contexto das fases de desenvolvimento de um Sistema Baseado no Conhecimento. Neale (NEALE, 1990) tem se preocupado com a modelagem da especialidade no desenvolvimento de um Sistema Baseado no Conhecimento como uma ferramenta para análise do conhecimento. Wielinga (WIELINGA, 1988) construiu uma metodologia para acompanhar todo o desenvolvimento de um Sistema Baseado no Conhecimento. Um Sistema Baseado no Conhecimento que auxilia engenheiros e gerentes na estimativa de esforços de desenvolvimento de software e planejamento usando o modelo COCOMO, o COCOMOx, também tem sido

alvo de estudo de pesquisadores. Um outro trabalho que visa estruturar o desenvolvimento de um Sistema Baseado no Conhecimento é encontrado em (KELLER, 1987). Neste trabalho Keller procura mostrar como a tecnologia de Inteligência Artificial pode se adaptar as metodologias de Engenharia de Software de sistemas existentes. Ele descreve uma metodologia de desenvolvimento de sistemas, baseada na Análise Estruturada, visando ajudar a separar os componentes de processamento de dados (técnicas tradicionais) e técnicas de Inteligência Artificial.

Wong (WONG, 1988) considera que a construção de um software tradicional contém os mesmos processos intelectuais da Engenharia do Conhecimento, exceto que as ferramentas de Sistemas Baseados no Conhecimento são de um novo tipo, pois tanto na Engenharia de Software convencional quanto na Engenharia do Conhecimento, os analistas de sistemas/engenheiros do conhecimento visam entender e conceitualizar o problema de forma sistemática, independente das ferramentas que serão utilizadas na implementação. Conseqüentemente, ele afirma que, muitas vezes, a dificuldade está no aprendizado e no uso das ferramentas na construção desses sistemas.

As atuais tendências na computação baseada no conhecimento têm produzido um grande número de ferramentas de construção de Sistemas Baseados no Conhecimento que, para serem adotadas, precisam passar por uma avaliação de acordo com os seus métodos de raciocínio, características do problema, interface com o usuário final, interface de desenvolvimento, interface do

sistema, necessidades de hardware e software, treinamento e suporte, custo, apropriação da ferramenta para tipo de hardware (GILMORE, 1986).

A Engenharia do Conhecimento consiste de um processo de obter conhecimento de um domínio específico e construí-lo numa base de conhecimento (ROLSTON, 1988). Para isso, combina elementos científicos, tecnológicos e metodológicos.

A Engenharia do Conhecimento precisa ser tecnicamente competente. Vários fatores determinam o sucesso ou a falha de seu esforço: questões de comunicação são fundamentais para o desenvolvimento de um Sistema Baseado no Conhecimento. Assim como muitos outros fatores técnicos e sociais envolvidos na construção de qualquer programa de computador para um usuário humano (FORSYTHE, 1989). Espera-se que metodologias da Engenharia do Conhecimento (FREILING, 1985) sejam fáceis de aplicar e possíveis de serem aplicadas a uma grande variedade de problemas. Devem ser graduais, visto que muitas vezes as pessoas não têm muita experiência com Engenharia de Software. Devem também ajudar a obter o conhecimento e fornecer estruturas medíveis.

Sem dúvida alguma, a Engenharia do Conhecimento causará um grande impacto nas áreas da atividade humana que possuem o conhecimento como elemento essencial para resolução de seus problemas, pela necessidade de se manusear uma grande soma de conhecimento nessas áreas, pelo próprio potencial de Sistemas

Baseados no Conhecimento para treinar novos especialistas, pelo poder de se aprender mais sobre um determinado campo enquanto se organiza o conhecimento para desenvolvimento desses sistemas, pelas reduções de custo, algumas vezes fornecidas por esses sistemas e também pelo próprio desejo de se obter conhecimento corporativo (RAMSEY, 1989).

Ferramentas de Sistemas Baseados no Conhecimento são sistemas de programação que simplificam o trabalho de construção desses sistemas. Waterman (WATERMAN, 1986) classifica essas ferramentas em quatro grandes grupos: linguagens de programação (orientada para o problema, manipulação simbólica), linguagens de engenharia do conhecimento (estrutura, propósito geral), ajudas para construção de sistemas (aquisição do conhecimento, projeto) e, finalmente, facilidades de suporte (programação, explicação).

No próximo capítulo serão apresentadas as diferentes formas de aquisição de conhecimento. Em seguida, serão descritas as principais técnicas e ferramentas de aquisição de conhecimento encontradas na literatura.

III. TÉCNICAS E FERRAMENTAS PARA AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO

O principal objetivo deste capítulo é fazer uma revisão das mais relevantes técnicas e ferramentas para aquisição de conhecimento encontradas na literatura. Julgou-se pertinente, ainda neste capítulo, apresentar as diferentes formas de se efetivar o processo de aquisição de conhecimento, visando, principalmente, mostrar as principais tendências nesse tema.

III.1 - Formas de aquisição de conhecimento

Não se sabe a fronteira do conhecimento inato e daquele obtido por um indivíduo. Contudo, para um computador, todo conhecimento precisa ser adquirido.

Existem várias formas de uma máquina obter o conhecimento (SRIRAM, 1989; PARSAYE, 1988). Em SRIRAM (SRIRAM, 1989) encontra-se uma classificação bastante elucidativa. A abordagem deste estudioso será apresentada a seguir.

1. Meio bibliográfico. Neste modo o conhecimento é extraído de material bibliográfico sobre o domínio, pelo engenheiro do conhecimento;

2. Especialista. Neste caso o engenheiro do conhecimento desenvolve um Sistema Baseado no Conhecimento, utilizando o conhecimento obtido de um ou mais especialistas no domínio. Ainda neste capítulo serão descritas as principais técnicas que facilitam o trabalho do engenheiro do conhecimento no processo de elicitação do conhecimento;

3. Protótipo. A partir da leitura dos documentos relevantes do domínio, o engenheiro do conhecimento desenvolve um protótipo do Sistema Baseado no Conhecimento. O especialista, neste caso, aponta os problemas do sistema e sugere estratégias alternativas de solução;

4. Ferramentas de edição do conhecimento. Neste caso, o especialista do domínio, com alguma ajuda do engenheiro do conhecimento, interage com um programa de edição do conhecimento, que incorpora uma soma considerável do conhecimento do domínio em várias formas. Ex.: um programa que tenta incorporar um conhecimento enciclopédico, como é o caso do GYC, desenvolvido por Lenat;

5. Ferramentas de aquisição do conhecimento semi-automatizadas. Neste modo, o especialista no domínio, para incorporar seu conhecimento no computador, interage com um sistema de aquisição do conhecimento semi-automatizado. Existem várias ferramentas desse tipo e muitas delas necessitam de alguma ajuda do engenheiro do conhecimento. Ex.: MORE, MOLE.

6. Ferramentas de aquisição do conhecimento totalmente automatizadas. Da mesma forma que na anterior, o especialista do domínio interage com um sistema de aquisição de conhecimento, para incorporar seu conhecimento no computador. Contudo, nesse caso, esse sistema é totalmente automatizado. Sendo assim, não há necessariamente a ajuda do engenheiro do conhecimento para inserir o conhecimento no computador. Porém, para que especialistas manipulem essas ferramentas é necessário que eles tenham habilidades para trabalhar com computadores e para

conceitualizar sua estratégia de resolução de problema. Acredita-se que, dessa forma, não só os problemas de aquisição do conhecimento seriam eliminados, como também, seria reduzido o tempo para desenvolvimento de um Sistema Baseado no Conhecimento;

7. Programas de entendimento de texto. Um sistema desse tipo lê os documentos, os entende e desenvolve estruturas de conhecimento apropriadas. Porém, com as dificuldades encontradas no processamento de linguagem natural, tais sistemas possuem sucesso limitado. Existem poucas teorias com potencial para desenvolver ferramentas capazes de extrair estruturas de conhecimento de texto. Pode-se citar as teorias: Dependência Conceitual e suas variações e Semânticas Léxico-interpretativas. Um exemplo de programa de entendimento de texto que utiliza semântica léxico-interpretativa é o RELATUS;

8. Mista. Neste caso o modo 7 é seguido dos modos 2, 4 ou 5, descritos anteriormente;

9. Aprendizado automático. Nos estágios iniciais, estruturas do conhecimento são codificadas no computador através de qualquer uma das formas citadas acima. Esse conhecimento é, então, ampliado por programas de aprendizado automático, que visam automatizar o processo de aquisição de conhecimento, fornecendo ao Sistema Baseado no Conhecimento uma capacidade de aprendizagem. Entende-se por aprendizagem, a habilidade de um sistema em se adaptar a mudanças no ambiente, de tal forma que realize uma determinada tarefa ou tarefas relacionadas, mais efetiva e eficientemente numa próxima vez. Dependendo da quantidade de informação fornecida pelo ambiente (usuário), esses programas podem ser classificados em:

. Aprendizado mecânico. Neste caso, o ambiente (usuário) fornece o conhecimento. Embora seja esta a estratégia utilizada atualmente nos Sistemas Baseados no Conhecimento, muitos desses sistemas ainda não têm mecanismos adequados para checar sua consistência;

. Aprendizado por comunicação oral. O ambiente (usuário) fornece conhecimento muito abstrato ou geral. Com isso, o programa de aprendizado ou o mecanismo de inferência precisa ser capaz de usar esse conhecimento fornecido para inferir conhecimento específico. Esse tipo de aprendizado pode ser facilmente incorporado nos atuais Sistemas Baseados no Conhecimento;

. Aprendizado por exemplos. A partir de exemplos específicos fornecidos, o programa de aprendizado é capaz de criar suposições de estruturas gerais do conhecimento, possíveis de serem aplicadas em outras situações. Trabalhos nesta área podem ser classificados em:

.. Modelagem de rede neural. A representação do conhecimento é feita na forma de nodos, denominados células, e pesos, que determinam a força das conexões entre as células. Um número de pares de entrada/saída são apresentados ao sistema. Dessa forma, o aprendizado é feito ajustando os pesos, associados com as ligações, entre células, permitindo que o sistema responda a um estado de entrada que não tenha sido mostrado antes. A modelagem de rede neural deve ser utilizada em situações onde as associações entre as evidências e as hipóteses não são claramente entendidas;

.. Aprendizado indutivo. A tarefa do programa é gerar, através de um processo indutivo e mediante um conjunto de exemplos, uma descrição do conceito que explica todos os exemplos positivos e nenhum negativo. Um programa clássico nessa área é o ID3, que será relatado no próximo item deste capítulo:

.. Aprendizado dedutivo ou analítico. O programa de aprendizado é apresentado através de um exemplo de um conceito do domínio e a descrição funcional desse exemplo. Este exemplo, juntamente com a teoria do domínio, é usado para gerar conceitos gerais ou específicos do domínio, tipicamente regras. Uma variação dessa técnica é chamada de EBL, "Explanation-based Learning", e tem potencial para aplicações em Engenharia. Ex.: SOAR:

.. Aprendizado pelo caminho da solução. O programa de aprendizado analisa o caminho da solução e gera heurísticas baseadas nesta análise. Ex.: LEAP, CHECKERS, SAGE.

. Aprendizado por analogia. A partir de episódios de resolução de problemas passados, o sistema é capaz de gerar novos conceitos do domínio. Ex.: STRUPL, ARGO, CYCLOPS:

. Aprendizado por descoberta. O sistema descobre novos fatos e teorias mediante a informação já existente, e sem a ajuda do usuário no fornecimento de exemplos. Neste caso, com essa informação, o sistema tenta descobrir regularidades entre as variáveis do domínio ou novos conceitos, geralmente obtidos por um processo guiado de "geração-e-teste". Os trabalhos atuais em aprendizado por descoberta podem ser classificados em três áreas:

a) Formação de taxonomias classificatórias. Um exemplo disto são objetos ligados pela relação "E-UM". As descobertas

automatizadas dessas taxonomias podem ser obtidas através de uso de algoritmos "Clustering". Esses algoritmos trabalham com um conjunto de descrições de objeto e geram uma classificação hierárquica desses objetos, agrupando-os em "clusters", que podem ser numéricos ou conceituais. Os primeiros usam uma medida numérica de similaridade, enquanto os algoritmos conceituais utilizam uma medida qualitativa de similaridade para geração desses "clusters". Ex.: ISG;

b) Descoberta de leis empíricas. Consiste na descoberta de relações, causal e de dependência, entre várias entidades (variáveis) de dados experimentais e não-experimentais. As pesquisas de aprendizado nessa área podem ser classificadas em leis de descoberta qualitativa e leis de descoberta quantitativa. Ex.: BACON, GLAUBER, HOTEPI;

c) Geração de novos conceitos. Visa desenvolver programas que produzam novos conceitos. Tais programas começam tipicamente com um conjunto de especificações, uma base de conhecimento do domínio e geram novos conceitos que satisfazem essas especificações. Ex.: EDISON, EURISKO, SIDGIS.

III.2 - Descrição das técnicas de elicitação do conhecimento

Neste item serão relacionadas as principais técnicas, encontradas na literatura, para se efetivar a aquisição de conhecimento.

- ENTREVISTA (WRIGHT, 1987; HART, 1986; GAMMACK, 1985; LEÃO, 1988; GIORNO, 1988; KOWAL, 1990; SRIRAM, 1989; EVANSON, 1988; HOFFMAN, 1987; ERICSSON, 1980; KIDD, 1987; GLITZ, 1989; WIELINGA, 1988; FORSYTHE, 1989; ESTVANIK, 1990)

Sem dúvida alguma, esta técnica é considerada a mais familiar da fase de eliciação do conhecimento. Consiste de encontros ou discussões entre o engenheiro do conhecimento e o especialista, com o objetivo de se obter uma visão geral do domínio deste último e entendimento do jargão. Além disso, essa técnica revela os objetos sobre os quais o especialista pensa, a organização e a relação desses objetos, o processo de julgamento e a solução do problema ou o projeto de uma solução.

Obviamente, essa técnica apresenta algumas limitações. Embora o especialista tenha o conhecimento, muitas vezes este não pode ser diretamente comunicável no momento da entrevista, precisando ser deduzido por outras técnicas. Além de gerar muita informação o produto da entrevista não é facilmente traduzido em regras e estruturas de controle de um Sistema Baseado no Conhecimento.

Por isso, alguns cuidados são necessários ao se efetivar uma entrevista, tais como:

. incentivar o uso de técnicas de questionamento não-alienígenas ao especialista;

- . evitar interrupções e interpretações durante a entrevista, atentando para pausas, dúvidas e até mesmo a linguagem corporal do especialista;

- . registrar a entrevista (o uso deste artifício evita a distração do especialista e do engenheiro do conhecimento, e também evita que as informações se tornem incompletas ao se usar lápis e papel para anotar os aspectos importantes da reunião);

- . observar a maneira com que o especialista usa o conhecimento.

Várias técnicas de questionamento, reconhecidas pela Psicologia, podem ser utilizadas durante a entrevista:

- . incentivar a análise de casos interessantes (técnica do incidente crítico);

- . estimular a apresentação de sintomas e características da decisão, caso o especialista não os tenha organizado na forma de regras e heurísticas;

- . motivar o surgimento de objetivos intermediários à decisão final;

- . propor subdivisões do domínio da decisão;

- . propor raciocínio de trás para frente quando o contrário não estiver dando resultado;

- . incentivar o uso de seqüência de afunilamento, onde a entrevista começa com uma abordagem geral e termina com questões mais específicas;

- . fazer uso da seqüência de afunilamento invertido, oposta a anterior;

Para ser um bom entrevistador é necessário desenvolver algumas habilidades como acuidade sensorial e percepção de indicadores que possam vir a surgir durante o processo. A eficácia da entrevista está na análise do entrevistador, do entrevistado e no conhecimento das estratégias e técnicas de questionamento. Diferentes guias para a realização de entrevistas de forma eficiente podem ser encontrados na referência bibliográfica citada anteriormente.

A técnica de entrevista pode aparecer de diferentes formas (SRIRAM, 1989):

. NÃO-ESTRUTURADA. Numa entrevista não-estruturada, o engenheiro do conhecimento faz perguntas ao especialista, sem obedecer nenhuma organização. Para isso, é necessário que o engenheiro do conhecimento tenha um bom entendimento do domínio. É preciso se ter em mente que, se esse processo não for executado corretamente, poderá gerar uma situação de desconfiança do especialista no trabalho que está sendo desenvolvido;

. ESTRUTURADA. Neste tipo de entrevista, o engenheiro do conhecimento consulta vários documentos relativos ao problema. Então, baseado nas informações adquiridas, ele lista os objetivos específicos e formula questões ordenadas de acordo com o que será explorado. A entrevista estruturada não só facilita o engenheiro do conhecimento a ter um bom controle sobre o processo de aquisição do conhecimento, como, também, leva o especialista do domínio a pensar numa forma sistemática;

. ESTILO LIVRE. Depois de extrair o conhecimento de vários documentos, o engenheiro do conhecimento demonstra seu entendimento do processo de resolução do problema do especialista no domínio. O especialista aponta, então, os vários "gaps" (caso existam) na base de conhecimento elaborada pelo engenheiro do conhecimento, até ficar satisfeito com as soluções dadas para os problemas que estão sendo tratados:

. TUTORIAL. O especialista no domínio fornece um ou mais tutoriais sobre o domínio para o engenheiro do conhecimento, a fim de que ele possa desenvolver um protótipo.

- ANÁLISE DE PROTOCOLO (WRIGHT, 1987; HART, 1986; GAMMACK, 1985; GIORNO, 1988; GLITZ, 1989; ERICSSON, 1980)

A abordagem clássica de Análise de Protocolo consiste em registrar o comportamento (verbal ou não) do especialista, no momento da realização de seu trabalho. Este protocolo, por sua vez, é transcrito e analisado, e convertido para um conjunto de regras que transformam um estado de solução para o próximo.

O mérito dessa técnica está no que o especialista pode explicitamente lhe dizer numa situação de resolução de problema, permitindo inferência de que conhecimento ele usa, embora não o possa verbalizar ou não seja consciente disso. Pela reconstrução da solução usando regras do sistema de produção inferidas, o conhecimento do especialista pode ser modelado. Protocolos podem ser usados tanto para tarefas do mundo real quanto experimentais.

Esta técnica é particularmente útil para obter os procedimentos que os especialistas usam na resolução de problema, mas que não são capazes de articular. Podem ser usados para eliciar conhecimento procedural e também conhecimento facilmente mapeado em regras.

Relacionada à análise de protocolo está a tarefa de análise, que é aplicada antes da análise de protocolo propriamente dita. Nesta, as restrições impostas pela natureza da tarefa são determinadas, tornando o seu comportamento muito mais prognosticável.

Existem variações dessa técnica, como é o caso usado por Myers (GAMMACK, 1985). Esta técnica consiste na obtenção de transcrições de protocolos registrados no gravador para então realçar (usando um editor de texto) os itens mais substantivos do conteúdo. Este é então codificado e diretamente transformado em regras. Tal método consome menos tempo e produz um desempenho aceitável para um sistema de protótipo inicial, podendo ser usado no lugar ou como um complemento da entrevista.

Na literatura encontrou-se também a seguinte classificação para protocolos (GIORNO, 1988; ERICSSON, 1980):

. **CONCORRENTE.** Consiste em levar o especialista a "pensar alto" enquanto resolve um problema. Esta verbalização é registrada e, posteriormente, transcrita, para que o engenheiro do conhecimento, de posse desse material, analise o texto e

extraia informação útil, visando representar a informação básica que será formalizada. Esta técnica, embora forneça informações mais precisas do que as entrevistas, requer alguns cuidados especiais, tais como: planejamento da sessão, bom conhecimento do domínio do problema e dos tipos de tarefas normalmente manuseadas pelo especialista. Além disso, requer um trabalho mais intenso na interpretação dos dados obtidos em comparação ao esforço exigido pelas entrevistas. Segundo estudiosos, especialistas preferem entrevistas à análises de protocolo:

. RETROSPECTIVO. Consiste em filmar a realização da tarefa pelo especialista, para, depois da solução ter sido obtida, o filme ser projetado, a fim de que o especialista diga o que estava pensando e fazendo no momento da execução desse trabalho. Esse tipo de protocolo pode ser útil quando o conhecimento do especialista é altamente tácito e difícil para traduzir numa forma verbal ou, quando se acha que o protocolo concorrente, citado anteriormente, pode alterar o desempenho da tarefa. Contudo, é um procedimento mais caro que o apresentado anteriormente e, provavelmente, difícil de se realizar do ponto de vista operacional, além de, em geral, causar embaraço para o especialista.

- ANÁLISE POR INTERRUÇÃO (GOTTGTROY, 1980)

Nesta técnica o engenheiro do conhecimento apenas observa a atuação do especialista, durante o momento da execução de seu trabalho, sem verbalizar.

O processo deve ser interrompido, quando o engenheiro do conhecimento não for capaz de entender mais o raciocínio do especialista. Só então o especialista deve fazer questões que possam vir a esclarecer suas dúvidas.

É uma técnica bastante útil para comparação do desempenho de um especialista com o protótipo de um Sistema Baseado no Conhecimento. No entanto, é muito difícil retomar o processo, após a interrupção.

Apresenta como desvantagem o fato do especialista poder se sentir como se estivesse sendo testado.

- PROTOCOLO POR TELEFONE (GOTTGTROY, 1990)

Consiste em pedir ao especialista que solucione um problema sem vê-lo, como se estivesse falando pelo telefone. Uma outra opção é fazer uma pergunta específica ao especialista, ao invés de solicitar uma análise completa sobre o problema.

- ANÁLISE DIRIGIDA PELO CONTEXTO ("CONTEXT-FOCUSING: SHORT-CUT PROTOCOL ANALYSIS") (WRIGHT, 1987)

Nesta técnica o engenheiro do conhecimento imagina um estado particular do sistema ou uma classificação, a fim de que, através de questionamento, o especialista consiga identificar o que foi pensado.

É conveniente que este procedimento se repita várias vezes, embora em cada uma delas, seja imaginado um estado alternativo do sistema. Dessa forma, o engenheiro do conhecimento pode verificar se a ordem de prioridade de ordenação das regras que o especialista usa, é consistente de tarefa para tarefa. Sendo consistente, o engenheiro do conhecimento deve discutir com o especialista, a racionalidade existente por trás dessa ordenação. Caso não seja, o engenheiro do conhecimento deve discutir com o especialista o porquê de sua seqüência de perguntas ter sido modificada.

É interessante que o engenheiro do conhecimento tenha familiaridade com o domínio do problema em questão, pois, caso contrário, ele não estará apto a responder as perguntas feitas pelo especialista de forma satisfatória. Porém, se isso não for possível, o engenheiro do conhecimento deve agir como um observador de dois especialistas, que compartilham um conhecimento comum sobre o domínio. Desta forma, o engenheiro do conhecimento, baseado na gravação desse encontro, deve elaborar uma seqüência de regras de teste para posterior discussão com o(s) especialista(s).

Esta técnica tem como vantagem permitir que o engenheiro do conhecimento tenha acesso a seqüência de regras de teste do especialista, porém, por si só, não permite acesso ao conhecimento de classificação ou relações entre objetos, experiência e regras do domínio do especialista.

Esta técnica também permite acesso direto mais conveniente ao conhecimento procedural do que PROTOCOLOS CONCORRENTE ou RETROSPECTIVO.

- TAREFAS FAMILIARES (GIORNO, 1988; HOFFMAN, 1987)

Esta técnica consiste na análise de tarefas rotineiras ou familiares do especialista. Para isso, deve-se observar e interagir com o mesmo, enquanto ele manuseia tais tarefas, visando obter táticas, procedimentos, objetivos, fatos e dados, usados para resolver problemas.

Sem dúvida é uma técnica confortável para o especialista e ajuda o engenheiro do conhecimento a identificar os tipos de conhecimento e habilidades envolvidas no domínio. Como desvantagem pode-se citar o excesso de tempo consumido.

- CASOS TÍPICOS (GIORNO, 1988)

Consiste na análise de vários casos típicos, reais ou fictícios, juntamente com o especialista.

Apresenta como principal vantagem o fato de produzir uma grande soma de informações seguras, embora seu uso seja bastante desgastante.

- CASOS DIFÍCIS (GIORNO, 1988; HOFFMAN, 1987)

Esta técnica consiste na análise de casos não muito comuns ou de difícil solução para o especialista. Normalmente, pede-se ao especialista que, ao encontrar um caso desse tipo, na sua rotina de trabalho, grave o processo de solução.

É interessante destacar que os especialistas identificam facilmente esses casos. A própria identificação já é um importante conhecimento a ser eliciado.

Desta forma, o engenheiro do conhecimento torna-se capaz de extrair informações de sub-domínios específicos e obter estratégias refinadas do especialista, visando preencher os "gaps" do conhecimento adquirido por outras técnicas. Cabe salientar que, na maioria das vezes, não há a presença do engenheiro do conhecimento.

- TAREFAS COM INFORMAÇÕES LIMITADAS (HOFFMAN, 1987; GIORNO, 1988)

Nesta técnica o especialista resolve uma tarefa que lhe seja familiar, porém com restrição de quantidade ou tipo de informação disponível.

Esta técnica fornece informações sobre os sub-domínios específicos do conhecimento, as estratégias do pensamento do

especialista e uso de heurísticas com o objetivo de preencher os "gaps" do conhecimento adquirido.

Por outro lado, ela causa ao especialista um certo desconforto, visto que ele pode se sentir sobre pressão e hesitar em fazer julgamentos. Para evitar tais transtornos, é indispensável que o especialista esteja convicto de que não está sendo testado.

- TAREFAS COM PROCESSAMENTO RESTRITO (GIORNO, 1988; HOFFMAN, 1987)

Nesta técnica o especialista realiza uma tarefa familiar, porém com alguma restrição de processamento, como, por exemplo, do tipo limitação de tempo para resolver o problema. Tarefas com processamento restrito visam restringir ou alterar as estratégias de raciocínio que o especialista usa para revelar o enfoque usado na tentativa de resolver o problema, através da ordem e natureza das questões que o especialista formulará. Esta técnica é útil também para adquirir o conhecimento tácito e pode ser direcionada de forma a se obter informações sobre subdomínios do conhecimento.

- TAREFAS COM RESTRIÇÕES COMBINADAS (HOFFMAN, 1987)

Consiste, como o próprio nome já diz, em solicitar ao especialista que desenvolva uma tarefa, porém combinando

restrições de informação e processamento.

Nesta técnica o especialista faz explorações e se torna menos hesitante em dar incertezas ou julgamentos qualificados.

- CENÁRIOS (LEÃO, 1988; HOFFMAN, 1987)

Nesta técnica um problema familiar é explorado, ressaltando similaridades e diferenças, mediante analogias com casos anteriores.

A aplicação de cenários visa evidenciar o tipo de raciocínio do especialista.

Embora esta técnica produza grande quantidade de dados confiáveis, é necessário, para que tenha êxito, que o especialista perca a hesitação em fornecer incertezas ou em fazer julgamentos qualificados. É um processo bastante cansativo, principalmente para o especialista.

- ORDENAÇÃO CONCEITUAL (WRIGHT, 1987; GAMMACK, 1985; GIORNO, 1988; GLITZ, 1989)

Um paradigma familiar na Psicologia Cognitiva é a técnica de ordenação conceitual, que consiste em obter um conjunto de conceitos que cobrem largamente o domínio, seja através de um glossário ou texto, ou, ainda, de uma conversa introdutória para, em seguida, transferir cada conceito para um

cartão , a fim de que o especialista classifique esses cartões em grupos, descrevendo o que cada um tem em comum. Esses grupos podem ser interativamente combinados para formar uma hierarquia.

Esta técnica é bastante útil quando há muita informação a ser organizada, de tal forma que se torne gerenciável. Permite também que o engenheiro do conhecimento tenha acesso às classificações e relações entre objetos, experiências ou regras.

Na literatura foram encontradas diferentes formas de aplicação dessa técnica, como será apresentado a seguir.

. TAREFA DE CRIAÇÃO DE GRUPOS (GIORNO, 1988; WRIGHT, 1987)

Nesse caso o especialista agrupa os cartões com características similares. Os grupos definidos precisam ser nomeados e formarão um segundo nível de termos associados com o domínio do problema. Este procedimento é repetido, enquanto for significativo para o especialista, considerando o mais novo nível como ponto de partida. É recomendável que os cartões não agrupados e não eliminados pelo especialista, sejam passados diretamente para o próximo nível. Uma vantagem desta técnica é a produção natural de uma classificação hierárquica dos elementos relacionados ao domínio.

. TAREFAS DE SEPARAÇÃO DE GRUPOS (GIORNO, 1988; WRIGHT, 1987)

A princípio o especialista deve separar o conjunto completo de cartões em dois grupos, com características internas similares, e nomeá-los. Depois, esse conjunto inicial de cartões deve ser embaralhado para, em seguida, ser dividido em três grupos sob as mesmas condições, e assim sucessivamente, até que o processo pareça significativo para o especialista.

Considerando os vários grupos obtidos, o engenheiro do conhecimento deve tentar estabelecer classificações hierárquicas entre eles. Estas classificações devem ser apresentadas e discutidas com o especialista até que elas correspondam a sua visão do domínio.

. COMPARAÇÕES TRIÁDICAS (WRIGHT, 1987)

Neste caso, mediante o conjunto completo de cartões, o engenheiro do conhecimento deve retirar apenas três, de forma randômica. A seguir, esses cartões devem ser apresentados ao especialista para que ele possa arrumá-los em dois grupos, de tal forma que os dois cartões em um grupo sejam mais similares que o terceiro cartão. O especialista é solicitado a dizer no que esses grupos diferem.

Embora essas diferentes técnicas de ordenação

conceitual geralmente não produzam o mesmo resultado, qual seja, a mesma representação da estrutura do conhecimento, elas favorecem o entendimento de classificações e relações presentes na visão do especialista.

- BRADA (GONÇALVES, 1986; GIORNO, 1988)

A técnica BRADA ("BRainstorming" ADaptado) consiste na aplicação da técnica "brainstorming", derivada da Psicologia, em um grupo de especialistas, para os contextos do domínio de decisão. Contudo, deve-se restringir a verbalização do especialista para o modelo de regras de produção.

Numa primeira instância, o engenheiro do conhecimento deve fazer uma breve apresentação para os especialistas da técnica de "brainstorming" e do formalismo das regras de produção, para então, conduzir as sessões de elicitação do conhecimento, usando a técnica "brainstorming" restrita ao molde SE ... ENTÃO. Cabe ressaltar que, para estimular outros especialistas a proferirem novas regras, é conveniente que aquelas já enunciadas fiquem expostas. Posteriormente, um ou todos os especialistas, em conjunto com o engenheiro do conhecimento devem refinar as regras geradas.

Esta técnica gera regras fácil e eficientemente, embora favoreça abstrações espalhadas e não controladas, requerendo conseqüentemente um refinamento de regras intensivo.

- HITE (GONÇALVES, 1986; GIORNO, 1988)

Esta técnica consiste na construção de regras de produção, tendo como ponto de partida, hipóteses ou fatos terminais, isto é, aqueles que correspondem a possíveis soluções de problemas.

Depois de identificar os contextos do domínio do problema, o engenheiro do conhecimento pede ao especialista que considere cada uma das hipóteses terminais e tente especificar o que levam a elas. Cada um desses fatos se torna uma hipótese terminal por ele mesmo, e o processo é repetido até que os fatos primitivos ou iniciais sejam alcançados.

Este procedimento é de grande utilidade para controlar e guiar o processo de entrevista, evitando desvios e abstrações inúteis, mas, por outro lado, é necessário que o engenheiro do conhecimento obtenha primeiramente as hipóteses terminais.

- LIFA (GONÇALVES, 1986; GIORNO, 1988)

A técnica em questão, Lista de FATos, assume regras de produção como um formalismo para representação do conhecimento.

Tão logo sejam identificados os contextos do domínio, o engenheiro do conhecimento, com a ajuda do especialista, constrói uma lista tão completa quanto possível de fatos de um contexto.

Mediante esta lista, o especialista deve identificar fatos iniciais e terminais e precedências entre eles. É a partir dessas precedências que o engenheiro do conhecimento formula regras de produção.

Esta técnica é bastante simples de ser usada, embora seja difícil, tanto manusear a lista de fatos que podem se tornar extensas quanto o tratamento desses fatos com diferentes níveis de abstração. Além disso, há uma tendência do especialista em começar a perder-se.

- FGSES (GONÇALVES, 1986)

A técnica Fatores Críticos de Sucesso em Sistemas Especialistas consiste em, uma vez delimitado o domínio do problema, pedir ao especialista que cite cinco ou mais fatores críticos de sucesso para se atingir a solução do problema. Esses fatores devem, então, ser ordenados por ordem de importância e, em seguida, refinados em sub-fatores até o nível de atributos e valores. A partir daí, cria-se uma árvore de contexto inicial, onde são colocadas as regras de decisão, que devem ser refinadas para a obtenção da base de conhecimento inicial.

Esta técnica permite se ter a indicação dos elementos que norteiam as heurísticas do especialista.

- POLOS (GONÇALVES, 1986)

Esta técnica consiste da identificação de um objeto, a partir da descrição de suas características, visando à familiarização do especialista no processo. Em seguida, um pequeno problema, relevante a um certo contexto de conhecimento, é elaborado para então, serem identificados os elementos, fatos e ações mais próximos a ele. Este processo deve ser repetido até que se atinja o término de uma cadeia decisória.

- QUESTIONÁRIOS (GOTTGTROY, 1990)

Nesta técnica o engenheiro do conhecimento elabora algumas questões básicas e amplas em cartões, a fim de extrair do especialista, objetos do domínio, relações e, principalmente, informação imprecisa.

Para isso julga-se necessário que o especialista responda as questões em um ambiente tranquilo. Dessa forma, sem qualquer tipo de pressão, o questionário será respondido com sucesso.

A conveniência de se aplicar esta técnica a mais de um especialista, dependerá muito do grau de integração de ambos, para que o consenso se torne possível.

- PROBABILIDADES SUBJETIVAS (WRIGHT, 1987)

Na literatura foram encontradas algumas técnicas para eliciar probabilidades subjetivas. Uma delas é conhecida como Método Direto, que consiste em fornecer um número entre 0 e 1, onde 0 significa a impossibilidade do evento ocorrer e 1, naturalmente, a certeza absoluta de que o evento ocorrerá.

Esta técnica pode ser acoplada a outras, como, por exemplo, QUESTIONÁRIO, visando ajudar o especialista a medir a probabilidade de ocorrência de um evento.

- DIAGRAMA (GIORNO, 1988)

Nesta técnica deve-se adotar um elemento do domínio do problema como raiz de uma árvore, para então quebrar-se esse elemento graficamente em sub-elementos ligados a ele. A seguir, cada sub-elemento dever-se-á então ser sucessivamente quebrado, até se atingir o nível desejado.

O diagrama é bastante útil quando se pretende decompor e combinar conceitos de um domínio. Pode também ser usado para suportar outras técnicas.

- ÁRVORES ORDENADAS POR LEMBRANÇA (GOTTGTROY, 1990)

Esta técnica visa construir uma árvore ordenada, que

permita demonstrar a relação entre os objetos do domínio.

Nesta técnica solicita-se ao especialista que ele liste os nomes dos objetos envolvidos no processo de 10 a 20 vezes. Visando incentivar o especialista a citar elementos variados, pode-se sugerir em que item começar.

Deve-se buscar regularidades nessas listas. Então, cada agrupamento é composto de todos os conjuntos de itens listados juntos. A seguir, estes itens são redesenhados numa árvore ordenada, onde setas uni e bi-direcionais são colocadas sobre os agrupamentos de elementos que foram listados consistentemente numa ordem particular. As setas bi-direcionais indicam que a listagem ocorreu na ordem em que está escrito e na ordem inversa.

- ANÁLISE DE FLUXO INFERENCIAL (GOTTGTROY, 1990)

Esta técnica é bastante simples de ser aplicada e visa mostrar a cadeia de inferência que os especialistas usam para alcançar uma conclusão.

Primeiramente é feita uma lista de alguns conceitos-chaves do domínio, para a seguir, serem formuladas aos especialistas perguntas diretas sobre a relação causal entre dois conceitos.

As respostas fornecidas, revelam, então, 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 da resposta, com ligações positivas ou negativas. 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.

- DESENHANDO CURVAS FECHADAS (GOTTGTROY, 1990)

Esta técnica visa indicar as relações entre os objetos do domínio que podem ser codificados numa representação de espaço físico.

O especialista deve indicar que coleção de objetos físicos "andam juntos" e, depois, desenhar os objetos relacionados numa curva fechada. Esta técnica é aplicável a um único especialista.

- GRAFOS DE CONHECIMENTO (GIORNO, 1988; GLITZ, 1989)

Esta técnica se apóia no conceito de codificação em lista para a descrição uniforme e esquemática do conhecimento da população e na teoria dos grafos para expressar a estrutura do conhecimento.

Numa fase inicial dessa técnica, é necessário definir, com a ajuda de um ou mais especialistas, o domínio do problema,

as hipóteses diagnósticas e uma lista de sintomas, sinais e exames.

De posse dessas informações, o engenheiro do conhecimento seleciona uma das hipóteses diagnósticas, de preferência em ordem decrescente de sua frequência de ocorrência, e pede ao especialista que indique os itens da lista de sintomas que são necessários para a formulação da hipótese diagnóstica, ordenando-os de acordo com a importância desses itens para o diagnóstico.

Os itens dessa lista ordenada passarão a ser os nós inferiores de um grafo de conhecimento e o especialista deverá associá-los da forma que julgar conveniente para concluir a hipótese diagnóstica, gerando nós intermediários que convergem para a hipótese em questão.

O engenheiro do conhecimento deve solicitar que o especialista, após a elaboração do grafo da diagnose escolhida, atribua um peso entre 0 e 10 para a informação representada em cada nó, com relação ao diagnóstico e, também, defina os operadores lógicos associados (E, OU, NÃO) a cada nó do grafo.

Esse processo deve ser repetido para outras hipóteses diagnósticas formando uma família de grafos, que é um modelo aproximado do conhecimento especialista, podendo ser mapeado num formalismo de representação, tal como regras de produção.

Uma variação desta técnica é a determinação do conhecimento médio de múltiplos especialistas em um determinado domínio do problema. O grafo médio de conhecimento representa de maneira sintetizada o conhecimento de múltiplos especialistas. O trabalho com mais de um especialista apresenta algumas vantagens, como o enriquecimento da base de conhecimento, tornando o sistema mais completo e, a validação da informação, visto que se obtém um consenso do grupo.

Esta técnica consiste de, a partir de cada grafo individual dos especialistas, seleccionar-se uma estrutura de intersecção de todos estes grafos, e a partir desta intersecção construir-se o grafo união (ou grafo da população especialista). Em seguida deve-se seleccionar as estruturas topológicas do grafo de população que estão presentes nos grafos individuais, acima de um nível considerado mínimo.

Esta técnica está sendo amplamente utilizada, principalmente, na área médica. É, sem dúvida, uma técnica simples, uniforme, de rápida aplicação, adaptável a vários domínios e, facilmente transformado em formalismos computacionais de representação do conhecimento.

Uma consequência útil desta técnica é a possibilidade de se distinguir especialistas de não-especialistas, a partir da observação dos grafos. A estrutura do conhecimento especialista tende a ser menor, mais coesa e mais concisa.

Esta abordagem de múltiplos especialistas introduz também vários parâmetros úteis para caracterização do conhecimento do especialista e, para mensuração do nível de concordância entre os membros de uma população de especialistas.

- ID3 (GOMES, 1988; PARSAYE, 1988; HART, 1986; GLITZ, 1989)

O algoritmo ID3 ("Iterative Dichotomiser 3") foi originariamente desenvolvido por Quinlan e visa fazer a aquisição do conhecimento de uma forma indutiva, dentro de um processo automatizado.

O ID3 basicamente atinge o grupo de regras que norteia a atuação de um especialista, através de um conjunto de exemplos fornecido pelo mesmo. Estes exemplos mostram como teriam sido tomadas as decisões assumindo-se uma determinada valoração para uma série de condicionantes.

Deve-se observar que é a partir deste conjunto de exemplos, que o ID3 construirá a base de conhecimento. Portanto, caso tal conjunto não esteja completo o suficiente (ou deixe margem a dúvidas), a base de conhecimento resultante estará comprometida.

Para, a partir do conjunto de exemplos se construir a base de conhecimento, o ID3 deve seguir uma série de passos,

facilmente implementáveis em um computador. Tais passos, que visam formar a árvore de decisão de onde surgirá a base de conhecimento, são:

1. decidir, a partir dos exemplos fornecidos pelo especialista, quais os atributos envolvidos na tomada de decisão;

2. através de um processo estatístico, distinguir qual o atributo mais significativo para a decisão;

3. colocar este atributo como raiz de uma sub-árvore com tantos ramos quantas forem suas classes de instâncias (tal sub-árvore comporá a árvore de decisão);

4. para cada um destes ramos, voltar ao passo (2), utilizando-se apenas o subconjunto correspondente à classe de instâncias considerada no conjunto maior de exemplos. Este processo é repetido até que não haja mais atributos ou que nenhum atributo se mostre significativo o bastante para a decisão.

Pelo que foi exposto, o ID3 tem como principal vantagem, o fato de ser uma técnica de aquisição do conhecimento automatizável, a partir de um conjunto de exemplos, e pode-se dizer que esta é a principal razão de seu sucesso.

No entanto, a construção de um conjunto de exemplos completo não é uma tarefa simples (HART, 1986). Se, por exemplo, não sabemos que uma criança vai à escola a partir dos 5 anos e só temos um conjunto de exemplos, onde aparecem apenas crianças com mais de 7 anos ou menos que 3 anos, jamais se poderia determinar a regra de idades citada a partir destes exemplos.

Deve-se ressaltar que, apesar deste problema, o algoritmo ID3 tem sido largamente utilizado e tem dado origem a diversas técnicas de aquisição do conhecimento, como pode ser observado em (GOMES, 1988).

- ANÁLISE DE "CLUSTERS" (PINKOWSKI, 1989; BOOSE, 1988)

Consiste na classificação de objetos em grupos, associados com vetores de dados, com base em medidas de similaridade ou distância.

Desta forma, num mesmo grupo estarão reunidos objetos com características bem semelhantes, enquanto que em grupos diferentes encontrar-se-ão objetos desiguais. Estas propriedades provocam coesão interna e isolamento externo.

- "REPERTORY GRID" (ALBERTSEN, 1988; WRIGHT, 1987; HART, 1986; GAMMACK, 1985; SHAW, 1982; GLITZ, 1989; BOOSE, 1985)

O "repertory grid" (malha do repertório), exemplo de técnica de escalonamento dimensional, é um processo preliminar de auxílio ao especialista durante a aquisição do conhecimento, que procura fornecer ao mesmo, uma ferramenta que o incentive a criar relacionamento de proximidade entre os elementos de seu repertório de discurso, para um posterior julgamento das conseqüências de tais proximidades (HART, 1986).

Os conceitos fundamentais envolvidos nesta técnica são os de construtores e elementos. Construtores são conceitos dipolares (opostos) envolvidos na área de domínio. Por exemplo, ao se referir a pessoas e considerando-se a altura das mesmas como importante, dois construtores que formariam um dipolo seriam as características 'ALTO - BAIXO'. Elementos são instâncias as quais estão associadas um nível dentro do dipolo. Podem ser objetos físicos, pessoas, eventos ou entidades abstratas. Desta forma, João, José, Maria etc. seriam elementos a se enquadrarem dentro de "ALTO - BAIXO".

A seguir descreve-se os passos previstos para esta técnica:

1. apresenta-se ao especialista subgrupos de elementos (em geral, de 3 elementos) e pergunta-se ao mesmo se há alguma característica que distinga um dos elementos dos demais;

2. pede-se ao especialista para apresentar o dipolo de características envolvido na divisão encontrada em (1);

3. pede-se ao especialista para dentro do dipolo de característica obtido, classificar com níveis difusos, todos os elementos do repertório;

4. repete-se os passos (1), (2) e (3) até que o especialista diga não haver mais características a serem consideradas ou que os subconjuntos tenham se esgotado;

5. para cada par de elementos, soma-se o módulo das diferenças de valores que os dois elementos obtiveram em cada

característica. Dispõe-se este resultado em uma matriz:

6. calcula-se o grau de similaridade entre cada par de elementos através da relação:

$$\text{SIMILARIDADE} = 100 - \frac{\Sigma \text{DIFERENÇAS}}{\text{DIFERENÇA MÁXIMA}} * 100$$

7. para cada elemento destaca-se uma outra em que o grau de similaridade seja maior;

8. dispõem-se os resultados do item (7) em um gráfico e apresenta-se ao especialista para que este faça uma análise.

Ao analisar o resultado obtido, o especialista pode ser levado a questionar suas próprias avaliações, quando as mesmas levarem a similaridades não desejáveis.

O ponto mais questionável desta técnica, no entanto, é considerar as características igualmente importantes e não procurar diferenciar seus impactos distintos em um processo global de similaridade.

Sem dúvida, é uma técnica de fácil entendimento para o especialista e simples de ser transformada num programa executável.

- MATRIZES DE CONFLITO (PARSAYE, 1988; GLITZ, 1989)

Esta técnica de escalonamento permite medir o nível de conflito no sistema. As matrizes de conflito são instrumentos

largamente aplicados ao se tomar uma decisão, pois medem como os diferentes objetos são conflitantes e a importância, a nível de consequência, de se confundir dois objetos.

Tem-se dois tipos de matrizes dentro deste método: matrizes de custo de conflito e de classificação de conflito. A primeira visa medir a importância ou o custo do conflito de uma seleção em detrimento a uma outra seleção possível. A matriz de custo de conflito é bi-dimensional, onde as linhas e as colunas são seleções. A entrada na linha i e na coluna j reflete o custo do conflito de se escolher i ao invés de j . Obviamente o custo ao se confundir B com A pode ser diferente. A entrada numa matriz de conflito pode ser qualquer número escolhido pelo especialista, porém, uma forma natural é usar números entre 0 e 100, como custos relativos. Isto implicaria em dizer que uma entrada de 100 torna o custo bastante alto e de 0, o conflito não é tão importante.

A matriz de classificação de conflito visa determinar quão bem o sistema classifica os casos de teste. É também uma matriz bi-dimensional onde as linhas e as colunas são seleções. A entrada na linha i e coluna j reflete a frequência relativa do conflito da seleção i com a seleção j . A entrada na matriz de conflito de classificação são números entre 0 e 100. Uma entrada de 100 significa que duas entradas têm sido conflitantes em todos os casos simples (100% do tempo), enquanto 0 sugere que elas nunca foram conflitantes.

Multiplicando o número de conflitos para cada caso com o custo por erro/conflito, obtém-se uma medida do quanto o sistema é satisfatório. Somando as linhas e as colunas dessa matriz, obtém-se a medida de quão conflitante o sistema é com respeito as classificações em geral.

Os resultados obtidos de uma matriz de conflito dependem do conjunto de casos de testes apresentados para o Sistema Baseado no Conhecimento.

- "PATHFINDER", GERADOR DE CAMINHOS (BOOSE, 1988)

Segundo Cooke (BOOSE, 1988), a partir de uma matriz de distâncias estimadas para todos os pares de itens num conjunto a ser escalonado, o "pathfinder" gera redes, que consistem de nodos representando conceitos (ou objetos ou ações), e ligações entre alguns pares de nodos, representando relações entre esses conceitos.

Esta técnica visa obter a estimativa do ser ligado ou sua distância para todos os pares possíveis de conceitos num determinado conjunto. O algoritmo "pathfinder" determina se uma ligação está presente ou não entre cada par de conceitos. As ligações são indicadas pesos, que são distâncias na matriz de dados, de acordo com suas forças. Caso a distância mínima entre os conceitos, baseados em todos os caminhos existentes (correntes de uma ou mais ligações), seja maior que a distância estimada

para o par, uma ligação é adicionada nessa rede.

Essas técnicas de escalonamento citadas acima ("pathfinder", "repertory grid" e matrizes de conflito) são usadas para organizar os conceitos e investigar estruturas cognitivas. Podem ser aplicadas em um ou mais especialistas e apresentam como aspectos positivos o fato do especialista precisar de menos introspecção e serem técnicas formais e objetivas. A diferença entre elas está nos tipos de representações estruturais que elas produzem, baseadas nos julgamentos humanos.

Neste item foi feita uma descrição das principais técnicas, inclusive proveniente de outras áreas, encontradas na literatura. Cabe salientar, porém que, como no material bibliográfico pesquisado, os termos método e técnica são usados indistintamente, optou-se por adotar neste trabalho o uso da palavra técnica. Em princípio, pensou-se em classificar o material selecionado em métodos e técnicas, mas observou-se que enquanto uns autores consideram determinado processo como método, outros o assumem como técnicas, mediante um processo mais geral.

Constatou-se que, por vezes, os autores fazem descrições divergentes para uma mesma técnica, como também, pode-se encontrar uma técnica com denominações diferentes. Em geral, as próprias descrições dessas técnicas não são totalmente esclarecedoras quanto a forma de aplicá-las.

Pode-se observar, no estudo realizado, que muitas destas técnicas consistem de pequenas variações ou justaposições de outras previamente existentes.

Observou-se também que, às vezes, uma determinada técnica pode não eliciar o conhecimento necessário, ou mesmo, a estratégia de raciocínio do especialista. Para atingir tal objetivo, deve-se complementar o trabalho de eliciação do conhecimento com uma outra técnica mais adequada ao tipo de informação que se pretende eliciar.

É preciso estar bastante atento na utilização das técnicas, porque algumas delas só são aplicáveis a um especialista, outras precisam de uma elaboração prévia para sua aplicação, por exemplo. Um aspecto muito importante a considerar é a própria análise dos dados obtidos.

As técnicas apontadas, por si só, não são suficientes para obter o conhecimento do especialista, apenas tornam o empenho do engenheiro do conhecimento mais tratável.

Até o presente, não existe uma abordagem sistemática completa, que nos conduza à seleção de uma técnica em detrimento de outras, em todos os casos. Não há, também, uma forma de selecionar uma técnica mais adequada para uso com especialistas de um determinado domínio, visto que vários fatores podem influenciar nessa escolha, como será visto adiante.

Logo, são necessários experimentos para selecionar as técnicas a serem usadas e é com esse objetivo que no próximo capítulo será descrita uma experiência na área de Engenharia de Software.

III.3 - Ferramentas para aquisição de conhecimento

Conforme citado anteriormente, ferramentas de aquisição do conhecimento visam ajudar os especialistas a estruturar o conhecimento do domínio para identificar e formalizar os conceitos desse domínio. Já estão disponíveis algumas ferramentas semi ou totalmente automatizadas: STUDENT, ROGET, TEIRESIAS, MDIS, MOLE, MORE, TKAW, FIS, OPAL, SALT, KNACK, MUM, NEXPERT, KREME, INFORM, KRITON, PURDUE, KITTEN, ETS, AQUINAS, BIACS. Descrição dessas ferramentas podem ser encontradas em (GAINES, 1988; BENETT, 1985; SANTOS, 1990; MARCUS, 1989; KITTO, 1989; SRIRAM, 1989).

SRIRAM (SRIRAM, 1989) considera AQUINAS um exemplo de ferramenta totalmente automatizada, também sendo reconhecida por GAINES (GAINES, 1988) como aquela que mais se aproxima, no momento, de uma ferramenta de aquisição de conhecimento ideal.

Visando obter um melhor entendimento da forma de trabalho de uma ferramenta, optou-se por descrever AQUINAS.

AQUINAS (SRIRAM, 1989; KITTO, 1989; BOOSE, 1988) é uma versão expandida do ETS - "Expertise Transfer System" e utiliza a Teoria da Construção Pessoal para a eliciação do conhecimento. Esta teoria consiste de métodos clínicos de entrevistas psicoterapêuticas, originalmente desenvolvidas por George Kelly, que estava interessado em ajudar pessoas a categorizar experiências e classificar seus ambientes (SHAW, 1982).

AQUINAS consiste de um conjunto de ferramentas integradas, com diferentes capacidades, para suportar o processo de aquisição de conhecimento, como pode ser observado na figura a seguir.

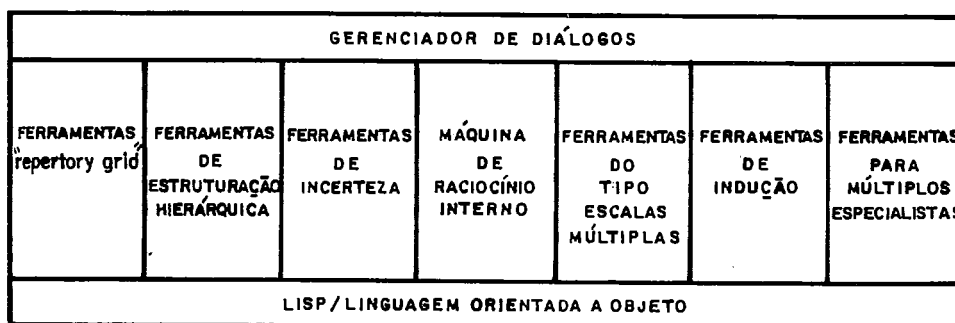


FIGURA 3 - COMPONENTES DE AQUINAS

Esta ferramenta entrevista os especialistas e os ajuda a analisar, testar e refinar a base de conhecimento. Seu objetivo é (KITTO, 1989) fornecer assistência automatizada para um

engenheiro do conhecimento ou especialista no domínio, na análise do domínio do problema, na classificação das tarefas do problema e sub-tarefas, na identificação de métodos de resolução de problema, na proposta de ferramentas de aquisição do conhecimento e na sugestão do uso de estratégias específicas para aquisição de conhecimento fornecidas pelas ferramentas selecionadas.

O "Gerenciador de Diálogos" (uma das ferramentas encontradas em AQUINAS) é o responsável pelo fornecimento de conselho nas estratégias e ferramentas baseadas nas características da aplicação, no método de resolução de problema, no atual estado da base de conhecimento, nas experiências e preferências do usuário e nas considerações temporais. Ele ajuda a identificar o tipo de aplicação da tarefa, o paradigma de resolução de problema e uma ferramenta de aquisição de conhecimento apropriada. Caso AQUINAS seja a própria ferramenta escolhida, então o "Gerenciador de Diálogos" recomenda técnicas específicas dentro do AQUINAS para elicitação e análise do conhecimento especialista determinados pelos tipos de aplicação.

Utiliza-se um esquema de classificação para tarefas de aplicação, a fim de identificar um método de resolução de problema e sugerir o uso de ferramentas de aquisição do conhecimento e estratégias. O esquema proposto por Clancey (KITTO, 1989) identifica dois métodos de resolução de problema: heurística de classificação (método de resolução de problema em que conceitos diferentes nas hierarquias de classificação são

relacionados usando um processo de abstração de dados, correspondência heurística e refinamento de solução. É adaptável para problemas de diagnose, seleção, reparo ou planejamento da estrutura) e construção de heurística (constrói soluções, seja gerando soluções completas, seja agrupando soluções de componentes enquanto satisfaz as restrições. É mais adaptável para tarefas de aplicação de síntese - projeto, configuração, planejamento).

Estratégias de aquisição de conhecimento incluem distinções entre alternativas de elicitação, decomposição de problema, combinação e propagação da informação, teste de conhecimento, combinação de múltiplas origens do conhecimento, expansão incremental do conhecimento e fornecimento do guia do processo. As ferramentas de aquisição de conhecimento fornecem ligações entre uma tarefa de aplicação e o método de resolução de problema apropriado.

O próximo capítulo consiste na aplicação de todo esse estudo feito na literatura para aplicação na área de Engenharia de Software.

IV - ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO PARA ENGENHARIA DE SOFTWARE

O objetivo deste capítulo é descrever o trabalho experimental realizado, com o intuito de se consolidar o estudo feito na literatura e descrito nos capítulos anteriores, bem como de permitir uma seleção das técnicas mais apropriadas para eliciar o conhecimento de especialistas na área de Engenharia de Software. Esta informação deve ser usada no Projeto TABA, que está sendo desenvolvido na COPPE/UFRJ (ROCHA, 1988; ROCHA, 1990) e que envolve a construção de vários Sistemas Baseados no Conhecimento, sistemas estes que necessitam de conhecimentos a serem adquiridos de engenheiros de software.

IV.1 - Descrição dos experimentos realizados

Para a realização da parte experimental, primeiramente elaborou-se um roteiro que visasse orientar os passos necessários para efetivação desse trabalho. Esse roteiro consistia dos seguintes itens:

- . objetivo dos experimentos - indicar o conjunto de técnicas mais adequadas para se eliciar conhecimentos de Engenharia de Software;

- . identificação do conhecimento a ser adquirido - definiu-se o assunto de Engenharia de Software que serviria para se efetivar a eliciação do conhecimento, qual seja: escolha de métodos e técnicas de desenvolvimento de software e ciclos de

vida:

. identificação dos participantes - nesta ocasião, foram relacionados nomes de especialistas em Engenharia de Software e suas respectivas linhas de atuação. Optou-se inicialmente pelo trabalho com um especialista de cada vez, a fim de se ter um melhor entendimento do rumo a ser seguido.

Realizou-se experimentos individualmente com cinco especialistas da área de Engenharia de Software, a saber:

ESPECIALISTA	ATUAÇÃO
E1	Construção de Ferramenta
E2	Banco de Dados (Modelagem de Dados)
E3	Construção de Ferramenta
E4	Interface com usuário
E5	Desenvolvimento de Sistemas e Gerência

FIGURA 4: ESPECIALISTAS X CAMPO DE ATUAÇÃO

No início de cada experimento fez-se um relato sobre a proposta do trabalho e o papel dos participantes (tanto especialista quanto engenheiro do conhecimento). Nesta ocasião, procurou-se ter uma visão geral das atividades que o especialista vem desempenhando, sua disponibilidade de tempo e, obviamente, a possibilidade de sua colaboração no experimento.

Passada essa fase inicial, dando prosseguimento ao

trabalho, novos encontros eram marcados, visando utilizar diferentes técnicas de eliciação do conhecimento.

Previamente a essas reuniões, analisava-se os resultados até, então, obtidos, a fim de se estabelecer o rumo da reunião seguinte.

De um modo geral, seguindo o sugerido na literatura, gravou-se esses encontros e, após cada um deles, fez-se uma transcrição da fala do especialista, visando elaborar uma análise do experimento realizado e ter subsídios para direcionar as reuniões posteriores.

A seguir serão descritos os experimentos realizados com esses especialistas e, a partir de cada descrição, será feita uma análise da aplicabilidade dessas técnicas. Serão apontadas, também, as dificuldades encontradas e as conclusões obtidas.

IV.1.1 - Relato do 1º experimento

Optou-se por iniciar o trabalho com (E1), devido à sua comprovada experiência e reconhecimento na área de Engenharia de Software. Outro aspecto bastante relevante era o trabalho que este especialista estava desenvolvendo (construção de uma ferramenta CASE), dado que, seria necessária a definição de métodos, técnicas e ciclo de vida para o desenvolvimento desse software.

Para realizar este experimento foi escolhido como exemplo a elicitação do conhecimento sobre o uso de métodos, técnicas e ciclos de vida utilizados no desenvolvimento de software.

Num primeiro contacto com o especialista (E1) foi explicado o objetivo da pesquisa, as atuações do especialista e do engenheiro do conhecimento e confirmada sua disposição em participar desse trabalho, para que novos encontros fossem marcados.

Uma segunda ENTREVISTA NÃO-ESTRUTURADA teve como objetivo definir a área de atuação de (E1), suas principais atividades, seu modo de atuar em relação à sua equipe de trabalho, as características do pessoal envolvido em projetos sob sua coordenação, características dos projetos em que trabalhou, suas características na resolução de um problema e sua experiência na área de Engenharia de Software.

Informalmente, perguntou-se sobre os aspectos que (E1) e sua equipe levam em consideração para definir métodos, técnicas e ciclos de vida para o desenvolvimento de um software e, a partir dessa definição, qual a relação com o grau de conhecimento dele e de toda a sua equipe sobre o que foi escolhido. Com isso, tentou-se facilitar a elaboração de um roteiro que vinculasse essas duas reuniões.

Dessa forma, foi possível ter-se alguma noção sobre a forma de trabalho de (E1) e sua maneira de organizar as próprias idéias.

Posteriormente, procurou-se definir melhor o projeto em que (E1) estava empenhado, visto que este poderia ser útil para o trabalho em questão, pois se tratava da construção de uma ferramenta de Engenharia de Software e, para isso, necessitou do conhecimento que buscávamos obter com o uso das técnicas de eliciação.

Para conseguirmos um melhor entendimento do trabalho desenvolvido pelo especialista, organizou-se algumas ENTREVISTAS ESTRUTURADAS, pois percebeu-se que (E1), entusiasmado com seu trabalho, se perdia em suas explicações. Provavelmente, porque as perguntas, em sua maioria, eram sobre sua própria ferramenta. É conveniente destacar que sempre houve uma preocupação para que os questionamentos não tornassem as entrevistas longas e cansativas. Por isso, essas perguntas foram aplicadas em várias etapas, sem que, obviamente, fossem interrompidas as estruturas dessas reuniões.

No decorrer das reuniões não houve nenhum problema com o vocabulário utilizado por (E1), pois conhecíamos o domínio em questão, contudo, foi sentida a necessidade de leitura dos manuais e do estudo da ferramenta que estava sendo desenvolvida pelo especialista.

Em virtude de já termos formado uma idéia melhor do projeto de (E1), as próximas reuniões que se seguiram tiveram como objetivo principal definir a parte que poderia ser eliciada de (E1) para uso no experimento da tese. Foi necessária a definição de uma nova proposta para eliciação, porque o especialista destacou que embora existam muitos métodos e técnicas de desenvolvimento de software, em geral trabalha-se, no Brasil, apenas com o mais conhecido e que ele, pela sua experiência, tinha uma forma peculiar de trabalhar. Com isso, perdeu sentido o tema anteriormente definido.

Finalmente, através, outra vez, de uma ENTREVISTA ESTRUTURADA, foi definido o campo de atuação da parte experimental e, a partir daí, foram realizados mais contactos com (E1).

Num dos contactos realizados e, como complemento das entrevistas anteriores, o especialista apresentou sua ferramenta, através de uma situação-exemplo. O uso desta técnica, ANÁLISE DE PROTOCOLO, teve como objetivo permitir um melhor entendimento do software que estava sendo construído pelo especialista. A idéia era que essa demonstração facilitasse o entendimento da ferramenta e do conhecimento que agora estava sendo eliciado. Entretanto, embora tenha sido bastante útil para o conhecimento do funcionamento da ferramenta, isto foi de pouca utilidade para se obter o conhecimento esperado, dado que foram apresentados aspectos de funcionamento e não de desenvolvimento do software.

No decorrer das reuniões, percebeu-se que, embora tenha sido explicado desde o início o objetivo do trabalho, não ficou claro para (E1) que ele seria responsável pelo conteúdo ou seja, a atuação do engenheiro do conhecimento estaria restrita a utilizar diferentes técnicas de elicitação para obter esse conhecimento.

Durante esses contactos sentiu-se a necessidade de um estudo maior das técnicas de elicitação (estava-se num estágio bem inicial do trabalho da tese), a fim de que se pudesse ter mais segurança sobre como e quando aplicá-las. Portanto, o trabalho com (E1) foi suspenso, para que os engenheiros do conhecimento pudessem estudar as técnicas com mais detalhes, permitindo assim uma maior segurança quando da sua aplicação posterior.

Algumas dificuldades foram encontradas no decorrer desse experimento:

- . nossa falta de experiência como engenheiro do conhecimento;

- . o especialista estava muito envolvido com o projeto que estava desenvolvendo e com isso houve muita dificuldade em se definir exatamente o que deveria ser feito. Várias vezes, a definição do conhecimento a ser eliciado precisou ser mudada, pois houve uma grande dificuldade em conciliar os interesses do especialista com as necessidades do nosso trabalho;

- . a relação entre o engenheiro do conhecimento e o

especialista era bastante formal (hierarquia), o que de certa forma, dificultava um pouco a interrupção da fala do especialista, para mantê-lo dentro do escopo do trabalho:

. falta de algum material escrito para ser apresentado ao especialista. Várias vezes (E1) queixou-se de não ter um material escrito pelos engenheiros do conhecimento sobre o trabalho que estava sendo realizado. Supõe-se que isto ocorreu pela falta de entendimento do especialista na nossa proposta de trabalho e por sua própria característica pessoal (formação acadêmica, por exemplo). Acreditamos que o especialista ficaria mais confiante no trabalho que estava sendo desenvolvido, vendo o seu conhecimento sendo aplicado de alguma forma:

. numa outra etapa, tentou-se eliciar um conhecimento do especialista, visando ajudá-lo na construção de sua própria ferramenta. Esta nova proposta foi estudada juntamente com (E1). Na realidade verificamos que isto deveria ter sido feito previamente, pois perdeu-se muito tempo para que os engenheiros do conhecimento entendessem com um certa profundidade o que estava sendo feito pelo especialista, para poder definir o novo objeto a ser eliciado:

. começou-se a perceber a dificuldade de se definir uma técnica para eliciar o conhecimento de Engenharia de Software, devido à amplitude da área em questão.

Embora tenham sido encontradas algumas dificuldades, a experiência com (E1) foi bastante válida, pois fez com que os engenheiros do conhecimento amadurecessem em relação ao trabalho, permitindo um conhecimento maior de algumas técnicas de

eliciação e, também, pudessem tirar algumas conclusões do experimento, que serão colocadas a seguir.

Tanto a técnica de ENTREVISTA NÃO-ESTRUTURADA quanto ESTRUTURADA foram bastante úteis no início do processo, pois, por serem familiares permitiram que fossem usadas com segurança. A primeira possibilitou uma maior interação com o especialista, além de permitir que se percebesse a sua estratégia de trabalho. A ENTREVISTA ESTRUTURADA teve um papel fundamental neste experimento: direcionar o especialista.

Alguns aspectos na utilização das técnicas empregadas neste experimento merecem destaque:

. percebeu-se que (E1), algumas vezes, se mostrava aflito ao ser indagado sobre informações que poderiam ser obtidas através de leitura de manuais etc. Assim sendo, cremos que deve-se tomar cuidado para não se fazer perguntas ao especialista, que possam ser obtidas de outra forma, principalmente, quando estas forem óbvias para ele;

. ao mesmo tempo em que se deve evitar interrupções e interpretações durante a entrevista para não prejudicar o raciocínio do especialista, deve-se ter o cuidado de não deixar que haja fuga do escopo do trabalho;

. um dos objetivos de se decidir pela utilização da técnica de entrevista estruturada foi que esta seria um auxílio para que o especialista não saísse do tema no entusiasmo de mostrar o seu trabalho no momento (a sua ferramenta);

. todos os contactos foram registrados com uso de gravador (com a devida autorização do especialista), com o objetivo de se poder analisar, posteriormente, com mais calma, sua fala. Isto possibilitou captar informações importantes que facilitassem o roteiro da próxima atividade. Foi possível observar que (E1) tinha a preocupação de que toda a explicação fosse totalmente gravada, pois ao mudar a fita, ele repetia o que já havia dito anteriormente visando não se perder nada de sua fala. Entretanto, verificamos que o trabalho de transcrição da fala é demorado e bastante cansativo para o engenheiro do conhecimento:

. a utilização de um roteiro durante a ENTREVISTA ESTRUTURADA é útil, não apenas para direcionar as perguntas, como também para desinibir o especialista. Contudo, deve-se ficar atento para que a resposta a uma pergunta não anule uma outra ainda não feita.

A técnica de ANÁLISE DE PROTOCOLO, só foi útil, neste experimento, para compreender o funcionamento do trabalho atual do especialista (ferramenta) e não para eliciar o conhecimento que se pretendia. Pode-se, entretanto, verificar que esta é, sem dúvida, uma técnica que consome muito tempo. Neste caso julgamos que o uso da técnica não foi totalmente útil porque não se soube precisar o que deveria ser demonstrado, tendo sido colocadas muitas informações de uma só vez, sem que ainda se tivesse dominado o conhecimento sobre a ferramenta.

Ainda em relação ao conhecimento, começou-se a notar que o especialista teoricamente age de uma forma completamente diferente na prática e que as decisões de Engenharia de Software seguem muitas vezes modelos não ortodoxos, seguindo um processo de tentativas baseados na experiência pessoal do especialista.

Devido às dificuldades encontradas, principalmente nossa necessidade de aprofundar no conhecimento e domínio das técnicas de aquisição do conhecimento, percebeu-se a necessidade de se interromper as atividades com (E1). Assim sendo foi feito um novo planejamento que incluía, para depois desse estudo, contactos com outros especialistas, para dar continuidade a proposta do trabalho.

Após se ter realizado um aprofundamento no estudo da literatura, partiu-se para a continuação do trabalho experimental. Foram, então, escolhidos mais três especialistas, buscando-se desta vez um maior relacionamento dos mesmos com os objetivos do trabalho. Assim sendo, todos os especialistas selecionados nesta fase estão vinculados ao projeto TABA. A seguir será descrito o segundo experimento realizado.

IV.1.2 - Relato do 2o experimento

Iniciou-se o trabalho com (E2) visando guiar o processo de aquisição do conhecimento através da experimentação do máximo possível das técnicas descritas no capítulo anterior.

O objetivo era experimentar estas técnicas através da aquisição do conhecimento necessário para se construir uma ferramenta de Engenharia de Software.

Foi realizada uma ENTREVISTA NÃO-ESTRUTURADA com (E2), com o objetivo de colocá-lo a par do trabalho que estava sendo desenvolvido, do objetivo dos futuros encontros, apresentar o seu papel e explicitar o do engenheiro do conhecimento, definir a frequência das reuniões (este aspecto é importante que fique claro para que o especialista esteja consciente de que uma outra tarefa está sendo acoplada ao seu trabalho) e, também, conhecer a área de atuação do especialista. Neste encontro foi verificada a viabilidade da participação deste pesquisador, em virtude de sua disponibilidade, de seu interesse e, obviamente, de sua adequação à proposta do experimento.

Foi marcado então um novo encontro com (E2), utilizando-se a técnica ENTREVISTA ESTRUTURADA, visando conhecer com mais profundidade a sua experiência na construção de ferramentas. Nesta reunião foi seguido um roteiro elaborado previamente (figura 5).

- Caracterização da ferramenta já desenvolvida (área de aplicação, objetivo, número de linhas de código, usuários).
- Como foi desenvolvida (ambiente utilizado, ciclo de vida).
- Relação entre os métodos e técnicas de desenvolvimento de software e ciclo de vida.
- Opinião do desenvolvedor sobre o processo de construção utilizado (ciclo de vida, linguagens, ambiente).
- No caso de se desenvolver uma outra ferramenta semelhante à esta já desenvolvida, o especialista utilizaria os mesmos métodos, técnicas e ciclo de vida?

FIGURA 5: ROTEIRO UTILIZADO NA ENTREVISTA ESTRUTURADA

Constatou-se que este especialista havia participado do desenvolvimento de um software educacional e de um SGBD relacional, que, segundo ele, "não pode ser considerado como ferramenta". Nesta ENTREVISTA ESTRUTURADA, o especialista procurou caracterizar os dois sistemas apontados anteriormente e também definir como foram desenvolvidos.

Neste encontro optou-se por seqüenciar o processo do questionamento através de AFUNILAMENTO, ou seja, começar a entrevista com questões mais gerais e terminar com perguntas mais diretas. Isto porque o objetivo primeiro dessa reunião era verificar, se no caso do especialista desenvolver uma ferramenta similar à que ele já desenvolveu antes, (E2) adotaria a mesma forma de desenvolvimento (ambiente utilizado, ciclo de vida).

Por motivos técnicos, na reunião seguinte a esta, não foi utilizado o gravador e, com isso, constatou-se que o seu uso torna o trabalho do engenheiro do conhecimento mais fácil, visto que este fica mais livre para acompanhar o raciocínio do especialista, podendo assim interferir no momento mais adequado. Com a falta do gravador, foi necessário anotar as observações do especialista que, no momento, pareciam mais importantes. Com isso, certamente, perde-se informação, além de provocar uma certa inquietação no especialista com relação a comprovar se a sua fala está sendo anotada corretamente. Observou-se que (E2) interrompia o seu processo de raciocínio para fazer observações sobre o que julgava importante de ser anotado.

Realizou-se uma nova ENTREVISTA ESTRUTURADA com o especialista, dessa vez utilizando o gravador, onde ele foi questionado especificamente sobre Modelagem de Dados, sua real área de interesse, que pode ser identificada nas reuniões anteriores. Não houve dificuldade de familiarização do engenheiro do conhecimento com o domínio do problema. Para relembrar conceitos específicos de Banco de Dados, foi feita uma leitura prévia de textos relacionados a esta área.

O especialista demonstrou preocupação em deixar claro suas idéias, talvez pelo fato de estar sendo gravado. Para isso citou vários exemplos: "um funcionário não pode ganhar mais do que o chefe ...", "um departamento só pode alocar mais de 20

funcionários ...", "o estado civil só pode ser viúva, solteira ou casada. O estado civil nunca pode mudar de solteiro para viúvo ...".

Do texto abaixo, dito pelo especialista, observou-se também muita imprecisão de informação ("mais ou menos, "um pouco mais baixo"):

"No projeto de Banco de Dados, desde que você inicia até capturar todas as informações do mundo real até uma implementação no Banco de Dados, você tem várias fases do projeto: projeto conceitual, passando pelo lógico, até o físico. Então costuma-se chamar de Modelagem de Dados, uma fase do projeto que seria a fase conceitual e, fazendo uma comparação com Análise Estruturada, seria mais ou menos a fase de Análise de Requisitos, coletânea de requisitos e a construção do DFD. Passar do DFD para o diagrama de módulos, já seria uma parte que em Banco de Dados seria chamado de projeto lógico, um nível um pouco mais baixo do conceitual."

A dificuldade de explicar o conhecimento compilado pode ser observada a seguir.

Perguntado sobre o momento mais apropriado de usar determinado método, o especialista respondeu "é complicado. Esses métodos, de certa forma, tem poder similar. Alguns podem ser melhores em um aspecto e outros, melhores em outros. Sinceramente, na prática, eu só tenho visto pessoas usarem o

modelo de Entidade-Relacionamento (...). Para mim é uma tarefa muito difícil olhar para um sistema e dizer: para esse sistema eu vou usar o modelo semântico tal (...). Além do mais, é muito instintivo".

Em relação ao conhecimento de Engenharia de Software, (E2) reiterou os aspectos levantados por (E1). Mais uma vez, foi colocado que, na prática, geralmente, é usada uma única metodologia para desenvolvimento de software.

Como o aspecto de interface foi abordado várias vezes, pediu-se a (E2) que ele situasse melhor esse problema nos encontros que estavam sendo feitos. O especialista (E2) ressaltou a importância desse item para o desenvolvimento de um software e indicou um outro engenheiro de software, cuja especialidade é interface com usuário.

Na tentativa de se identificar, através de uma ENTREVISTA ESTILO LIVRE, se os métodos e técnicas existentes abrangem todo o conhecimento a ser representado, (E2) apresentou restrições que são supridas através de aperfeiçoamentos/adaptações feitos pelos próprios especialistas. É preciso estar muito atento no decorrer do questionamento para perceber aspectos que possam ser determinantes no processo de eliciação do conhecimento, pois, muitas vezes, as respostas dos especialistas não são objetivas e claras.

Uma outra técnica utilizada com (E2) foi PROTOCOLOS CONCORRENTES, onde se solicitou ao especialista que construísse um Diagrama de Fluxo de Dados e um Diagrama de Entidades e Relacionamentos, para se observar como ele identificava os processos e os dados. Optou-se por esta técnica, pois desejava-se testar se ela era útil para expressar um conhecimento em que o especialista apresentava dificuldade de caracterizar por meio da ENTREVISTA.

Uma outra tentativa foi feita com (E2), através da técnica GENÁRIOS, visando verificar se uma mesma técnica e método para desenvolvimento, pode ser usada na construção de ferramentas semelhantes. (E2) destacou que em relação a "forma de especificar uma ferramenta depende do que o mercado oferece, da experiência do engenheiro de software,..."

Pelo fato de já se ter tentado aplicar algumas técnicas diferentes e devido aos problemas encontrados em relação ao uso das mesmas e do próprio conhecimento de Engenharia de Software, decidiu-se interromper esse experimento e fazer uma análise do que já foi percebido até o momento:

. mais uma vez, as técnicas de ENTREVISTA ESTRUTURA e NÃO-ESTRUTURADA demonstraram ser bastante úteis no início do processo de elicitação do conhecimento;

. a técnica de ENTREVISTA ESTILO LIVRE foi usada com o objetivo de se questionar aspectos que não foram abordados por (E2);

. o uso de AFUNILAMENTO das perguntas é uma forma bastante adequada para direcionar as entrevistas;

. em relação aos PROTOCOLOS CONCORRENTES, pode-se perceber que foi mais fácil "verbalizar" do que com a ENTREVISTA, embora a conclusão obtida pelo engenheiro do conhecimento possa não estar totalmente segura. Isto, porque, segundo estudiosos (WRIGHT, 1987), o especialista "não tem acesso consciente aos processos mentais, apenas aos produtos mentais de tais processos". Por outro lado, pelo fato do engenheiro do conhecimento ser da mesma área que (E2), isto pode ter facilitado sua interpretação;

. devido ao número restrito de ferramentas desenvolvidas por (E2), utilizou-se para fazer as analogias, quando da aplicação da técnica CENÁRIOS, ferramentas construídas por outros especialistas da Universidade. Dessa forma o processo não se tornou muito cansativo, em virtude do número de ferramentas avaliadas e, também, pela própria resposta de (E2) em relação ao que está disponível no mercado;

. pela abrangência da área de Engenharia de Software, (E2) indicou outro especialista mais voltado para o assunto que estava sendo tratado (interface com usuário);

. o fato de não se usar o gravador, provoca uma quebra da continuidade do raciocínio do especialista, como também, exige uma atenção muito maior, por parte do engenheiro do conhecimento, para não se perder nas suas anotações, deixando de fazer uma pergunta ou utilizar uma nova técnica num momento mais adequado;

. é imperativo que o engenheiro do conhecimento tenha

um conhecimento razoável do que está sendo perguntado, para que possa melhor perceber na fala do especialista, aspectos importantes e, por conseguinte, elaborar perguntas mais precisas:

. no decorrer do encontro, foi necessário mudar o objeto a ser eliciado (método, técnica e ciclo de vida), em virtude de se usar um único para o desenvolvimento dos sistemas. Também notou-se a oportunidade de se utilizar novas técnicas, caso o enfoque do problema fosse mudado, como pode ser observado na solicitação de desenvolvimento dos Diagramas de Fluxos de Dados e de Entidades e Relacionamentos.

Para dar prosseguimento ao uso de diferentes técnicas de eliciação do conhecimento, para posterior análise, manteve-se contacto com um terceiro especialista (E3), conforme descrito adiante.

IV.1.3 - Relato do 3o experimento

Iniciou-se o processo de eliciação do conhecimento com o especialista (E3), utilizando-se, mais uma vez, as técnicas de ENTREVISTA NÃO-ESTRUTURADA e, depois, ENTREVISTA ESTRUTURADA, da mesma forma que nos experimentos anteriores.

Primeiramente com (E3) tentou-se eliciar o conhecimento sobre métodos, técnicas e ciclos de vida para desenvolvimento de software. Deu-se continuidade ao trabalho com a eliciação sobre construção de ferramentas.

Numa ENTREVISTA ESTRUTURADA realizada com (E3), usou-se o mesmo roteiro utilizado com (E2) (figura 5). Observou-se no discurso do especialista a ênfase aos aspectos de "interface". Esse assunto serviu de ponto de partida para os próximos contactos e, inclusive, foi alvo para que um outro especialista da área em questão participasse da pesquisa (E4).

As ENTREVISTAS posteriores foram realizadas com base nas informações obtidas nos encontros anteriores. A estratégia utilizada é a cada entrevista tentar restringir o questionamento, para identificar aspectos mais concretos a serem usados em construção de ferramentas. Com respostas mais objetivas, foi-se revelando outros pontos a serem considerados, como, por exemplo, a indicação de compra de um software de interface. Daí eram feitas novas perguntas, visando compreender os critérios para escolha de um padrão de interface. Outro exemplo é a integração das ferramentas (para representar dados, processo e interface) e assim por diante.

Numa dessas ENTREVISTAS, em combinação com a técnica de GENÁRIOS, já que (E3) citou várias ferramentas de seu conhecimento, foram feitas questões sobre "interface" e observou-se que sempre surge um aspecto novo a se considerar em Engenharia de Software. Nesse caso, (E3) desenvolveu uma ferramenta, com o uso de um software, que acarretaria uma forma diferente de projeto, porém as colocações sobre os métodos e técnicas para desenvolvimento de software foram similares as dos especialistas

anteriores.

A dificuldade de expor o conhecimento compilado, novamente é percebida quando (E3) é perguntado sobre como se elaborar um modelo de dados: "A gente faz isso toda hora e é difícil explicar". Convidado a tentar, (E3) explicou o posicionamento com relação ao tema de um especialista de Banco de Dados e de outro de Engenharia de Software, mas não fez exatamente o que foi solicitado.

Aplicou-se, então, a técnica de ANÁLISE DE PROTOCOLOS com (E3), de tal forma que ele desenhasse um Diagrama de Fluxos de Dados e um Diagrama de Entidades e Relacionamentos, a fim de mostrar a relação desses dois diagramas, usando essas mesmas técnicas. Isto facilitou o trabalho do especialista (no caso um engenheiro de software), pois ele explicou o seu raciocínio de forma não-verbal, porém, utilizando os próprios diagramas para explicar como elaborá-los e a relação entre eles.

Suspendeu-se esse experimento, em virtude de (E3) destacar que 60% de um projeto trata de interface com usuário e, com isso, entrou-se em contacto com um especialista específico nesse tema. Desse experimento, pode-se concluir que:

. mais uma vez, pode-se demonstrar a facilidade de aplicação das técnicas de ENTREVISTA e, ainda, a necessidade de se combinar outras técnicas à ela para complementar o conhecimento já adquirido;

. com o uso de GENÁRIOS, pode-se fazer comparações com outras ferramentas conhecidas pelo especialista, objetivando evidenciar os aspectos de "interface" que um engenheiro de software deve considerar ao desenvolver uma ferramenta. Fazer analogias é facilitador para se caracterizar um problema:

. o uso da técnica ANÁLISE DE PROTOCOLO permitiu que (E3) mostrasse, de forma não verbal, o que se esperava eliciar, porém o trabalho de conversão para uma forma intermediária de representação foi bastante cansativo para o engenheiro do conhecimento, pois (E3) desenvolveu as ferramentas sem se expressar verbalmente. Nesse caso, o engenheiro do conhecimento precisa ficar muito atento. Julgou-se que se o engenheiro do conhecimento não fosse da área, provavelmente, seria uma tarefa muito mais árdua de ser realizada. Constatou-se que o uso da própria ferramenta para explicar seu funcionamento (no caso do Diagrama de Fluxos de Dados e do Diagrama de Entidades e Relacionamentos) facilita muito o trabalho do engenheiro de software para expor um conhecimento tácito, por ser uma ferramenta usada em seu trabalho.

Neste momento interrompeu-se o trabalho com (E3) para testar novas técnicas com um especialista em "interface" com usuário (E4).

IV.1.4 - Relato do 4o experimento

Aproveitando a referência dos especialistas (E2) e (E3)

sobre interface com usuário, contactou-se um especialista nesta área (E4) para dar continuidade ao trabalho.

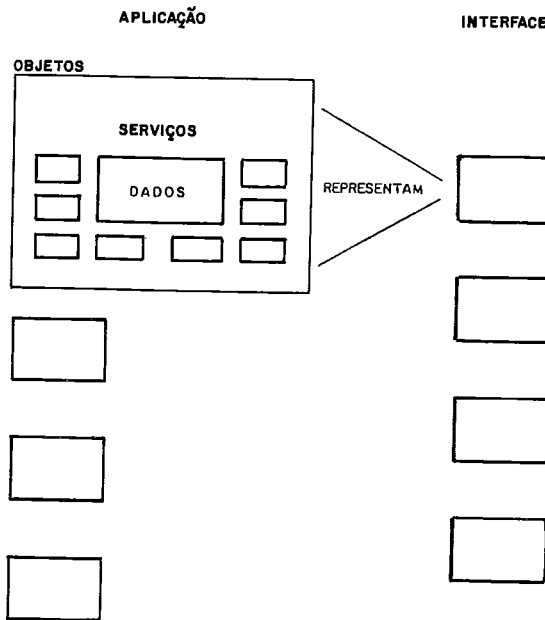
Da mesma forma que nos experimentos anteriores, utilizou-se a técnica de ENTREVISTA NÃO-ESTRUTURADA para apresentar o objetivo do experimento, conhecer a experiência de (E4) sobre interface com usuário e explicitar os papéis de (E4) e do engenheiro do conhecimento.

Num segundo encontro, através ainda do uso de ENTREVISTA NÃO-ESTRUTURADA, (E4) fez um breve relato sobre seu trabalho na área em questão (interface com usuário).

Por meio de ENTREVISTA ESTRUTURADA, direcionou-se as perguntas para construção de ferramentas. O roteiro utilizado pode ser visto na figura 5.

A partir das informações obtidas, inclusive com os outros especialistas, solicitou-se que (E4) respondesse a um QUESTIONÁRIO (figura 6). A utilização desta técnica visava sedimentar os aspectos citados (dados, processos, interface) em experimentos anteriores quanto à modelagem completa de um sistema. Até o momento trabalhou-se diretamente apenas com aspectos de dados e processos e, neste caso, se pretendia identificar a relação existente entre esses aspectos e a interface.

Desenhe a relação entre DADOS, PROCESSO e INTERFACE:



Você pode especificar a relação existente?

Objetos são compostos por estruturas de dados e rotinas (serviços), que manipulam estes dados. Uma aplicação possui objetos que o usuário deseja manipular. A manipulação é feita através de outros objetos que representam na interface (ex.: na tela), os objetos da aplicação. A manipulação da representação causa a manipulação dos objetos da aplicação.

FIGURA 6: QUESTIONÁRIO APLICADO EM (E4)

Observou-se que foi simples para o especialista responder a esse questionário. Quando do desenho da ligação entre os 3 elementos, (E4) acrescentou termos que julgou ser

esclarecedores.

Destacada a importância do aspecto de interface no desenvolvimento de uma ferramenta e sua relação com os conceitos citados anteriormente, solicitou-se que (E4) relacionasse os itens importantes para escolher/criar um padrão de interface, ordenando-os em seguida. Nesse caso, procurou-se facilitar a ENTREVISTA, estimulando (E4) a apresentar as CARACTERÍSTICAS PARA DECISÃO desse problema, onde o especialista demonstrou bastante segurança e rapidez. Contudo ao se fazer a análise das respostas fornecidas, observou-se que elas eram de um nível bastante geral, onde cada item precisou ser questionado novamente. Ex.: "Criar o modelo mental que o usuário deveria ter para manipular esse sistema. Isto significa, definir os objetos que o usuário "veria" no sistema e o modo geral de manipulá-los ...".

Nessa mesma ENTREVISTA foram incluídas questões mais específicas de interface.

A seguir, através de FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO EM SISTEMAS ESPECIALISTAS, FGSES, solicitou-se que (E4) citasse no mínimo cinco fatores críticos de sucesso para construção de uma ferramenta em Engenharia de Software. Tão logo ele relacionou, foi pedido que ele quebrasse cada item em fatores e depois sub-fatores, para então se poder trabalhar com esse conhecimento sistematizado.

Como nas experiências anteriores, (E4) teve dificuldade

em definir métodos e técnicas para desenvolvimento de software.

Os experimentos com (E4) foram limitados para aspectos de interface. Tendo atingido o objetivo de eliciar o conhecimento nesse tema, interrompeu-se esse experimento. A seguir serão apresentadas algumas observações percebidas:

. a vantagem da técnica QUESTIONÁRIO está na objetividade das respostas. Foi importante, nesse caso, para eliciar a relação entre os objetos;

. as técnicas de ENTREVISTA, citadas nesse experimento, produziram o mesmo efeito que nos casos anteriores. Nesse experimento estimulou-se (E4) a forcecer as características para tomada de decisão;

. o FGSES, FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO EM SISTEMAS ESPECIALISTAS, foi bastante útil para se obter a estratégia de solução do especialista;

. com esse especialista, procurou-se eliciar o conhecimento que preenchesse os "gaps" percebidos em experimentos anteriores;

. o fato de (E4) estar envolvido com o Projeto TABA, facilitou um melhor entendimento da proposta do experimento.

Ainda nesse capítulo será descrito um experimento com um especialista de Engenharia de Software com ampla experiência técnica e gerencial em empresas, onde se objetivou concretizar algumas conclusões antes percebidas.

IV.1.5 - Relato do 5o experimento

Nos experimentos anteriores observou-se a dificuldade de se trabalhar com conhecimentos de Engenharia de Software, como, por exemplo, a tentativa de se fazer definições de métodos e técnicas para desenvolvimento de um sistema. Optou-se então por realizar um outro experimento com um especialista (E5) de larga experiência prática nesta área. Nesse sentido, procurou-se observar, também, se as dificuldades encontradas anteriormente eram provenientes das características diversas dos especialistas e de seus ambientes de trabalho ou de problemas da própria ciência em questão.

Iniciou-se o trabalho com (E5), através de uma ENTREVISTA NÃO-ESTRUTURADA, de princípio ainda procurando atender a proposta inicial dos experimentos, qual seja, definir métodos, técnicas e ciclo de vida para desenvolvimento de um sistema. Esta entrevista teve como principal objetivo conhecer a atuação deste especialista na área de Engenharia de Software. Nesta ocasião, foi relatado o objetivo dos experimentos da tese e verificada a possibilidade de colaboração do especialista. Viabilizada sua participação, definiu-se os papéis de cada um dos participantes do trabalho ((E5) e engenheiro do conhecimento).

Procurou-se, então, com a ajuda da técnica, CASOS TÍPICOS, e utilizando-se das informações obtidas neste discurso inicial, classificar os sistemas já desenvolvidos por (E5). A

Idéia era criar essa classificação para depois verificar se dependendo do tipo de sistema, poder-se-ia definir, a priori, sua forma de desenvolvimento.

A seguir, aplicou-se a técnica de ENTREVISTA ESTRUTURADA, a fim de se conhecer as características dos sistemas já desenvolvidos por (E5), no decorrer de sua carreira, sistemas esses mencionados na entrevista anterior. Para esse encontro, utilizou-se o seguinte roteiro (figura 7):

- Quais as características dos sistemas já desenvolvidos?
- Que aspectos importantes foram levados em consideração no desenvolvimento de tais sistemas?
- Quais os ciclos de vida, métodos, técnicas e ferramentas utilizados no desenvolvimento desses sistemas?
- Qual a relação existente entre as definições anteriores?
- Que relação essas definições tiveram com os tipos de sistemas desenvolvidos?

FIGURA 7: ROTEIRO DE ENTREVISTA ESTRUTURADA

Nem todas as questões foram respondidas, em virtude do rumo dado às perguntas iniciais, pois, novamente, constatou-se que, também com (E5), as definições de métodos, técnicas, ferramentas e ciclos de vida feitas para o desenvolvimento de um sistema, não variam, em virtude dos engenheiros de software sempre trabalharem com os mesmos métodos citados pelos

especialistas dos experimentos anteriores, que são os mais conhecidos e, por isso, adotadas nas empresas. Segundo (E5), o que pode ocorrer nesses casos é ter ou não a necessidade de se passar por todas as etapas, quando do desenvolvimento de um sistema.

Cabe salientar que os sistemas desenvolvidos por (E5) possuíam uma característica semelhante, eram centrados em processos, exceto aqueles desenvolvidos no início de sua carreira. Contudo, nessa ocasião, ainda não se trabalhava com metodologias estruturadas para desenvolvimento de software. Porém, ele ressaltou que, mais tarde, foi preciso aplicar uma metodologia nesse sistema para poder transferi-lo, e, com isso, foi verificada uma falha, que só foi possível de ser detectada pelo uso de uma metodologia.

Na análise da fala do especialista (E5) nessa entrevista, observou-se um número grande de informações, aparentemente dispersas, que poderiam ser classificadas para melhor definir a situação-problema. Com isso, visando estruturar esse conteúdo, colocou-se as palavras-chaves, retiradas de seu próprio discurso, em cartões e solicitou-se que (E5) formasse uma hierarquia desses cartões. Cartões em branco foram apresentados aos especialistas para possível complementação das informações.

Então, o especialista (E5) separou os cartões em grupos compostos por elementos de características similares e, a partir

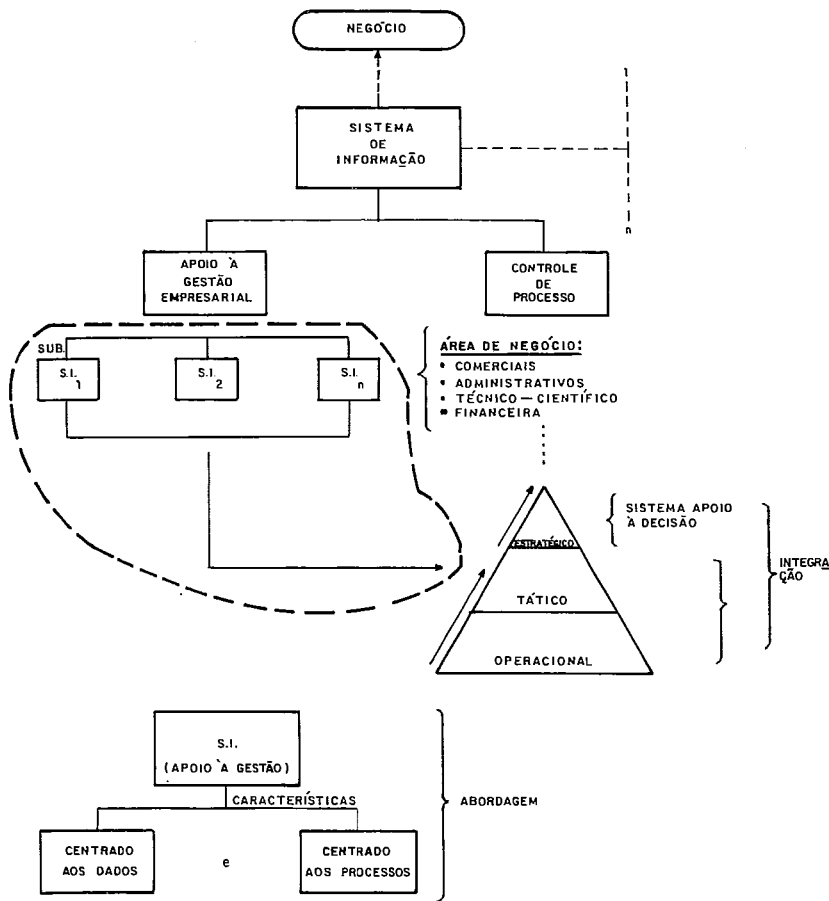
daí, eliminando os cartões já utilizados, fez várias tentativas para hierarquizar o conteúdo. Com a dificuldade de estruturar suas palavras-chaves de forma hierárquica, (E5), por iniciativa própria, complementou seu próprio desenho, inclusive exemplificando, como observado na figura B.

O especialista (E5), a partir de discussões sobre o seu próprio desenho, constatou que não era possível criar uma hierarquia desses conceitos e, destacou que se tratavam de abordagens diferentes.

Embora a técnica de ORDENAÇÃO CONCEITUAL, empregada anteriormente, não tenha sido útil para criar uma hierarquia, revelou sutilezas desse domínio. Isto foi observado quando da descoberta do especialista de se tratar de abordagens diferentes. Na tentativa de hierarquizar, percebeu-se que se poderia estruturar esse conhecimento, embora de outra forma.

Constatou-se, também a dificuldade que (E5) teve para trabalhar com essa ferramenta por si só. O especialista teve necessidade de complementar seu pensamento de uma forma que, a princípio, não era pertinente à técnica empregada. Dessa forma, pode-se notar que a ferramenta em si deve ser trabalhada em conjunto com uma outra para eliciar o conhecimento. Concluiu-se que, a técnica deve oferecer meios para organizar o pensamento, sem que, em nenhum momento, o especialista fique preso a ela, pois seu objetivo é facilitar o trabalho, e forçar o uso de uma

técnica para obter o conhecimento, pode acabar por alterá-lo.



SOLUÇÕES:

+ BATCH ou - ON-LINE	}	OPERACIONAL:	
		COMERCIAL	: tarifação de telefonia (S.I. Telefonia Nacional)
		ADMINISTRATIVO:	Pagamento de Pessoal (S.I. de Pessoal)
			Controle de Material (S.I. de Material)
+ ON-LINE ou - BATCH	}	TÁTICO:	
		COMERCIAL	: Marketing (S.I. Comercialização)
ON-LINE (Interação)	}	ESTRATÉGICO:	
		FINANCEIRA	: Simulações do Planejamento Econômico-Financeiro

FIGURA 8: ESTRUTURA DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

Com o domínio já estruturado, deu-se continuidade ao trabalho que estava sendo feito.

No decorrer de outras ENTREVISTAS ESTRUTURADAS, onde restringiu-se o questionamento para sistemas de apoio à gestão (figura 8), devido à experiência do especialista, observou-se o uso freqüente do termo "objetos", de uma forma não muito clara para o engenheiro do conhecimento. Como era uma citação intimamente ligada às explicações fornecidas por (E5) durante os encontros, aplicou-se a técnica QUESTIONÁRIO, não só para entender o significado do termo, como, também, para registrá-lo com fins de padronização. Pediu-se, então, que (E5) definisse "objetos" e apresentasse um esquema que, de forma auto-explicativa, caracterizasse esse termo dentro do domínio em questão. O especialista, então, completou o questionário da forma demonstrada na figura 9.

Com o escopo do domínio do problema já delimitado, qual seja, sistemas de apoio à gestão empresarial, partiu-se para uma nova etapa deste trabalho. Dessa vez, objetivou-se obter o conhecimento necessário para se desenvolver tais sistemas.

Solicitou-se à (E5) que enumerasse cinco ou mais fatores críticos para desenvolvimento de um sistema dessa natureza.

De início, o especialista (E5) relacionou quatro itens, já ordenados por importância, sendo que o último, ele destacou ser consequência dos anteriores. Depois pediu-se que fosse criada uma árvore, refinando esses fatores até o nível de atributos e valores. O especialista (E5), então, relacionou os principais tópicos considerados importantes para ele, dentro dos quatro fatores apresentados anteriormente. (E5) ressaltou que para ser completo, seria necessário mais tempo para dar sua resposta. Além disso, o especialista destacou que, talvez, esses itens relacionados, não pudessem ser considerados como atributos. De qualquer maneira, (E5) não se sentiu à vontade para criar uma árvore, no momento solicitado, com as informações fornecidas até então. Na verdade, ele até questionou se árvore deveria ser a representação mais adequada.

O especialista (E5) disse que para ser construída uma árvore ou um grafo, seria necessário consultar outros especialistas e material bibliográfico, a fim de se elaborar um material mais abrangente. Outrossim, o tempo é bastante importante para aplicação desta técnica.

A partir das informações obtidas da técnica FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO EM SISTEMAS ESPECIALISTAS (FCSES) aplicada anteriormente, e possíveis de serem observadas na figura 10, foi-se restringindo o domínio para se atingir o objetivo proposto.

Em seguida, com a aplicação da técnica PROTOCOLO POR

TELEFONE, objetivou-se verificar se era diferenciada a forma de agir, quando do desenvolvimento de um sistema, caso este fosse centrado para processos ou para dados. Sugeriu-se que, o especialista, a partir da imaginação de um problema fictício, descrevesse as ações tomadas durante esse processo.

OBJETOS: matérias-primas (a nível de informação) que suportam PROCESSOS.

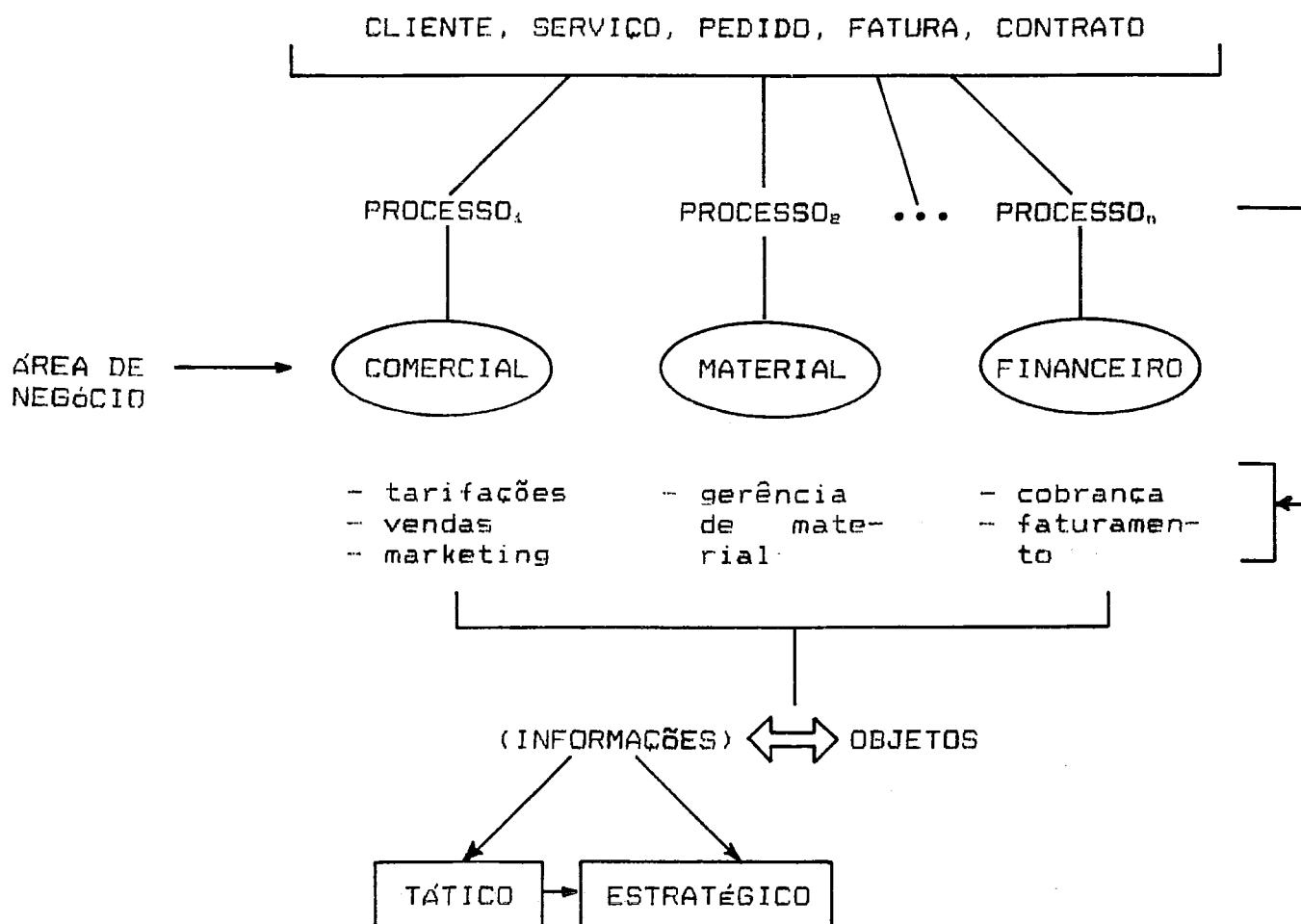


FIGURA 9: QUESTIONÁRIO UTILIZADO COM E(5)

Foi curiosa a atuação do especialista que, abordou esse problema, através de explicação, ou seja, sem utilizar um exemplo fictício. Contudo de sua fala, destacou-se que, dependendo da característica do sistema (centrado a dados ou processos), pode-se não enfatizar determinadas etapas do seu desenvolvimento.

Perguntou-se, então, como descobrir quando se deve eliminar determinada etapa e como identificá-la. O especialista afirmou que era um problema a ser definido na análise do sistema.

A idéia era responder a essas perguntas através do PROTOCOLO PDR TELEFONE, mas, como não se conseguiu aplicar essa técnica e sem obter uma resposta concreta, insistiu-se nesse item, direcionando o questionamento através da técnica HITE (HIPÓTESES TERMINAIS).

Dessa forma, obteve-se a seguinte regra:

50% dados e 50% processos	}	Representação Objetos
+ dados - processos		
+ processos - dados	}	Representação Processos

Para demonstrar essa regra, (E5) desenhou uma matriz onde as linhas representariam os processos, e, as colunas, os objetos. Assim, ele marcava pontos para definir a quantidade de cada um desses elementos nos sistemas.

Para que
Porque
Por quanto

PLANEJAMENTO DE SISTEMAS

- Plano de Sistemas
- Projetos
- Arquitetura de Sistemas de Informação
- Recursos
- Orçamento
- Custo/Benefício

Para quem
Quando

ORGANIZAÇÃO/FORMAÇÃO DA EQUIPE (GERENCIAL)

- Engajamento da alta administração (PATROCINADOR)
- Treinamento/preparo do pessoal
- Vontade
- Poder/autoridade

O quê
O como

DISCIPLINA DE TRABALHO (TÉCNICO)

- Padrões
- Normas
- Metodologia
- Métodos, técnicas
- Ferramentas adequadas

De que forma
Em que tempo

EVOLUTILIDADE

- Flexibilidade
- Manutenibilidade
- Adaptabilidade

FIGURA 10: RESULTADO INTERMEDIÁRIO DA TÉCNICA FGSES

Esta técnica foi bastante útil para manter as discussões dentro do limite do problema. Foi a partir das definições de sistemas centrados a dados e a processos que, procurou-se estabelecer os passos necessários para desenvolver tais sistemas.

Constatou-se que essas definições não dependiam apenas da regra anterior, como também, da verificação da existência de sistemas maiores que trabalhassem, por exemplo, com os mesmos objetos.

Prosseguindo com a ENTREVISTA ESTILO LIVRE, em conjunto com a técnica de DIAGRAMA, visando experimentar essa última, solicitou-se que (E5) adotasse como raiz de uma árvore, a informação dados e , quebrasse essa raiz em sub-elementos, até construir uma árvore que mostrasse todos os passos para desenvolvimento de um sistema desse tipo. O mesmo deveria ser feito tendo como raiz, o termo processo. Mais uma vez, constatou-se a dificuldade de se expressar esse tipo de informação de uma forma tão sistemática.

Para finalizar esse experimento, e, visando obter mais subsídios para uma análise posterior dos experimentos, solicitou-se que o especialista (E5), mostrasse como se identificar processos e dados, quando da construção de um Diagrama de Fluxos de Dados. Ele criou regras e fez explicações, sempre destacando que esse tipo de trabalho poderia ser comparado a uma função

matemática.

Considerou-se suficiente o trabalho realizado com o especialista (E5), em virtude de se ter aplicado um número suficiente de técnicas de eliciação do conhecimento, permitindo assim relacionar as seguintes observações:

. a experiência já adquirida pelo engenheiro do conhecimento nos experimentos anteriores, proporcionou uma melhor habilidade na aplicação das técnicas de eliciação do conhecimento. Sendo assim, foi possível, por exemplo, num mesmo encontro aplicar técnicas diferentes, caso elas não precisassem de nenhum preparo prévio;

. a dificuldade que, muitas vezes, o especialista apresentou para expor, de forma gráfica, todo o seu conhecimento sobre o domínio, utilizando uma determinada técnica, foi suprida por iniciativa própria do especialista, por explicações em português. Pode-se concluir que a técnica utilizada não deve cercear o especialista e sim, servir de meio para auxiliá-lo a expor seu conhecimento. Nem sempre é possível que o engenheiro do conhecimento aplique uma outra técnica, que torne disponível o conhecimento que faltava de modo eficiente;

. observou-se que (E5) procurou expor seus conhecimentos de uma forma sistemática e, quase sempre, com o auxílio de material escrito;

. a necessidade de exemplificação foi uma constante na fala do especialista (E5);

. o tempo consumido nesse experimento foi menor do que

o gasto com outros especialistas para se atingir o objetivo. Um fator que ajudou bastante nisso foi a experiência já alcançada pelo engenheiro do conhecimento, em função dos experimentos anteriores:

. os especialistas de Engenharia de Software, independentemente de trabalharem ou não em ambientes empresariais possuem uma forma similar de trabalho, mediante os problemas da área em questão;

. a área de Engenharia de Software é bastante abrangente e, com isso, para se tomar uma decisão é necessário levar em consideração inúmeros fatores, que podem ser de ordem técnica ou gerencial;

. as técnicas de ENTREVISTA se mostraram, mais uma vez, úteis nas fases iniciais do processo de elicitação;

. particularmente, a técnica ENTREVISTA ESTILO LIVRE, permitiu direcionar o experimento, de tal forma a preencher os "gaps" percebidos nos encontros;

. o uso da ENTREVISTA associada a outras técnicas, tornou branda para o especialista essa mudança. Isto levou o especialista a não se sentir testado em seu conhecimento, já que suas mudanças fluíram, naturalmente, em função do ambiente no momento da realização do experimento;

. a técnica ORDENAÇÃO CONCEITUAL se mostrou adequada para estruturar o conteúdo, embora nem sempre permita a hierarquização do mesmo;

. é mais conveniente para o engenheiro do conhecimento trabalhar com técnicas que produzam resultados mais diretos;

. determinadas técnicas, como FGSES, precisam de mais

tempo para serem usadas com o especialista, de forma eficiente. Muitas vezes, também, torna-se necessário fazer, consultas a outros especialistas ou até mesmo a material bibliográfico. Geralmente, essa necessidade surge, em função da área de atuação do especialista:

. verificou-se que outro tipo de representação poderia ser mais conveniente na aplicação da técnica FCSES:

. a utilização de QUESTIONÁRIO permitiu que o engenheiro do conhecimento pudesse recorrer a essa definição, sempre que necessário. Supõe-se que essa técnica poderá ser útil, quando da construção de um dicionário de dados para um Sistema Baseado no Conhecimento:

. HITE foi bastante útil para manter a discussão dentro do escopo. Essa técnica apontou novos elementos pertinentes ao problema. Percebeu-se que o especialista trabalhou com probabilidade para apontar regras:

. a técnica de DIAGRAMA não revelou conhecimento tácito. Acredita-se ser útil apenas para tratar de conhecimentos já eliciados:

. percebeu-se que o especialista não se sentiu à vontade para descrever seu conhecimento através de um exemplo fictício, que seria criado por ele (PROTOCOLO POR TELEFONE). Independentemente dessa solicitação, ele recorreu a explicações para fazer seus comentários:

. CASOS TÍPICOS, usado como apoio à ENTREVISTA, foi conveniente para se elaborar uma classificação dos sistemas desenvolvidos por (E5):

. percebeu-se uma diferenciação do uso de técnicas de acordo com a abrangência do que se pretende eliciar (problemas gerais ou específicos).

No próximo item será apresentada uma análise global de todos os cinco experimentos descritos anteriormente, em função do processo de eliciação do conhecimento na área de Engenharia de Software.

IV.2 - Considerações sobre os experimentos realizados

As observações específicas sobre a utilização das técnicas com cada especialista foram descritas ao se relatar cada um dos experimentos. Nesta seção fez-se um resumo destas observações, relatando as conclusões que se pode tirar do experimento como um todo.

O primeiro grande obstáculo encontrado foi o próprio objetivo da tese, qual seja, definir a(s) técnica(s) de aquisição de conhecimento mais apropriadas para a área de Engenharia de Software. Constatou-se que, numa primeira instância, isto não seria possível, devido à própria abrangência da área em questão.

Além de dar apoio a outras áreas, a Engenharia de Software reúne diversas subáreas. Devido a dimensão de seus diferentes tipos de problemas (práticos/teóricos, bem/mal estruturados, problemas com soluções existentes/ainda inexistentes) e por ser também uma área recente e evolutiva,

tornou-se necessário diminuir o escopo do problema. Afinal, para se tomar uma decisão em um determinado assunto nesta área, é preciso levar muitos aspectos em consideração. Associado a isso, o próprio conhecimento ainda não está sedimentado suficientemente bem, ou seja, não se tem modelos suficientes para todos os processos e, quando se tem, não se possui o entendimento necessário entre esses modelos e outras entidades da disciplina.

As técnicas de aquisição do conhecimento observadas nesses experimentos incluem:

a) uso do gravador em quase todos os encontros, o que facilitou bastante o trabalho do engenheiro do conhecimento, durante e após essas reuniões, embora tenha sido muito cansativo para o engenheiro do conhecimento sua transcrição, para posterior análise dessas informações;

b) uso de material bibliográfico, tanto para aprofundar o conhecimento do engenheiro do conhecimento no domínio do problema, possibilitando facilitar o entrosamento com o especialista e auxiliar na elaboração de perguntas, quanto para promover o conhecimento do jargão utilizado pelo especialista;

c) aplicação das técnicas em ambiente empresarial (E5) e de pesquisa (E1 a E4).

Em geral, uma única técnica não é suficiente ou melhor, para conduzir o processo de aquisição do conhecimento. Na verdade, um conjunto de técnicas deve ser aplicado, de acordo com cada fase de desenvolvimento do Sistema Baseado no Conhecimento.

É muito importante que se esteja consciente de que as técnicas não devem cercear a atuação do especialista. Caso ele complemente o conhecimento já adquirido com informação pertinente, mesmo de uma forma diferente da eliciada, deve ser aceita (ver experimento 5).

Alguns aspectos foram observados durante os experimentos e podem ser considerados como fundamentais para a escolha das técnicas mais apropriadas, conforme exemplificado abaixo:

a) objetivos da eliciação. É fundamental que os objetivos da eliciação do conhecimento sejam definidos claramente. Dessa forma, o especialista tentará ajudar o engenheiro do conhecimento na efetivação do processo. Isto foi claramente observado no trabalho com (E5), onde a cada passo da eliciação do conhecimento, era apresentado o objetivo do uso de determinada técnica. Outrossim, com o objetivo em mente, o engenheiro do conhecimento é capaz de reconhecer o tipo de conhecimento que se pretende elicitar e, com isso, melhor definir a técnica a ser utilizada. Por exemplo, foi a partir do material retirado de entrevistas anteriores, que obteve-se informação suficiente para se usar a técnica ORDENAÇÃO CONCEITUAL e, com isso, estruturar o conhecimento do experimentos 5:

b) tipo de conhecimento a ser eliciado. Foi utilizada com (E1) e (E3) a técnica de ANÁLISE DE PROTOCOLO, pela dificuldade do especialista em expressar verbalmente o

conhecimento tácito. Um outro exemplo a ser dado é o uso da técnica ORDENAÇÃO CONCEITUAL com (E5), para se mostrar a relação entre as informações apuradas. Há também técnicas apropriadas para se obter o conhecimento incerto, como observado em (WRIGHT, 1987). Tentar construir uma estrutura do conhecimento, facilita o trabalho do engenheiro do conhecimento, conforme observado principalmente com (E5). Essa estrutura facilita a identificação de novas técnicas, inclusive para indicar e eliciar o conhecimento necessário para preencher os "gaps" encontrados. É necessário dispor de mais tempo nessa etapa, para que todo o trabalho posterior seja facilitado. Técnicas como ORDENAÇÃO CONCEITUAL podem ser úteis nessa fase. Enfim, as técnicas utilizadas foram úteis para extrair os tipos de conhecimento resumidos a seguir.

Técnicas	Tipos de conhecimento	Experimentos
Entrevista Estruturada	Fatos, relações e estratégias	E1 a E5
Entrevista Não-estruturada	Fatos, relações e estratégias	E1 a E5
Entrevista Estilo livre	Fatos, relações e estratégias	E2
Ordenação Conceitual	Conceitos e relações	E5
Análise de Protocolo	Fatos, relações e estratégias	E1, E3
Protocolos Concorrentes	Fatos, relações e estratégias	E2
Protocolo por Telefone	Fatos, relações e estratégias	E5
Casos Típicos	Fatos, relações e estratégias	E5
Diagrama	Relações (hierarquia)	E5
Cenários	Relações e estratégias	E2, E3
Questionário	Conceitos e relações	E4, E5
HITE	Fatos, relações e estratégias	E5
FCSES	Fatos, relações e estratégias	E4, E5

c) características do especialista. A formação do especialista, a sua experiência e as suas características

personais (introversão/extroversão, nível de ansiedade etc.) influenciam na escolha da técnica a ser utilizada. Foi necessário usar com (E1) a técnica de ENTREVISTA ESTRUTURADA para direcionar os encontros com o especialista, visto que ele estava se perdendo no entusiasmo de seu próprio trabalho. Com (E5), devido a sua grande experiência em Empresas, sua própria formação e, inclusive, pelo fato de ser professor, ele fez inúmeras explicações, além de procurar sempre sistematizar. Foi importante deixá-lo livre para expor, porém, obviamente, tomando cuidado para que não fugisse do escopo do problema. Sua forma de representar o conhecimento por escrito foi aproveitada pelo engenheiro do conhecimento. Outrossim, o especialista precisa estar bastante engajado no projeto que está sendo realizado, sem ter a sensação de que está perdendo seu tempo ou gastando-o numa atividade fora de seu interesse ou projeto. Sem dúvida, este foi um fator facilitador no trabalho com (E2), (E3) e (E4). Nos experimentos realizados, verificou-se que os engenheiros de software atuavam da seguinte forma: eles trabalhavam dividindo o problema em partes menores para facilitá-los. Especialistas dessa área também tendem a, sempre que possível, apresentar suas informações através de tabelas, gráficos, dicionário de dados, árvores etc., elaborados durante os encontros. Isto nos leva a crer que para se eliciar conhecimentos em Engenharia de Software, é útil que o engenheiro do conhecimento atue de forma semelhante aos especialistas. Ou seja, tornou-se necessário particionar as tarefas:

d) papel do engenheiro do conhecimento. É muito importante o seu papel de comunicador e o seu dinamismo, para que a relação com o especialista não se torne cansativa e seja o mais proveitosa possível. É necessário que o engenheiro do conhecimento tenha um bom domínio das técnicas de eliciação do conhecimento e de suas diretrizes de aplicação. No início dos experimentos (principalmente com (E1)), o engenheiro do conhecimento teve muita dificuldade em escolher a técnica mais apropriada, talvez pelo fato de ter sido sua primeira experiência nessa atividade. É muito importante que o engenheiro do conhecimento tenha perspicácia para captar as informações pertinentes, no discurso do especialista, e também para saber o momento mais adequado de aplicar determinada técnica. Isto pode ser observado, por exemplo, ao se analisar as gravações das reuniões para identificar subsídios para outras técnicas, como também o conhecimento em si e as estratégias de solução do especialista. O engenheiro do conhecimento deve estar atento para perceber e atender as necessidades do especialista. No primeiro experimento, por exemplo, o especialista (E1) colocou a necessidade que ele estava tendo: ele queria ver algo concreto do trabalho que estava sendo feito. Já no último experimento não houve essa necessidade, porque todo o trabalho estava sendo apresentado e discutido em conjunto com (E5). Nesse caso, houve uma maior preocupação de aproveitar ao máximo o material elaborado pelo especialista. Um outro fator importante é a relação entre o especialista e o engenheiro do conhecimento, que precisa ser harmoniosa. No primeiro experimento, pode-se observar uma formalidade muito grande com (E1) e, com a falta de

experiência do engenheiro do conhecimento, muitas vezes este sentiu-se pouco a vontade para interromper o especialista em questão. A experiência adquirida na realização dos experimentos iniciais, foi fator extremamente facilitador nos processos posteriores, como pode ser observado nas descrições dos experimentos:

e) natureza da tarefa. Este tópico influencia até no tipo de especialista a ser consultado. Pelo fato da Engenharia de Software ser uma ciência muito abrangente, os especialistas acabam identificando outros, mais afins com o assunto a ser tratado. Pode-se observar isso com (E2), (E3) e (E5):

f) nível de aprofundamento desejado. A determinação desse nível depende do objetivo da eliciação, da competência do especialista, do nível do futuro usuário e das habilidades do engenheiro do conhecimento, devendo ser definido logo no início do processo, para evitar alguns dos problemas encontrados no primeiro experimento:

g) uso das técnicas de acordo com o estágio do ciclo de vida. Por exemplo: nas fases iniciais, técnicas de ENTREVISTA podem ser bastante úteis, conforme observado em todos os experimentos.

Devido a todos esses fatores levantados, sugere-se, para a área de Engenharia de Software, seguir a proposta apresentada adiante.

Numa fase inicial é bastante útil aplicar as técnicas de ENTREVISTA (principalmente NÃO-ESTRUTURADA), para se conhecer as características dos especialistas e da aplicação.

As técnicas de ENTREVISTA ESTRUTURADA e ESTILO LIVRE devem ser usadas em todos os momentos, principalmente no início do processo de aquisição do conhecimento, pois servem, a priori, para eliciar qualquer tipo de informação e, também para direcionar o trabalho que está sendo feito e, essa última, para complementar a informação que faltava. Contudo, no decorrer dos encontros, e, a partir do momento que se restringe o domínio, será necessário combinar esta técnica com outras mais específicas para complementar o conhecimento que vem sendo eliciado ou até mesmo para verificar se as informações estavam corretas.

Na verdade, a ENTREVISTA, por ser uma técnica familiar ao engenheiro do conhecimento e até mesmo ao especialista, provoca uma certa tendência em usá-la. Porém, ao se questionar os especialistas é preciso que haja muito cuidado para que suas questões, diretas ou não, não interfiram nas respostas.

As técnicas a serem escolhidas para serem aplicadas após o estágio inicial devem ser transparentes para o especialista, a fim de que elas não dificultem o processo em si, tentando entender a técnica utilizada e, influenciando o conhecimento a ser eliciado. O uso dessas técnicas deve obedecer os critérios já apresentados anteriormente. Para que os encontros

não se tornem cansativos, eles não devem ser longos. Por outro lado, não deve haver um intervalo grande entre as sessões, para não se perder a continuidade do trabalho. O especialista deve explicar e justificar o processo de raciocínio em cada decisão, para que o engenheiro do conhecimento esteja sempre a par do que está acontecendo. O especialista deve estar totalmente envolvido no processo de eliciação do conhecimento e toda a informação deve ser organizada após cada sessão. A interpretação dessa informação é que deve guiar a construção de um modelo.

Cabe lembrar que o conhecimento é evolutivo. Por isso, mesmo ele já tendo sido eliciado, não quer dizer que ele seja definitivo, devendo sempre ser reconstruído e reorganizado. Nos últimos experimentos ainda se obteve informações que complementaram àquelas extraídas dos experimentos anteriores.

Cabe salientar que estas informações foram tiradas dos experimentos com cinco engenheiros do conhecimento e a ênfase foi dada no processo de aquisição do conhecimento; ou seja, não foi construído um Sistema Baseado no Conhecimento, visto que o objetivo maior era analisar as técnicas de eliciação.

Essas informações servirão de subsídios a serem utilizados no Projeto TABA, que, como já dito anteriormente, está sendo desenvolvido na COPPE/UFRJ.

Será apresentado a seguir um resumo das técnicas utilizadas nos experimentos descritos anteriormente.

ENTREVISTA

- O QUE É?

Encontros ou discussões entre o engenheiro do conhecimento e o(s) especialista(s).

- PARA QUE SERVE?

Revelar os objetos sobre os quais o especialista pensa, a organização e a relação desses objetos, o processo de julgamento e a solução do problema.

- VARIAÇÕES:

- . Não-estruturada;
- . Estruturada;
- . Estilo Livre.

- OBSERVAÇÕES:

- . Formas de questionamento não-alienígenas;
- . Evitar interrupções e interpretações;
- . Ficar atento a pausas, linguagem corporal;
- . Registrar;
- . Ficar atento às respostas dos especialistas.

- EXPERIMENTOS:

(E1) a (E5)

ANÁLISE DE PROTOCOLO

- O QUE É?

Registro do comportamento (verbal ou não) do especialista, no momento da realização de seu trabalho.

- PARA QUE SERVE?

Explicitar os procedimentos usados na resolução do problema.

- VARIAÇÕES:

Protocolo Concorrente

- OBSERVAÇÕES:

- . Gera muita informação;
- . Consome muito tempo;
- . Uso da própria técnica de Engenharia de Software.

- EXPERIMENTOS:

(E1), (E2) e (E3)

CENÁRIO

- O QUE É?

Exploração de um problema familiar, ressaltando similaridades e diferenças, mediante analogias com casos anteriores.

- PARA QUE SERVE?

Evidenciar o tipo de raciocínio do especialista.

- OBSERVAÇÕES:

- . Cansativo, se muitos casos;
- . Analogia -> facilitador para caracterizar um problema;
- . Hesitação do especialista.

- EXPERIMENTOS:

(E2) e (E3)

QUESTIONÁRIO

- O QUE É?

Questões básicas e amplas escritas em cartões.

- PARA QUE SERVE?

Extrair objetos do domínio, relações e informação imprecisa.

- OBSERVAÇÕES:

- . Padroniza termos;
- . Sedimenta informações;
- . Respostas objetivas;
- . Simples para o especialista;
- . Dicionário de dados;
- . Ambiente calmo;
- . Técnicas de Probabilidade.

- EXPERIMENTOS:

(E4) e (E5)

FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO EM SISTEMAS ESPECIALISTAS (FCSES)

- O QUE É?

Citação de cinco ou mais fatores críticos de sucesso para se atingir a solução do problema. Criação de uma árvore de contexto inicial a partir da ordenação e refinamento desses fatores.

- PARA QUE SERVE?

Indicar os elementos que norteiam as heurísticas do especialista.

- OBSERVAÇÕES:

- . Consome muito tempo:
- . Útil para obter as estratégias de solução do especialista:
- . Forma de representação.

- EXPERIMENTOS:

(E4) e (E5)

CASO TÍPICO

- O QUE É?

Análise de vários casos típicos, reais ou fictícios, juntamente com o especialista.

- PARA QUE SERVE?

Produzir uma grande soma de informações seguras.

- OBSERVAÇÕES:

- . Desgastante;
- . Útil para classificar sistemas.

- EXPERIMENTO:

(E5)

ORDENAÇÃO CONCEITUAL

- O QUE É?

- . Obter um conjunto de conceitos;
- . Transferir cada conceito para um cartão;
- . Classificar os cartões em grupos;
- . Formar hierarquia.

- PARA QUE SERVE?

Organizar informação.

- OBSERVAÇÕES:

- . Cartões em branco;
- . Complementação por extenso;
- . Não necessariamente hierarquia.

- EXPERIMENTO:

(E5)

PROTOCOLO POR TELEFONE

- O QUE É?

Solucionar um problemas sem vê-lo.

- PARA QUE SERVE?

Obter fatos, relações e estratégias de solução do especialista.

- OBSERVAÇÃO:

Não utilizou exemplo.

- EXPERIMENTO:

(E5)

HIPÓTESES TERMINAIS (HITE)

- O QUE É?

Construção de regras de produção, tendo como ponto de partida, hipóteses ou fatos terminais.

- PARA QUE SERVE?

Controlar e guiar a entrevista.

- OBSERVAÇÕES:

. Obter as hipóteses terminais;

. Manter as discussões dentro do limite do problema.

- EXPERIMENTO:

(E5)

DIAGRAMA

- O QUE É?

- . Adotar um elemento como raiz;
- . Quebrar graficamente em sub-elementos;
- . Quebrar cada sub-elemento, até o nível desejado.

- PARA QUE SERVE?

Decompor e combinar conceitos do domínio.

- OBSERVAÇÕES:

- . Suporta outras técnicas;
- . Útil para conhecimento já eliciado.

- EXPERIMENTO:

(E5)

V - CONCLUSOES

Este trabalho procurou destacar a importância da Engenharia do Conhecimento no desenvolvimento de Sistemas Baseados no Conhecimento. Seu principal objetivo era que, a partir do estudo feito na literatura, em especial, o levantamento das técnicas disponíveis para aquisição do conhecimento, se realizasse um experimento na área de Engenharia de Software, visando analisá-las para posterior indicação daquelas mais apropriadas para a área em questão.

Ao término dessa pesquisa, pode-se constatar que a indicação de técnicas de aquisição de conhecimento está atrelada à uma diversidade de fatores, tais como: características do especialista e do engenheiro do conhecimento, natureza da tarefa, objetivos da elicitação, nível de aprofundamento desejado e estágio do ciclo de vida de um sistema.

Associado a esses fatores, tem-se a abrangência da área de Engenharia de Software, onde para a tomada de decisão, são necessários se levar vários aspectos em consideração. Devido a isso, teve-se que, durante os experimentos, restringir o domínio do problema.

Observou-se a necessidade de, para a realização desses experimentos, se ter uma metodologia de trabalho, que pudesse auxiliar o engenheiro do conhecimento no processo de aquisição do

conhecimento. Outrossim, a literatura consultada não foi muito esclarecedora quanto a forma de aplicá-las. É nesse sentido que, procurou-se apresentar, no final desse trabalho, uma orientação para efetivar esse processo.

Espera-se que as conclusões obtidas nesse trabalho sejam úteis para aplicação no projeto TABA, que visa criar uma estação de trabalho para os engenheiros de software.

Futuras atividades de pesquisa que poderão dar continuidade ao trabalho desenvolvido nesta tese estão relacionadas com a forma de se tratar conhecimento impreciso, aspectos de validação do conhecimento obtido, construção de ferramentas poderosas que possam auxiliar o processo de aquisição do conhecimento, enfim, todos os trabalhos relacionados com áreas afins à Inteligência Artificial, que visem melhorar a compreensão do processo cognitivo, ampliando a aplicação desta ciência na sociedade.

VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTSEN, J.N. et al. (1988), "Experience of Knowledge Acquisition in a Diagnostic Domain", pp. 410-416.
- ANDERSON, J.R. (1989), "A Theory of the Origins of Human Knowledge", Artificial Intelligence, nº 40, pp. 313-351, 1989.
- BENNETT, J.S. (1985), "ROGET: A Knowledge-Based System for Acquiring the Conceptual Structure of a Diagnostic Expert System", Journal of Automated Reasoning 1, pp. 49-74, 1985.
- BOOSE, J.H. (1985), "A Knowledge acquisition program for expert systems based on personal construct psychology", Int. J. Man-Machine Studies, nº 23, pp. 495-525, 1985.
- BOOSE, J.H. (1988), "Personal Construct Theory and the transfer of human expertise", AAAI-3 Nat. Conf., CA, 1984.
- BOURNE, J.R. et al. (1985), "Strategies for Knowledge Representation, Manipulation and Acquisition in Expert Systems", IEEE/Seventh Annual Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society, pp. 1165-1169, 1985.
- BREUKER J. et al. (1988), "Models of expertise in Knowledge Acquisition", Topics in Expert System Design: Methodologies and Tools, Eds. G. Guida & C. Tasso, agosto 1988.
- CHITMAN, E. (1991), Estudo e classificação de modelos de ciclo de vida, tese de mestrado submetida à COPPE/UFRJ, 1991.
- COHEN, P.R. et al. (1982), The Handbook of Artificial Intelligence, vols. I, III e IV, 1982. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., USA.
- COHEN, P.R. et al. (1989), "Toward AI Research Methodology: Three Case Studies in Evaluation", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 19, nº 3, maio/junho 1989.
- COOKE, N.M. et al. (1986), "A Formal Methodology for Acquiring and Representing Expert Knowledge", Proceedings of the IEEE, vol. 74, nº 10, pp. 1422-1430, outubro 1986.

- DAMSKI, J.C.B. (1988), "Verificação da base de conhecimento", XIV Conferência Latinoamericana de Informática, pp. 828-837, Buenos Aires, setembro 1988.
- ERICSSON, K.A. et al. (1980), "Verbal Reports as Data", Psychological Review, vol. 87, nº 3, pp. 215-251, maio 1980.
- ESTVANIK, S. (1990), "Structured User Interviews", Computer Language, pp. 77-87, junho 1990.
- EVANSON, S.E. (1988), "How to talk to an expert", AI Expert, pp. 36-41, fevereiro 1988.
- FAIRLEY, R.E. (1985), Software Engineering Concepts, McGraw-Hill, Inc., USA, 1985.
- FORSYTHE D.E. et al. (1989), "Knowledge Acquisition for Expert Systems: some pit falls and suggestions", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, vol. 19, nº 3, pp. 435-442, maio/june 1989.
- FREILING, M. et alii (1985), "Starting a Knowledge Engineering Project: Step-by-step approach", The AI Magazine, pp. 150-163, 1985.
- GAINES, B.R. et al. (1985), "Systemic Foundations for Reasoning in Expert Systems", Approximate Reasoning in Expert Systems, Elsevier Science Publishers B.V., 1985.
- GAINES, B.R. et al. (1988), Knowledge Acquisition Tools for Expert Systems, vol. 2, Academic Press Inc., USA, 1988.
- GAMMACK, J.G. et al. (1985), "Psychological Techniques for Eliciting Expert Knowledge", pp. 105-112.
- GILMORE, J. F. et alii (1986), "A Comprehensive Evaluation of Expert System Tools", Microcomputer - Based Expert Systems, Ed. Amar Gupta, IEEE Press, 1988.
- GIORNO, F.A. de C. et alii (1988), "Methods and techniques for Knowledge Elicitation", Technical Report CCR 065, Rio Scientific Center, IBM Brasil, dezembro 1988.
- GLITZ, S. et al. (1989), Aquisição de conhecimento para Sistemas Especialistas no Projeto TABA, Relatório técnico do Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, ES-201/89, julho 1989.

- GOMES, F.A.C. et alii (1988), "APREND - um sistema para aquisição automática de conhecimento a partir de exemplos", XIV Conferência Latinoamericana de Informática, pp. 778-793, Buenos Aires, setembro 1988.
- GONÇALVES, C.A. (1986), Aquisição e representação do Conhecimento para Sistemas Especialistas, Tese de doutorado submetida à Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo, 1986.
- GOTTGTROY, M.P.B. (1990), O processo de Aquisição do Conhecimento na Construção de Sistemas Especialistas, Tese de mestrado submetida à COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1990.
- GROVER, M.D. (1982), "A pragmatic Knowledge Acquisition Methodology", pp. 436-438, 1982.
- HART, A. (1986), Knowledge-acquisition for expert systems, McGraw-Hill, Inc., 1986.
- HAYES-ROTH, F. et alii (1983), Building Expert Systems, Addison-Wesley Publishing Company, Inc. 1983.
- HOFFMAN, R.R. (1987), "The problem of extracting the Knowledge of Experts from the perspective of Experimental Psychology", AI Magazine, pp. 53-67, 1987.
- KELLER, R. (1987), Expert System Technology - Development and Application, Prentice-Hall, USA, 1987.
- KIDD, A.L. (1987), Knowledge Acquisition for Expert Systems - A practical handbook, Plenum Press, New York, 1987.
- KITTO, C.M. et al. (1989), "Selecting Knowledge acquisition tools and strategies based on application characteristics, Int. J. Man-Machine Studies, nº 31, pp. 149-160, 1989.
- KLEIN, G.A. et alii (1989), "Critical Decision Method for Eliciting Knowledge", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 19, nº 3, pp. 462-472, maio/junho 1989.
- KOWAL, D.M. (1990), "Emphasize integrity assessment in interviews", Personnel Journal, pp. 66-71, junho 1990.
- LEÃO, B.F. (1988), Construção da base de conhecimento de um Sistema Especialista de apoio ao diagnóstico de Cardiopatias

- Congênitas, Tese de doutorado submetida ao Curso de Pós-Graduação em Cardiologia da Escola Paulista de Medicina, São Paulo, 1988.
- LEHNER, P.E. et al. (1989), "Perspectives in Knowledge Engineering", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 19, nº 3, pp. 433-434, maio/junho 1989.
- LUCENA, C.J.P. (1987), Inteligência Artificial e Engenharia de Software, Jorge Zahar Editor, Rio de Janeiro, 1987.
- MARCUS, S. et al. (1989), "SALT: A Knowledge Acquisition Language for Propose - and - Revise Systems", Artificial Intelligence, nº 39, pp. 1-37, 1989.
- McCALLA et al. (1983), "Approaches to Knowledge Representation", COMPUTER, vol. 16, nº 10, pp. 12-18, outubro 1983.
- MENDEL, M.B. et al. (1989), "Filtering Information from Human Experts", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 36, nº 1, pp.6-16, janeiro/fevereiro 1989.
- NEALE, I.M. (1990), "Modelling Expertise for KBS Development", Journal Operational Research Society, vol. 41, pp. 447-458, 1990.
- NISBETT, R.E. et al. (1977), "Telling more than we can know: verbal reports on mental processes", Psychological Review, vol. 84, nº 3, pp. 231-259, maio 1977.
- O'LEARY, T.J. et alii (1990), "Validating Expert Systems", IEEE Expert, pp. 51-57, junho 1990.
- PARSAYE, K. (1988), "Acquiring & Verifying Knowledge", AI Expert, vol. 3, nº 5, pp. 48-63, maio 1988.
- PARTRIDGE, D. (1986), Artificial Intelligence: applications in the future of software engineering, Ellis Horwood Limited, 1986.
- PATTON, C. (1985), "Knowledge engineering: tapping the experts", Electronic Design, pp. 93-105, 1985.
- PINKOWSKI, B. (1989), "CLUSTERT - A simulation-based expert", Simulation, pp. 179-185.

- PRERAU, D.S. (1987), "Knowledge Acquisition in the Development of a Large Expert System", AI Magazine, pp. 43-51, 1987.
- RAMAMOORTHY, C.V. et alii (1987), "Software Development Support for AI Programs", COMPUTER, pp. 30-40, janeiro 1987.
- RAMSEY, C.L. et al. (1989), "An Evaluation of Expert Systems for Software Engineering Management", IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 15, nº 6, pp. 747-759, junho 1989.
- RICH, E. (1988), Inteligência Artificial, Ed. McGraw-Hill Ltda., São Paulo, 1988.
- ROCHA, A.R.C. et al. (1988), "Ambiente de Desenvolvimento de Software e o Projeto TABA", Relatório Técnico ES-178/88, COPPE-SISTEMAS/UFRJ, dezembro, 1988.
- ROCHA, A.R.C. et alii (1990), "TABA: A Heuristic Workstation for Software Development", COMPEURO, Tel-Aviv, Israel, maio 1990.
- ROLSTON, D.W. (1988), Principles of Artificial Intelligence and Expert Systems Development, McGraw-Hill Book Company, USA, 1988.
- ROOK, F.W. et al. (1989), "The Knowledge Acquisition Activity Matrix: A systems Engineering Conceptual Framework", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 19, nº 3, pp. 586-597, maio/junho 1989.
- SANTOS, E.R. et al. (1990), "Gerência do conhecimento de processos industriais: BIACS, uma nova ferramenta", Série Documentos para Estudo/PPGA-UFRGS, 08/90, julho 1990.
- SCHOENMAKERS, W.J. et alii (1985), "A problem in Knowledge Acquisition", SIGART Newsletter, nº 95, janeiro 1986.
- SHAW, M.L.G. (1982), "PLANET: some experience in creating an integrated system for repertory grid applications on a microcomputer", Int. J. Man-Machine Studies, nº 17, pp. 345-360, 1982.
- SRIRAM, B.R. et al. (1989), Computer-aided Engineering: the Knowledge Frontier (Volume I: Fundamentals), USA, 1989.
- WATERMAN, D.A. (1986), A Guide to Expert Systems, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., USA, 1986.

- WEITZEL, J.R. et al. (1989), "Developing Knowledge - based systems: reorganizing the system development life cycle", Communications of the ACM, vol. 32, nº 4, abril 1989.
- WIELINGA, B.J. et alii (1988), "Knowledge Acquisition for Expert Systems", Proceedings of ACAI-88, 1988.
- WONG, P. (1988), "Let's take the mystery out of Knowledge Engineering", Artificial Intelligence, pp. 61-62, 1988.
- WOODS, W.A. (1986), "What's important about Knowledge Representation?", COMPUTER, vol. 16, nº 10, pp. 22-26, outubro 1983.
- WRIGHT, G. et al. (1987), "Eliciting and Modelling Expert Knowledge", Decision Support Systems, nº 3, pp. 13-26, 1987.