

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA**

**SISTEMA ESPECIALISTA APLICADO À ASSISTÊNCIA
TÉCNICA: ESTUDO DE CASO EM UMA ORGANIZAÇÃO
FABRICANTE DE PRODUTOS DE TELECOMUNICAÇÕES**

Dissertação submetida à

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Para a obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA

ALEXANDRA DOS PASSOS

Florianópolis, fevereiro de 2005

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA MECÂNICA

**SISTEMA ESPECIALISTA APLICADO À ASSISTÊNCIA TÉCNICA: ESTUDO
DE CASO EM UMA ORGANIZAÇÃO FABRICANTE DE PRODUTOS DE
TELECOMUNICAÇÕES**

ALEXANDRA DOS PASSOS

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM ENGENHARIA
ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA

sendo aprovada em sua forma final.

Jonny Carlos da Silva, Dr.Eng.
Orientador

José A. Bellini da Cunha Neto, Dr.
Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA

Acires Dias, Dr.Eng. - Presidente

Osmar Possamai, Dr.

André Ogliari, Dr.Eng.

DEDICATÓRIA

Dedico esta Dissertação à minha família.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

A Universidade Federal de Santa Catarina.

A CAPES.

*Ao Professor **Jonny Carlos da Silva** por sua competente orientação e por acreditar em meu potencial profissional.*

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, os quais tive o prazer de interagir, pelas discussões e ensinamentos.

A empresa na qual este estudo foi desenvolvido e aos especialistas, pelo tempo e informações dispensadas.

Em especial aos especialistas Edite e Cidral que incorporaram e acreditaram no projeto.

Ao Marcelo Grijó por vislumbrar a oportunidade de aplicação na referida empresa e abrir caminho para que este trabalho pudesse ser realizado.

Ao Professor Sandro do CEFET-SC Unidade de São José pela atenção dispensada e conhecimento disponibilizado.

Aos amigos do Nedip.

Aos amigos e àqueles que direta ou indiretamente contribuíram com o presente trabalho. Em especial minhas amigas Patrícia, que sempre esteve presente nos momentos certos, e Izabel pela preocupação e incentivo.

A minha mãe Aldazir e meu pai Cezar, pelo apoio, proteção e estímulo contínuos.

Ao meu irmão Carlos pelo contínuo incentivo e credibilidade.

Ao meu irmão Ricardo por ser meu socorro em alguns momentos.

Em especial, ao meu esposo Jonny pela motivação, compreensão e carinho.

SUMÁRIO

iv

Lista de Figuras	vii
Lista de Quadros	ix
Resumo	x
Abstract	xi
Lista de Abreviaturas.....	xii
CAPÍTULO I - Introdução.....	1
1.1. Uma Visão Geral da Inteligência Artificial	1
1.2. Empresa Alvo	4
1.3. Justificativa do Trabalho	5
1.4. Objetivos do Trabalho	6
1.4.1. Objetivo Geral	6
1.4.2. Objetivos Específicos	6
1.5. Resultados Esperados	7
1.6. Estrutura do Trabalho	8
CAPÍTULO II.....	10
Sistemas Especialistas e Gestão do Conhecimento.....	10
2.1. Sistemas Especialistas e Conhecimento	10
2.2. Pontos Relevantes sobre Sistemas Especialistas	13
2.3. Gestão do Conhecimento	15
2.4. Sistemas Especialistas e Gestão do Conhecimento	18
2.5. Estrutura dos Sistemas Especialistas	21
2.5.1. Base de Conhecimento	22
2.5.2 Memória Operacional	23
2.5.3. Máquina de Inferência	23
2.5.4. Agenda	25
2.5.5. Usuário e Interface	26
2.6. Pessoas-chave no desenvolvimento dos Sistemas Especialistas	26
2.7. Shell's	27
2.7.1. Kappa-PC	29
2.5.2 Expert SINTA	29
2.5.3 CLIPS	30

CAPÍTULO III - Sistemas Especialistas, Manutenção e Assistência Técnica.....	31
3.1. A necessidade da Assistência Técnica	31
3.2. Sistemas Especialistas Aplicados à Manutenção e Assistência Técnica	33
3.3. O Foco dos Sistemas Especialistas neste Estudo	41
3.4. Pesquisa Aplicada a Setores de Assistência Técnica	42
3.4.1. Definição e planejamento da Pesquisa de Campo	44
3.4.2. Preparação, Coleta e Análise	45
3.4.3. Análise e Conclusão dos Resultados	45
CAPÍTULO IV - Análise de Viabilidade e Especificações do Protótipo SECATI.....	55
4.1. Conceitos Gerais sobre Projetos.....	55
4.2. Metodologia de projeto Aplicada.....	56
4.3. Estudo de Viabilidade.....	60
4.3.1. Análise do Mercado (Características Gerais e Tecnologia).....	60
4.3.2. Adequação à Área de Aplicação.....	61
4.3.3. Disponibilidade de Recursos.....	64
4.4. Planejamento.....	66
4.4.1. Planejamento e Definição do Escopo do Projeto... ..	66
4.4.1.1. <i>Justificativa para Execução do Projeto</i>	67
4.4.1.2. <i>Objetivos do Projeto</i>	68
4.4.1.3. <i>Resultados Principais do Projeto</i>	68
4.4.1.4. <i>Restrições e Limitações do Projeto</i>	68
4.4.1.5. <i>Descrição do Produto do Projeto</i>	69
4.4.2. Planejamento do tempo e Custos do Projeto.....	71
4.4.3. Planejamento dos Riscos.....	72
4.4.4. Planejamento da Qualidade.....	73
4.5. Especificações.....	75
CAPÍTULO V - Descrição do Sistema Especialista Protótipo SECATI.....	78
5.1. Aquisição do Conhecimento	78
5.1.1. Técnicas de Aquisição do Conhecimento Aplicadas	80
5.1.2. Dificuldades na Aquisição do Conhecimento	86
5.1.3. Domínio do Conhecimento	87
5.1.3.1. <i>A origem da Telefonia</i>	88
5.1.3.2. <i>Aparelho Telefônico: Conceitos Básicos</i>	90
5.2. Representação	96

	vi
5.3. Implementação e Verificação	98
5.4. Validação	103
CAPÍTULO VI - Considerações Finais e Recomendações a Trabalhos Futuros.....	113
6.1. Considerações Finais.....	113
6.2. Recomendações para Trabalhos Futuros.....	117
Referências Bibliográficas	120
Apêndice A – Questionário I e II das validações I, II e IV.....	129
Apêndice B – Sessão de Consulta no Sistema Protótipo SECATI.....	136
Apêndice C – Cronograma.....	140

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Modelo Conceitual da Inteligência Artificial (adaptação de STAIR, 2002).....	2
Figura 2.1. Nível de Conhecimento Exigido x Dimensões-Chave das Ferramentas (adaptação de DAVENPORT, 1998).....	20
Figura 2.2. Estrutura de um Sistema Especialista (adaptação de ALVES, 2001 e VINADÉ, 2003).....	21
Figura 2.3. Comparação entre a Metodologia <i>Backward Chaining</i> (reverso) e <i>Forward Chaining</i> (direto) (adaptação de CHORAFAS, 1990).....	24
Figura 2.4. Busca em Profundidade (adaptação de BORGES,2002).....	26
Figura 2.5. Busca em Amplitude (adaptação de BORGES,2002).....	26
Figura 2.6. Alternativas de Desenvolvimento de Sistemas Especialistas, seus Custos relativos e Medidas de Tempo (adaptação de STAIR, 2002).....	28
Figura 3.1. Garantia da Qualidade no Ciclo de Vida de um Produto (adaptação de CAMPOS, 1999).....	32
Figura 3.2. Funcionamento de um Sistema RBC (adaptação de LAUDON & LAUDON, 1999).....	35
Figura 3.3. Assistência Técnica On Line para usuários finais.....	39
Figura 3.4. Interface do Sistema El-Tech (COFFEY, 2003).....	40
Figura 3.5. Método de Estudo de Caso (Adaptação de YIN, 2001).....	43
Figura 3.6. Assuntos abordados na pesquisa.....	44
Figura 4.1. <i>Expert System Development Process</i> (adaptação de WATERMAN, 1986).....	57
Figura 4.2. Metodologia adotada para o Projeto do Sistema Especialista (adaptação de PMBOK,2000, ROMANO, 2003 e SILVA, 1998).....	59
Figura 4.3. <i>Software</i> Sistema de Atendimento atualmente utilizado pelo setor de Assistência Técnica da empresa Alvo.....	62
Figura 4.4. Escopo do Projeto do Sistema SECATI.....	66
Figura 4.5. Descrição Genérica do Produto do Projeto.....	71
Figura 5.1. Esquema elétrico do aparelho dividido em blocos de subcircuitos.....	82
Figura 5.2. Sistematização das falhas no aparelho TCX.....	83
Figura 5.3. Exemplo de árvore de falha.....	84
Figura 5.4. Transmissor e receptor do telégrafo harmônico de Bell.....	89
Figura 5.5. Reprodução do telefone em forma de forca de Graham Bell, utilizado em 1876.....	89

Figura 5.6. Bell apresentando seu invento ao público na Exposição do Centenário, na Filadélfia.....	89
Figura 5.7. Primeiro telefone no Brasil feito sob encomenda nas oficinas da <i>The Consolidated Telephone Construction / Maintenance Co. Ltd</i>	89
Figura 5.8. Funções básicas do telefone eletrônico (adaptação de ARMBRUST, 1986)....	90
Figura 5.9. Cápsula dinâmica (adaptação de LIMA, 2003).....	91
Figura 5.10.a. Circuito operando no modo <i>Simplex</i> (adaptação de LIMA, 2003 e FERRARI, 1991).....	93
Figura 5.10.b. Dois circuitos operando no modo <i>Simplex</i> para conversão Bidirecional (adaptação de LIMA, 2003 e FERRARI, 1991).....	93
Figura 5.10.c. Circuito operando no modo <i>Duplex</i> paralelo (adaptação de LIMA, 2003 e FERRARI, 1991).....	93
Figura 5.11. Circuito integrado de sinalização sonora (adaptação de LIMA, 2003).....	95
Figura 5.12. Tela da Interface em <i>html</i>	100
Figura 5.13. Telas do Protótipo SECATI.....	111

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1. Classificação das empresas por número de empregados (adaptação de SEBRAE, 2004).....	46
Quadro 3.2. Classificação das empresas A, B e C de acordo com a classificação estabelecida pelo SEBRAE, 2004.....	46
Quadro 4.1. Análise dos riscos.....	73
Quadro 4.2. Métricas de Avaliação do Protótipo (adaptação de ALVES, 2001).....	74
Quadro 4.3. Necessidades levantadas pelos clientes.....	76
Quadro 4.4. Requisitos Funcionais.....	76
Quadro 5.1. Simbologia utilizada nas árvores de falhas.....	84
Quadro 5.2. Exemplos de instâncias e regras de produção do Protótipo SECATI.....	98
Quadro 5.3. Relação de Falhas implementadas no Protótipo SECATI e seus blocos de circuitos.....	99
Quadro 5.4. Síntese da Evolução das versões.....	102

RESUMO

Há um crescente interesse das organizações pelo conhecimento que circula em seu interior, a ponto de considerá-lo um ativo. Os estudos e maneiras de se reter, disponibilizar e estimular o conhecimento, passam a compor o planejamento estratégico das chamadas "organizações do conhecimento".

Este trabalho aborda os Sistemas Especialistas como ferramenta da Gestão do Conhecimento. Apresenta conceitos que levam a entender estes sistemas computacionais provenientes da área da Inteligência Artificial, a amplitude da Gestão do Conhecimento e o principal elemento comum: o conhecimento. Jamais o conhecimento teve tanto destaque nas organizações, elas começam a reconhecer, principalmente, que a substituição de um profissional capacitado tecnicamente, não é plena a curto prazo, acarretando em aumento de custos e perdas tecnológicas.

Um dos setores organizacionais em que é nítida a necessidade e dependência de profissionais mais experientes e altamente capacitados é a assistência técnica, tornando-se um excelente alvo de estudos e aplicação dos Sistemas Especialistas

O presente trabalho apresenta ainda, uma revisão bibliográfica sobre Sistemas Especialistas, seus conceitos importantes, procurando relatar de forma diversificada as aplicações na área de assistência técnica, benefícios trazidos pelo mesmo, e uma pesquisa de campo. Esta pesquisa de campo abordou três organizações do setor de manufatura, identificando o tratamento dado por elas ao conhecimento necessário neste setor, a presença de uma Gestão do Conhecimento estruturada na organização e ferramentas computacionais baseadas no conhecimento.

O trabalho apresenta um estudo de caso, através do desenvolvimento de um Sistema Especialista protótipo (SECATI) para o setor de assistência técnica em uma organização fabricante de produtos de telecomunicações. O trabalho cobre as questões ligadas ao planejamento de um projeto para desenvolvimento de sistemas especialistas, bem como às etapas do processo de desenvolvimento: aquisição, representação, implementação e validação do conhecimento de alguns especialistas humanos, reforçando de maneira prática a viabilidade e benefícios do uso dos Sistemas Especialistas na Assistência Técnica.

Palavras-chave: Sistemas Especialistas, Assistência Técnica

ABSTRACT

There has been an increasing interest about internal knowledge within different organizations, it has been considered an asset. There have been many studies to document, and stimulate knowledge sharing, embracing the strategic planning of the so-called “knowledge organizations”.

This work covers expert systems as tool for knowledge management. It presents concepts that support the understanding of those systems, as part of Artificial Intelligence, the breadth of knowledge management, and its main component: knowledge. Never before had knowledge such strategic importance for organizations, mainly they have started to recognize that the replacement of highly skilled personnel in a short term is not completely done, which increases cost and generates technological losses.

One of the sectors where such need and dependency on experienced personnel are very clear is technical support. This leads to consider such sector as a target for studies and application of expert systems.

This research presents a review on expert system, its main concepts, seeking to relate the diversified manner of its application to technical support, its benefits and an industrial survey with three manufacturers, identifying the way they address how knowledge is considered in their technical support sectors, the presence of knowledge management practice and computational tools.

The work also presents a case study, through the development of an expert system prototype for the technical support sector of a telecommunication equipment manufacturer. The research covers planning and the steps of expert system development, i.e. knowledge acquisition, representation, implementation and validation with an intense interaction of company experts, emphasizing the feasibility and benefits of expert systems for technical support.

Key works: Expert System, Technical Support

LISTA DE ABREVIATURAS

- IA** - Inteligência Artificial
- C16** - Capacitor 16
- C6** - Capacitor 6
- C9** - Capacitor 9
- CATI** - Centro de Atendimento Técnico
- CEFET-SC** - Centro Federal de educação Tecnológica de Santa Catarina
- CLIPS** - C Language Integrated Production System
- CYC** - Vem da palavra Encyclopaedia
- FINEP** - Financiadora de Estudos e Projetos
- FMEA** - Failure Modes and Effects Analysis
- FTA** - Faul Tree Analysis
- LASHIP** - Laboratório de Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos
- PERT** - Program Evaluation end Review Technique
- PMBOK** - Project Management Body of Knowledge
- POSMEC** - Pós-Graduação da Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina
- QFD** - Quality Function Deployment
- R9** - Resistor 9
- RBC** - Raciocínio Baseado em casos
- RF** - Rádio Frequência
- RX** - Recepção
- SCGAS** - Companhia de Gás de Santa Catarina
- SEBRAE** - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
- SECATI** - Sistema Especialista para o Centro de Atendimento Técnico
- SEGRED** - Sistema Especialista para Gerência de Redes de Gás
- SIAC** - Serviço de Atendimento ao Consumidor
- TBG** - Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil
- TCX** - Denominação dada ao produto ao deste estudo
- TX** - Transmissão
- WBS** - Work Breakdown Structure

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 Uma Visão Geral da Inteligência Artificial

O termo Inteligência Artificial (IA) foi proposto por John McCarthy em 1956 na Conferência do *Dartmouth College* (STAIR, 2002) para sintetizar a capacidade dos computadores de resolver certos tipos de problemas, emulando ou duplicando as funções mentais humanas. A intenção era possibilitar computadores tão inteligentes quanto um humano, mas ainda hoje não foi alcançado plenamente este objetivo. Entretanto, o avanço tecnológico em IA é cada vez mais surpreendente e suas conquistas sofrem intervenções e influenciam o mundo moderno. O antigo conceito que levava a associar o uso e a importância do computador apenas à realização de cálculos complexos e obtenção de resultados rápidos evoluiu com a IA. Eles agora estão ajudando na exploração de recursos naturais, diagnósticos médicos, detecção de falhas mecânicas ou elétricas, execução de projetos, tomada de decisões e muitos outros.

Atualmente, a visão da IA minimizou a ânsia de substituir o homem pela máquina, direcionando seu foco na construção de máquinas e sistemas que auxiliarão as atividades humanas. Ao avançar nas pesquisas de IA, avança-se também no conhecimento do próprio homem, pois pesquisadores, cientistas e especialistas necessitam cada vez mais entender como funciona a mente e o corpo humano, seu raciocínio, emoções, anatomia, somente assim poderão transcrevê-los através de princípios e conceitos para suas invenções tecnológicas.

Segundo ALVES (2001) “os primeiros trabalhos na área de IA foram programas computacionais de natureza acadêmica capazes de imitar a participação humana em jogos, sendo o xadrez o preferido.” Nesta primeira fase dos projetos de IA, os programas computacionais eram bastante abrangentes dificultando um resultado satisfatório. Isto fez perceber até o presente momento, que para atingir excelentes resultados em IA se deve trabalhar com domínios específicos do conhecimento. O que foi confirmado com a elaboração bem

sucedida do DENDRAL¹, sistema computacional na área de química orgânica que determinava estruturas moleculares capazes de representar a análise espectrográfica de uma molécula desconhecida².

A necessidade de trabalhar em campos específicos do conhecimento tornou o escopo da IA, como área de pesquisa, bastante amplo sendo composto de várias subáreas, entretanto muitas delas inter-relacionadas provocando avanços mútuos. Muito mais que uma simples divisão, elas devem ser entendidas como complementares entre si. Estas subáreas assumem diversas classificações e divisões na literatura. No presente estudo, elas serão representadas conforme a classificação apresentada por STAIR (2002) ilustrada na figura 1.1: Robótica, sistemas visuais, processamento da linguagem natural, sistemas capazes de aprender, redes neurais e sistemas especialistas.

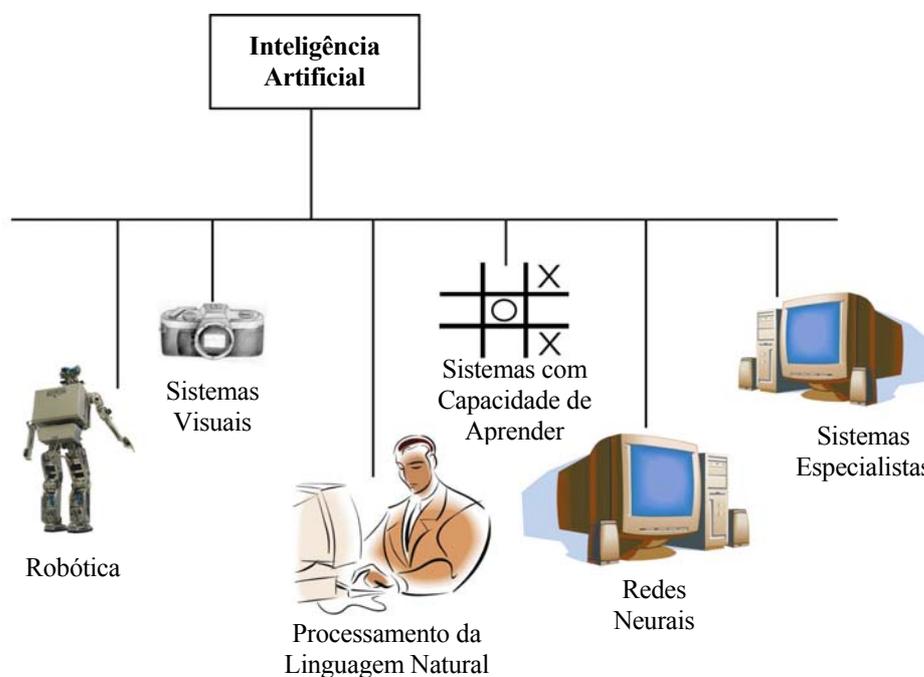


Figura 1.1. Modelo Conceitual da Inteligência Artificial.
Adaptação de STAIR (2002)

A robótica, muito utilizada industrialmente, revolucionou principalmente os processos produtivos das indústrias automobilísticas, aumentando a precisão das montagens, rapidez na entrega e diminuindo os riscos de acidentes de trabalho, entre outros. Ela envolve o desenvolvimento de dispositivos eletromecânicos (robôs) baseados nos princípios físicos,

¹ Alguns autores como TEIVE (1997) se referem ao DENDRAL como precursores dos sistemas especialistas.

² Fonte: <http://smi-web.stanford.edu/research/history.html>.

matemáticos e das articulações dos seres vivos, principalmente do homem. A função destes dispositivos ou máquinas é executar com precisão as atividades rotineiras ou “mecânicas” desenvolvidas até então pelo ser humano. Atualmente, há uma grande combinação de máquinas e de *software* possibilitando controle e programação durante a utilização.

Os sistemas visuais incluem *hardware* e *software* que possibilitam a captura, armazenamento e manipulação de imagens e fotos. Podem ser aplicados aos robôs dotando-os de visão apesar de ainda restrita por apresentar limitações como gama de cores e percepção de volume. Um grande exemplo destes sistemas está nas análises de impressões digitais com a mesma precisão dos peritos humanos.

O processamento de linguagem natural permite ao computador reagir às instruções e comandos feitos em linguagem natural, como por exemplo, o reconhecimento de voz. No Japão um *software* utiliza o reconhecimento da fala para permitir aos cegos acesso à Internet (STAIR, 2002). Mas o processo de linguagem natural não se restringe somente ao reconhecimento de voz. Surdos e deficientes auditivos entre outros, também são exemplos de grupos que estão sendo beneficiados.

Os sistemas capazes de aprender permitem aos computadores mudarem seu funcionamento ou suas reações de acordo com a resposta que receberam do usuário (ARAÚJO, 2004). Alguns dos sistemas para jogos, como por exemplo o xadrez, podem aprender mais jogadas à medida que enfrentam seu rival humano.

A utilização de redes neurais (Fonte: www.din.uem.br/ia/neurais/#neural) consiste em um sistema computadorizado que pode agir ou simular o funcionamento do cérebro humano de forma simplificada. Baseados numa estrutura parecida com o cérebro humano podem processar muitos pedaços de dados de uma só vez, mesmo incompletos, e aprender a reconhecer padrões. Sua aplicação está cada vez mais estreita com a robótica e com os sistemas especialistas.

Os sistemas especialistas, de forma sintética e superficial consistem em *softwares* que armazenam conhecimento e utilizam-no através de inferências em situações diversas, tentando simular a maneira de proceder de um ser humano perito no domínio do conhecimento em questão.

A proliferação dos computadores, o que os tornou uma ferramenta de trabalho mais acessível e até mesmo indispensável, facilitou a difusão das pesquisas em sistemas especialistas dos laboratórios de IA para as empresas e desenvolvimentos comerciais. Os sistemas especialistas abriram novas e importantes oportunidades aos profissionais responsáveis pela sua criação e às empresas que os utilizam.

Um dos setores cada vez mais beneficiado com os sistemas especialistas é o que realiza diagnósticos, como por exemplo, a manutenção fabril. Tanto na manutenção preventiva, corretiva ou na assistência técnica é preciso um monitoramento constante e profissionais capacitados em tempo integral. Esta necessidade de dedicação acaba gerando uma triagem ou negligência em relação à quantidade de trabalho.

Tomando como base o cenário apresentado e utilizando as palavras de SILVA&WOLFF (2001):

“Podemos imaginar o potencial de um sistema especialista que represente o conhecimento e a forma de raciocínio de um técnico de manutenção experiente e possa liberar os profissionais da manutenção da atividade de diagnóstico de falha e programação da manutenção, ou servir como ferramenta de suporte à decisão. Além disso, este sistema especialista armazenaria o conhecimento dos profissionais de forma permanente e estaria disponível a um número maior de pessoas independente do momento requerido”.

Partindo-se desta idéia e auxiliado por outros aspectos como necessidade real e aplicação de metodologias adequadas, foi elaborado um protótipo chamado SECATI (Sistema Especialista para o Centro de Atendimento Técnico) para auxiliar nas atividades de assistência técnica da empresa alvo deste estudo.

1.2 Empresa Alvo

O desenvolvimento do protótipo de sistemas especialistas que é apresentado neste estudo foi uma parceria entre a UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) e uma empresa do ramo de telecomunicações, esta última transformando-se na referida empresa alvo deste estudo.

A empresa alvo, líder na América Latina na Fabricação de Centrais e Aparelhos Telefônicos, busca continuamente a evolução de seus sistemas para oferecer as melhores soluções a seus consumidores.

Com capital 100% nacional a Empresa alvo iniciou seu trabalho em 1976 como a primeira empresa brasileira a atuar no mercado de telecomunicações. Hoje, está localizada na região metropolitana de Florianópolis, porém dispõe de escritórios nas principais cidades do Brasil.

A empresa tem implantada uma política de administração participativa com o objetivo dos colaboradores participarem como profissionais e como pessoas no desenvolvimento da empresa. Entre os programas mais importantes na Gestão Participativa é o de Participação dos

Resultados, implantado em 1996, onde semestralmente a Empresa alvo distribui parte de seu lucro aos colaboradores, buscando maior participação e envolvimento das pessoas nos objetivos e metas da empresa.

A Empresa alvo tem como missão: “... prover soluções em telefonia para atender necessidades e aumentar conveniência na comunicação interpessoal de voz e dados, superando expectativas nos diversos segmentos de mercado”.³

1.3 Justificativa do Trabalho

O Capítulo 2 cita um crescente interesse das organizações pelo conhecimento que circula em seu interior, a ponto de considerá-lo um ativo. Nas “organizações do conhecimento”, estudos e maneiras de se reter e estimular o conhecimento passam a compor o planejamento estratégico. A preocupação e motivação da empresa alvo surge da necessidade interna de se formalizar o conhecimento, até então dependente apenas da experiência de seus profissionais.

Diferentemente dos sistemas convencionais os quais dão ênfase à codificação e uma estrutura totalmente procedural, o desenvolvimento de sistemas especialistas faz uso dos conceitos de engenharia do conhecimento para analisar e investigar o tipo de conhecimento necessário e a formação do mesmo. O grande diferencial entre as informações contidas em manuais e o conhecimento intrínseco num especialista é o acúmulo das experiências e a forma como este faz uso de toda a bagagem de conhecimento que possui. Os sistemas especialistas captam estas experiências e tentam simular o comportamento humano frente à tomada de decisões.

Paralelamente, o setor de assistência técnica de uma empresa trabalha com situações muitas vezes imprevistas ou que demandam grande conhecimento técnico e de correlação. A amplitude de produtos não se restringe aos atuais, mas abrange no caso da empresa alvo, produtos com suas produções encerradas há mais de dez anos. Mesmo assim, a empresa é responsável pela assistência destes produtos. Se isto for multiplicado pela existência de vários componentes e a possibilidade destes apresentarem problemas, tem-se uma enorme combinação de informações. Com o passar do tempo e a rotatividade do setor, estas informações são perdidas ou não são repassadas de maneira a construir uma base de conhecimento aplicável e permanente.

³ Fonte: *Site empresa alvo*

Da necessidade de armazenar e disponibilizar o conhecimento gerado pela empresa, surgiu da mesma uma potencial necessidade para o desenvolvimento de um protótipo de sistemas especialistas. Um representante da empresa, coordenador de projetos, fez contato com o orientador deste estudo, identificando uma potencial aplicação para os sistemas especialistas e assim criou-se uma oportunidade de desenvolver o projeto SECATI (sistema especialista do Centro de Atendimento Técnico). Devido a uma necessidade interna da empresa no setor de assistência técnica e o conhecimento prévio do coordenador de projetos na área de sistemas especialistas foram razões suficientes para uma análise de viabilidade e conseqüentemente o desenvolvimento de um protótipo.

Diversas características que o protótipo do sistema especialista pode alcançar são ilustradas por alguns artigos e trabalhos citados ao longo do texto. Nota-se a evolução dos trabalhos nesta área, apresentados pelo POSMEC e por autores de outras instituições. Todos apresentam uma base de conhecimento artificial proveniente de um sistema especialista com diversas contribuições, sejam elas: rapidez, complexidade de informações ou resolução de problemas.

1.4 Objetivos do Trabalho

1.4.1 Objetivo Geral

- Sistematizar e disponibilizar através do desenvolvimento incremental de um protótipo de Sistema Especialista o conhecimento dos profissionais do setor de assistência técnica ao produto em telefonia, referente a um produto específico da empresa alvo.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Descrever os recursos utilizados pela área de atendimento técnico antes da proposta de um sistema especialista;
- Realizar um estudo de viabilidade de implantação de um sistema especialista na área;

- Reconhecer as necessidades de alguns profissionais da área de assistência técnica que indiquem a possibilidade/ necessidade do uso dos sistemas especialistas;
- Focalizar a construção do protótipo em um produto representativo da linha de modelos;
- Prever a ampliação do protótipo para outros produtos da empresa;
- Registrar as dificuldades encontradas pelo engenheiro de conhecimento;

1.5 Resultados Esperados

Um sistema especialista servirá como fonte para registrar e disponibilizar o conhecimento adquirido pelos técnicos de atendimento à manutenção, sem que este se perca ao longo das mudanças estruturais internas e inovações tecnológicas. Pois mesmo com novos lançamentos, como já mencionado, continua a manutenção dos produtos já fora de linha.

Busca-se uma maior segurança e confiança das informações repassadas e uma independência da memória dos profissionais, tão solicitada através da diversidade de orientações ao longo do dia. Segurança e confiança de informações geram rapidez no atendimento e conseqüentemente maior produtividade. Um dos potenciais resultados é que futuramente os novos produtos já surjam juntamente com suas informações de manutenção incrementadas no sistema especialista a ser utilizado pela empresa.

Numa visão mais abrangente, espera-se que a implantação deste protótipo numa área de atendimento técnico reforce as contribuições de se utilizar sistemas especialistas na etapa de manutenção dos produtos e assistência técnica, nem sempre contemplada adequadamente no desenvolvimento de produtos.

Os usuários serão os profissionais do CATI (Centro de Atendimento Técnico da empresa), mas após o desenvolvimento do sistema espera-se que os profissionais que trabalham no SAC (Setor de Atendimento ao Consumidor), os quais não possuem um aprofundamento técnico, possam trabalhar e responder também as solicitações do CATI com segurança e rapidez. Isto dará à empresa uma maior mobilidade e flexibilidade de profissionais. Será possível utilizar o protótipo ampliado com o incremento de novos produtos, para auxiliar também no treinamento dos novos técnicos, podendo até vir a ser utilizado via *Online* pelos mesmos através do acesso restrito por codificação.

1.6 Estrutura do Trabalho

Neste capítulo buscou-se contextualizar os sistemas especialistas na disciplina de Inteligência Artificial, apresentar a empresa na qual está sendo desenvolvido o protótipo, bem como justificar a realização deste estudo e os resultados e objetivos esperados em sua conclusão.

O restante desta dissertação está dividida em mais 5 (cinco) capítulos conforme segue síntese de conteúdos a seguir:

O Capítulo 2 conceitua os sistemas especialistas, a gestão do conhecimento e a relação existente entre eles. Quais os mecanismos constituintes dos sistemas especialistas e seu elemento principal de trabalho: o conhecimento. Num segundo momento, o capítulo detalha a estrutura dos sistemas especialistas, as pessoas-chave envolvidas no seu processo de desenvolvimento e as ferramentas mais utilizadas em seu desenvolvimento.

O Capítulo 3 apresenta um levantamento sobre sistemas especialistas no setor de assistência técnica e manutenção. O capítulo relata as aplicações dos sistemas especialistas neste setor, benefícios trazidos por estes sistemas computacionais, o foco que terá no presente estudo e uma pesquisa de campo. A pesquisa de campo aborda três empresas diferentes da empresa alvo, identificando o tratamento dado por elas ao conhecimento necessário no setor de assistência técnica.

O Capítulo 4 destina-se à apresentação da metodologia aplicada no desenvolvimento do protótipo SECATI e o relato desta aplicação. Um dos objetivos deste capítulo é direcionar a atenção para a utilização de metodologias que sejam o mais abrangentes possíveis, como é o caso da metodologia de projetos sugerida pelo PMBOK (2000) e aplicada neste estudo. O capítulo inicia com conceitos gerais de projeto, mas tem sua essência na descrição do planejamento e controle do projeto até a execução do levantamento das especificações do produto.

O Capítulo 5 é uma descrição da execução das etapas de aquisição, representação, implementação, verificação e validação, pertencentes à metodologia incremental aplicadas a sistemas especialistas. Em cada etapa buscou-se fundamentar com conceitos disponíveis na literatura e complementar com relatos imparciais os resultados, limitações, dificuldades e facilidades de cada etapa durante a execução do processo de desenvolvimento do protótipo SECATI. Como um sub-item da aquisição do conhecimento pode ser encontrada uma descrição

geral sobre o domínio do conhecimento, o qual possibilita entender a origem do telefone e seus princípios de funcionamento.

O Capítulo 6 traz as conclusões decorrentes dos resultados obtidos neste estudo e recomendações para trabalhos futuros. O capítulo destaca as deficiências encontradas, assuntos a serem explorados, bem como a necessidade de novos incrementos e ampliações do protótipo SECATI.

CAPÍTULO II

SISTEMAS ESPECIALISTAS E GESTÃO DO CONHECIMENTO

O capítulo introdutório situou os sistemas especialistas no campo da Inteligência Artificial, agora é necessário entender mais profundamente o que venha a ser estes sistemas computacionais, quais seus mecanismos constituintes e seu elemento principal de trabalho: o conhecimento. Ao se falar de conhecimento, nos tempos atuais, é impossível não mencionar a gestão do conhecimento. Portanto, este capítulo apresenta conceitos sobre sistemas especialistas e apenas alguns conceitos básicos sobre gestão do conhecimento e a relação existente entre eles. O capítulo destaca ainda a estrutura dos sistemas especialistas e seus conceitos básicos, as pessoas que são chaves ao seu processo de desenvolvimento, e por último apresenta as ferramentas mais utilizadas no seu desenvolvimento dando ênfase as *Shell's*.

Para aqueles que desejam maior aprofundamento sobre a Gestão do Conhecimento consultar as referências BARROSO & GOMES (1999) e DAVENPORT (1996).

2.1 Sistemas Especialistas e Conhecimento

Inicialmente os computadores apresentavam grande desempenho em atividades bem estruturadas como a manipulação numérica. À medida que se estende e atinge outras áreas de aplicação, onde a predominância era das linguagens naturais e solução de problemas de maneira subjetiva, a computação segundo RIBEIRO (1987) enfrenta “problemas ditos não algoritmizáveis”, necessitando mais do que soluções através do uso de algoritmos, desenvolvendo-se uma nova vertente na computação, a Inteligência Artificial. Em constante crescimento, a Inteligência Artificial alimenta o anseio por atingir uma máquina capaz de pensar e estruturar o conhecimento de forma semelhante ao ser humano.

As organizações começam a perceber que seu maior patrimônio está nas pessoas. STEWART (1998) destaca:

“... a riqueza é produto do conhecimento. O conhecimento e a informação (...) tornaram-se as matérias-primas básicas e os produtos mais importantes da economia”. E continua: “Hoje, os ativos capitais necessários à criação da riqueza não são a terra nem o trabalho físico, tampouco ferramentas mecânicas e fábricas: ao contrário, são os ativos baseados no conhecimento.”

As organizações que reconhecem este fato, denominadas na literatura de “organizações do conhecimento” já procuram estimular, facilitar, e reter o conhecimento necessário ao seu desenvolvimento e crescimento.

Diferentemente de qualquer outro bem ou recurso, o conhecimento humano no ambiente organizacional é vulnerável e susceptível à perda do uso coletivo. A gravidade aumenta quando se trata de áreas dentro de domínios específicos de conhecimento. A substituição de um profissional capacitado tecnicamente não é plena em curto prazo, o que pode acarretar custos e perdas tecnológicas para a organização.

Das quatro características do conhecimento apresentadas por Crawford *apud* SANTOS (2002) vale destacar duas em particular:

- Capacidade do conhecimento de ser compartilhado. Diferentemente dos ativos tradicionais, ao ser compartilhado o conhecimento não sofre uma redução, deprecia ou traz perdas para seu detentor. Muito pelo contrário, a sobrevivência e crescimento do conhecimento dependem de seu compartilhamento. Compartilhar na visão das organizações do conhecimento é sinônimo de ampliação, pois quem transfere conhecimento a alguém não o perde e este alguém ganha, o que resulta numa duplicação do mesmo. Um dos fatores de desenvolvimento e busca da melhoria contínua pelas empresas é a existência da concorrência. A concorrência cresce à medida que são empregados novos conhecimentos na organização, sejam eles tecnológicos ou comerciais. Decorrente do crescimento da concorrência amplia-se à busca por novos conhecimentos que possibilitem excelência para a organização;

- Capacidade do conhecimento se auto-reproduzir: Quando utilizado o conhecimento para desempenhar atividades, este é aprimorado e faz com que se entenda mais profundamente esta tarefa. O conhecimento é um recurso inesgotável que se expande e cresce à medida que é utilizado.

Nesta tentativa constante de recriar o conhecimento humano, surge um ambiente propício à Engenharia do Conhecimento. A Engenharia do Conhecimento consiste em adquirir o conhecimento de um especialista humano e representá-lo de forma a possibilitar uma codificação computacional de maneira interativa. Segundo CHORAFAS (1988 e 1990), “o objeto da engenharia do conhecimento é o desenvolvimento, produção e distribuição de

inteligência através de sistemas feitos pelo homem.” Entretanto, seria mais conveniente utilizar a palavra conhecimento ao invés de inteligência, já que os sistemas computacionais ainda não conseguem gerar conhecimento sem interferência humana. Os sistemas especialistas apenas aplicam o que já sabem e podem até aprender, mas não gerar. Isto é uma das grandes diferenças entre engenharia do conhecimento e o desenvolvimento de sistemas computacionais convencionais, a busca por representar conhecimento, muitas vezes impreciso, gerado por indivíduos quase sempre em domínios bem restritos e difíceis de explicitar.

O esforço de documentar o conhecimento dos profissionais num domínio restrito do conhecimento fez a Inteligência Artificial, juntamente com a Engenharia do Conhecimento, abrir caminho para os Sistemas Especialistas. Os sistemas especialistas fornecem subsídios aos computadores assumirem a postura do especialista, absorverem seu conhecimento e auxiliarem os não especialistas a resolverem seus problemas através de inferências computacionais.

Quando STEWART (1998) afirma ser “o banco de conhecimentos, e não os prédios, a razão pela qual as pessoas investem em sua empresa ou trabalham nela”, reforça a importância em mantê-lo. MAÑAS (1999) apresenta os sistemas especialistas como uma forma de transformar este “banco de conhecimento” em conhecimento coletivo, coerente e memorizado dentro da organização. DURKIN (1994) classifica *business* como o segundo setor de aplicação mais beneficiado pelos sistemas especialistas e a engenharia o quinto setor.

NORLANDER (2001), no capítulo Aplicações da Inteligência Artificial em Negócios, destaca cinco grandes pontos onde os sistemas especialistas podem atuar estrategicamente: sobrecarga de informações, relações com clientes (internos e externos), gerenciamento da organização, gerenciamento da produção e gerenciamento das finanças. Em um dos *cases* apresentado pelo mesmo, *Hewlett Packard (HP) Online Advice System*, a empresa quis aumentar o suporte a vendas, clientes e empregados, proporcionando um sistema especialista *Online*. Ao utilizar este sistema *Online*, o usuário tem a sensação como se estivesse comunicando-se com um especialista humano da HP. Os resultados do sistema são apresentados como uma página de HTML com imagens, recomendações, configurações etc, proporcionando suporte 24 horas, porém reduzindo trabalho, chamadas telefônicas e correio eletrônico. Além disso, o uso de sistemas especialistas melhora a confiabilidade do processo de resolução de problemas e está imune às pressões sofridas pelo indivíduo.

2.2 Pontos Relevantes sobre Sistemas Especialistas

Do item anterior percebe-se a relação existente entre os sistemas especialistas como integrante da área da Inteligência Artificial e seu grande instrumento de trabalho: o conhecimento. LAUDON & LAUDON (1999) ressaltam o amplo potencial de aplicação dos sistemas especialistas em áreas onde o conhecimento é importante.

Apesar de terem como principal característica de trabalho o conhecimento, LAUDON & LAUDON (1999) destacam:

“é importante reconhecermos as limitações dos sistemas especialistas: eles não fazem analogias, não raciocinam a partir de princípios primários (isto é, não possuem qualquer conhecimento do mundo que existe além do que sabem), além de serem difíceis de ensinar. Resumindo, os sistemas especialistas carecem de senso comum e, por causa disso, podem não ser úteis em algumas áreas de negócios, como gerência geral, que exigem uma eterna busca de soluções.” (LAUDON & LAUDON, 1999)

Outra diferença conceitual dos sistemas especialistas em relação os sistemas convencionais é a representação do conhecimento concebido heurísticamente. A heurística é definida por GENARO (1986) como sendo “...regras práticas aprendidas ou descobertas por especialistas de um dado domínio.(...) Quando codificada em sistemas especialistas, estas regras dirigem o processamento através da massa de informações.”

As definições sobre sistemas especialistas são inúmeras na literatura, porém se encontra um consenso nas conclusões de ABEL (1998), ALVES (2001) e TEIVE (1997) ilustrado pelo comentário deste último: “Existem, na literatura especializada, vários conceitos diferentes definindo sistemas especialistas dependendo de quais características destes sistemas o autor deseja enfatizar.”

ALVES (2001) resume em seu trabalho de pesquisa alguns conceitos de diferentes autores relacionando quais as características que cada definição deseja enfatizar. Sendo elas: área, dificuldade, performance requerida, capacidade de explicação, separação entre o conhecimento e a forma como este é controlado.

Neste trabalho a definição adotada foi a descrita por Liebowitz *apud* MÜLLER (1998): “Sistemas Especialistas são programas de computadores que imitam o comportamento de especialistas humanos dentro de um domínio de conhecimento específico.”

Para entender esta definição é preciso estar claro qual o conceito atribuído aos especialistas humanos. Jonhson *apud* RABUSKE (1995) ajuda quando afirma:

“Um especialista é uma pessoa que, devido ao treino e experiência, é capaz de executar coisas que os outros não conseguem: especialistas não são apenas proficientes, mas também exímios e eficientes no que fazem. Especialistas conhecem um grande número de coisas e usam artifícios e cuidados em aplicar o que sabem nos problemas e tarefas: também são bons em explorar a informação irrelevante, tentando atingir a essência, e são bons no reconhecimento de problemas como típicos da área em que têm familiaridade. Atrás do comportamento do especialista está o corpo do conhecimento operativo que denominamos perito. É razoável supor, então, que os especialistas são aqueles que devemos consultar quando queremos representar a perícia que torna seus comportamentos possíveis.”

A afirmação de Jonhson, complementando a definição de Liebowitz, mostra algumas diretrizes para o desenvolvimento dos sistemas especialistas. Não basta capturar o conhecimento teórico e comum disponível, muitas vezes aplicado de forma ideal, referente à área a qual está se trabalhando, é preciso buscar as peculiaridades e o processo de raciocínio para combinar as diversas informações disponíveis. E isto, é encontrado no especialista humano. Possivelmente, esta é a razão que justifica que um especialista é procurado quando há a necessidade de se resolver um problema específico e muitas vezes complexo ao invés de se recorrer apenas a manuais? A razão vai além do conhecimento, abrange uma resposta mais eficiente, simplificada e explicativa. Os sistemas especialistas possuem estas capacidades: esboçar conclusões e dar respostas complexas, explicar o que estão fazendo e porque estão fazendo. Mas, comparativamente aos especialistas humanos, os sistemas especialistas são mais eficientes quando se aprofundam numa área de aplicação específica do conhecimento. É arriscado dizer o que seria mais complexo, tornar um único sistema especialista, perito em diversas áreas ou um especialista humano. Geralmente os seres humanos que buscam conhecimento em diversas áreas são intitulados de generalistas e não especialistas. Para WEISS (1988) os sistemas especialistas procuram “...capturar o suficiente do conhecimento do especialista humano de modo a também solucionar os problemas com perícia.” Para sua construção destaca ainda a capacidade de aquisição do conhecimento destes especialistas e a estruturação do mesmo em uma representação computacional uniforme.

Por último, tem-se que “um sistema especialista é um sistema de informação baseado no conhecimento que utiliza seu conhecimento sobre uma área de aplicação específica e complexa para atuar como um consultor especializado para os usuários finais” (O’BRIEN, 2003).

2.3 Gestão do Conhecimento

A formação da era do conhecimento ou do “capital humano” (CRAWFORD, 1997) como denominada, originou-se de diversos aspectos que envolvem desde evolução natural até os avanços das áreas de telecomunicações, principalmente no que se refere às tecnologias de informação e de comunicação.

O surgimento de novas organizações, como por exemplo, as que desenvolvem *software* com seus significativos faturamentos e cotação financeira, mas que no entanto, possuem ativos materiais inferiores a muitos impérios industriais, reflete o que realmente é importante e primordial a uma organização. Não que estas tenham se tornado sem fins lucrativos, muito pelo contrário. Seus objetivos continuam sendo o lucro, mas o que mudou foi a percepção dos recursos geradores das receitas. Anteriormente agregava-se valor adicionando recursos tangíveis ou de transformação, hoje agrega-se valor adicionando conhecimento a partir das competências humanas. SANTOS (2002) transcreve a idéia de *Drucker* sobre o desempenho das organizações frente à era do conhecimento: “As organizações vencedoras neste século XXI serão aquelas que conseguirem acúmulo de conhecimento, ou seja, a participação de muitos, o empenho coletivo, a capacidade das pessoas envolvidas de se relacionarem umas com as outras, dentro de uma linguagem comum, de esforço conjunto.”

Ao mudar o foco, as teorias administrativas e produtivas tiveram que ser enriquecidas ainda mais com outras áreas como psicologia, engenharia cognitiva, educação, tecnologias da informação e de comunicação e gestão de pessoas. Aos poucos surge a gestão do conhecimento com o intuito de gerenciar este novo potencial. Mas o que vem a ser gestão do conhecimento? Defini-la não é tarefa fácil, pode-se encontrar algumas visões referenciadas na literatura.

Dentro do contexto deste estudo, após várias pesquisas a abordagem de Ernst &Young *apud* BARROSO & GOMES (1999) é a que melhor se enquadra:

“Gestão do conhecimento baseia-se na premissa de que o conhecimento é capacidade para criar laços mais estreitos com os clientes; capacidade para analisar informações corporativas e atribuir-lhes novos usos; capacidade para criar processos capazes que habilitem seus funcionários em qualquer local acessar e utilizar informações para conquistar novos mercados; e finalmente, capacidade para desenvolver e distribuir produtos e serviços para estes novos mercados de forma mais rápida e eficiente do que os concorrentes. ...é importante que haja transformações culturais e iniciativas com o intuito de obter, cultivar, transferir e renovar o conhecimento que a empresa precisa para tomar decisões melhores e com maior rapidez. Sem esta base não haverá incentivo em todos os níveis da empresa para as pessoas compartilharem e capitalizarem em seus ativos de conhecimento.”

Em janeiro / fevereiro de 2004, a *E-Consulting Corp.* publicou o resultado de uma pesquisa realizada no Brasil, mostrando como as organizações nacionais encaram o conhecimento e mais especificamente sua gestão. Para a empresa organizadora da pesquisa, Gestão do Conhecimento significa:

“... organizar e sistematizar, em todos os pontos de contato, a capacidade da empresa de captar, gerar, criar, analisar, traduzir, transformar, modelar, armazenar, disseminar, implantar e gerenciar a informação, tanto interna como externa. Essa informação deve ser transformada efetivamente em conhecimento e distribuída – tornando-se acessível – aos interessados.” (E-Consulting Corp 2004) .

Partindo desta definição foram entrevistadas 200 empresas de grande porte, destaques em seu setor, em diversos campos da economia, no período de setembro a novembro de 2003. Além disto, estas empresas não eram totalmente leigas nos conceitos e práticas da gestão do conhecimento. Entre vários fatores dois merecem destaque para este estudo:

- Os impactos que a correta gestão do conhecimento trará sobre as empresas em cada setor nos próximos anos – 46,3% das empresas consideraram que a gestão do conhecimento ditará quais as empresas serão vencedoras. E 38,8% dos pesquisados acreditam que as empresas que não aderirem a gestão do conhecimento terão sua longevidade comprometida.

- As principais fontes de conhecimento para as organizações – 83,7% descrevem que a principal fonte de conhecimento é a própria empresa. Que o conhecimento necessário está na “cabeça” de seus colaboradores e muitas vezes perdido dentro da organização. A adoção da Gestão do Conhecimento traz consigo ferramentas para a transmissão e compartilhamento do conhecimento até mesmo quando este apresenta-se no estado tácito. E 78,4% das empresas atribuem os clientes como uma das fontes de conhecimento.

Quanto a este último ponto da pesquisa a *E-Consulting Corp* exemplifica através da situação descrita abaixo:

“...A Estatal formada por Brasil e Paraguai, responsável por administrar a usina hidrelétrica, a Itaipu se preocupou há algum tempo com a preservação do conhecimento técnico estratégico de seus funcionários, especialmente daqueles envolvidos em atividades de manutenção que estavam próximos de se aposentar depois de uma carreira iniciada durante a construção da usina. A área de manutenção tende a ter um aumento progressivo da carga de trabalho motivado pelo esperado envelhecimento dos equipamentos. Diante disso, a empresa deu início a um projeto, em uma divisão da superintendência de manutenção, que objetivava a retenção de conhecimento e experiências adquiridas na execução das atividades da área, para que estas continuassem a ser realizadas com excelência, reduzindo a rotatividade de funcionários. Logo no início, diversas práticas foram

implantadas a fim de garantir a transformação do conhecimento tácito em conhecimento explícito. A maioria das práticas estava relacionada ao mapeamento do conhecimento do processo, cujo risco de ser perdido era alto.”

A gestão do conhecimento não é uma ferramenta a mais a ser utilizada em uma organização, é um novo foco estratégico e está inteiramente ligada à cultura organizacional.

CHIARELLO (2002) apresenta os resultados de análise dos processos de compartilhamento do conhecimento na Unidade de Tecnologia da Informação da Companhia de água e Esgotos do Paraná, hoje uma empresa de economia mista. Como resultado, mais de 95% dos colaboradores acreditam não receberem estímulos para troca de experiências, o pesquisador percebeu a detenção do conhecimento por cada profissional, definindo-os de “ilhas isoladas de conhecimento”.

Se comparados dois dados resultantes da pesquisa realizada por CHIARELLO (2002) junto aos colaboradores da referida empresa, se pode avaliar como a cultura da organização pode afetar a gestão do conhecimento:

- 35,83% dos colaboradores pesquisados atribuíram as iniciativas de compartilhar conhecimento e providenciar os meios necessários, responsabilidade individual de cada colaborador. E 14,17% dos colaboradores atribuíram o incentivo à direção da empresa.

É possível inferir que não faz parte da cultura desta empresa estimular, facilitar e promover o compartilhamento do conhecimento. Ao avançar na pesquisa se encontra o resultado da percepção dos colaboradores quanto à tomada de decisão da empresa ao necessitar compartilhar os conhecimentos.

- 32,26% dos pesquisados afirmam ser a contratação de terceiros e 30,51% a de consultorias externas, os meios que a empresa recorre para compartilhamento do conhecimento.

Na verdade a empresa utiliza-se do “aluguel do conhecimento” (como referenciado na literatura) externo, mas percebe-se a sub-utilização do capital intelectual interno. Estas ações são decorrentes da cultura adotada pela empresa. Mesmo sendo um dado pontual certamente diversas empresas se enquadram neste cenário. Isto se opõem a primeira pesquisa realizada pela *E-Consulting Corp*, que reconhece a própria empresa como maior fonte de conhecimento.

O caso descrito a seguir compartilha da mesma problemática apresentada no caso da Itaipu. A solução resultou no desenvolvimento de um sistema especialista como forma de preservação, reprodução e compartilhamento do conhecimento detido inicialmente por um ou dois especialistas:

“Devido à elevada taxa de rotatividade do pessoal e a uma reorganização do pessoal na fábrica de aglomerados, MacMillan, apenas dois funcionários mais antigos possuíam o know-how e treinamento abrangente e operacional necessário para a operação das instalações. Após suas aposentadorias, a empresa chamou de volta um ex-gerente, como consultor para manter a fábrica funcionando. Por isso, decidiu desenvolver um sistema especialista para capturar seu conhecimento das operações da fábrica. O sistema especialista resultante documenta os procedimentos necessários à operação eficiente das instalações e também é utilizado para treinamento e atualização dos funcionários. (...) O ex-gerente conseguiu fornecer informações especializadas, na forma de fatos e regras, que foram capturados na base de conhecimento do sistema especialista. O sistema especialista resultante fornece recomendações consistentes sobre manutenção de qualidade e operações para os operadores da fábrica.” (O’BRIEN 2003)

Segundo O’BRIEN (2003) os sistemas especialistas “permitem que uma empresa preserve o *know-how* de um especialista antes que ele saia da organização. Esse know-how pode, então, ser compartilhado pela reprodução do software e da base de conhecimento do sistema especialista.” Basta que a empresa perceba a necessidade e os benefícios de preservar o conhecimento especializado, e incorpore uma cultura de gestão de conhecimento, mesmo que esta ainda não seja estruturada e explícita.

2.4 Sistemas Especialistas e Gestão do Conhecimento

“Humanos são muito bons em certos tipos de atividades, computadores em outras” (DAVENPORT, 1996). Para exemplificar a frase de Davenport segue-se com sua explicação:

“Na interpretação e compreensão do conhecimento sem muito contexto ou outro tipo de informações (síntese de várias formas não estruturadas do conhecimento) os seres humanos são as ferramentas recomendadas. Em contra partida, para a captura, transformação e distribuição do conhecimento estruturado que muda rapidamente, computadores são mais capazes que as pessoas.”

Considerando esta diversidade de características necessita-se construir uma gestão do conhecimento híbrida envolvendo pessoas e sistemas computacionais na perspectiva de complementaridade.

Outra grande diferença entre as habilidades computacionais e humanas é a aplicação ou a propriedade do senso comum. Segundo ARANHA (1992), senso comum “é um tipo de conhecimento que resulta do uso espontâneo da razão, mas que também é fruto dos sentidos, da memória, do hábito, dos desejos, da imaginação, das crenças e tradições. Como interpretação do mundo,... o senso comum... nos dá condições de operar sobre ele.”

Como descrito inicialmente no item referente aos sistemas especialistas, estes carecem de capacidade para interpretar um senso comum, atividade tão fácil aos humanos. Em 1984, Lenart inicia o projeto CYC, com o objetivo de “dotar” um sistema computacional desta habilidade. NAVEGA (2002) em seu artigo Projeto CYC - Confundindo Inteligência com Conhecimento faz uma crítica ao projeto, argumentando sobre a inviabilidade de sucesso em alcançar o senso comum e obter inteligência, objetivos do projeto. Em seu artigo destaca ainda, que “gerência de conhecimento é sinônimo de gerência de mentes e cabeças.” Apesar de dizer que gerência do conhecimento não é gerência de documentos ou da base armazenada em arquivos ou em computadores, reconhece que o “... computador pode dispor de conhecimento na medida em que ele pode atuar em seu meio ambiente.”

O fato dos sistemas especialistas não manipularem senso comum ou não terem ampla abrangência inter-relacionando várias áreas do conhecimento, ou mesmo fatos ditos “óbvios” da vida humana, não desmerece seu valor. Devendo ser visto como uma ferramenta, principalmente pela sua capacidade de desenvolvimento incremental, capacidade de inferir e em alguns casos de aprender, o que atende e se ajusta à característica dinâmica do conhecimento.

É coerente sim, denominá-los de sistemas especialistas ou baseados em conhecimento e não sistemas inteligentes, pois possuem capacidade de aplicação do conhecimento e podem aprender, mas não são geradores de conhecimento. Em contrapartida, não se devem reduzir os sistemas especialistas à mesma função dos manuais técnicos ou livros especializados.

Cabe entender a amplitude da Gestão do Conhecimento e a importância de se utilizar recursos híbridos: seres humanos e sistemas computacionais. O intuito desta exposição teórica é deixar clara a importância dos sistemas especialistas como ferramentas a serem utilizadas na gestão do conhecimento, sem pretensões de substituição de uma pela outra. Isto é evidenciado na definição do objetivo das tecnologias de conhecimento de DAVENPORT (1998): “o objetivo dessas tecnologias é absorver o conhecimento que existe na mente das pessoas e em documentos impressos e torná-las amplamente disponível para a organização”. Outro ponto importante apresentado por ele é a interação e o nível de conhecimento exigido aos usuários destas ferramentas, o qual ele denomina de dimensão-chave. Outra dimensão-chave, definida por DAVENPORT (1998), é o tempo “requerido para encontrar uma solução da gestão do conhecimento numa determinada aplicação empresarial de uma ferramenta.” Na figura 2.1. a seguir, se tem a relação estabelecida entre os sistemas especialistas e esta exigência. Além dos sistemas especialistas, são apresentadas outras tecnologias (ferramentas) utilizadas em Gestão do Conhecimento. Algumas delas já foram ou estarão sendo conceituadas ou contextualizadas

ao longo deste estudo, entretanto três delas não serão mais mencionadas. Portanto é interessante defini-las neste momento;

Componentes do conhecimento – é uma “ferramenta” que consiste no desmembramento do problema ou situação a ser resolvida ou consultada em componentes do conhecimento. Estes componentes podem apresentar-se na forma de objetivos, fatos, sintomas, causas, negações, soluções. A *Primus Corporation* a partir desta idéia desenvolveu o *SolutionBuilder* um sistema computacional com este princípio. O usuário é quem irá classificar o conhecimento na forma de componentes. Caso o usuário tenha vários problemas / situações, estes podem ser analisados através de comparações entre seus componentes. DAVENPORT (1998) considera que ainda não é uma ferramenta produtiva realmente viável.

Sistemas baseados em restrições – são sistemas computacionais que “captam e desenvolvem um modelo das limitações que governam a tomada de decisões complexas (determinando, por exemplo, que tipo de memória, disco rígido, modem e placa de vídeo funcionam num computador que tem determinado processador e sistema operacional)” (DAVENPORT, 1998).

Observações – é a técnica ou ato tradicional na qual um indivíduo deparando-se com uma determinada situação que lhe interessa examina minuciosamente a ponto de captar informações ou elementos que possam ampliar seu conhecimento.

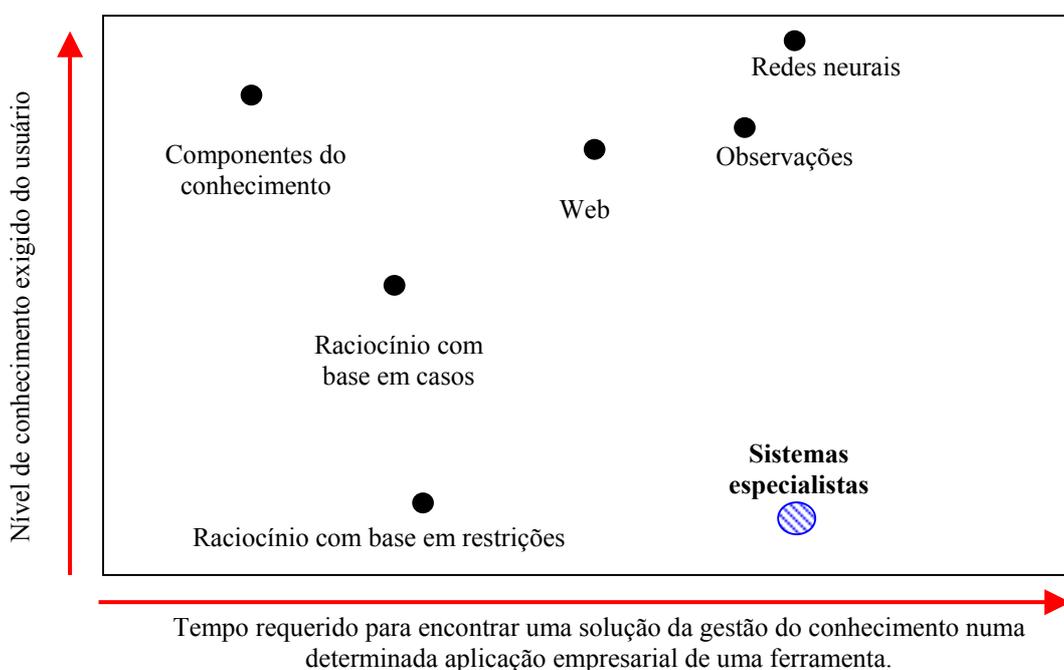


Figura 2.1. – Nível de conhecimento exigido x Dimensões-chave das ferramentas – DAVENPORT (1998)

No decorrer de seu livro DAVENPORT (1998) cita sistemas especialistas como meio de disseminação do conhecimento para os demais funcionários que o necessitem dentro da organização, principalmente se este estiver aglutinado em torno de áreas específicas ou dos especialistas que se tornam, como mencionado por CHIARELLO (2002), em “ilhas isoladas de conhecimento”. Dustin Huntington no item *Knowledge-Based Systems for Knowledge Management* no livro de LIEBOWITZ (1999), descreve não serem os sistemas especialistas a solução de todos os problemas, mas uma excelente solução em alguns, principalmente pela habilidade de capturar e disseminar o conhecimento.

2.5 Estrutura dos Sistemas Especialistas

A estrutura e os módulos constituintes de um sistema especialista sofrem variações conforme o autor que a apresenta, podendo também ser influenciada pela base de raciocínio empregado, regras ou casos. A seguir serão apresentados alguns destes módulos, sem a pretensão de ilustrar uma estrutura ideal ou completa, mas algo sistematizado e direto, e próximo ao que foi seguido neste trabalho.

A figura 2.2 é uma adaptação das figuras apresentadas por ALVES (2001) e VINADÉ (2003):

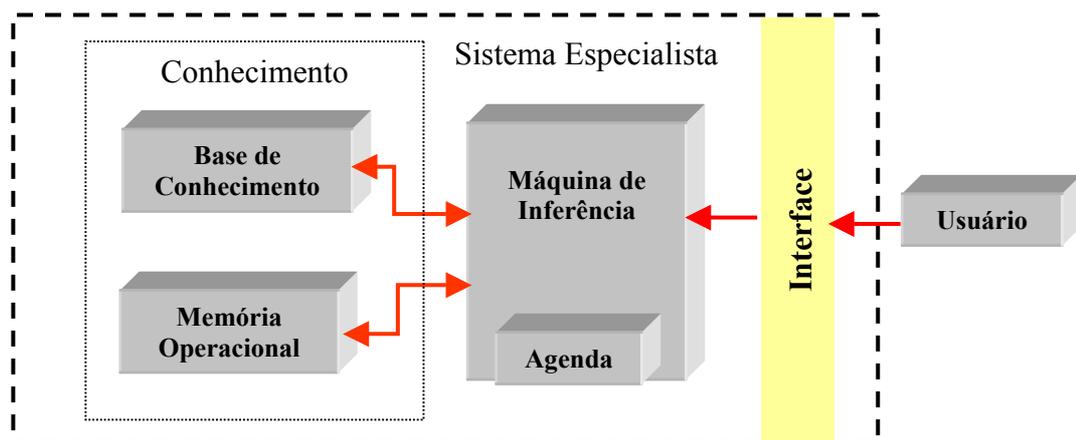


Figura 2.2. Estrutura de um Sistema Especialista – Adaptado de ALVES (2001) e VINADÉ (2003)

A memória operacional interage com a base do conhecimento através da máquina de inferência, esta última estimulada pela interface com o usuário possibilita que o sistema apresente as soluções ao usuário (ALVES, 2001). É necessário que todos os elementos tenham

um funcionamento em conjunto para que o conhecimento possa ser disponibilizado. Os elementos constituintes da estrutura são:

2.5.1 Base de Conhecimento

Componente do sistema especialista onde todo o conhecimento específico adquirido pelo engenheiro do conhecimento⁴ é alojado. Esse conhecimento pode ser factual ou conhecimento científico; mas principalmente o conhecimento heurístico, extraído da experiência de anos de um ou mais especialistas, expressando os procedimentos de raciocínio na utilização do conhecimento factual. A base de conhecimento tem como objetivo possuir tanta experiência e conhecimento quanto possível. A representação deste conhecimento na base de conhecimento, resume-se em três maneiras conforme O'BRIEN (2003):

- Raciocínio baseado em casos;
- Conhecimento baseado em objetos;
- Conhecimento baseado em regras.

Será visto mais adiante que estas duas últimas maneiras constituem a formação da base de conhecimento do protótipo desenvolvido neste estudo. Vale reforçar que para cada sistema especialista há uma base de conhecimento específica, mesmo que se utilizem as mesmas técnicas de representação.

Outro aspecto interessante levantado por STAIR (2002), referente à base de conhecimento é a divergência em pontos do conhecimento entre os especialistas, acarretando dificuldades na formação dos relacionamentos e estabelecimento de regras. Por outro lado isto pode ser um diferencial ao sistema especialista se bem administrado. Uma mesma fonte de pesquisa disponibilizará diferentes visões e soluções para o mesmo problema, sempre baseado em fundamentação factual ou heurística.

Para ressaltar a importância da base de conhecimento ou o “coração do sistema” (GROSSMANN Jr., 2002), RABUSKE (1995) reproduz o comentário de Feigenbaum: “ A potência de um sistema especialista deriva do conhecimento que ele possui e não dos formalismos e esquemas específicos que ele emprega”.

⁴ O termo Engenheiro do Conhecimento está explicado no item 2.6. deste capítulo.

2.5.2 Memória Operacional

Memória Operacional ou Memória de Trabalho, segundo RIBEIRO (1997), consiste no armazenamento temporário dos dados fornecidos pelo usuário do sistema. Os fatos e regras que tenham correspondências com este armazenamento temporário são trazidos da base de conhecimento pela máquina de inferência. Esta memória superficial ou de curto prazo vai gravando e apagando os dados à medida que avança a máquina de inferência. Ela se forma durante o processo de consulta ou sessão⁵, e é eliminada no término do processo.

No protótipo desenvolvido, a Memória Operacional tem como principais fatos armazenados os problemas e os valores das variáveis e demais informações apresentadas pelo usuário, e futuramente poderão formar um relatório final, apresentando o comportamento do processo de consulta.

2.5.3 Máquina de Inferência

Funciona como um processador cognitivo próximo ao do especialista humano. Sua estrutura depende da natureza do problema e da representação utilizada na construção da base de conhecimento. Como foi visto anteriormente, há mais de uma maneira de se representar o conhecimento, entretanto neste estudo as definições e exemplos se restringirão a representação através de regras de produção e orientação a objetos.

A máquina de inferência trabalha como o intermediário entre os fatos fornecidos na memória operacional e as regras e atributos contidos na base do conhecimento. À medida que estes fatos satisfazem as condições especificadas nas regras ou em qualquer outra maneira que o conhecimento tenha sido representado, a máquina de inferência apresenta as soluções e recomendações correspondentes, adicionando-os a memória operacional. O que provocará a necessidade da busca por novas regras e atributos e conseqüentemente, apresentação de novas soluções. Isto é um grande diferencial comparado aos sistemas convencionais onde a ordem de execução do programa já está pré-definida. Nos sistemas especialistas, a máquina de inferência busca e aplica a regra mais apropriada em cada situação, dando um sentido lógico as informações durante a sessão (GROSSMANN Jr., 2002).

⁵ Segundo ALVES (2001) sessão é o “espaço de tempo necessário para o Sistema Especialista chegar a uma conclusão”.

O tipo de linguagem utilizada no desenvolvimento do sistema especialista também interfere no mecanismo de inferência. Em alguns casos esses mecanismos precisam ser elaborados, em contra partida a adoção de alguns *softwares (Shell's)* destinados ao desenvolvimento dos sistemas especialistas já possuem estes mecanismos internamente. (RABUSKE, 1995)

Entre os processos utilizados para inferir o da avaliação de regras é o mais usado. Podendo ser encadeadas através do raciocínio direto ou reverso, ou até mesmo a combinação de ambos.

No raciocínio reverso ou para trás (*Backward Chaining*), a idéia é iniciar com as conclusões / problemas e ir caminhando para trás através das informações requeridas ao usuário, até a apresentação dos fatos / causas que dão sustentação a esta conclusão / problema.

Na figura 2.3, se pode acompanhar uma síntese gráfica do raciocínio reverso começando pelas hipóteses apresentados no plano de tratamento, seguir o fluxo através das hipóteses e atingir os fatos que sustentam estas hipóteses alocados no plano da situação (domínio), que neste caso é o último estágio.

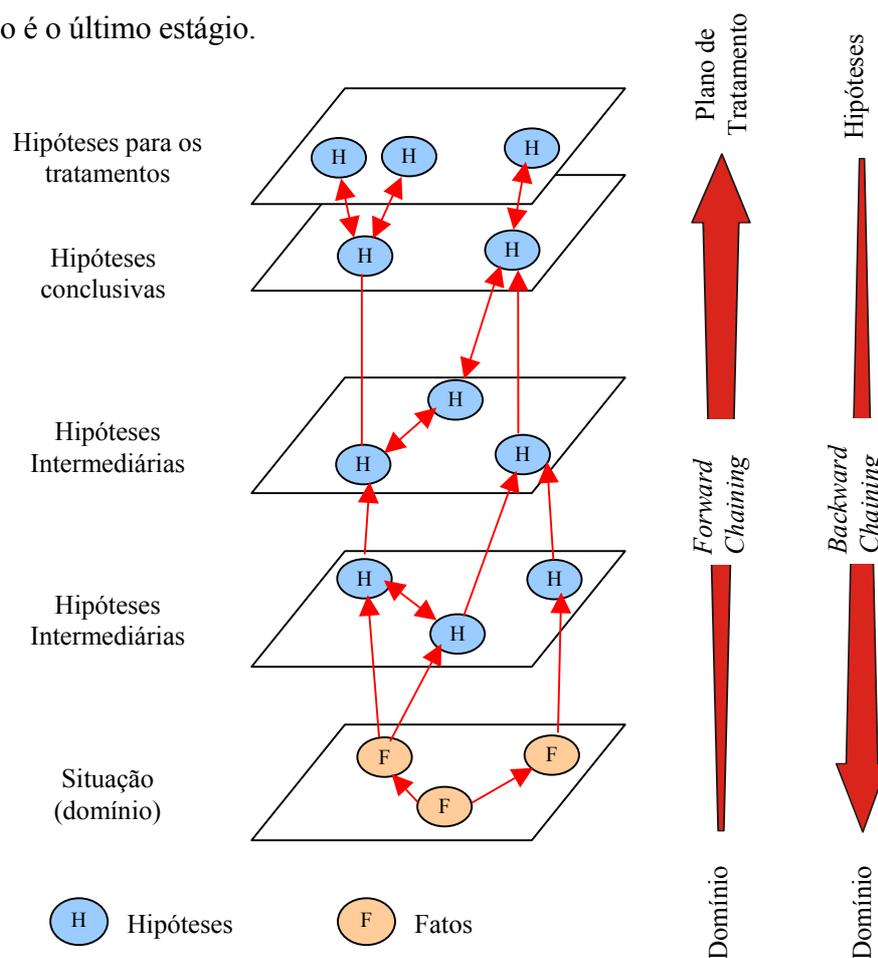


Figura 2.3. – Comparação entre a metodologia *Backward Chaining* (reverso) e *Forward Chaining* (direto) – CHORAFAS, 1990

Já no raciocínio direto ou para frente (*Forward Chaining*) parte-se de fatos já conhecidos e através das combinações de regras satisfeitas por estes fatos geram outros novos. No momento em que não houver mais fatos que satisfaçam estas regras o processo chega a seu objetivo. Estes fatos conhecidos podem ser inseridos no início do sistema ou no decorrer da consulta, de maneira gradativa, como no caso do protótipo deste estudo.

Novamente se pode acompanhar na figura 2.3 uma síntese gráfica do raciocínio, porém agora direto, começando de baixo para cima, ou seja, dos fatos apresentados no plano da situação (domínio), seguir o fluxo através das hipóteses e atingir o plano de tratamento, que neste caso é o último estágio.

2.5.4 Agenda

Lista priorizada de regras de acordo com sua execução, geradas pela máquina de inferência, sendo disparadas pelos fatos alojados na memória operacional. O encadeamento define a direção do fluxo das informações, mas é segundo BORGES (2002) na resolução dos conflitos entre regras que é definido o caminho que a máquina de inferência irá percorrer. A *Shell CLIPS*⁶, programa utilizado no desenvolvimento do protótipo deste estudo, apresenta opções de sete estratégias para resolução de conflitos. Estas estratégias são. Amplitude, profundidade, LEX, MEA, complexidade, simplicidade e aleatoriedade.

Dentre estas estratégias apresentadas serão descritas apenas as mais comuns: busca em profundidade, busca em amplitude ou a combinação de ambas. Segundo BORGES (2002): Na busca em profundidade segue-se um caminho até atingir o nível de profundidade que propicie a chegada à solução do problema, enquanto que busca em amplitude verifica-se simultaneamente todas as possibilidades de encadeamentos possíveis em um mesmo nível, até atingir a solução. O emprego de uma ou de outra estratégia é fundamentado no conhecimento do especialista humano, pois reflete quais as ações ou o caminho que este iria percorrer numa mesma situação.

As figuras 2.4 e 2.5 a seguir apresentadas por BORGES (2002), representa claramente o procedimento seguido pelas duas opções:

⁶ Maiores informações sobre esta ferramenta estão no item 2.7.3. deste capítulo.

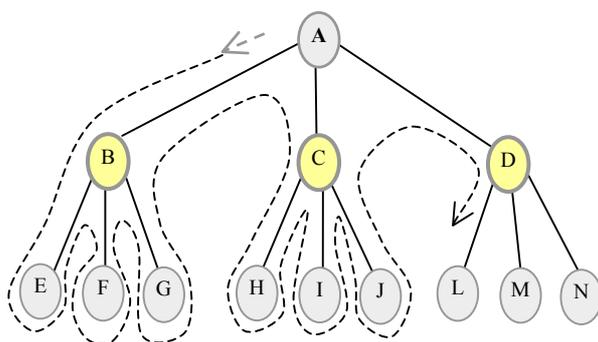


Figura 2.4. – Busca em profundidade

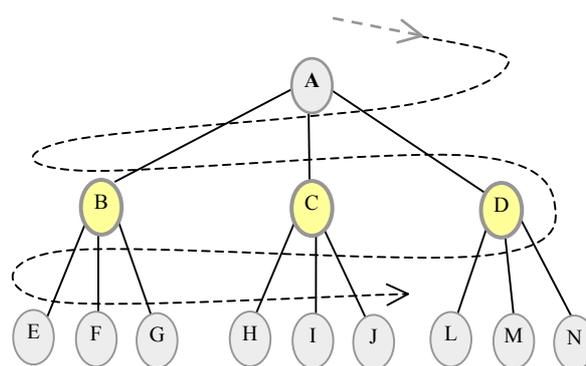


Figura 2.5.– Busca em amplitude

Adaptado de BORGES (2002)

2.5.5 Usuário e Interface

O usuário tanto pode ser um especialista ou não, no caso deste estudo, o sistema tanto pode ser operado por especialista como não especialistas, mas subentende-se que o indivíduo deverá saber os conceitos gerais e básicos do domínio do conhecimento, como por exemplo, o que é um resistor, capacitor. Isto porque o objetivo do sistema é auxiliar na resolução de problemas e não ensinar conceitos elementares, apesar de justificar cada resposta.

A interface é a comunicação direta com o usuário, na ferramenta utilizada para o desenvolvimento do sistema especialista, a interface aparece em forma de um diálogo escrito no próprio *Shell* (ferramenta utilizada para construção de sistemas especialistas, ver item 2.7.). Entretanto poderá ser empregada uma interface gráfica mais amigável através da programação em alguma linguagem visual, como aplicado no projeto SEGRed (Sistema Especialista para Gerência de Redes de Gás) (SILVA Jr., 2002). Neste projeto, páginas em *HTML*, também são utilizadas para apresentação de figuras e relatórios finais.

2.6 Pessoas-chave no Desenvolvimento dos Sistemas Especialistas

Entre as várias pessoas que podem estar envolvidas no desenvolvimento dos sistemas especialistas duas são essenciais, além do usuário final: o engenheiro do conhecimento e o especialista humano.

Especialista humano: Já foi definido anteriormente o que é ser especialista, mas o termo especialista humano (ou especialistas do domínio) assume na engenharia do conhecimento um papel bastante determinante. É o indivíduo ou indivíduos que detêm o conhecimento científico e/ou empírico que poderá formar, com auxílio da engenharia do conhecimento, a base de conhecimento de um sistema especialista.

Engenheiro do Conhecimento: É o responsável em desenvolver a base de conhecimento através da aquisição do conhecimento útil do especialista humano, e se necessário a conclusão de todo o sistema. Age principalmente como um tradutor do conhecimento para uma forma estruturada, devendo trabalhar em sintonia com os especialistas humanos, pois a atividade de aquisição do conhecimento continua durante todo o aperfeiçoamento do sistema.

LAUDON&LAUDON (1999) referem-se aos engenheiros do conhecimento como pessoas raras, e explica:

“a engenharia do conhecimento requer alguma base em diversos campos (como projeto de software, psicologia clínica e antropologia) além de boas habilidades de comunicação. (...) Os engenheiros do conhecimento têm sido descritos como “visitantes de outras culturas nas quais não cresceram” (...) apresentam grande semelhança com antropólogos, que são treinados para observar coisas que eles não entendem muito bem.”

2.7 Shell's

São ferramentas destinadas à engenharia do conhecimento e ao desenvolvimento de sistemas especialistas. Utilizadas para representar o conhecimento, criar mecanismos de inferência na busca de soluções, possibilitando uma interface com o usuário e o engenheiro do conhecimento. A maioria delas é orientada à construção de programas através de regras de produção. Segundo RABUSKE (1995), essas ferramentas orientadas às regras dividem-se em dois grupos conforme a maneira que estas regras são implantadas. Um grupo utiliza-se de editores de textos comuns como *txt* para editar as regras, e posteriormente são interpretadas e executadas pelas *Shell's*, o que traz maior flexibilidade. Um outro grupo já tem incorporado um editor próprio, geralmente orientado através de menus.

Uma das grandes vantagens de se utilizar uma *Shell* para o desenvolvimento de sistemas especialistas é não precisar aprender uma linguagem de programação pura, apenas aprender a estrutura e sintaxe do *software*. STAIR (2002) apresenta a relação custo x tempo de

desenvolvimento dos sistemas especialistas na figura 2.6. comparando as alternativas de desenvolvimento.

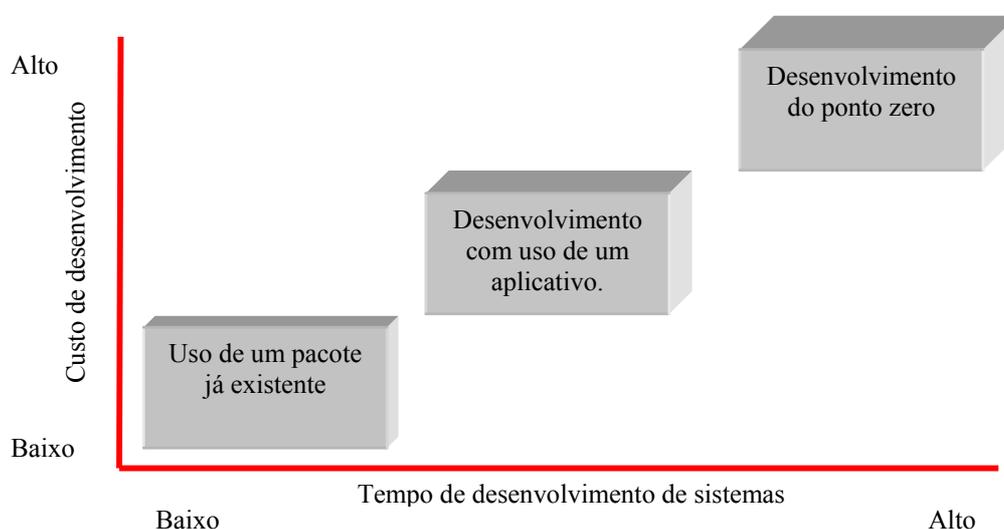


Figura 2.6. – Alternativas de Desenvolvimento de Sistemas Especialistas, Seus Custos Relativos e Medidas de Tempo. Adaptado de STAIR (2002)

A facilidade e ganho de tempo que a utilização das *Shell's* oferece, parecem características de consenso na literatura juntamente com a dificuldade de traçar parâmetros para sua escolha. Entretanto GROSSMANN Jr. (2002) resume as restrições da escolha de uma ferramenta para desenvolvimento dos sistemas especialistas em quatro: “ área de aplicação na qual recai o domínio do sistema, a possibilidade e facilidade na expressão de fatos e relações pertinentes ao problema, as facilidades de interface da linguagem e forma de raciocínio usada para buscar a solução na base de conhecimento.”

Dentro das diversas opções oferecidas, se encontram opções disponíveis sem custo de aquisição, além de alguns serem direcionados ou oferecerem maiores benefícios computacionais e de implementação em áreas determinadas.

Ainda em STAIR (2002) encontra-se uma relação de aplicativos para sistemas especialistas populares, da qual cita-se:

“ 1 st-Class Fusion – oferece uma ligação direta e fácil de usar com base de conhecimento. Também oferece uma árvore de regras, que mostra graficamente como elas se relacionam.

Knowledgepro, da Knowledge Garden – é uma linguagem de alto nível, que combina as funções dos sistemas especialistas com hipertexto. Permite a construção das clássicas regras se-então e pode ler arquivos dBase e Lótus 1-2-3.

Leonardo – é um aplicativo para desenvolvimento de sistemas especialistas que usa uma linguagem orientada a objeto.

MindWizard – é um pacote de software para PC barato e que possibilita o desenvolvimento de sistemas especialistas compactos, indo desde modelos simples que incorporam regras de decisão corporativa até modelos sofisticados.”

Durante a pesquisa nos vários estudos já desenvolvidos e disponíveis, destaca-se três *Shell's* que aparecem constantemente como ferramentas empregadas em dissertações e teses brasileiras no desenvolvimento de sistemas especialistas, inclusive a adotada neste estudo.

2.7.1 Kappa-PC

Segundo LEMOS (1996) e ZUCHI (2000), esta *Shell* (linguagem *Kal*) basea-se na programação orientada a objeto, e compatível com programas desenvolvidos na linguagem C. Sua arquitetura é baseado em “*frames*”, ou seja, utilizando classes, instâncias e *slots* em um relacionamento hierárquico, com regras de produção incorporadas.

Dispõem de uma biblioteca de funções, operadores numéricos a funções lógicas, porém pode ser enriquecida pelas construções de novas funções através do uso da linguagem “C” e utiliza-se de regras de produção para ativar a máquina de inferência. A interface pode ser construída através do uso de programação ou utilizar a interface disponível.

2.7.2 Expert SINTA

Também baseado na programação orientada a objetos, possui como linguagem de implantação a *Borland Delphi*. Permite, segundo BEZERRA (1998), o “desenvolvimento modular de bases de conhecimento através de uma interface de fácil manipulação e de utilitários criados para depuração.” Além da inclusão de hipertextos explicativos referentes às conclusões apresentadas pelo sistema, e não requer tanto do usuário quanto do engenheiro do conhecimento, conhecimento profundo dos conceitos de informática.

Ao contrário de outras *Shell's*, o *Expert SINTA* não se utiliza de pseudolinguagens e sim um modelo visual para projeto e implantação do conhecimento.

A manipulação e criação da base de conhecimento podem ser trabalhadas através das regras de produção, que são inseridas de maneira independentes, podendo ser editadas ou acrescentadas. Uma grande característica desta *Shell* é a modularidade das regras de produção e

seu tratamento de incertezas que se utiliza inclusive do “fator de confiança do usuário em relação às respostas dadas” (BEZERRA, 1998). Esta *Shell* foi desenvolvida pela Universidade Federal do Ceará podendo ser adquirida gratuitamente.

2.7.3 CLIPS

Sistema de Produção Integrado da Linguagem C (*CLIPS*, *C Language Integrated Production System*), desenvolvido pela seção de Inteligência Artificial da NASA em 1985. Mantido de domínio público é utilizada por bases militares, várias agências federais, universidades, parceiros governamentais, empresas privadas, entre outras organizações. (Fonte: <http://kiwi.arca.ime.usp.br/?Clips>)

A *Shell CLIPS* possibilita o trabalho com três parâmetros de programação, segundo GIARRATANO & RILEY (1993) uma das principais fontes do assunto, uma linguagem multiparadigma. Isto por apresentar programação procedural, orientação a objeto e sistemas de regras de produção. Isto atribui uma modularidade ao sistema devido à manipulação de objetos e seus atributos, além da heurística através das regras *if-then*. A programação procedural é semelhante à encontrada nas linguagens como C, Pascal, Ada e LISP, com as quais pode ser integrado.

O CLIPS ainda apresenta uma biblioteca de funções a qual pode ser acrescida com as construídas pelo próprio projetista do sistema. “No CLIPS existem várias características para apoiar a verificação e validação de sistemas especialistas, verificação estática e dinâmica de valores e argumentos de funções, e análise semântica de padrões e regras para determinar e, se necessário, prevenir uma possível geração de erro” (PEREIRA Jr., 2001). Também dispõe de uma documentação composta por três volumes incluindo um Guia do Usuário e um *help* incorporado no próprio programa.

Sua interface não é uma das mais amigáveis, entretanto pode ser desenvolvida posteriormente para o sistema através de uma programação visual, e permite a interação e apresentação de dados em formato *HTML*, conforme será visto nas descrições do protótipo ao longo deste estudo.

Para compor as características descritas acima a adoção desta *Shell* no presente estudo fundamentou-se em três aspectos citados por ALVES (2001): confiabilidade, facilidade de utilização e experiência prévia.

CAPÍTULO III

SISTEMAS ESPECIALISTAS, MANUTENÇÃO E ASSISTÊNCIA TÉCNICA

O capítulo anterior apresentou a relação existente entre a gestão do conhecimento e os sistemas especialistas, destacando o conhecimento como principal elemento, além dos componentes constituintes de um sistema especialista. Este capítulo apresenta uma revisão de alguns projetos sobre sistemas especialistas em uma área do conhecimento específica: assistência técnica e manutenção. Procurou-se relatar de forma diversificada as aplicações dos sistemas especialistas na área de assistência técnica, benefícios trazidos pelo mesmo, o foco que este terá no presente estudo e uma pesquisa de campo. A pesquisa de campo abordou três empresas que não incluem a empresa alvo, identificando o tratamento dado por elas ao conhecimento necessário no setor de assistência técnica. O capítulo inicia com a necessidade de estruturação da área de assistência técnica nas empresas fabricantes e sua importância para o consumidor.

3.1 A Necessidade da Assistência Técnica.

O processo de desenvolvimento de produtos se inicia com o planejamento estratégico dos produtos e finaliza na validação do projeto conforme apresentado por ROMANO (2003). Este autor dedica parte das atividades da fase de projeto, mais especificamente a etapa do Projeto Detalhado⁷, para a preparação da manutenção e assistência técnica do produto. A assistência técnica ou os serviços de manutenção prestados pelos fabricantes de produtos são decorrentes também de uma filosofia dos sistemas de qualidade, que tem no cliente seu principal foco.

⁷ Projeto Detalhado é a fase do processo de desenvolvimento do produto destinada à especificação da produção do produto (ROMANO, 2003).

CAMPOS (1999), hoje uma referência nacional na área da qualidade, descreve a importância que deve ser direcionada às reclamações atendidas pela assistência técnica do produto:

“ Por mais bem cuidadas que sejam as fases de planejamento, projeto e produção, produtos defeituosos acabarão por ser produzidos e alcançarão o mercado. As reclamações do consumidor são essenciais para que correções possam ser feitas (as reclamações estão para o bloqueio de defeitos do produto como os relatos de anomalias estão para o bloqueio no processo).”

Não somente produtos defeituosos que chegam ao mercado, mas também componentes oriundos de novos fornecedores, ou com vida útil inferior a outros, ou ainda qualquer problema que gera a necessidade de serviços de assistência técnica, devem ser monitorados e transformados em informações para utilização interna da empresa fabricante.

O departamento de Desenvolvimento de Produtos pode utilizar-se desta comunicação entre assistência técnica e usuário/técnicos de campo para coletar informações vitais aos novos produtos, ou melhoria dos já existentes. Mas para isso é necessário que esta comunicação seja eficiente e bem estruturada.

CAMPOS (1999) também divide a garantia da qualidade no ciclo de vida de um produto, como exposto na figura 3.1, em quatro grandes blocos:

- Qualidade no planejamento;
- Qualidade no projeto de produto e do processo;
- Qualidade na produção;
- Qualidade no uso, entre diversos aspectos está incorporada a assistência técnica.

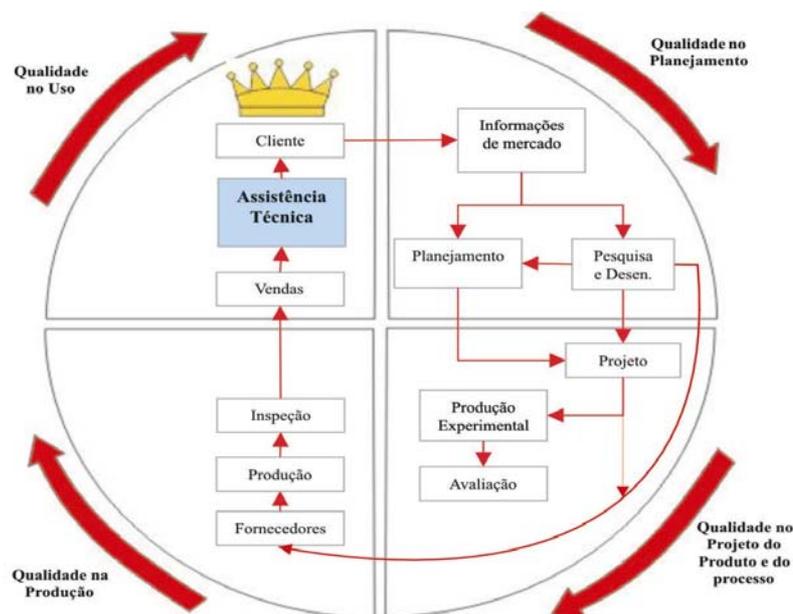


Figura 3.1. – Garantia da Qualidade no Ciclo de vida de um Produto – Adaptado de CAMPOS (1999)

Como exemplo da necessidade de gerenciamento eficiente das informações e do próprio conhecimento gerado em uma assistência técnica, é comum se encontrar em vários casos situações como: o departamento de Desenvolvimento de Produtos recorre aos serviços dos profissionais do setor de assistência técnica de sua empresa a fim de identificar ocorrências de um componente relativamente novo empregado em alguns produtos. A informação ajudaria na aplicação deste componente em novos produtos, porém o setor não sabe informar com precisão ou mesmo aproximadamente se este componente já sofreu problemas de manutenção, ou troca. O que diminui os parâmetros de decisão dos profissionais do desenvolvimento.

Além do mais, a assistência técnica ou a manutenção é uma ação de responsabilidade da empresa para com o cliente. Quando é direcionada para os inúmeros técnicos que realizam a manutenção em seus produtos, a assistência técnica prestada pela empresa passa a ser uma garantia de que seus produtos não serão mal manuseados, o que se acontecesse, passaria uma imagem de baixa qualidade ao usuário final do produto. A manutenção de produtos e, portanto, a assistência técnica depende do conhecimento específico do produto e das experiências adquiridas pelos profissionais que nela trabalham. Estas características são mais do que favoráveis à implantação dos sistemas especialistas na área.

3.2 Sistemas Especialistas Aplicados à Manutenção e Assistência Técnica

Os sistemas especialistas existentes são classificados em categorias com base nas características de seu funcionamento conforme RIBEIRO (1987), ABEL (1998), DURKIN (1994), que no presente trabalho assume a categoria de diagnóstico. Sistemas especialistas aplicados a diagnósticos de problemas de operação são sistemas detectores de falhas ou problemas baseados na interpretação de dados, dedutivos de causas e soluções. Esta definição vem de encontro à proposta de aplicação do protótipo a ser desenvolvido: assistência técnica à manutenção numa empresa de telecomunicações. DURKIN (1994), ao se referir às várias categorias para as quais são aplicados os sistemas especialistas, o diagnóstico aparece como líder em uma listagem de onze categorias.

A literatura e as pesquisas na linha do POSMEC (Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica) a que se propõe este trabalho, Sistemas Especialistas aplicados à Engenharia, apresentam evolução constante. Dentre os diversos trabalhos que envolvem decisões de projeto e diagnóstico para manutenção encontra-se:

- SILVA (1998), desenvolvimento de um protótipo de sistema especialista para projeto de sistemas hidráulicos, disponibilizando além dos resultados calculados, diagramas dos sistemas. O protótipo resolve e apresenta opções de soluções que exigiriam um tempo considerável do especialista.

- ALVES (2001), desenvolvimento de um protótipo de sistema especialista para diagnosticar falhas em um sistema hidráulico de governo (sistema responsável pela execução da função básica de um navio de deslocar-se com trajetória controlada).

- BORGES (2002), desenvolvimento de um protótipo de sistema especialista capaz de realizar projetos pneumáticos durante a fase conceitual.

- VINADÉ (2003), desenvolvimento de um protótipo de sistema especialista para auxiliar na implementação de uma estratégia de manutenção do produto na fase do projeto preliminar.

- CASTELANI *et al* (2002), desenvolvimento de um de sistema especialista para auxiliar no suporte à operação e manutenção de uma rede de distribuição de gás natural, tendo como função global a detecção de falhas. O projeto de pesquisa está em seu terceiro ano, sendo desenvolvido através de uma parceria entre a SCGAS (Companhia de Gás de Santa Catarina), TBG (Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil), PETROBRAS e UFSC-LASHIP, contando com apoio financeiro do FINEP.

Nestes cinco exemplos, é percebida a formação de uma base de conhecimento artificial a partir do desenvolvimento de um sistema especialista, e a manipulação do mesmo através de inferências para a busca rápida das soluções. Todos utilizaram a *Shell CLIPS* como opção para implementar seus sistemas e tiveram as regras de produção e a orientação a objeto, entre outros, como formas de representação. Estes itens também são comuns ao trabalho desenvolvido no estudo referente ao protótipo SECATI. Entretanto, o desenvolvimento do protótipo SECATI destaca pontos muito específicos, entre eles: uma forte interação dos especialistas na validação direta do sistema, o engenheiro do conhecimento não ter formação relacionada ao domínio de conhecimento e a aplicação da metodologia PMBOK (2000) combinada a metodologia incremental como será visto nos próximos capítulos.

A maioria dos estudos da aplicação dos sistemas especialistas em Centros de Atendimento Técnico ou Centros de Assistência Técnica encontrados direciona-se para o apoio à solução de problemas em empresas de *software* e *hardware*. São chamados Centros de Informação ou *Help Desk* (serviço de suporte e assistência técnica para usuários finais de

informática, atualmente usados para auxiliar clientes em qualquer tipo de assistência por telefone).

LAGEMANN (1998) propõe num caso prático, a melhoria da prestação de serviço de suporte ao cliente (Centros de Atendimento Técnico ou *Help Desk*), em uma empresa de desenvolvimento de *software*, por meio de um sistema denominado Sistema de *Help Desk* (SHD). A implementação do SHD dá condições para profissionais não especialistas atenderem as solicitações dos clientes, através do raciocínio computacional baseado em casos. O sistema aproveita o banco de dados já existente transformando-o em base de casos. O SHD faz inferências sobre os problemas armazenados para tentar resolver os novos, abrange todas as funções necessárias para possibilitar aos usuários facilmente informar seu problema e obter como resposta os problemas já resolvidos mais similares da base de casos. Sua utilização não altera o processo de funcionamento do suporte ao cliente, somente agrega um novo procedimento opcional. O cliente antes de comunicar-se com o serviço de suporte pode consultar o sistema via *Internet* acessando a página da empresa, ou mesmo os operadores podem tentar utilizá-lo para resolver o problema antes de passar ao nível hierárquico superior.

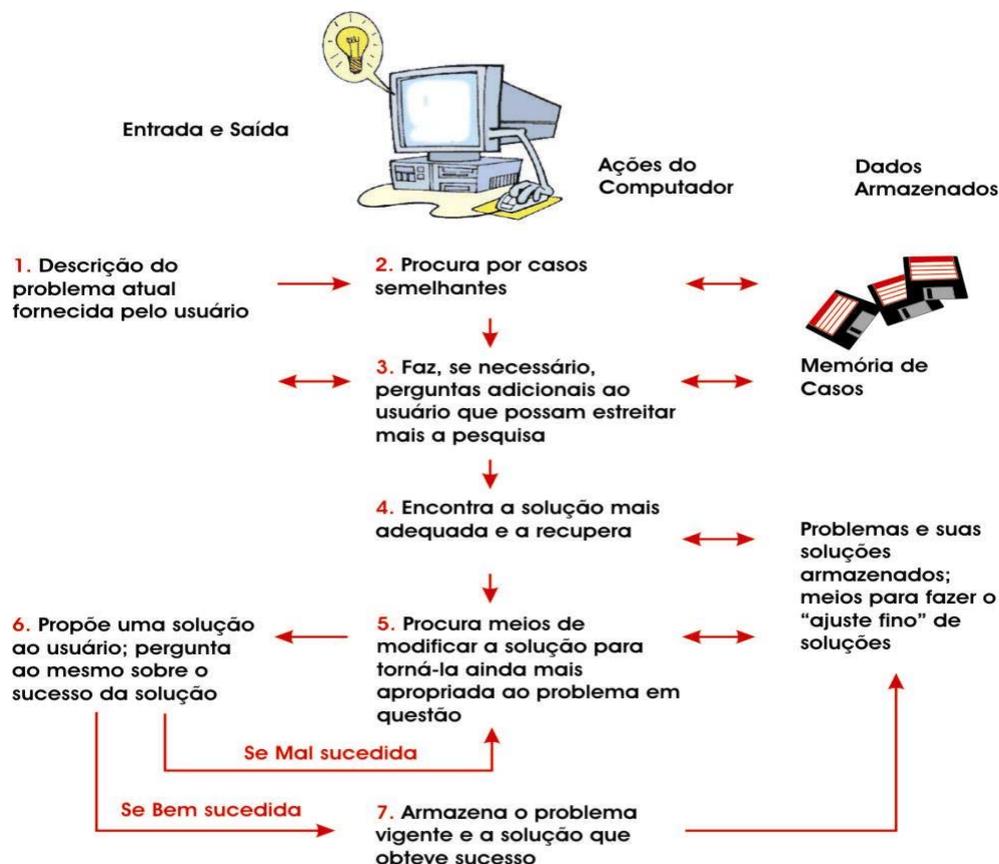


Figura 3.2. Funcionamento de um sistema RBC – Adaptado de LAUDON&LAUDON (1999)

O princípio do raciocínio baseado em casos (RBC) (figura 3.2.) é a utilização de experiências ou casos passados para solucionar ou prevenir problemas futuros, ou seja, o conhecimento específico é reproduzido dentro de um contexto. Os casos podem apresentar diversos tamanhos e formatos, geralmente são grandes porções de conhecimento, mas apresentam a característica comum de serem potencialmente reaplicáveis em novas situações. A variedade armazenada de casos forma a base de conhecimento (também chamada de base de casos) dos sistemas especialistas que utilizam RBC. Quando o sistema que utiliza RBC é requisitado a apresentar uma solução, ele se baseia nos dados fornecidos pelo usuário, “varre” a base de casos e recupera um caso semelhante já ocorrido que esteja armazenado. Este caso é avaliado confrontando as novas necessidades e por fim adaptado à nova situação. Na ausência de casos passados semelhantes, armazenados na base de conhecimento, o fato inédito poderá ser implantado, ampliando assim a base de casos.

GROSSMANN Jr. (2002) deriva das diversas definições encontradas na literatura que “o raciocínio baseado em casos é o encadeamento lógico de pensamentos racionais que se baseiam em acontecimentos transcorridos.”

CHAN *et al* (2000) apresentam o desenvolvimento de um sistema inteligente para aplicação em um centro de operação de *Help Desk*. O objetivo do sistema é apoiar os profissionais durante o atendimento aos clientes, conseqüentemente encurtando o tempo de resposta. Trata-se de uma Companhia de Tecnologia da Informação no Canadá, com uma crescente solicitação técnica a partir da proliferação dos *softwares* e produtos de *hardware* para computadores pessoais. A companhia percebe a elevação de seus custos ao não responderem rapidamente e na primeira chamada as solicitações de seus clientes e uma insatisfação dos mesmos após algum tempo de espera. Os autores descrevem todo o processo de desenvolvimento que engloba: aquisição do conhecimento, implementação do sistema, verificação, validação e a implementação aos usuários.

Para a aquisição do conhecimento CHAN *et al* (2000) em seu desenvolvimento adotaram o método manual de entrevistas com operadores especialistas, apesar de existirem algumas ferramentas computacionais para auxiliar nesta etapa. Foram adotadas entre outros os seguintes passos:

- Entendimento do domínio através da análise de registros anteriores;
- Entrevistas com especialistas mais antigos (experientes) sobre os registros e identificados os sintomas dos problemas mais freqüentes;
- Categorização e detalhamento dos sintomas;

- Entrevistas estruturadas e não estruturadas para relacionar cada sintoma com os diferentes casos e soluções correspondentes;

- Resolução de conflitos técnicos entre opiniões dos especialistas;

Como veremos, esta etapa é comum e próxima a da abordagem do raciocínio baseado em regras, bem como o desenvolvimento utilizando metodologia incremental.

RAN *et al* (1992) também apresentam um sistema baseado em conhecimento com a mesma finalidade, o sistema ICE/H (*Information Center Expert/Help Service*), sendo implementado para apoiar uma Central de Informações (suporte de *software* e *hardware*) com 5000 usuários.

Nesta mesma proposta ABRAHAM *et al* (1991) descrevem o projeto e desenvolvimento do *Expertech*, um sistema especialista protótipo para apoiar operadores de *Help Desk* a solucionar mais rapidamente os problemas encontrados por usuários de uma rede de telecomunicações. O sistema baseado em regras é uma implementação parcial do modelo de solução de um especialista humano em diagnóstico de redes. O sistema não faz interação direta com o usuário final, a comunicação entre o sistema e o usuário final é feita através do operador de *Help Desk*. A metodologia aplicada no desenvolvimento do protótipo inclui os seguintes estágios:

- Elicitação do conhecimento através:
 - Leitura de documentos;
 - Verbalização do processo de solução pelo especialista enquanto trabalhava;
 - Observação do especialista enquanto resolvia um problema;
- Concepção do problema e métodos de solução;
- Formalização do problema e métodos em regras de produção *if-then*;
- Implementação das regras numa *Shell (PC Plus)*.

Todas as etapas foram monitoradas de maneira interativa através das correções do especialista. A operação do protótipo segue a estratégia geral do diagnóstico, a qual os autores resumem em quatro marcos:

- Determinação dos sintomas iniciais informados pelo usuário final para o operador de *help desk* – O sistema apresenta informações (como por exemplo: descrição) sobre os diversos sintomas ao operador do *help desk*. Ele pode simplesmente questionar o usuário final (via telefone) qual o sintoma apresentado, como também pode ler partes das informações do sistema para auxiliar na identificação do sintoma.

- Averiguação do problema – Os usuários finais que procuram o serviço são bem variados. Desde usuários bem experientes até os que não conseguem distinguir os sintomas apresentados. O sistema é flexível a ponto de apresentar-se mais direta ou indiretamente dependendo da situação, ou seja, indiretamente ele entra em detalhes e explicações mais básicas. Isto evita o desconforto para os usuários experientes serem tratados como novatos;

- Busca da causa do problema – Primeiro, o problema é determinado através de pesquisa de restrições, permitindo o diagnóstico da causa através de questionamentos;

- Apresentação de uma recomendação de ação – A recomendação se baseia na causa do problema e outros fatores relevantes, apresentando o que deve ser feito pelo usuário final, por intermédio do operador. As hipóteses são testadas por encadeamento reverso através de uma série de regras heurísticas.

HUI *et al* (2001) têm uma abordagem de interação com o usuário final um pouco diferente. Propõem o acesso *OnLine* através de *browsers* da *Web*. O *Web-based Intelligent Fault Diagnosis System*, conhecido como *WebService* é um híbrido com argumentações baseadas em casos e redes neurais.

A *web* é um veículo de interação e divulgação de informações entre cliente e empresa. Sem entrar no contexto ou maiores aprofundamentos nesta ferramenta, apenas com o objetivo de apresentá-la como um meio de tornar os sistemas especialistas mais próximos aos usuários finais, será ilustrada com um exemplo prático a possibilidade de junção destas duas ferramentas.

Algumas empresas brasileiras, principalmente as indústrias de produtos direcionados ao consumidor final, disponibilizam em seu *site* uma proposta com o mesmo princípio apresentado por HUI *et al* (2001). As empresas incentivam o consumidor a resolver ele próprio o problema através de instruções fornecidas a partir da identificação dos sintomas pelo usuário. Entretanto a maioria das vezes este “faça você mesmo” apenas responde questões mais frequentes e simples sem grande profundidade técnica. Isto faz com que parte dos problemas seja resolvida sem comunicação direta com a empresa, o que reduz tempo de resposta e solução do problema, direcionando apenas os problemas mais graves ou complexos para os profissionais da assistência técnica fazendo com que os mesmos disponham de mais tempo.

A figura 3.3 a seguir consiste em duas telas retiradas do *site* de uma empresa brasileira fabricante de eletrodomésticos. Sua assistência técnica interna é centralizada em São Paulo, enquanto parte de sua fábrica fica em Santa Catarina. Ao acessar o *site*, no *link* reservado à assistência técnica, o cliente é incentivado a buscar a solução ele próprio através de respostas aos questionamentos ali encontrados. Seleciona-se a família de produtos, o modelo e o sintoma

apresentados. A seguir as possíveis causas e soluções são mostradas ao consumidor. Caso não seja resolvido, aí sim, é indicado a solicitação de agendamento de uma visita técnica ou o contato direto com o operador da assistência técnica.

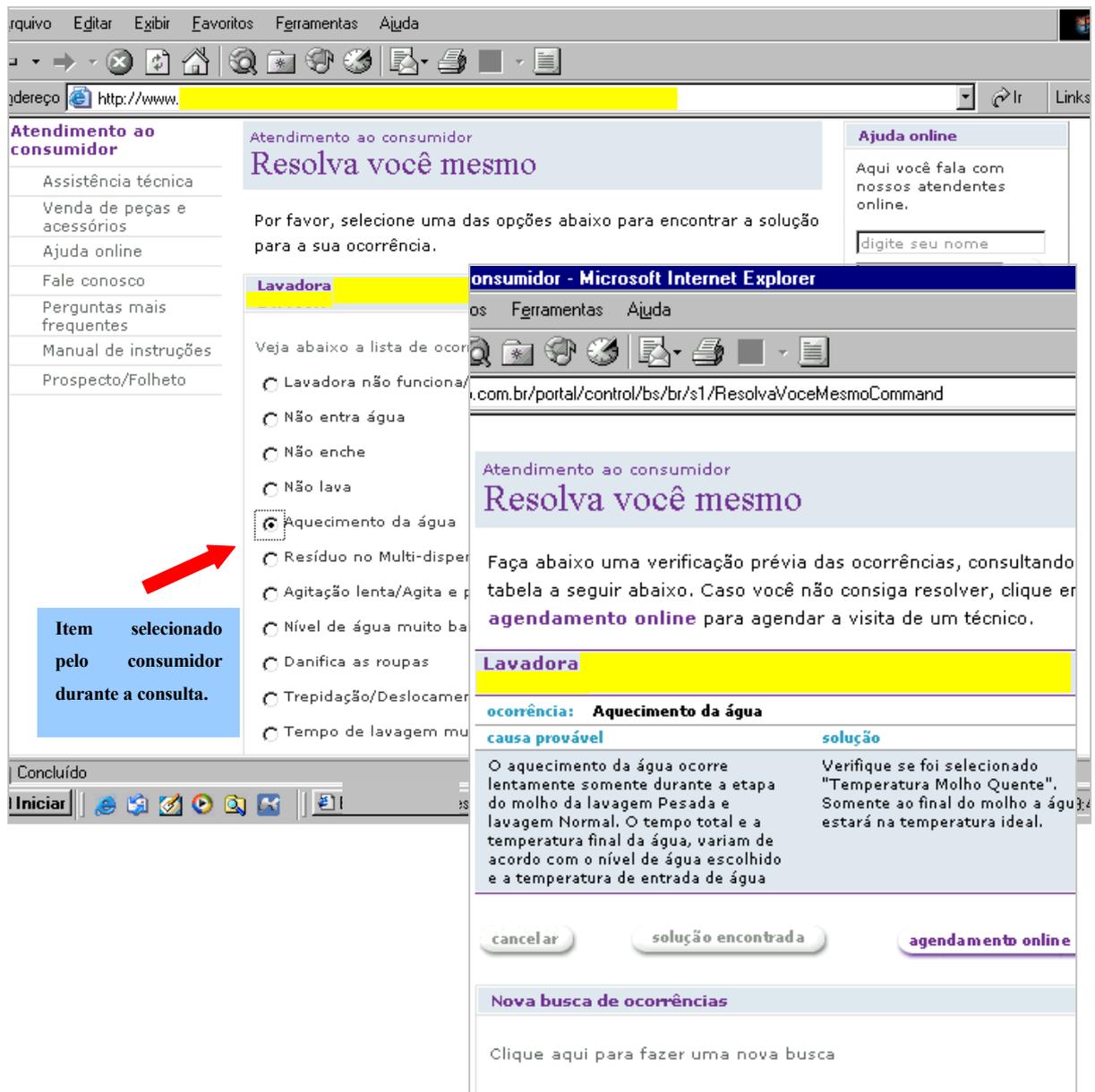


Figura 3.3. Assistência Técnica *On Line* para usuários finais.

Surge então uma dúvida neste ponto. No momento em que o usuário não consegue resolver o problema e recorre a assistência técnica via telefone, o conhecimento que é repassado pelos operadores parte de uma base comum? Ou depende da experiência ou do conhecimento individual? O item 3.4 posterior apresenta uma pesquisa realizada com algumas empresas buscando responder questões próximas a estas.

Com a evolução do protótipo através de incrementos de outros produtos no caso da empresa alvo do presente estudo, a idéia anterior do “faça você mesmo” poderia ser aplicada para disponibilizar o sistema especialista destinado à assistência técnica para técnicos responsáveis pela manutenção dos produtos. Considerando que a empresa alvo possui em seu *site* um espaço restrito aos técnicos, podendo ser acessado apenas através de senha cadastrada. Desta forma, não haveria o comprometimento de divulgações mais sigilosas das estruturas do produto a quem não fosse de interesse da empresa.

Ampliando a aplicação dos sistemas especialistas COFFEY *et al* (2003) descrevem o El-Tech (*Electronic Technician*) utilizado no suporte e treinamento de técnicos eletrônicos construído através de pesquisa conjunta com o *Naval Education and Training*. Esta organização possui aproximadamente 45.000 estudantes e 6.500 instrutores. O objetivo deste sistema é combinar elementos de tecnologia com a performance de suporte de maneira a dar informações corretas e rápidas aos técnicos eletrônicos durante seus trabalhos (figura 3.4).

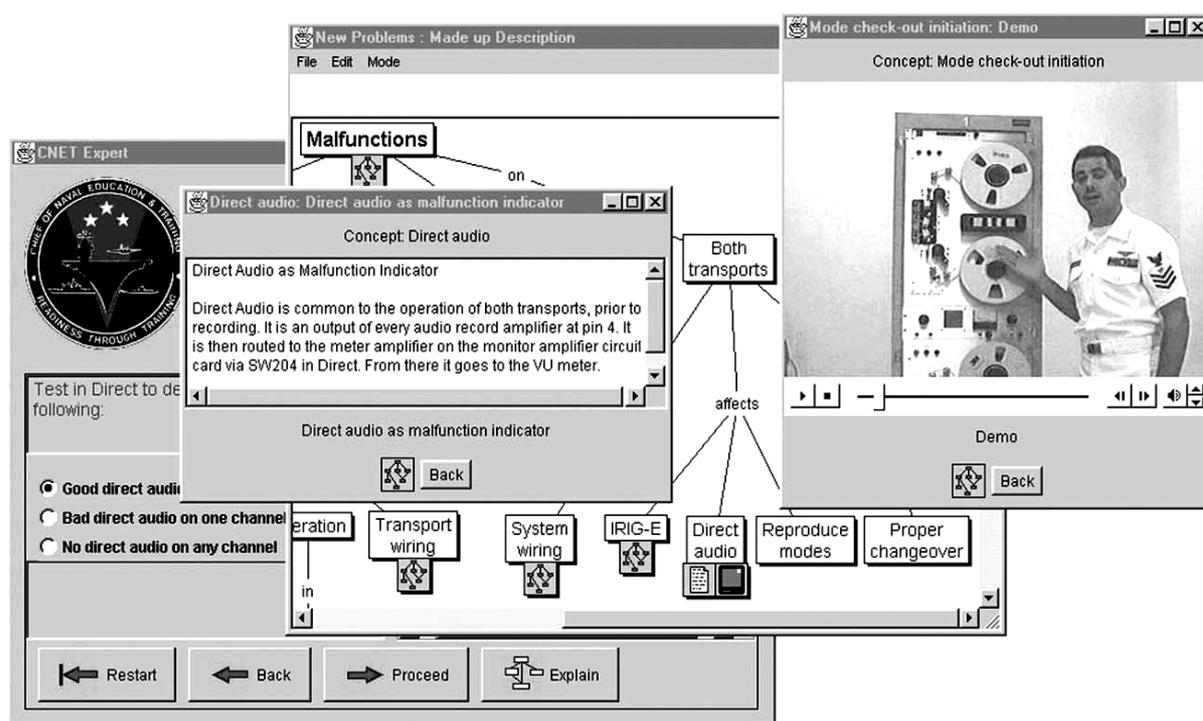


Figura 3.4. - Interface do sistema *El-Tech* (COFFEY, 2003)

Na aquisição do conhecimento, os autores destacam as entrevistas estruturadas, as não estruturadas, os Mapas Conceituais e em que momento do processo estas técnicas são melhores aplicadas. O componente de inferência é baseado em regras de produção inicialmente implantadas na *Shell CLIPS* e posteriormente transformado para *Java Expert System Shell*

(JESS). O sistema tem basicamente dois componentes: um componente interativo de pergunta-resposta e um módulo de conhecimento multimídia para explicar a consulta e serve como conteúdo instrucional, conforme figura 3.4 anterior.

Com o mesmo objetivo de dar suporte, acrescido do monitoramento do processo para prevenção de falhas, está o INTERMOR (Sistema Inteligente Multimídia para Aplicação *On-line* em tempo real). O INTERMOR tem como aplicação um sistema de caldeira industrial. O processo necessita monitoramento 24 horas além de diagnósticos e decisões rápidas e precisas. Este sistema inteligente foi visando processamento e análise de operação *On-line*, assistência à manutenção de equipamentos, atualização da base de conhecimento e uma interface amigável multimídia.

3.3 O Foco dos Sistemas Especialistas neste Estudo

O presente protótipo de Sistema Especialista atuará como apoio aos especialistas do CATI – Central de Atendimento Técnico, formado por aproximadamente doze técnicos. A área está à disposição para atender qualquer problema existente nos produtos da empresa via atendimento telefônico. Através de orientações, os especialistas auxiliam os técnicos a “reparar, ajustar, informar, programar, operar e instalar qualquer equipamento da linha”⁸ da empresa alvo. Na maioria dos casos, estes técnicos estão realizando a manutenção destes aparelhos no momento das ligações, ou até mesmo antes de verificar *in loco* o aparelho, mas com intuito de receber um pré-direcionamento e facilitar a identificação das causas.

Em resumo o objetivo deste setor é fornecer suporte técnico (via telefone) aos técnicos e laboratórios autorizados, distribuidores, revendedores, escritórios de toda a rede da empresa alvo (denominado base), e técnicos denominados “R3”, geralmente autônomos sem a classificação de autorizados pela empresa, atendentes do próprio CATI quando estão em campo ou do Atendimento ao Consumidor – SIAC

O CATI, localizado junto ao SIAC, trabalha em 2 turnos, ainda contando com plantão técnico aos sábados, domingos e feriados. Entretanto há técnicos que trabalham das 7:30h às 17:30h, sendo que algumas destas horas são destinadas ao atendimento telefônico e as demais horas a outras atividades no setor.

⁸ fonte: Site da empresa Alvo

As decisões repassadas aos técnicos que procuram o CATI são exclusivamente dependentes dos especialistas que ali atuam. Cada especialista tem uma maneira peculiar de realizar as anotações auxiliares, e até mesmo há certa divergência na quantidade de informações destas anotações.

A empresa alvo possui desde acessórios até produtos mais complexos, com largo mercado de consumidores e técnicos espalhados por todo o país. Isto exige que os especialistas responsáveis pela assistência e informações repassadas aos técnicos de campo tenham um conhecimento amplo e profundo do funcionamento dos produtos. Há uma quantidade de solicitações mensais em média de 9.000 ligações (número após redução da estrutura devido aos custos), bem como uma variedade dos problemas apresentados pelas mesmas.

Outra característica deste Centro de Assistência Técnica é o atendimento telefônico, necessitando uma estrutura organizacional específica, direcionando conforme LAGEMANN (1998), parte dos bons especialistas para a área de suporte e não para o Desenvolvimento de Produtos.

Como o suporte técnico e a manutenção são preocupações e encarados como sinônimos de garantia de qualidade dos produtos, cada vez mais as empresas direcionam seus investimentos para esta área. Entretanto, a corrida na busca da melhoria deste atendimento é proporcional à evolução dos custos, podendo ainda ser prejudicada pela rotatividade e insatisfação dos especialistas ocasionado pela repetitividade e stress operacional.

3.4 Pesquisa Aplicada a Setores de Assistência Técnica

A observação do método de solução pelos operadores da Central de Atendimento Técnico da empresa alvo despertou o interesse em saber qual o processo utilizado pelos setores de assistência técnica em outras empresas durante a execução de seus serviços. E se estas empresas possuem formas para armazenar, disponibilizar e compartilhar o conhecimento nestes setores.

Para a realização desta pesquisa se utilizou a estratégia de estudo de casos múltiplos demonstrada por YIN (2001). A abordagem é a lógica da replicação (figura 3.5) que utiliza uma teoria ou hipótese para determinar ou constatar um tipo de comportamento (resultado) em grupos com características pré-determinadas a fim de atingir uma conclusão generalizada. A validade da teoria é testada através de uma série de replicações, cada uma envolvendo um ou

mais estudos de casos. Na pesquisa do presente estudo, são três os casos analisados que podem levar a três replicações literais (resultados semelhantes) se o comportamento apresentado por eles for o mesmo. Ou três replicações teóricas (resultados contrastantes) se apresentarem comportamentos diferentes. Na lógica da replicação não há uma preocupação em representar ou determinar a frequência de ocorrência de um fenômeno em um grupo determinado, diferenciando-se da abordagem por amostragem, o que torna a aplicação de níveis de significância e elaboração de cálculos para a obtenção do tamanho da amostra irrelevantes.

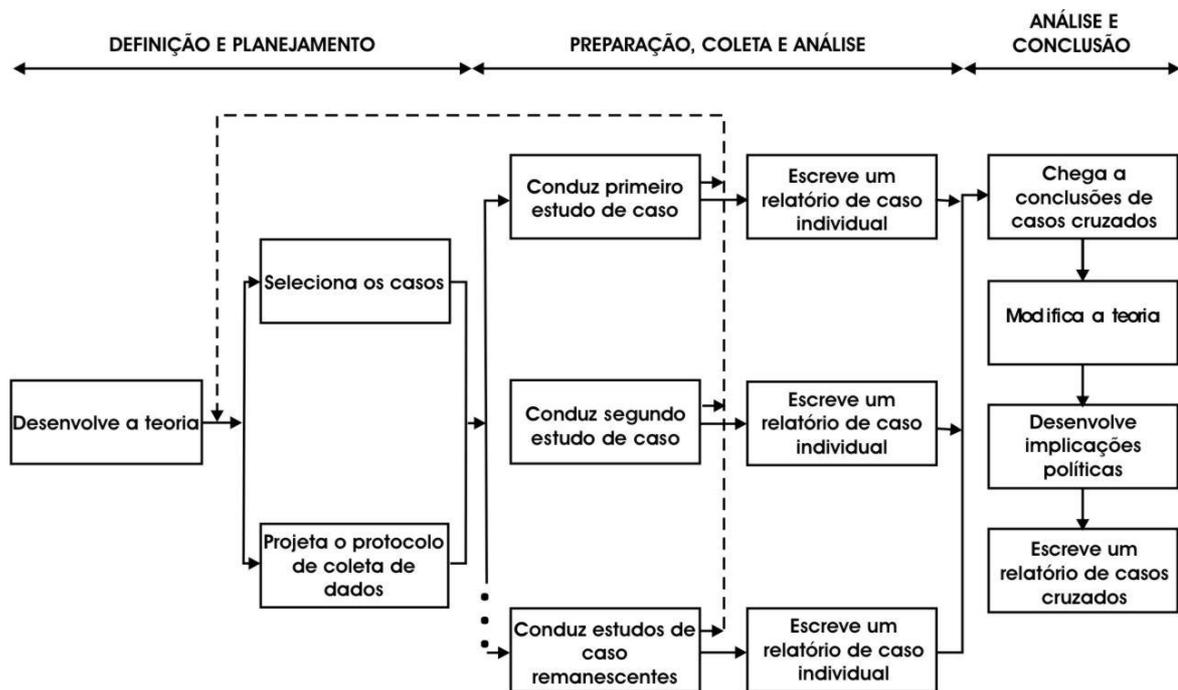


Figura 3.5. Método de estudo de caso - YIN (2001)

A decisão do número de casos a serem estudados, passou a depender dos parâmetros estabelecidos abaixo, resultando em três casos.

- Porte da empresa (pequena, média e grande);
- Origem de capital (nacional e internacional);
- Possuir instalações em Santa Catarina;
- Oferecer abertura na comunicação e fácil acesso.

O processo de pesquisa adotado será descrito abrangendo as três etapas conforme método descrito por YIN (2001):

- Definição e planejamento,
- Preparação, coleta e análise,
- Análise e Conclusão

3.4.1 Definição e planejamento da pesquisa de campo

O tema ou o problema a ser estudado, a abrangência, a estratégia de pesquisa e forma de análise, foram definidos como mencionado nos parágrafos anteriores. As informações necessárias são compostas por uma visão geral da empresa inicialmente, e questões específicas sobre o tema: manipulação e aplicação do conhecimento nos serviços de assistência técnica em empresas de manufatura, tendo como objetivo identificar a forma de armazenamento e distribuição do conhecimento técnico, possíveis ferramentas auxiliares e o impacto destes na qualidade do serviço. O que resultou nos assuntos, conforme apresentados na figura 3.6:

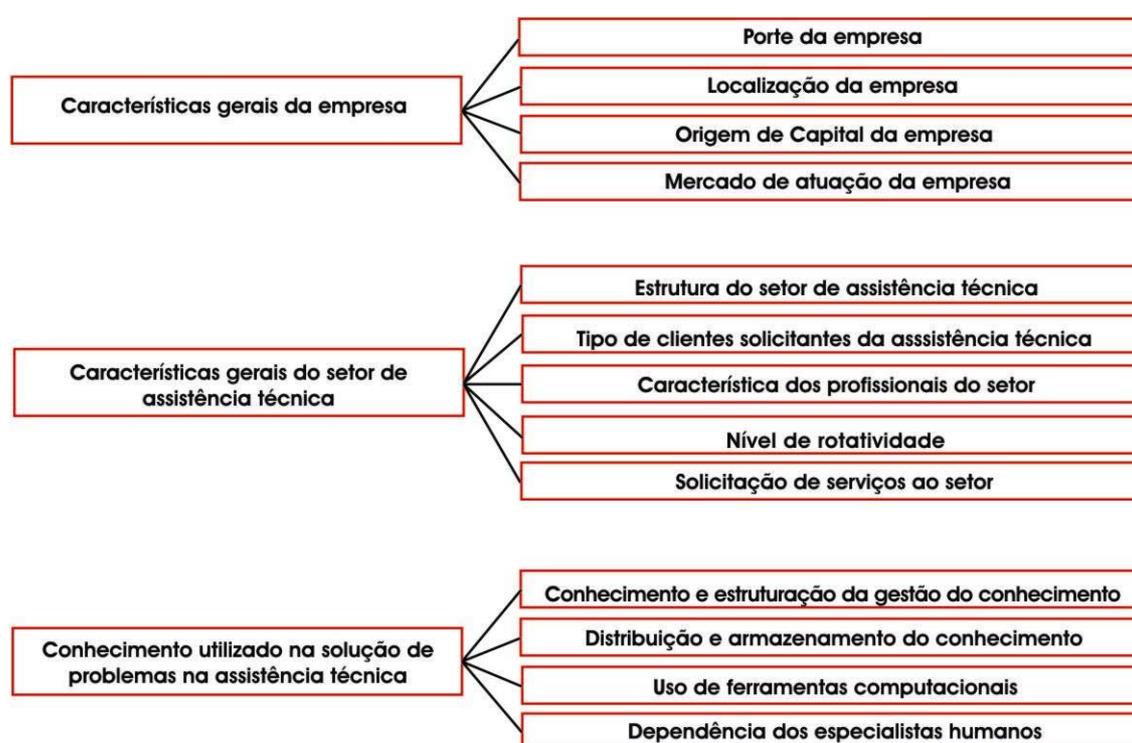


Figura 3.6. Assuntos abordados na pesquisa.

- Características gerais da empresa: O objetivo é traçar o perfil de cada empresa estudada sem necessariamente identificá-la. O que pode envolver o porte de empresa, localização, estrutura, produção, e outros aspectos que seja relevante a cada empresa.
- Características do setor de assistência técnica: Como é estruturado o setor de assistência técnica nestas empresas, perfil dos profissionais que lá atuam, tipos de clientes que solicitam os serviços, número de profissionais e tempo de serviço.
- Conhecimento utilizado na solução de problemas na assistência técnica: Identificar como é armazenado e distribuído o conhecimento técnico do setor. Se o conhecimento ainda

depende essencialmente e somente dos especialistas humanos (profissionais do setor) ou parte de uma base comum através do uso de ferramentas computacionais. Se a empresa conhece e possui gestão do conhecimento estruturada. Quais são os impactos das falhas dos profissionais devido à deficiência do conhecimento técnico exigido pelo setor.

3.4.2 Preparação, Coleta e Análise

Tendo realizado o planejamento da pesquisa e levantado quais as informações necessárias, optou-se pelo registro e documentação como fonte de evidência para as informações referentes às características gerais da empresa. Já para os outros dois grupos de informações as fontes de evidência utilizadas foram entrevistas estruturadas com questões abertas.

A execução da pesquisa consistiu no contato preferencialmente com os responsáveis pelo setor de assistência técnica ou por alguém designado, objetivando esclarecer os propósitos da pesquisa. Posteriormente foi enviado um protocolo em forma de questionário no modelo do apêndice A via e-mail. O preenchimento das questões por parte dos profissionais já resultou no relatório individual de cada empresa, base para a comparação posterior das informações coletadas. Após o recebimento dos protocolos, em alguns dos casos, foi mantida uma entrevista bem direcionada em alguns pontos para completar algumas lacunas apresentadas nas respostas.

3.4.3 Análise e Conclusão dos Resultados

As informações relativas às características gerais das empresas estão dispostas inicialmente na forma de sucintas narrativas individuais, identificando-as em todo o tempo através das letras A, B e C. Já na análise dos dois últimos grupos de informações, setor técnico e conhecimento, estão agrupadas na forma de pergunta-resposta (YIN, 2001), facilitando o exame das diferentes respostas dadas às mesmas perguntas por parte de cada empresa.

A definição do porte da empresa baseou-se na classificação do SEBRAE (2004) pelo número de funcionários conforme quadro 3.1.

Caracterização	Número de Empregados
ME (micro Empresa)	Empresa: até 19 empregados
PE (Pequena Empresa)	Empresa: de 20 a 99 empregados
MdE (média Empresa)	Empresa: de 100 a 499 empregados
GE (Grande Empresa)	Empresa: acima de 500 empregados

Quadro 3.1. Classificação das empresas por número de empregados (SEBRAE, 2004)

Sendo assim, aplicando às empresas entrevistadas se obteve:

Empresa Entrevistada	Número de Empregados na Unidade Entrevistada	Caracterização
A	Aproximadamente 6.700	GE
B	Aproximadamente 5.400	GE
C	93	PE*

Quadro 3.2. Classificação das empresas A, B e C de acordo com a classificação estabelecida pelo SEBRAE, 2004

*Como o número de empregados está próximo ao limite desta categoria, poderia ser considerada quase Média Empresa.

- Características Gerais das Empresas:

Empresa A

Surgida nos anos 60, inicialmente pela formação de sócios de profissões distintas. Totalmente brasileira, hoje, lidera o lugar de maior fabricante latino americano em seu segmento e figurando entre os cinco maiores do mundo. Sua exportação atingi 100 países e em 2002 foi responsável por 40% da produção. A produção concentra-se em cinco parques fabris localizados no Brasil, dois na Argentina, um no México e um em Portugal, empregando mais de 11 mil pessoas em todo o mundo, sendo que na Unidade onde se desenvolveu a pesquisa há aproximadamente 6700 colaboradores. Seus produtos, distribuídos em 32 linhas, possuem como clientes empresas montadoras já que não se destinam a consumidores finais. A empresa A, atuante na área de eletro-mecânica, está transformando-se em fornecedora de sistemas elétricos industriais completos.

Empresa B

Fundada há mais de 30 anos no ramo de metal mecânica, a empresa B hoje é líder mundial em seu segmento, detendo 25% do mercado mundial. Seus clientes são principalmente montadoras e fabricantes de equipamentos para refrigeração comercial, chegando a atender mais de 70 países. Além de possuir uma forte estrutura de vendas e distribuição, possui atualmente plantas em cinco países: Brasil, Itália, China, Eslováquia e Estados Unidos, tendo sua matriz em Santa Catarina. Emprega cerca de 9 mil pessoas em todo o mundo, sendo 5400 na unidade entrevistada, e chega a produzir em torno de 24 milhões de produtos distribuídos em 12 famílias.

Empresa C

A empresa C iniciou suas atividades em 1987 no ramo de controle de Geração de Energia Elétrica, consolidando-se em curto espaço de tempo, como fabricante de equipamentos para controle de geração. Com tecnologia própria para projeto e fabricação, foi pioneira na aplicação de seus produtos. É o único fabricante nacional de reguladores de velocidade e tensão, gerando soluções integradas e customizadas para projetos de modernização e automação. Expandiu seu mercado para a América Latina, fornecendo equipamentos e soluções completas e empregando 93 colaboradores.

- Características Gerais dos Setores de Assistência Técnica :

P1) Existe um setor de assistência técnica / suporte técnico estruturado?

R1(a) - A empresa A possui um departamento de Assistência Técnica centralizado, coordenado por um gerente funcional e está associado à diretoria de vendas. Conta com sete analistas (três engenheiros mecânicos, três engenheiros eletricitas e um técnico, além das pessoas de apoio (recebimento, controle de notas fiscais, envio de peças,...)).

R1(b) - A empresa B possui uma estrutura descentralizada; vários setores da organização conforme seu envolvimento com os clientes fornecem o suporte técnico, totalizando em torno de quarenta profissionais. Toda a solicitação de serviço é encaminhada primeiramente ao departamento de controle de qualidade, que registra as ocorrências e posteriormente direciona e encaminha as reclamações aos setores competentes.

R1(c) - A empresa C formalizou há mais ou menos dois anos seu departamento de Assistência obedecendo a uma estrutura centralizada.

P2) Quem solicita os serviços da assistência técnica e qual o meio de comunicação utilizado nesta interação com o usuário?

R2(a) - A empresa A identifica como principais meios de comunicação o telefone e o e-mail, sendo que em 2002 houve em torno de 1500 atendimentos mensais. Além de um monitoramento realizado através de um programa de visitas sistemáticas, chamado de visitas de rotina aos grandes centros (SP, Rio, Belo Horizonte e Porto Alegre) no qual a cada 3 meses um profissional da assistência técnica permanece por 1 semana visitando os Assistentes Técnicos Autorizados com objetivo de avaliar garantias e analisar sua estrutura de serviços (semelhante a uma "auditoria"). Clientes com problemas específicos também são visitados neste plano de visitas. O setor não utiliza a ferramenta de diálogos, como por exemplo, *chat's* para comunicação com clientes. Como clientes / usuários potenciais deste tipo de serviço, destacam-se:

Cliente (usuário) final: trata-se do proprietário do equipamento, que pode ser pessoa física, como um cliente que adquiriu um produto residencial, e uma pessoa jurídica, que pode ser uma grande empresa com diversos equipamentos instalados;

Segmento de manutenção: além das equipes internas de manutenção dos clientes finais, há diversas empresas que prestam manutenção para este tipo de equipamento. Entre estas empresas estão os Assistentes Técnicos Autorizados (total de 319 no Brasil), os quais contam com treinamento na fábrica, informações facilitadas, catálogos, especificações do fabricante, etc. Há também empresas de manutenção que não são autorizados e recebem informações técnicas do produto a fim de manter as características operacionais dentro dos padrões estabelecidos pela empresa;

OEM's (Original Equipment Manufacturer): trata-se das empresas que adquirem o produto a fim de acoplá-lo em suas respectivas máquinas e vender este conjunto a um cliente final. Cita-se como exemplos fabricantes de bombas centrífugas, máquinas de lavar e secar roupas, compressores de ar, britadores, ventiladores, etc.

R2(b) - A empresa B também utiliza o telefone e e-mails acrescidos dos boletins informativos e visitas para solução de problemas e suporte técnico. Seus clientes / usuários não abrangem consumidores finais, nem possuem Assistências Técnicas Autorizadas ou vinculadas fora as internas à empresa. Boa parte dos solicitantes dos serviços de Assistência Técnica são montadoras de equipamentos, idem as OEM's da empresa A, e a rede de distribuidores de peças de reposição. A média de casos atendidos por um dos setores responsáveis pela assistência Técnica é de 20 por mês, tendo como média de resposta

imediate um dia e dez dias para as respostas definitivas. Entretanto estes números variam de acordo com as diretrizes de cada gestão.

R2(c) - A empresa C tem como clientes / usuários empresas geradoras de energia e utiliza de maneira distribuída a comunicação entre e-mails, telefonemas (média de 200 a 300 ligações ao mês) e visitas a campo para a resolução de problemas.

P3) Qual(is) a(s) característica(s) principal(is) para trabalhar no setor de Assistência Técnica?

R3(c) - Para a empresa C é necessário ter capacitação técnica, agilidade na tomada de decisões, flexibilidade e empatia.

R3(b) - A empresa B destaca o dinamismo, conhecimento de toda a cadeia produtiva e principalmente conhecer o produto.

R3(a) - Já a empresa A estendeu ainda mais as características necessárias como se pode ver na citação: “A área de AsTec necessita de profissionais com bom conhecimento técnico do produto, facilidade de relacionamento e expressão, raciocínio rápido, capacidade de adaptação, disponibilidade para viagens, enfim, o que o departamento chama de CV: ‘coeficiente de viração’. Trata-se de um profissional que está na fronteira da empresa, pois relaciona-se com os clientes externos captando os problemas de campo e necessita repassá-los aos correspondentes clientes / fornecedores internos.”

Através das características descritas pelas empresas a que merece grande destaque é o nível de conhecimento técnico exigido pelo setor, não somente da estrutura do produto, mas sua aplicação e a cadeia produtiva ao qual pertence.

P4) Qual a média de tempo que os profissionais permanecem empregados no setor? Isto caracteriza alta rotatividade?

R4(a) - Os profissionais da empresa A permanecem em média cinco anos no setor, o que caracteriza para a empresa alta rotatividade, pois o período de treinamento e capacitação até o técnico adquirir experiência e conhecimentos suficientes do produto tem levado cerca de dois anos. Esta alta rotatividade reflete na qualidade da prestação dos serviços, pois enquanto os técnicos mais novos estão em fase de treinamento, não podem assumir responsabilidades ou atender os chamados “problemas de grande escala”. Os profissionais ditos “mais experientes” ficam sobrecarregados, necessitando viajar constantemente a fim de atender problemas de campo (média de uma semana por mês viajando).

R4(b) - Na empresa B a média de permanência é de dez anos e para a empresa não é considerada alta rotatividade, pois não é comum os profissionais da área serem colocados muito cedo nas atividades de Assistência Técnica. Ao ingressar na área com conhecimentos acumulados em outros setores, o profissional com um ano de trabalho somado ao perfil requisitado já é capaz de executar a atividade de assessoria técnica com segurança. No setor, o conhecimento adquirido no dia a dia e as influências dos próprios colegas de trabalho acrescido ao desempenho individual de cada profissional, são rapidamente absorvidos nas funções de Assistência Técnica. Senso assim, a rotatividade não influencia na qualidade dos serviços, pois o nível de conhecimento dos profissionais é bastante alto.

R4(c) - A empresa C não soube informar o tempo médio de permanência, pois o setor tem apenas dois anos de formação, mas indica cerca de seis meses a um ano para o treinamento dos profissionais e uma alta rotatividade prejudicaria a qualidade do serviço, pois os equipamentos / produtos exigem alta capacitação técnica.

- Conhecimento utilizado na solução de problemas na assistência técnica:

P5) A empresa tem a cultura de estimular a troca de experiência entre seus profissionais? Como?

As três empresas responderam positivamente a esta pergunta.

R5(a) - A empresa A destaca a troca de experiência estimulada através de reuniões internas inter-departamentais.

R5(b) - A empresa B também cita as reuniões rotineiras como meio, além do “*job rotation*”, comitês da qualidade, caracterização para solução de problemas e desenvolvimento de novos projetos.

R5(c) - Já a empresa C salienta os treinamentos internos e a característica da empresa em ter colaboradores com perfil de facilitadores de troca de conhecimento e experiências.

P6) A empresa trabalha com Gestão do Conhecimento?

Esta pergunta visa identificar se há conhecimento por parte do profissional a respeito da gestão do conhecimento e se esta se apresenta estruturada na empresa. Entretanto, esta gerou um pouco de confusão conceitual em alguns dos entrevistados.

R6(a) - A empresa A cita a existência de um programa de treinamento aos colaboradores admitidos, desde operadores de chão de fábrica até o nível de engenharia, bem como a reciclagem através de cursos com fornecedores universidades, técnicos da área, uso de *Benchmarking*, mas mesmo assim não caracteriza Gestão do Conhecimento estruturada e sim a criação de uma cultura consciente na criação e distribuição do conhecimento, entretanto não há uma preocupação marcante até o presente momento, na retenção e armazenamento deste conhecimento de forma explícita.

R6(b) - A empresa B possui um gestor de gestão do conhecimento há mais ou menos dois anos, mais ainda se diz em fase de adaptação e implantação. Um dos trabalhos interessantes apresentados pela empresa B foi o mapeamento das competências das plantas nos cinco países e os planos de ação para otimizar o uso e desenvolvimento destas competências.

R6(c) - A empresa C cita que existe em alguns setores de forma embrionária, em outros cita um sistema de registros e acompanhamento de melhorias e anomalias. Como se pode ver, houve uma confusão entre Gestão do Conhecimento e ferramentas da Garantia da Qualidade, levando a inferência de que no máximo a empresa C esteja trabalhando com sistemas de Qualidade.

P7) É utilizada alguma base de conhecimento comum?

R7(a) - Na empresa A, há uma sistemática de criar relatórios técnicos, relatórios de visitas e laudos realizados em motores com problemas, porém o volume de material é muito grande, o que não facilita a aprendizagem.

R7(b) - O processo de reclamações de clientes na empresa B está disponível na rede Lótus Notes (banco de dados). Informações via intranet e listas de engenharia, relatórios de engenharia, sistemas de anomalias desenvolvidos para registros de anomalias de processo e produto (manufatura).

R7(c) - A empresa C não utiliza base comum, além do conhecimento repassado nas pelas experiências dos profissionais.

P8) É utilizada alguma ferramenta computacional durante o processo de solução do problema?

R8(a/c) - Tanto a empresa C quanto a A utilizam ferramentas computacionais somente para registro e acompanhamento após a solução do problema.

R8(a) - A empresa A primeiramente utiliza um “caderno” como fonte de arquivamento de registro. Posteriormente, os casos ditos “mais graves” são registrados em uma planilha do *Excell* e tratados com uma sistemática de acompanhamento e controle. O profissional é quem deve caracterizar, pela própria experiência, se um problema deve ou não ser registrado nesta planilha.

R8(b) - No caso da empresa B, todo o sistema de reclamações de clientes é gerenciado pelo departamento da Garantia da Qualidade através de programa em computador dedicado. Todas as informações são registradas em todas as etapas de caracterização e planos de ações corretivas. Para isto a empresa desenvolveu um programa específico de forma a atender as necessidades pertinentes à atividade. Chegando a chamá-lo de programa inteligente, pois após lançar as informações, as respostas são formatadas pelo próprio sistema.

P9) Como é inserido, compartilhado e preservado o conhecimento adquirido / gerado através da experiência de cada profissional?

R9(a/b/c) - De uma forma geral, em todas as empresas, através de treinamentos internos e externos, boletins técnicos, informativos, visitas constantes na manufatura, reuniões semanais em alguns casos, a fim de equalizar os assuntos que estão sendo testados por cada profissional. E reuniões multidepartamentais para assuntos de maior relevância levantados pelo grupo.

P10) Já ocorreu falhas no suporte técnico durante o atendimento devido à falta de conhecimento ou esquecimento dos profissionais da área?

R10(b) - A empresa B nega qualquer falha justificando que a forma de trabalho exercida na empresa é muito clara e bem definida. No caso de haver alguma dúvida a pessoa envolvida tem em tempo real suporte da fábrica, não importando o lugar que esteja.

R10(a/c) - Já as empresas A e C assumem falhas no atendimento, porém somente a empresa A exemplificou: “Há o problema da falta de conhecimento/esquecimento durante o atendimento técnico. Para alguns casos, criou-se uma espécie de *Check List* , deste modo, qualquer pessoa que atender um caso de reclamação de falha de rolamento, por exemplo, fará os mesmos questionamentos ao cliente.

Diversas falhas no atendimento podem ocorrer, tanto devido ao "esquecimento" quanto à falta de conhecimento técnico no assunto abordado. Por exemplo, se um cliente

desejar substituir o eixo confeccionado com aço padrão (SAE 1040/45) de um determinado motor 2 pólos por um eixo de aço inoxidável da serie austenitica (SAE 316) tal motor não funcionará. Isso ocorre porque o aço inoxidável austenitico é "não magnético" e causa deformação do fluxo magnético do motor. Se o profissional esquecer de detalhes como este poderá provocar outros tipos de problemas e não prestar um serviço de suporte técnico.”

P11) No surgimento de dúvidas relativas ao conhecimento técnico a quem os profissionais da área recorrem? Por que?

R11(a) - A empresa A tem como sua primeira fonte de consulta os outros membros do setor, ou seja, os “mais experientes”. Na falta destes, consulta-se os departamentos de engenharia, mas geralmente baseado em informações verbais ou via e-mail. Dificilmente recorre à literatura ou artigos técnicos como fonte de pesquisa diária.

R11(b) - Na empresa B toda a estrutura de engenharia e desenvolvimento está permanentemente à disposição para suprir eventuais dúvidas relacionadas ao produto.

R11(c) - A empresa C recorre a profissionais de outros setores ou utilizam consultorias externas.

P12) Quais as maiores dificuldades durante o atendimento?

R12(a) - As maiores dificuldades para a empresa A, são os registros das informações, a criação de um banco de dados com as experiências, soluções adotadas e retorno destas modificações para casos específicos. Criam-se especialistas em certos assuntos provocando uma situação confortável aos demais, pois se pensa que enquanto este “especialista” estiver no setor, não precisa se preocupar com treinamento nesta área. Ocorre que na falta deste, muitos atendimentos ficam prejudicados. Outra necessidade é o processamento dos atendimentos diários, atualmente dependentes do especialista humano.

R12(b) - A empresa B não identificou dificuldades relevantes.

R12(c) - A complexidade dos equipamentos, que muitas vezes torna difícil a identificação e solução das anomalias acompanhada da pressão de uma rápida avaliação e solução do problema gerada pelo alto custo do equipamento parado, são grandes dificuldades enfrentadas pela empresa C.

Em resumo a partir dos resultados desta pesquisa, se pode inferir que tanto a gestão do conhecimento quanto o desenvolvimento de sistemas especialistas têm potencial de aplicação

nos setores de assistência técnica. E o quanto este setor precisa evoluir neste sentido. Os problemas oriundos da falta de importância ou do tratamento inadequado do conhecimento necessário ao setor são percebidos nas respostas dadas pelos envolvidos na área. As empresas que não entendem que a maior ferramenta utilizada na assistência técnica é o conhecimento acumulado pelos seus profissionais, não poderão sustentar um serviço de boa qualidade. Outro aspecto importante a ser ressaltado é a complementaridade entre sistemas especialistas e gestão do conhecimento. A empresa B que tem a gestão do conhecimento mais estruturada do que as demais, já possui um sistema computacional dito por ela inteligente. De forma generalizada, pode-se inferir que o setor de assistência técnica em sua grande maioria, não possui ferramentas mais formais para armazenar, disponibilizar e compartilhar o conhecimento por ele manipulado.

CAPÍTULO IV

ANÁLISE DE VIABILIDADE E ESPECIFICAÇÕES DO PROTÓTIPO SECATI

O capítulo anterior apresentou a descrição de alguns projetos sobre sistemas especialistas em uma área do conhecimento específica que é a assistência técnica e manutenção, as aplicações diversas e os benefícios trazidos por estes sistemas computacionais, além de uma pesquisa de campo na área, com três empresas catarinenses de manufatura. Ao final da pesquisa são percebidas as carências enfrentadas no setor por não possuir um tratamento adequado para o conhecimento lá gerado. Este capítulo tem dois grandes objetivos: estruturar de forma sistemática o planejamento de um projeto para desenvolvimento de sistemas especialistas que poderá ser utilizado futuramente, e relatar a aplicação desta estrutura através do protótipo desenvolvido. Ao final do capítulo espera-se que o leitor entenda que o desenvolvimento dos sistemas especialistas requer uma análise e a construção de um bom projeto. Além de servir como apoio à análise de viabilidade para trabalhos futuros.

4.1 Conceitos Gerais sobre Projetos

O planejamento de um projeto é a etapa inicial no desenvolvimento de um produto ou serviço. Sem pretensões de enrijecer o ato de concepção, criação e execução, o projeto proporciona uma visualização estruturada das etapas necessárias à sua concretização. A função principal de um projeto é fornecer subsídios para identificar como atingir um resultado final mais próximo ao que se espera, através de uma simulação mental e/ou computacional devidamente registrada, favorecendo uma análise mais detalhada das possíveis conseqüências originadas pelas incertezas e conseqüentes ações para diminuí-las.

Os conceitos de projeto são inúmeros, diversificados e desprovidos de uma definição universal por parte da literatura. Há apenas alguns pontos comuns nestas definições, e são

interessantes de serem ressaltados: atendimento às necessidades dos clientes, processo e sequenciamento de etapas, duração, custo e recursos. Mesmo assim, este estudo buscou uma definição coerente: “ Um projeto (*project*) é um esforço temporário realizado para criar um produto ou serviço único” (PMBOK, 2000), o termo temporário induz ao entendimento de início e fim definidos. Poderia parecer um contra-senso adotar esta definição para os sistemas especialistas, pois como será visto, uma de suas características é não ter fim, ou seja, é passivo de incrementos contínuos. Mas esta definição aplicada aos sistemas especialistas deixa clara a distinção entre produto e projeto, sendo assim a finalização de um produto principalmente de um sistema especialista não necessariamente deve existir, ao contrário do projeto. Portanto, estes incrementos futuros são realizados através de outros projetos. O que definirá o tempo de projeto é o escopo e seus objetivos.

BACK (1983) definiu projeto (processo de projeto) como uma atividade com a finalidade de atender às necessidades humanas, mais especificamente as dos usuários do produto. Em sistemas especialistas isto deve ser muito bem entendido, pelo fato que este tipo de produto está dentro de um domínio de conhecimento restrito e específico, com um público alvo bem definido e pode caracterizar-se ainda, como neste caso, um projeto piloto específico.

4.2 Metodologia de Projeto Aplicada

Ao iniciar o trabalho buscou-se aplicar a metodologia pertinente na literatura utilizada para desenvolvimento de sistemas especialistas, a qual era descrita em quase a totalidade dos autores pesquisados. Com o andamento do trabalho percebeu-se que havia uma lacuna, ou melhor, uma carência ao se tratar de aspectos mais amplos, como por exemplo, levantamento de riscos, tempo e registro do escopo.

Os aspectos descritos acima, entre outros, mostravam-se continuamente necessários, porém o presente trabalho não estava dando um tratamento formal ou estruturalmente organizado que possibilitasse a complementaridade dos mesmos.

Dentro deste cenário, mesmo com o trabalho em andamento, resolveu-se rever a metodologia até então aplicada. Para a formulação e estruturação da nova metodologia a ser aplicada, analisou-se dois fatores decisivos:

- O sistema especialista é um *software*, porém não convencional;
- Todo *software* deve estar sustentado em um bom planejamento de projeto.

Cada fase deste modelo incremental incorpora atividades a serem seguidas, tais como: análise prévia de viabilidade, especificações do protótipo, aquisição do conhecimento, representação e verificação do conhecimento, implementação e validação. Estas etapas compõem o processo de desenvolvimento dos sistemas especialistas. As duas primeiras etapas são abordadas ainda neste capítulo, as demais são detalhadas no Capítulo 5 acompanhadas dos resultados de suas aplicações.

A metodologia incremental não é novidade no universo do desenvolvimento dos sistemas especialistas, pois, é bastante presente e seguida por quase a totalidade dos profissionais que constroem sistemas especialistas. Entretanto, esta metodologia tem maior foco no processo de desenvolvimento, propriamente dito, sem contemplação ampla e explícita do projeto.

O segundo aspecto inicialmente levantado tem âmbito mais amplo - o projeto, expandindo a execução das etapas de desenvolvimento. As definições de projeto já foram abordadas no item 4.1, agora serão vistos os grupos de processos e as áreas de conhecimento envolvidas no processo de projeto. A estrutura adotada e adaptada é a apresentada pelo PMBOK (2000), no que se refere ao ciclo de vida dos projetos. Logicamente, cada projeto tem seu processo de gerenciamento característico, mas em linhas gerais obedecem as fases descritas a seguir:

- Fase de Iniciação: É o reconhecimento da existência do projeto vinculado a uma necessidade da empresa ou outro cliente. É a autorização para execução do projeto, portanto se deve documentar os motivos pelos quais serão executados os esforços do projeto, quais as expectativas gerais esperadas ao seu final, bem como uma análise do mercado neste contexto. Não se deve esquecer de mencionar as restrições como: prazos, recursos humanos e financeiros e outros que fornecem subsídios para definir a continuação ou não do projeto;
- Fase de Planejamento: O planejamento é uma fase do projeto que visa descrever detalhada e ordenadamente todas as etapas a serem cumpridas para que o projeto seja concluído com êxito. Dependendo do tipo de projeto este planejamento pode tornar-se bastante complexo, portanto a fase de planejamento é uma maneira de facilitar o reconhecimento de todos os pontos e aspectos a serem analisados e planejados. O PMBOK (2000) fragmenta o planejamento em áreas de conhecimento, tais como qualidade, custos, recursos, e outros, mas deixa explícito que na prática eles podem sobrepor-se e interagir de diversas maneiras;
- Fase de Execução: É a execução do plano de projeto propriamente dita. É a realização das atividades previstas sob coordenação e com um grau de flexibilidade que muitas

vezes pode levar a um ajuste do plano de projeto. Nesta fase, foi alocado o processo de desenvolvimento dos sistemas especialistas citado nos parágrafos anteriores, ficando mais claro o conceito de modelo incremental e seus ciclos, conforme mostra a figura 4.2 a seguir. As etapas do processo de desenvolvimento dos sistemas especialistas podem sofrer um processo de retro-alimentação;

- Fase de Controle: O controle em sua maior parte ocorre simultaneamente à execução. A fase de controle é a fase de monitoramento e medição regular das atividades e seus possíveis desvios, constantemente compara-se o previsto com executado. Um controle regular durante o processo permite ajustes que não deixam o projeto desvirtuar-se de seus propósitos. Principalmente se foram levantados fatores de riscos previstos. O exercício do controle dos processos de desenvolvimento possibilita um planejamento futuro mais realista e uma melhor previsão dos riscos envolvidos. O controle poderá ser desmembrado obedecendo as mesmas áreas de conhecimento utilizadas no planejamento, conforme figura 4.2;

- Fase de Encerramento: É a finalização do produto, ou no caso dos sistemas especialistas o cumprimento do que foi descrito no escopo. Para este estudo além do cumprimento do escopo o encerramento dar-se-á pela apresentação do protótipo à empresa solicitante e o registro do desenvolvimento e dos resultados.

A figura 4.2 facilita a visualização da metodologia aplicada, na qual estão sintetizados todos os aspectos descritos anteriormente.

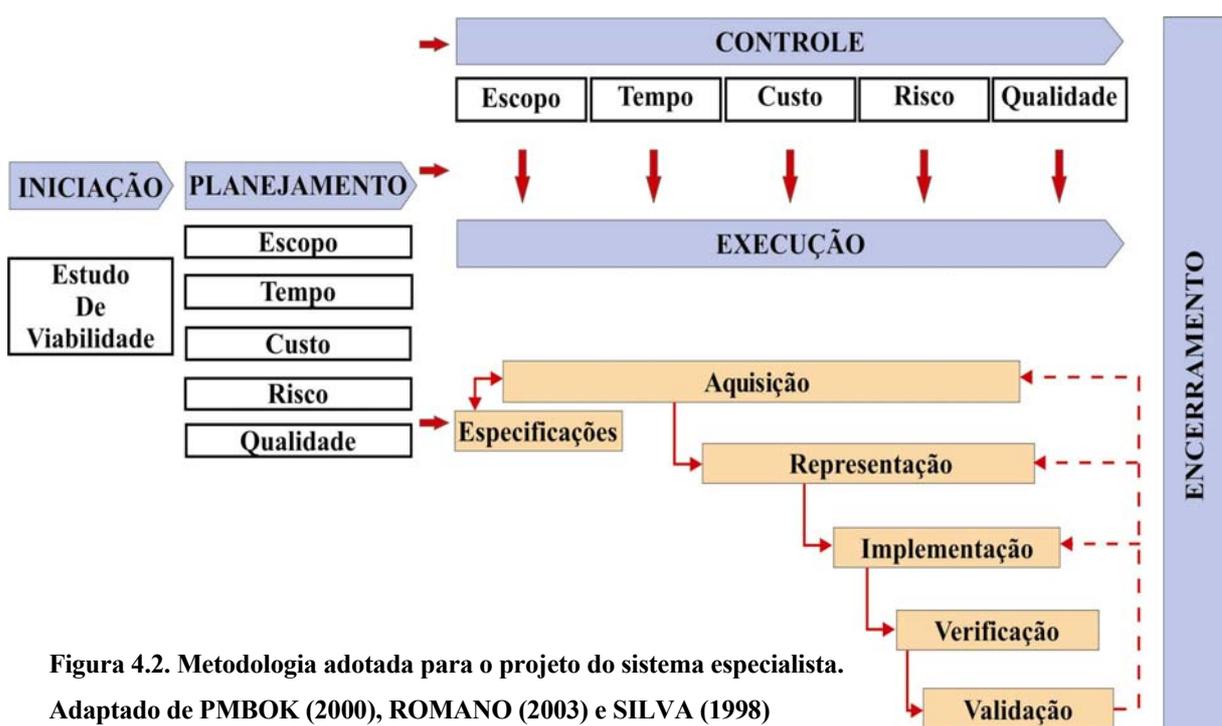


Figura 4.2. Metodologia adotada para o projeto do sistema especialista. Adaptado de PMBOK (2000), ROMANO (2003) e SILVA (1998)

Em todo o processo apesar de haver uma seqüência, todas as etapas podem apresentar necessidade de uma nova análise, entretanto a figura 4.2 destaca apenas o processo cíclico das etapas de especificação, aquisição, representação, implementação, verificação e validação, constituintes do modelo incremental.

4.3 Estudo de Viabilidade

Nesta fase foram colhidas e analisadas informações que justificaram o desenvolvimento do sistema especialista. É de suma importância que seja avaliado a área de aplicação e a razão pela qual o sistema será desenvolvido. Esta avaliação inicial fornece, numa visão geral, as possibilidades a serem alcançadas pelo sistema especialista, possíveis limitações do projeto e adequação à proposta inicial levantada pelo cliente. Neste caso denomina-se cliente a empresa alvo para a qual o protótipo está sendo desenvolvido.

O estudo da viabilidade poderá variar em complexidade de acordo com a complexidade do sistema ou do projeto a ser desenvolvido. Todas as etapas ou fases do projeto aqui apresentado, foram direcionadas ao desenvolvimento de um sistema especialista protótipo. Entretanto, após término do protótipo, todo este estudo poderá servir como análise de viabilidade, muito mais fundamentada, para a criação de projetos de ampliação na mesma empresa.

A escolha dos critérios da análise de viabilidade deste projeto baseou-se nas definições apresentadas por MONTANHA Jr. (2004), e SILVA (2003), sendo estas agrupadas em três categorias:

- Análise do mercado (características gerais e tecnologias);
- Adequação a área de aplicação;
- Disponibilidade de recursos;

4.3.1 Análise do mercado (características gerais e tecnologia)

O estudo da viabilidade do sistema especialista partiu de uma proposta apresentada pela empresa de telecomunicação através do coordenador de projetos e do gerente da qualidade, este último responsável na época pelo setor do CATI. A proposta consiste na construção de um

sistema especialista para auxiliar na resolução de problemas no setor de assistência técnica. Sendo assim, a busca de informações no mercado foi direcionada às tecnologias utilizadas para auxílio à manutenção e diagnóstico de falhas, principalmente no que compete à interação com o cliente. Pesquisaram-se também as possibilidades tecnológicas utilizadas no desenvolvimento dos sistemas especialistas, através do relato de outros estudos.

Como citado no Capítulo 3, o diagnóstico é líder das funções desempenhadas pelos sistemas especialistas (DURKIN, 1994). Continuando, todo o capítulo 3 consistiu numa análise de mercado, apresentando tanto as aplicações dos sistemas especialistas no setor de assistência técnica e manutenção, fornecidas pela revisão bibliográfica, quanto pelas possibilidades futuras e carências verificadas através da pesquisa de campo, baseada em casos múltiplos.

4.3.2 Adequação à área de aplicação

Neste item, três pontos são abordados de forma integrada: a problemática, aplicabilidade propriamente dita e sua justificativa.

Procurou-se primeiramente entender a problemática através de entrevistas com profissionais e da observação direta *in loco* do funcionamento do setor de assistência técnica da empresa de telecomunicações, e aonde irá atuar o sistema especialista. Para desenvolver a atividade de suporte técnico os profissionais do setor têm apenas o conhecimento e experiências adquiridas individualmente, um esquema elétrico impresso do produto como apoio à tomada de decisão e um *software*, denominado neste trabalho de *Sistema de Atendimento*, para registros posteriores da ocorrência.

A observação revelou que, quando o telefone toca um aparelho conectado ao micro computador repassa as informações da chamada, já indicando no *Sistema de Atendimento*, o número telefônico e o técnico solicitante (caso já esteja cadastrado no banco de dados). Algumas informações são inseridas no *Sistema de Atendimento* e posteriormente todas as orientações técnicas são repassadas via telefone. Todas estas orientações são repassadas baseadas na visualização do esquema elétrico do aparelho, citado pelo técnico solicitante, anotações particulares e o conhecimento acumulado do especialista. O *Sistema de Atendimento* não auxilia na resolução dos problemas, tão pouco nas orientações técnicas a serem repassadas. Para cada produto há um esquema elétrico particular e em cada esquema anotações particulares

como, por exemplo, locais a serem realizadas medições, valores que devem atingir determinados pontos do circuito e em quais situações, entre outros.

O *Sistema de Atendimento* utilizado foi desenvolvido especialmente para a empresa. Sua função inicial era dar suporte ao setor auxiliando a solução de problemas, entretanto somente é utilizada uma de suas telas (figura 4.3), que tem apenas a função de registrar a ocorrência das chamadas: dia, técnico, produto, orientação dada. As lacunas correspondentes aos dados cadastrais e seleção do produto são preenchidas assim que se inicia o processo de atendimento. A sessão “Pesquisa de manuais” é preenchida após repassar ao solicitante as orientações do que fazer. Ao escolher a opção “Orientação” abre-se os campos: ligações efetuadas,...., reparos,...., ajuste. Geralmente é preenchido o reparo ou ajuste, dependendo da orientação repassada.

Sistema de atendimento

Consultas Pesquisa Relatórios Sistema Ajuda

Confirma Consulta Pesquisa Pendência Recursos Soluções Clientes Atendente Fechar

Dados cadastrais

Número do telefone Outro número de telefone Código técnico

Nome do cliente Endereço do cliente Classificação

E-mail Base

Seleção do produto

Tipo Versão do software

Modelo Número de série

Utilização

Eventos de atendimento Pesquisa de manuais

Orientação Envio Elogio Campanha Engano

Reclamação Sugestão Abandono Trote

Pendência

Origem

Destino

Procedente

Tipo Fax Rede E-mail Interno

Descrição / Sugestões / Observações / Elogios

Resolvido por telefone

Problema

Próximo

Anterior

Último

Primeiro

Contatos

Fechar

Confirma

NOVO

485 - Luiz (Ate.) NOVO 09/07/2003 - 08:21:33

Figura 4.3. – *Software Sistema de Atendimento* atualmente utilizado pelo setor de assistência técnica da empresa alvo

No campo descrição / sugestão, destacado na figura 4.3 são informadas as orientações repassadas, mas nem sempre este campo é alimentado.

Neste caso fica claro que a orientação para solucionar o problema é estritamente de responsabilidade e conhecimento do especialista com o apoio do esquema elétrico. Um dos profissionais salienta o desconforto para o especialista após realizar um atendimento, perceber que repassou alguma informação errada ou incompleta. E isto acontece decorrente da quantidade de informações memorizadas e diversidade de solicitações de orientação durante o dia.

Há uma função no “menu” que ao ser solicitada apresenta a opção: esquemas, boletins e ocorrências. Nenhuma delas foi alimentada em todo o uso do *Sistema de Atendimento*. Apenas os “esquemas” apresentam uma alimentação. Um dos esquemas elétricos foi “scaneado” e salvo no *Sistema de Atendimento*. Entretanto, o sistema não possibilita a visualização geral do esquema e dificulta encontrar qualquer detalhe de maneira eficiente.

Mesmo a função de registrar as ocorrências, também como já mencionada, não é fortemente eficiente, primeiro por não ser preenchida adequadamente, e segundo por não tornar fácil sua pesquisa futura. Quando o especialista lembra que tem um registro com situação similar, este somente conta com a “intuição” ao procurar o registro. Isto é bastante dispendioso e desmotivador. Para casos mais graves é aberto um boletim de ocorrência que não está incorporado no *Sistema de Atendimento*, entretanto se há um pequeno problema, mas com uma grande frequência de ocorrência, somente será constatado pela percepção do especialista.

A falta de um registro mais formal e eficaz dificulta também as reuniões com a equipe de desenvolvimento de produtos, pois não há informações concretas a respeito de determinados problemas ou falhas apresentados.

A situação apresentada anteriormente é perturbadora para as pessoas que trabalham no setor, que buscam de alguma maneira melhorar seus recursos e conseqüentemente seu atendimento. Anteriormente todos os esquemas elétricos eram dispostos em grupos separados. Atualmente, já foi implementada uma pasta contendo todos os esquemas de maneira que para cada novo produto, podem ser incluídos novos esquemas em uma determinada ordem. Também qualquer situação ou orientação dada a uma solicitação que alguns dos técnicos entendam não ser usual, ou uma situação que poderá passar como desapercibida pelos demais, é realizada comunicação via e-mail. Estas mensagens são transformadas em anotações para os esquemas elétricos correspondentes. Outra fonte é a consulta entre os

próprios especialistas do setor. Quando alguém está atendendo uma chamada e tem dificuldades em resolver, solicita ajuda aos companheiros do setor.

A descrição acima favorece subsídios para determinar a existência real da problemática, a possibilidade de aplicação do sistema especialista, pois, o conhecimento utilizado é bastante específico, especializado e dependente do homem, justificável pelo comprometimento da qualidade dos serviços hoje apresentados, número de solicitações, diversidade e vida útil dos produtos conforme visto no item 3.3 do capítulo 3 deste estudo.

Por fim, como último parâmetro de análise deste critério, obteve-se uma resposta positiva ao realizar o teste do telefone (SILVA, 2003), ou seja, apenas através de uma conversa via telefone o especialista pode apresentar soluções eficientes ao problema.

4.3.3 Disponibilidade de recursos

Tão ou mais importante que a aplicabilidade do sistema é a disponibilidade de recursos para o seu desenvolvimento. Nesta análise, foram utilizadas algumas das questões apresentadas por SILVA (2003), conforme apresentados a seguir:

Existe apoio gerencial ao projeto?

O setor de assistência técnica era vinculado à gerência da qualidade. Após o surgimento da proposta por parte do gerente de projetos, realizou-se uma palestra na empresa alvo ministrada pelo orientador deste estudo, a fim de esclarecer e apresentar os conceitos fundamentais dos sistemas especialistas. Posteriormente, estabeleceu-se um segundo contato com a empresa através de uma reunião com o então coordenador de projetos, representantes da engenharia do conhecimento (mestranda e orientador) e o gerente da qualidade. O objetivo era esclarecer e identificar os interesses gerais de ambas as partes e realmente definir a concepção do projeto, ficando claro para os mesmos a necessidade de interação e apoio, bem como o cumprimento das atividades a serem planejadas. Na mesma reunião o gerente indicou o representante dos especialistas que passaria a compor a equipe de projeto.

Há disponibilidade, apoio e competência por parte do especialista?

Como o profissional escolhido (especialista) não trabalha tempo integral no atendimento telefônico, foram disponibilizadas as horas restantes ao desenvolvimento e cooperação do

projeto. O especialista é altamente capacitado, dinâmico e possui um tempo de resposta e cumprimento das atividades rápido. A recepção do projeto pelo profissional foi positiva, em diversos comentários, este profissional fez referências ao mesmo como “nosso” projeto incorporando-o. Isto é bastante favorável, visto que a relação entre engenheiro do conhecimento e especialistas deve ser encarada como uma equipe em *prol* de um objetivo comum.

Existe disponibilidade de ferramentas e treinamentos?

Quanto às ferramentas de desenvolvimento dos sistemas especialistas foi pesquisado a disponibilidade das mesmas, no Capítulo 2 item 2.7. Quanto ao domínio do conhecimento o engenheiro do conhecimento conta com os especialistas no repasse do conhecimento específico, esclarecimentos preliminares e acesso a materiais para consulta. Um profissional que já trabalhou na assistência técnica e agora atua no setor de apoio, mostrou-se motivado em ajudar com o fornecimento de materiais para aquisição de conhecimento, como por exemplo, boletins de ocorrência. Uma outra fonte a recorrer foi o laboratório existente no Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina (CEFET-SC) unidade de São José, onde é fornecido o curso de telecomunicações. Quanto à interação dos especialistas no projeto e em aspectos gerais da engenharia do conhecimento, fica a cargo do engenheiro do conhecimento através da exposição de alguns conceitos inicialmente, e uma incorporação contínua do especialista durante o processo de desenvolvimento. O engenheiro do conhecimento também deverá familiarizar caso haja novos especialistas envolvidos diretamente no projeto com os conceitos gerais sobre sistemas especialistas.

Há disponibilidade financeira?

Numa análise geral da proposta percebeu-se que não haveria um investimento financeiro direto. Por se tratar do desenvolvimento do sistema especialista em um curso de mestrado, o engenheiro do conhecimento (representado pela mestranda) foi beneficiado pela CAPES através de uma bolsa de estudo mensal. Em relação à empresa não seriam necessários recursos financeiros, somente de forma implícita ocasionados pelo direcionamento das horas dos especialistas ao desenvolvimento do projeto. Quanto ao custo dos demais recursos utilizados no desenvolvimento do sistema, *Shell's* por exemplo, no capítulo 2 item 2.7 verifica-se a possibilidade de utilização de uma *Shell freeware*. Devido a estes fatores, não foi realizado um estudo mais detalhado da disponibilidade financeira.

4.4 Planejamento

4.4.1 Planejamento e definição do escopo do projeto

O escopo do projeto auxiliará em futuras decisões e consultas do projeto, mas não significa que este seja rígido e inflexível muito pelo contrário, é passível de revisão e aprimoramento, desde que sejam analisados seus impactos e interações com as outras “áreas de conhecimento”¹⁰.

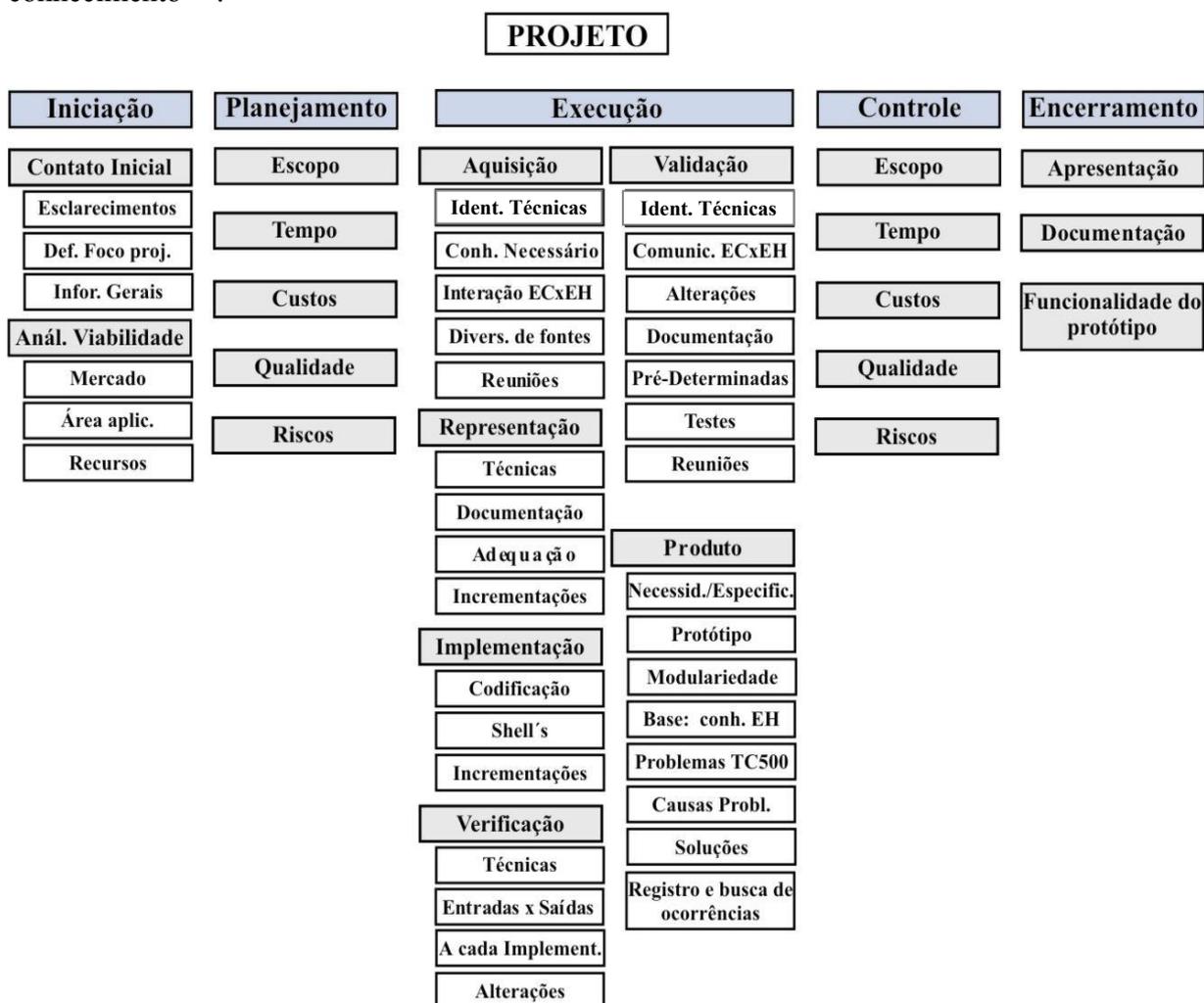


Figura 4.4. – Escopo do projeto do sistema SECATI

É no escopo que se define o que está ou não incluído no projeto, pelo PMBOK (2000) pode referir-se ao “escopo do produto – as características e funções que caracterizam o produto ou serviço.” E ao “escopo do projeto – o trabalho que deve ser realizado para gerar o produto

¹⁰ Termo utilizado no PMBOK (2000) para os “conhecimentos e práticas relacionadas ao gerenciamento de projetos com base nos processos que os compõem.”

com as características e funções específicas”. Sendo que o enfoque dado neste item é para o escopo do projeto, figura 4.4.

Primeiramente para visualizar como as “peças do quebra-cabeça (projeto) se encaixam” como citado por SLACK (1996), foi necessário identificar todas as partes do projeto e as tarefas associadas a elas. Para isso, utilizou-se a chamada Estrutura Desmembrada de Trabalho (SLACK, 1996) ou Estrutura Analítica de Trabalho (PMBOK, 2000) originalmente denominado WBS (*Work Breakdown Structure*) (MARTINS, 2004), que consiste na decomposição do projeto em grupos de subprojetos. Os subprojetos sofrem outra decomposição até que atinja níveis de detalhes desejáveis (tarefas). Ao final tem-se o mapeamento das atividades e resultados correspondentes na forma de árvore ramificada. Cada atividade ou nível poderá apresentar diferentes estágios de detalhamento. Aqui, foram mais detalhadas as atividades de execução, as quais são abordadas no próximo capítulo que resume o processo de desenvolvimento dos sistemas especialistas. Vale notar na figura 4.4 que para o primeiro nível do escopo do projeto do sistema SECATI, foram novamente tomados como base os processos do gerenciamento de projetos apresentados pelo PMBOK (2000): iniciação, planejamento, execução, controle e encerramento.

4.4.1.1 *Justificativa para execução do projeto*

Com visto na análise de viabilidade item 4.1 os serviços de assistência técnica oferecidos pela empresa são totalmente dependentes dos profissionais que lá atuam. Desta forma, torna-se vulnerável e passivo a erros e a falta de qualidade. O *Sistema de Atendimento* não atende as necessidades dificultando em alguns aspectos o acesso às informações e experiências adquiridas.

As funções de resgatar, conservar, dinamizar e disponibilizar o conhecimento nesta área, poderiam minimizar custos, liberar os profissionais para outras atividades mais produtivas, possibilitando aos profissionais não-especialistas alguma condição de resolução de problemas.

4.4.1.2 *Objetivos do projeto*

Construir um sistema especialista protótipo para a área de assistência técnica da empresa, que seja prático, utilizando os termos técnicos habituais dos usuários. O protótipo em si é um estudo de viabilidade para a ampliação do projeto e incorporação de outros produtos. O

projeto tende a identificar as necessidades futuras e a estrutura do conhecimento manipulado no setor.

O protótipo é o primeiro passo para a formalização do conhecimento da empresa na área de atendimento técnico. Por possuir um caráter incremental e por abrir perspectivas de ampliação futura, este estudo servirá de base para a construção de uma plataforma no auxílio à resolução de problemas encontrados em campo e na realização de treinamentos internos.

4.4.1.3 Resultados principais do projeto

Como principais resultados pretende-se alcançar o funcionamento do sistema, possibilitando ampliações futuras, o auxílio à resolução dos principais problemas apresentados por um dos produtos da empresa e o acesso posterior a estas informações.

4.4.1.4 Restrições e limitações do projeto

O projeto deverá utilizar ferramentas ou qualquer outro recurso que não exija investimentos financeiros, estar concluído num prazo inferior a dois anos, e adequar-se à disponibilidade dos especialistas.

A princípio o projeto não se compromete em apresentar ou desenvolver uma interface gráfica para o usuário que necessite de ferramentas, linguagens visuais de programação ou qualquer outro recurso diferente dos utilizados para a construção do sistema funcional. Também o protótipo está restrito a apenas um dos produtos pertencentes à empresa, por ela escolhida de comum acordo com os seus desenvolvedores (engenheiros do conhecimento).

A empresa tem uma série de produtos desenvolvidos e em constante evolução, sendo classificados em famílias:

- Centrais Telefônicas (analógicas e digitais)
- Mesas Operadoras (analógicas e digitais)
- Terminais Inteligentes (TI) (analógicas e digitais)
- Aparelhos Telefônicos (analógicas e digitais)
- Acessórios

A empresa representada pelo gerente da qualidade e o especialista restringiram o foco do trabalho a um modelo mais representativo da linha de produtos, aparelhos telefônicos mais

especificamente o TCX¹¹, mantendo equilíbrio entre complexidade e viabilidade, ou seja, suficientemente amplo para uma pesquisa deste porte e capaz de expandir para outras aplicações futuras. Este modelo TCX é a base para os demais modelos.

Outra restrição importante e deve ter grande atenção é a divulgação das informações. Toda e qualquer informação que a empresa alvo, para qual está sendo desenvolvido o protótipo, julgue sigilosa não poderá ser divulgada ou manuseada sem seu consentimento.

4.4.1.5 *Escopo do produto do projeto*

O produto a ser desenvolvido consiste num sistema especialista protótipo para auxílio no repasse das informações fornecidas pelo CATI aos técnicos de campo responsáveis pela manutenção corretiva dos aparelhos da empresa alvo. A manutenção corretiva é definida pela norma NBR 5462 (1994) (NBR 5462 - Confiabilidade e Manutenibilidade) como a “manutenção efetuada após ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.” Em linhas gerais, o protótipo deverá através dos sintomas apresentados, detectar causas e propor soluções às falhas em um dos produtos da empresa.

No enfoque da manutenção e seu gerenciamento, encontra-se conceitos importantes e atuais como confiabilidade e manutenibilidade. Confiabilidade é definida segundo (DIAS, 2002) como “ a probabilidade de um item desempenhar uma determinada função, de forma adequada, durante um intervalo de tempo, sob condições especificadas.” E segundo definição da norma NBR 5462 (1994) manutenibilidade é a “... capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos.”

VINADÉ (2003) resume estes dois conceitos descritos: confiabilidade “utiliza métodos e modelos matemáticos para determinar a probabilidade e a frequência de falha de um sistema.” Manutenibilidade “utiliza métodos e modelos matemáticos para determinar a frequência e o tempo de reparo de um sistema”. Ambas as definições utilizam parâmetro quantitativo dependente do tempo. Entretanto nos componentes eletrônicos, como não há desgaste mecânico, não existe uma relação temporal entre as possíveis falhas. A única forma de haver falha é a alteração das características de projeto (temperatura, tensão e corrente), ou

¹¹ TCX – Representa o aparelho escolhido para a pesquisa.

caso haja um defeito que cause progressivo mau funcionamento do componente. Os conectores, por exemplo, são críticos particularmente quando há mudança de temperatura e umidade.

Os sistemas eletrônicos apresentam, muitas vezes, uma taxa de falhas aleatória. Por exemplo, desvio de parâmetros dos componentes, curto circuito, contatos de conectores ou circuito aberto.

São encontradas na literatura algumas bases de dados que informam modelos de taxa de falha constante para todos os tipos de componentes eletrônicos, tomando em conta fatores que podem afetar a confiabilidade. Entretanto, o protótipo SECATI não faz uso dos índices de confiabilidade nem de manutenibilidade para auxiliar no procedimento de manutenção. A não utilização destes índices pelos técnicos (especialistas) do CATI foi um dos principais motivos para a não utilização neste trabalho.

A característica fundamental do protótipo SECATI é buscar continuamente a disponibilidade computacional do conhecimento específico e especializado adquirido através do especialista humano, utilizando a metodologia incremental. Como melhor descreve BORGES (2002), através do modelo incremental de desenvolvimento do sistema especialista, o conhecimento poderá ser inserido em partes possibilitando ciclos de realimentação do domínio do conhecimento. Com isto já se pode obter uma funcionalidade parcial do sistema, permitindo a visualização dos resultados práticos.

A figura 4.5 a seguir apresenta uma descrição genérica do produto, ou seja, o sistema dependerá da interação com os usuários através das entradas e saídas, tendo como base para seu desenvolvimento e performance, a inserção por meio de recursos de programação e engenharia do conhecimento, os conhecimentos específicos e especializados. Os usuários são os próprios especialistas humanos do setor e profissionais não especializados, mas com noções sobre o domínio do conhecimento.

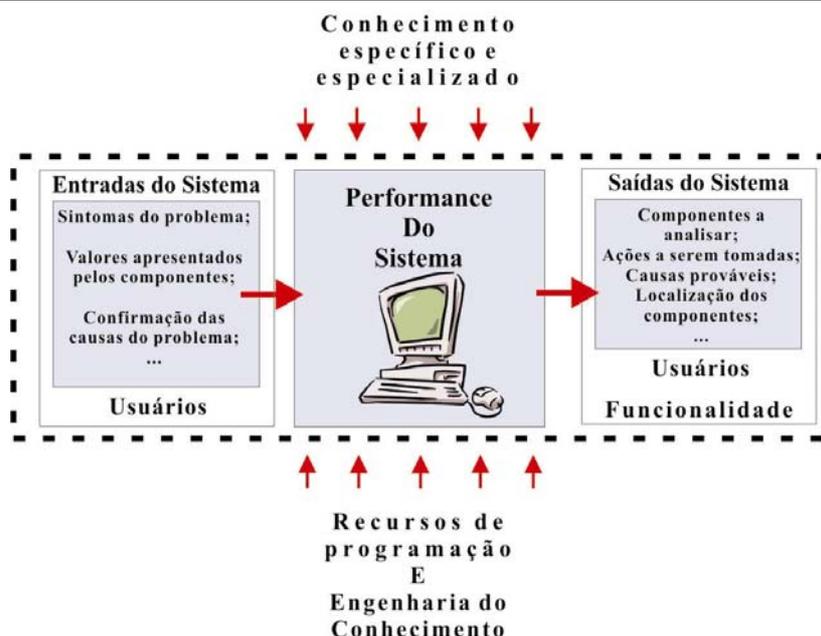


Figura 4.5. – Descrição genérica do produto do projeto

4.4.2 Planejamento do tempo e custos do projeto

O planejamento do tempo e dos custos do projeto auxilia no cumprimento do mesmo no prazo e viabilidade econômica previstos. Para compor o cronograma do projeto, objetivo maior, é empregado alguns processos, que na verdade na prática acontecem de forma conjunta até mesmo sobreposta. Estes processos segundo o PMBOK(2000) abrangem:

- Definição das atividades;
- Seqüenciamento das atividades;
- Estimativa de duração das atividades;
- Elaboração do cronograma.

Baseado no WBS construído durante o escopo do projeto, derivou-se as atividades a serem executadas, porém foram analisadas paralelamente as informações contidas nas restrições e limitações do projeto.

Estas atividades foram alocadas no gráfico de *GANT*, apêndice C, possibilitando uma representação conjunta dos custos e equipe de trabalho. Para cada atividade foram atribuídos responsáveis e os respectivos custos dos mesmos. Entretanto não basta descrever as atividades de maneira seqüencial, principalmente por este projeto em particular apresentar uma metodologia incremental fazendo com que haja uma repetição das atividades do processo de desenvolvimento. É necessário estabelecer as dependências, ou melhor, empregar os chamados Diagramas de Precedências. Este diagrama possibilita a visualização dos relacionamentos entre

atividades. Somente após esta análise de dependência poderão ser estimados os tempos de duração e datas de início e término. Neste estudo, não foram utilizadas ferramentas estruturadas para estimativa de duração das atividades, como por exemplo, o PERT (Técnica de Avaliação e Análise de Programas). Outros pontos importantes percebidos no cronograma são algumas atividades de planejamento posteriores a execução do trabalho. Isto deve-se ao fato da necessidade de reestruturação e ampliação da metodologia inicialmente aplicada.

A equipe para o projeto foi composta diretamente pela mestranda no papel de engenheiro do conhecimento, seu orientador, e um especialista representando todos os demais. Indiretamente foram designados os demais especialistas da área para auxílio no processo de validação e possíveis substituições e o chefe do setor caso necessitasse decisões mais importantes durante a execução.

Em relação ao planejamento dos recursos e a estimativa dos custos, estes não foram estimados nem contabilizados, como já citado o projeto não necessitou investimentos financeiros explícitos.

4.4.3 Planejamento dos riscos

Para o planejamento dos riscos do projeto é necessário primeiro saber o que pode ser denominado como riscos. O PMBOK (2000) define: “Os riscos do projeto são eventos ou condições incertas que, caso ocorram, provocam um efeito positivo ou negativo nos objetivos do projeto. O risco tem uma causa e caso ocorra, uma consequência”.

Todo o projeto possui riscos, o que pode diferenciar é a consciência da possível ocorrência dos mesmos. Os riscos desconhecidos, ditos realmente imprevisíveis são geralmente controlados por planos de contingências elaborados a partir da necessidade. Já os riscos conhecidos, ou ditos potenciais que são levantados e admitido sua existência durante a execução, deverão ser claramente identificados e planejadas suas respostas. O objetivo é minimizar a probabilidade e as consequências decorrentes da ocorrência dos riscos.

Neste estudo, foram destacados apenas três processos do gerenciamento de riscos: a identificação de riscos, quantificação (impacto e prioridade) e o planejamento de respostas a estes riscos, apresentados por SILVA (2001).

Para a identificação dos riscos utilizou-se a análise das atividades, escopo e a experiência do orientador. Resultando no quadro 4.1 a seguir:

Atividade	Descrição da Atividade	Riscos	Possíveis Respostas
Aquisição do conhecimento do EH.	O EC através de técnicas específicas “obtem” o conhecimento do EH.	a) Deficiência de capacitação técnica do especialista; b) Indisponibilidade de tempo por parte do especialista da empresa; c) Improdutividade por parte do especialista; d) Inadequação das técnicas e procedimentos da aquisição do conhecimento.	a) Requerer mais um especialista ou a troca deste, junto a sua chefia; Complementação através de outras fontes; b) Troca do especialista; em último caso, utilizar os especialistas do CEFET-SC unid. SJ. c) Utilizar método intensivo e mais próximo possível entre EC e EH. d) Pesquisar novas técnicas de aquisição do conhecimento e alterar as até então utilizadas.
Implementação	O EC codifica o conhecimento e implementa no sistema.	a) Dificuldades com linguagem de programação por parte do EC.	a) Capacitação intensiva do EC; e auxílio por parte do orientador.

Quadro 4.1. Análise dos riscos.

4.4.4 Planejamento da Qualidade

Procurou-se identificar padrões de qualidade importantes ao projeto e como atender a esses padrões. Para isso deve-se ter claro qual a visão de qualidade adotada neste estudo para projetos de *software*, já que na literatura encontra-se um leque amplo de definições. Adotou-se a definição de Rezende *apud* SILVA (2001):

“Um *software* tem qualidade quando está adequado à empresa, ao cliente ou usuário e atende a padrões de qualidade predefinidos. Também quando estiver pronto, deverá gerar informações adequadas, úteis, precisas, confiáveis, claras e oportunas.”

SILVA (2001) destaca duas linhas de abordagens apresentadas pela qualidade:

- Qualidade dos processos – acredita-se que controlando os processos de desenvolvimento dos sistemas automaticamente controlam-se as possíveis variações indesejáveis apresentadas pelo resultado final;

- Qualidade do produto – a atenção é voltada para as características do produto final, que devem representar as expectativas dos clientes. Neste, o foco concentra-se no alcance dos objetivos do produto.

Entende-se que estas duas abordagens não podem ser vistas separadamente. Portanto, a preocupação da qualidade durante o projeto é também de suma importância para o atendimento dos requisitos iniciais estabelecidos para o produto.

É de conhecimento comum que a correção de falhas e problemas em *software*, principalmente nos sistemas especialistas, após sua conclusão é muito mais dispendiosa do que um monitoramento e controle durante o processo de execução. Para tanto se estabeleceu a cada ciclo de desenvolvimento (iteração) verificar todas as saídas, entradas e avaliação comparativa com os requisitos pré-estabelecidos, além das métricas geralmente comuns a avaliação de *software*. As métricas consistem em características possíveis de serem reconhecidas formalmente no *software* e analisadas através do uso de padrões. O uso de conceitos ou parâmetros da engenharia de *software* é justificado pelo fato que o sistema especialista não deixa de ser um *software*, apesar de apresentar diferenças em relação aos convencionais. Foi a partir disto que ALVES (2001) incorporou em seu estudo algumas normas de padrões a serem observados em um *software*.

Estas normas auxiliarão no processo de verificação do desempenho do sistema especialista e na validação da base de conhecimento incorporado. Estes processos, ou seja, as etapas de desenvolvimento do sistema especialista, estão melhores no Capítulo 5.

CARACTERÍSTICAS	SUB-CARACTERÍSTICAS	DESCRIÇÃO	PONTO CHAVE A SER OBSERVADO
FUNCIONALIDADE	Adequação	Atributos do software que evidenciam a presença de um conjunto de funções e sua apropriação para tarefas especificadas.	Propõe-se a fazer o que é adequado?
	Precisão	Atributos do software que evidenciam a geração de resultados ou efeitos corretos conforme acordados.	Faz o que foi proposto de forma correta?
CONFIABILIDADE	Maturidade	Atributos do software que evidenciam a frequência de falhas por defeitos no software.	Com que frequência apresenta falhas?
USABILIDADE	Inteligibilidade	Atributos do software que evidenciam o esforço do usuário para reconhecer o conceito lógico e sua aplicabilidade.	Entende-se o conceito e a aplicação?
	Operacionalidade	Atributos do software que evidenciam o esforço do usuário para sua operação e controle da sua operação.	Como é a operação?

Quadro 4.2. – Métricas de avaliação do protótipo (ALVES, 2001)

Por fim, para estabelecer as métricas de avaliação da qualidade, usufruiu-se de algumas citadas por ALVES (2001) e MARINI (2002) proveniente da norma Avaliação de produto de software - Características de qualidade e diretrizes para o seu uso conforme a ISO 9126, apresentadas no quadro 4.2 anterior.

4.5 Especificações

Durante a realização do estudo de viabilidade precisou-se ter uma visão geral do que o sistema deverá atender, mas não é suficiente como parâmetro final de avaliação ou estruturação de suas funções. A especificação do sistema delimita até onde deverá atingir e baseia-se nas necessidades dos clientes. Neste estudo os clientes são os usuários do sistema e a empresa alvo geradora da proposta de desenvolvimento.

As necessidades expressas pelos clientes segundo FONSECA (2000) implicam em conceitos amplos, que vão desde expressões confusas e ambíguas, até frases diretas, com fundamentos técnicos específicos. O engenheiro do conhecimento precisa transcrever estas necessidades em uma linguagem clara e técnica mais adequada ao projeto, constituindo assim, os requisitos do produto.

A disciplina de análise de requisitos é alvo de pesquisas e dissertações no desenvolvimento de *software* e se faz bastante presente na literatura. Os requisitos, de uma forma geral, se dividem em requisitos funcionais e não funcionais podendo ainda gerar dependência negativa entre si. Ou seja, ao buscar maximizar o atendimento a um requisito, dependendo da relação existente com os demais, levará a um comprometimento de outro ou até mesmo seu não cumprimento.

Os requisitos funcionais descrevem os serviços que o sistema deve oferecer, podendo ser definidos como as funções ou atividades que o sistema faz (quando pronto) ou fará (quando em desenvolvimento). Já os requisitos não funcionais ao contrário dos funcionais, não expressam nenhuma função (transformação) a ser implementada em um sistema, expressam condições de comportamento e restrições que devem prevalecer. Eles representam requisitos adicionais, que definem as qualidades globais ou atributos a serem exibidos pelo sistema. Tais requisitos estão normalmente ligados aos requisitos funcionais, e estão definidos como as características descritas no item 4.4.4 Planejamento da qualidade: adequação, precisão, maturidade, inteligibilidade, operacionalidade.

Os requisitos e especificações de projeto consistem em informações básicas que sustentarão as fases posteriores do processo.

Para identificar as necessidades dos usuários do produto, dentre as técnicas mais comuns encontradas, se utilizou as entrevistas não estruturadas entre usuário e engenheiro do conhecimento, observações dos clientes *in loco*, reclamações, aplicação do *Brainstorming* entre os usuários. O que resultou nas necessidades listadas no quadro 4.3:

- “O nosso sistema deverá possibilitar consulta a boletins, comunicados ou alterações descritas em documentos”;
- Possibilidade de relacionar as falhas mais comuns no mês, para um possível relatório;
- A descrição dos blocos como estão colocados no manual. Juntamente com os componentes responsáveis por cada bloco, como o que está no manual;
- Possuir elementos gráficos que possam identificar os componentes;
- Os tempos de flash, como descritos na tabela do esquema elétrico;
- E um espaço para um possível comentário que possa surgir;
- Possibilidade de colocar dados do cliente, como telefone, nome, etc”

Quadro 4.3. Necessidades levantadas pelos clientes.

A partir do quadro das necessidades e baseado na conversão apresentada por FONSECA (2000) obteve-se os requisitos funcionais conforme quadro 4.4:

- Mostrar os esquemas elétricos e a localização física dos componentes;;
- Destacar os componentes analisados nos esquemas elétricos;
- Disponibilizar espaço para observações finais;
- Registrar ocorrências ou possibilitar relatórios baseados na contagem das consultas e confirmação das causas e falhas, por dia, mês e ano;
- Apresentar as características do aparelho: funcionais, eletrônicas, (ex. peso, tamanho, teclas,...)
- Registrar dados dos clientes;
- Apresentar os problemas em módulos;
- Identificar os componentes causadores dos problemas;
- Apresentar soluções aos usuários.

Quadro 4.4. Requisitos funcionais.

Após transformação destas necessidades em requisitos necessita-se em alguns casos, principalmente os mais complexos a análise e classificação dos requisitos através da aplicação da ferramenta QFD (*Quality Function Deployment* – desdobramento da função qualidade) (FONSECA, 2000), entretanto julgou-se não necessário a este projeto.

Em resumo, este capítulo incorporou a abordagem incremental para desenvolvimento de sistemas especialistas, principalmente, no planejamento do projeto sugerido pelo PMBOK (2000). No capítulo seguinte, o foco estará mais direcionado à descrição da execução, dificuldades e resultados das etapas da aplicação da metodologia incremental.

CAPÍTULO V

DESCRIÇÃO DO SISTEMA ESPECIALISTA PROTÓTIPO SECATI

O capítulo IV apresentou as bases utilizadas para a estruturação da metodologia do projeto SECATI, tendo a preocupação de abordar dois aspectos: projeto e os sistemas especialistas como *software* não convencionais. Todas as etapas do projeto foram fundamentadas através da literatura e descritas sua aplicação, limitações e peculiaridades neste trabalho. Numa mesma proposta de relato prático este capítulo descreve com maior profundidade o processo de desenvolvimento dos sistemas especialistas na visão da metodologia incremental, a partir da etapa de aquisição do conhecimento. Após a descrição da etapa de aquisição do conhecimento, há uma breve compilação do domínio do conhecimento em aspectos gerais.

5.1 Aquisição do Conhecimento

A aquisição do conhecimento é o processo de extrair, transformar e inserir um domínio do conhecimento específico para um sistema computacional (CHORAFAS, 1990). SCHWABE (1987), vai mais além e defini aquisição do conhecimento como a "transferência e transformação da habilidade ou perícia para resolver problemas contida em alguma fonte de conhecimento para um programa", incluindo não somente o conhecimento, mas a habilidade para sua aplicação. Esta etapa é destacada como uma fonte de potencial dificuldade no desenvolvimento do sistema especialista, reconhecida como o gargalo do processo, ora devido ao perfil do especialista (GONZALEZ, 1993), ora pela dificuldade de explicitar o conhecimento acumulado.

Segundo TURBAN (1992) o conhecimento a ser adquirido pode assumir categorias distintas tais como: conhecimento semântico, conhecimento episódico, Metaconhecimento,

conhecimento procedimental e conhecimento declarativo. TEIVE em seu trabalho em 1997 reconhece apenas as duas últimas categorias, e foram estas categorias inicialmente abordadas neste trabalho.

O conhecimento procedimental ou procedural refere-se a como se fazer alguma coisa, sendo que o conhecimento declarativo refere-se ao fato. Segundo MASTELLA & ABEL (2004) o conhecimento declarativo “descreve os aspectos estáticos do conhecimento, ou seja o que são os objetos do mundo. O conhecimento factual é especificado, mas não o modo como aplicar esse conhecimento para solucionar problemas.” Continuando, os mesmos autores definem conhecimento procedimental como: “os procedimentos que indicam como as informações declarativas podem ser utilizadas para realizar tarefas sobre domínio ou se fazer inferência sobre fatos gerando novas informações.” A compreensão destas categorias de conhecimento é importante para a formação da base de conhecimento do sistema, pois segundo TURBAN (1992) referem-se aos diferentes modelos mentais que são utilizados para armazenar o conhecimento.

No caso deste trabalho, partiu-se do conhecimento procedimental e incorporou-se o conhecimento declarativo, no qual está também acumulado conhecimento heurístico, ou seja, o conhecimento obtido através da experiência do especialista. O conhecimento semântico, referido por TURBAN (1992) como as estruturas cognitivas dos objetos e a forma como eles são armazenados na memória, foi representado neste trabalho pelo uso da modelagem orientada a objeto, através das instâncias, seus atributos e valores. Já o conhecimento episódico também definido pelo mesmo autor como a descrição de ocorrências anteriores, e soluções associadas preservadas na memória de longa duração, foram incorporadas no protótipo através da formação das instâncias de relatórios e regras de produção.

A aquisição do conhecimento está presente em todo o processo de desenvolvimento dos sistemas especialistas, entretanto, há momentos onde a atividade de extração do conhecimento é mais intensa. O processo de aquisição compreende três momentos que na prática ocorre de maneira gradativa e sutil:

- Introdução inicial ao domínio do conhecimento - É onde ocorre uma familiarização, extração ampla e superficial do conhecimento;
- Extração do conhecimento e redução dos conhecimentos incorretos ou contraditórios - Momento em que o especialista externa seu conhecimento, inclusive o heurístico. O engenheiro do conhecimento deve analisar e filtrar este conhecimento, focalizado

no objetivo do sistema, a fim de desprezar informações que não são relevantes ao seu desempenho;

- Ampliação e confirmação do conhecimento adquirido - É um aprofundamento em determinados pontos do conhecimento a fim de esclarecer ou expandir (busca da profundidade) a estrutura do conhecimento já existente, ou simplesmente ampliar o conhecimento dentro do domínio. Esta ampliação pode usufruir de outras fontes de conhecimento ou retornar ao segundo momento do processo de aquisição, acima mencionado.

Cada um destes momentos supracitados do processo de aquisição pode apresentar características mais ou menos divergentes dependendo do domínio do conhecimento ao qual está direcionado e o foco do sistema a ser desenvolvido. Estas características contribuirão na definição de quais técnicas e ferramentas de aquisição serão utilizadas para a formação da base do conhecimento.

5.1.1 Técnicas de Aquisição do Conhecimento aplicadas

As técnicas de aquisição do conhecimento abrangem três grupos: aquisição manual, aquisição semi-automática e aquisição automática (REZENDE & PUGLIESI, 1998) (MASTELLA & ABEL, 2004). Estas duas últimas, que não são aplicadas neste trabalho, dizem respeito à extração do conhecimento por intermédio de ferramentas computacionais. Estas ferramentas têm suas vantagens descritas na literatura, mas são também consideradas inflexíveis ou superficiais quanto à capacidade do conhecimento adquirido, por serem segundo MASTELLA & ABEL (2004) ferramentas generalizadas para qualquer domínio. Também só podem ser aplicadas quando existe uma fonte de informações compreensível pelo computador.

A extração do conhecimento neste trabalho originou-se da aplicação de técnicas de elicitación¹¹ (técnicas de aquisição do conhecimento provenientes de fontes humanas - especialistas) e técnicas que abrangem outros tipos de fonte de conhecimento, como por exemplo, imersão na literatura. A diversidade de técnicas disponíveis é vasta, portanto foram relacionadas e aplicadas técnicas com maior ocorrência e destaque na literatura e na prática. Julgou-se suas possíveis adaptações ou não ao especialista e no contexto de análise do domínio.

¹¹ O termo elicitación soa um tanto quanto diferente o português, entretanto já está incorporado ao vocabulário técnico dos profissionais da área. Para melhor explicar o termo utilizamos a explicação de MASTELLA (2004): "*O termo em inglês "elicitación" é traduzido por "elicitación" em grande parte dos trabalhos que estudam técnicas de aquisição . Mas a melhor tradução seria "eliciação", do verbo "eliciar" que significa, conforme o dicionário Aurélio: fazer sair; expulsar; extrair uma resposta ou reação de;..."*

No momento inicial, introdução ao domínio do conhecimento, foi realizado uma entrevista informal de caráter não-estruturado, a fim de situar o engenheiro do conhecimento tanto no domínio a ser trabalhado, bem como saber, para quem e com quem o sistema seria desenvolvido. Este último aspecto não é muito abordado sob este contexto na literatura. Muito se lê a respeito das características que devem compor o especialista, mas na maioria das vezes não se pode escolhê-lo. O que é preciso é tentar nos primeiros contatos definir que tipo de especialista está à disposição ou foi direcionado pela empresa a compor a equipe de trabalho. Esta visão é importante, pois é tão decisivo para escolha da técnica de aquisição do conhecimento quanto o domínio ao qual se irá trabalhar. No presente trabalho, o parecer inicial foi favorável: um especialista bastante motivado e com um entendimento rápido da proposta.

Ainda como introdução utilizou-se a técnica imersão na literatura, proporcionando ao engenheiro do conhecimento uma suficiente compreensão dos conceitos do domínio técnico. Este envolvimento com a literatura especializada facilita o diálogo posterior, já que o mesmo não é especialista no domínio de conhecimento.

A imersão na literatura, aparentemente fácil, levou o engenheiro do conhecimento a uma busca intensa e a algumas dificuldades em coletar as informações. Como se trata de um conhecimento muito específico da empresa e de uma tecnologia em constante aprimoramento, as fontes literárias disponíveis já apresentavam-se obsoletas em alguns pontos. Através dos conceitos gerais, de uma comparação e adaptação ao que realmente é utilizado pela empresa formaram-se conceitos que facilitaram o conhecimento específico a ser modelado no protótipo. Uma compilação desta pesquisa está descrita no item 5.1.4 deste capítulo.

A observação direta dos especialistas em seu trabalho, mencionada por CHORAFAS (1990), é uma técnica que auxiliou a aproximação e entendimento do ambiente a que se destina o protótipo. Considerando que os especialistas a princípio serão os próprios usuários do sistema, o mesmo deve ser compatível com suas condições e necessidades de trabalho, além de uma base de conhecimento fidedigna e robusta. A observação direta proporciona a captura e identificação de estratégias e tarefas não relatadas pelo especialista. Foi através desta observação que se identificou fortemente a necessidade do uso dos esquemas elétricos (ilustrações), como fonte de consulta para os especialistas. Resultando na formação de um grande requisito para o sistema: incorporação da posição dos componentes em esquemas ilustrativos do circuito elétrico. Posteriormente, originou um diferencial com a inclusão das imagens fotográficas dos componentes nas placas de circuito.

O enfoque proposto ao especialista é que listasse os sintomas mais críticos, frequentes ou que tivessem alguma relevância.

Com base nos novos grupos de subcircuitos foi construída a listagem dos sintomas possivelmente apresentados pelo aparelho. O especialista repassou aos demais especialistas do setor para contribuírem com a construção da lista. Não foram encontrados boletins de ocorrência que auxiliassem o desdobramento das falhas. Cada falha foi listada conforme a linguagem que os técnicos utilizam ao procurar o atendimento no setor e foram consideradas como eventos de topo para a construção das árvores de falhas, como mostra a próxima figura 5.2.

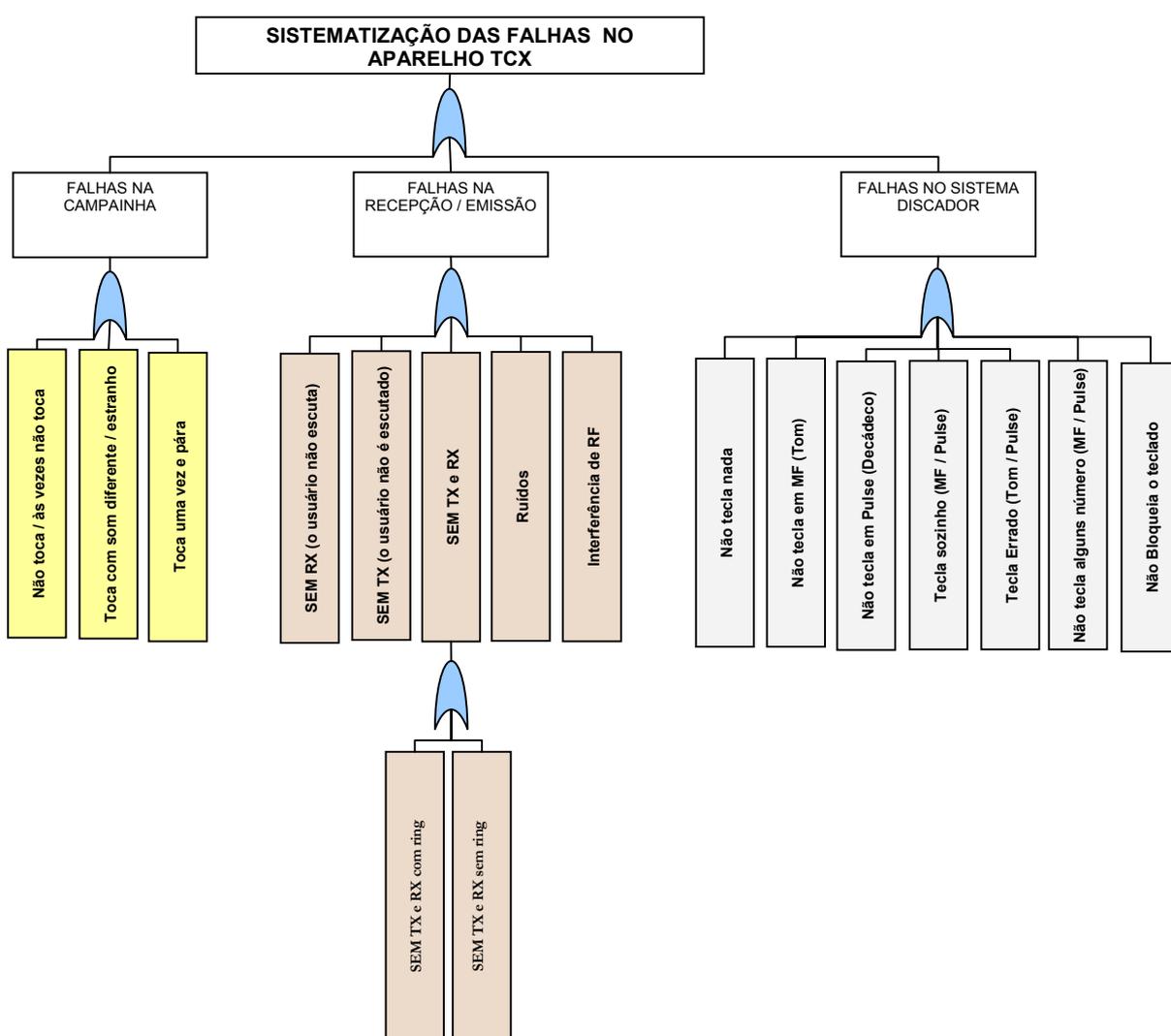


Figura 5.2. – Sistematização das falhas no aparelho TCX

O esquema, sistematização das falhas no aparelho TCX figura 5.2, foi construído para facilitar o entendimento da relação de cada falha. A seguir, na figura 5.3, tem-se um exemplo

do desdobramento das mesmas. O método usado, Análise da Árvore de Falhas (Fault Tree Analysis), originado em 1961 por H. A. Waltson, objetiva entre outros auxiliar o especialista a identificar de maneira sistemática as falhas do aparelho (HELMAN, 1995).

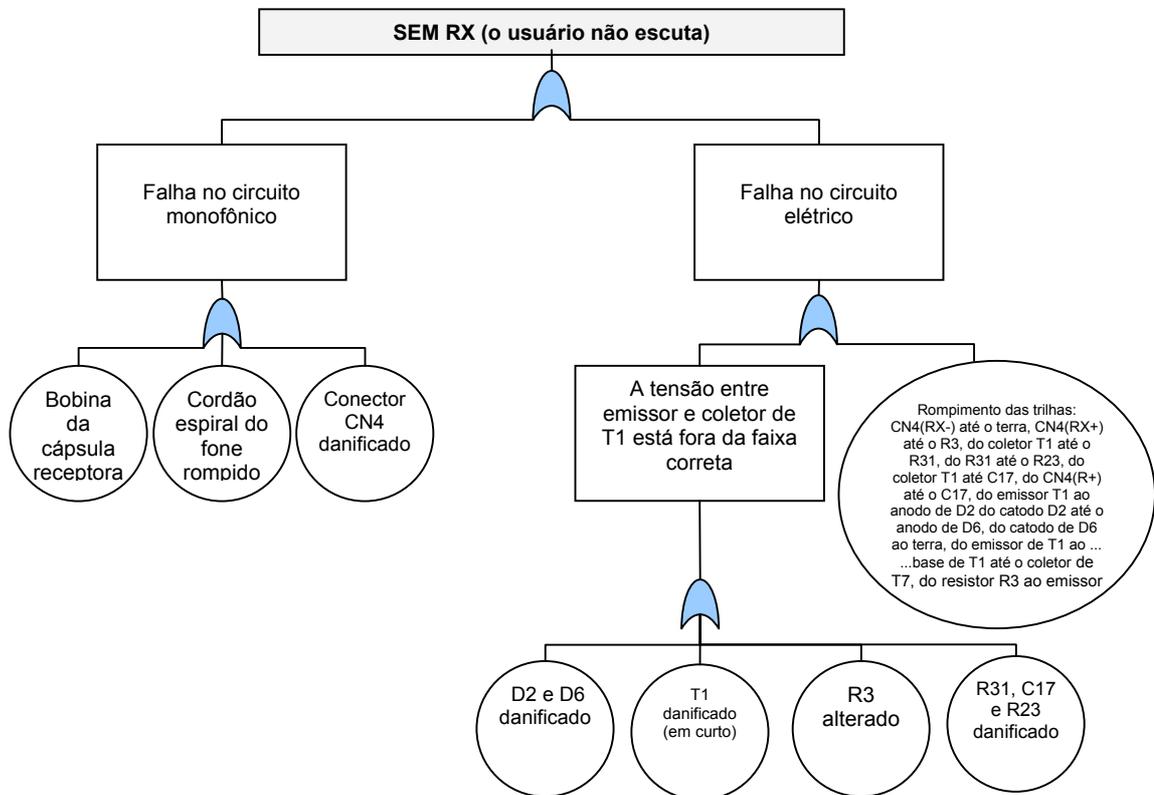


Figura 5.3 - Exemplo de árvore de Falha

O ponto de partida é a possível falha do aparelho (evento de topo) e o rastreamento até atingir um conjunto de eventos limites da árvore denominados causas básicas. Estas causas básicas servirão posteriormente para a tomada de decisão.

Procurou-se utilizar o menor número possível de ramificações. Quanto à padronização da simbologia, a referência utilizada foi o HELMAN (1995), conforme descritas na quadro 5.1:

Símbolo	Significado
	Eventos que são saídas de portas lógicas.
	Eventos associados à falhas básicas = causas
	E - Evento de saída só ocorre se todos os eventos de entrada ocorrerem.
	OU - Evento de saída ocorre se pelo menos um dos eventos de entrada ocorrer.

Quadro 5.1 - Simbologia utilizada nas árvores de falhas.

A opção pelas árvores de falhas (FTA - *Fault Tree Analysis*) e não pelo FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*) é para seguir o mesmo raciocínio usado pelos técnicos – partir do efeito (falha) e chegar às causas básicas. Já o FMEA, partindo das causas, levaria a análise mais detalhada de componentes que não se mostraram tão relevantes. Isto demandaria, neste caso, uma grande locação de tempo sem resultados com importância diferenciada.

A maior parte da base do conhecimento formou-se através da aplicação da técnica de introspecção. Na técnica de introspecção o especialista externa verbalmente a resolução de um problema imaginário. Segundo REZENDE & PUGLIESI (1998), há três abordagens na utilização desta técnica: descrições retrospectivas de casos, que trata de casos passados; simulação de cenários precoces, que usa casos hipotéticos; episódios críticos, que usa casos difíceis. O presente trabalho permeou entre as duas primeiras abordagens, simulando possíveis cenários de solicitações de atendimento e o resgate de atendimentos anteriores. Foi um pouco difícil de conseguir que o especialista fragmenta-se seu pensamento de maneira a rastrear o raciocínio que desenvolve ao realizar o atendimento.

Durante a simulação dos cenários hipotéticos, considerando a ocorrência dos problemas relacionados pelo especialista, o engenheiro do conhecimento registrava as informações e a maneira como estas informações eram utilizadas para a resolução dos problemas. O registro dava-se através de fluxogramas, descrição seja do componente ou da eventual solução, lista de relacionamentos, entre outros. Por vezes, o especialista realizava o processo individualmente e relatava de maneira descritiva, em outras, havia troca entre os especialistas ou a análise dos mesmos posteriormente ao relato do conhecimento.

Outra forma bastante interessante para a aquisição do conhecimento é a própria fase de validação do protótipo. Nesta fase há um refinamento do conhecimento modelado no protótipo. Ao validá-lo o especialista registra as correções ou os complementos a serem modificados no protótipo, além de preencher um questionário com questões específicas do conhecimento. Estas questões específicas focaram pontos onde o engenheiro do conhecimento teve dificuldade ou dúvida no momento de modelar o conhecimento. Os *e-mails* também foram uma boa alternativa para esclarecimentos pontuais.

Todas estas técnicas auxiliaram na aquisição do conhecimento de seis especialistas totalizando em torno de 50 horas distribuídas de trabalho. Estas 50 horas referem-se apenas as horas em que houve interação direta na fábrica entre o engenheiro do conhecimento e os especialistas. Em alguns momentos o trabalho era executado individualmente por um especialista, outros momentos pela contribuição paralela de alguns.

5.1.2 Dificuldades na Aquisição do Conhecimento

A aquisição do conhecimento foi uma das etapas mais interessantes, alguns especialistas estavam bastante motivados e entusiasmados com o “nosso projeto” como se referiu o primeiro especialista a contribuir com o processo.

A primeira dificuldade encontrada foi a falta de disponibilidade de uma literatura atualizada no domínio do conhecimento. Isto dificultou tanto o entendimento do engenheiro do conhecimento durante as sessões iniciais de aquisição como no momento de estruturar e modelar o conhecimento. Se o engenheiro do conhecimento não estiver bastante familiarizado com o domínio do conhecimento ou pelo menos nos termos usuais, dificulta a dosagem ou o equilíbrio entre o conhecimento trivial e o necessário. Por outro lado, o fator do engenheiro do conhecimento não ser especialista no domínio o deixa imparcial e neutro nas decisões e modelagem do conhecimento, o que é uma vantagem no desenvolvimento.

Outra dificuldade que aparece constantemente em relato de outras experiências é diretamente relacionada à segurança do especialista. Alguns especialistas podem ser inseguros com a tarefa que desenvolvem, alimentando o medo de perder seus empregos. Neste trabalho, houve momentos em que os especialistas levantaram a questão de um sistema especialista abrangente substituí-los, mas ao mesmo tempo isto cedia lugar a motivação de colaborar no projeto. Um papel importante que o engenheiro do conhecimento deve desempenhar nestes casos é uma relação de troca. Ou seja, não assumir uma postura de quem está ali somente para “sugar” o conhecimento, mas para ajudar a modelar este conhecimento para uso comum, e estar disposto a repassar conceitos sobre sistemas especialistas. Em muitas sessões, parte da interação era direcionada ao engenheiro do conhecimento explicar conceitos e aplicações dos sistemas especialistas. Esta dificuldade, insegurança dos especialistas, teve grande potencial de tornar-se forte e irreversível, pois o setor passou por algumas reestruturas e foram demitidos alguns dos profissionais. Houve uma redução do setor para provavelmente minimizar custos.

Apesar do bom envolvimento e motivação dos especialistas, outra dificuldade é proveniente da falta de tempo dos mesmos. Como são pessoas muito valiosas para suas tarefas, estão sempre muito ocupadas. A própria realização das reuniões para aquisição do conhecimento levava em torno de duas semanas de negociação para serem realmente realizadas.

Outro fato observado é a variação do conhecimento acumulado por cada especialista, apresentando uma experiência diferente no conhecimento acumulado. Isto é enriquecedor, por outro lado cria uma controvérsia do conhecimento. Uma preocupação durante o

desenvolvimento e uso de sistemas especialistas é a confiabilidade do conhecimento inserido no mesmo. Como houve algumas controvérsias no conhecimento apresentado, foi necessário verificar a validade das informações. As informações, árvores de falhas e outras descrições coletadas dos especialistas, foram testadas através de simulação por um dos especialistas acompanhado pelo engenheiro do conhecimento. Nestas simulações que compreenderam testar as hipóteses levantadas pelos especialistas na bancada de testes, como por exemplo, alterações provocadas em componentes e suas variações de valores, comprovaram que em alguns casos não coincidiu a realidade com o informado pelo especialista. Infelizmente, os especialistas não tinham tanta experiência no aparelho selecionado pela empresa e em algumas ocasiões utilizaram conhecimento geral ou comparativo para resolver o problema. Como não é um aparelho muito complexo, os problemas são resolvidos em quase sua totalidade nas assistências técnicas. Isto dificultou bastante a aquisição e modelagem do conhecimento. Reforça-se que para se ter um bom sistema especialista, não basta conhecimento geral ou extraído da literatura, é necessário a “exploração” de especialistas experientes no domínio.

Situações como transferência de setores, demissões, afastamentos por doença, férias, entre outros, foram fatores que ajudaram a retardar a aquisição do conhecimento. A cada novo especialista o engenheiro do conhecimento necessitava incorporá-lo ao projeto e aos conceitos dos sistemas especialistas, além de rever as técnicas de aquisição utilizadas. Houve especialistas que fizeram uso das árvores de falhas para repassar o conhecimento, outros já não conseguiam utilizá-las e a construção de alguns fluxogramas eram suas fontes de relato. A partir destas situações verificou-se a necessidade de aprofundar-se em áreas como psicologia¹² e engenharia cognitiva¹³ para resultados ainda melhores no processo de aquisição.

5.1.3 Domínio do conhecimento

Antes de apresentar os conceitos básicos do domínio do conhecimento, achou-se conveniente apresentar um pouco da história deste aparelho que foi um marco na história e

¹² Segundo JARUFE (1999) a psicologia cognitiva “*é a parte da psicologia que se interessa, principalmente, pela maneira como o homem resolve problemas. Está relacionada com o estudo da percepção, memória, resolução de problemas, raciocínio e processamento da linguagem.*”

¹³ Segundo VERGARA (1995) o objetivo da engenharia cognitiva “*é estudar a atividade cognitiva do operador para explicar, seus modos de raciocínio numa situação de trabalho, formalizar de forma completa e coerente os conhecimentos registrados, organizar estes de forma que representem algum tipo de organização da memória humana, e finalmente, construir ferramentas ou dispositivos de ajuda ao trabalho.*”

popularizou-se rapidamente. O objetivo principal desta introdução é mostrar a evolução tecnológica que marcou a telefonia, entretanto os princípios concebidos inicialmente muitas vezes ainda se fazem presentes. É importante que se conheça as transformações e evoluções dos produtos, pois ao analisar estas mudanças muitos projetistas criaram novas alternativas ou variações significativas nestes produtos.

5.1.3.1 *A origem da telefonia*

Em 1876, surgia a primeira patente do telefone registrada pelo escocês Alexander Graham Bell, beneficiado por uma diferença de duas horas do também inventor e candidato a patente, o americano Elisha Gray. Bell era um grande pesquisador de sistemas de transmissão elétrica de sons que auxiliassem na recuperação e aprendizagem dos surdos-mudos, aos quais dedicou grande parte de seu tempo como professor de fisiologia vocal na Universidade de Boston, onde, em 1873, participou de conferências para professores de surdos. Proveniente de uma família de tradição e renome como especialista na correção da fala e no treinamento de portadores de deficiência auditiva, Bell fundou a Associação Americana para Promoção do Ensino da Fala aos Deficientes Auditivos.

Durante os três anos posteriores a 1873, Bell envolveu-se em diversas pesquisas até a descoberta do telefone. Sua concepção consistia em utilizar uma corrente elétrica que variasse de intensidade do mesmo modo que o ar varia de densidade durante a produção do som. Diferente do uso do telégrafo de uma corrente intermitente, o telefone exige uma corrente contínua com intensidade variante. (Fonte: <http://www.telemar.com.br/museu/>)

Seus experimentos iniciaram com a construção de um telégrafo harmônico, figura 5.4 a seguir, constituído por um conjunto de eletroímãs que produziam vibrações em pequenas lâminas de aço. Cada eletroímã tinha a forma de ferradura, e em um dos pólos ficava presa uma ponta da respectiva lâmina de aço. A outra extremidade da lâmina ficava na frente do outro pólo do eletroímã. Junto a essa extremidade da lâmina, havia também um contato elétrico. Quando o eletroímã estava ligado a uma pilha, a lâmina de aço era atraída e se separava do contato elétrico. Quando ele era desligado, a lâmina voltava à sua posição inicial e encostava no contato elétrico. (Fonte: <http://www.museudotelefone.org.br/invencao.htm>) Em uma das tentativas de colocar o aparelho a funcionar, ele percebeu a importância da corrente elétrica para transformar qualquer vibração de um pedaço de ferro em vibrações elétricas do mesmo tipo, e que isso poderia servir para transmitir a voz através da eletricidade.

Thomas Watson que tinha bons conhecimentos de eletricidade e grande habilidade manual na construção de aparelhos, tornou-se parceiro de Bell e o construtor de seus inventos. Watson, por pedido de Bell aprimorou o telégrafo harmônico construindo, então o conhecido “telefone de força” em 1876, figura 5.5 a seguir. Os sons transmitidos não eram nítidos ou mesmo podiam ser identificadas palavras, mas mesmo assim em fevereiro daquele ano, Bell entrou com pedido de patente. Continuou com seus experimentos para melhorar a qualidade do aparelho, e acidentalmente, as primeiras palavras ditas através do protótipo telefônico foram de Bell: “Sr. Watson, venha aqui. Eu preciso de sua ajuda” em março de 1876.

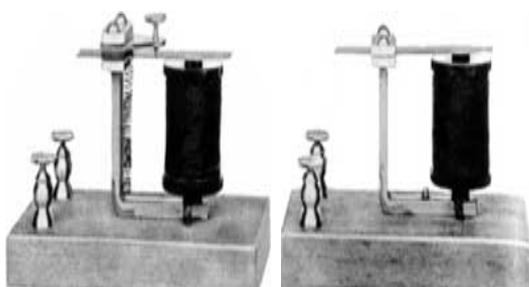


Figura 5.4. - Transmissor (esquerda) e receptor (direita) do telégrafo harmônico de Bell – Fonte: <http://www.museudotelefone.org.br/invencao.htm>



Figura 5.5 - Reprodução do telefone em forma de força, de Graham Bell, utilizado em 1876. Fonte: <http://www.museudotelefone.org.br/invencao.htm>

Com a extensão de seu uso, múltiplos terminais tornaram-se necessários nas cidades. Inicialmente as chamadas eram direcionadas a postos de distribuição e monitoradas por telefonistas através de comutadores manuais. A melhoria dos materiais e técnicas como a utilização do cobre o posteriormente da fibra óptica popularizaram seu uso. Hoje é um dos elementos primordiais da telecomunicação.



Figura 5.6. - Bell apresentando seu invento ao público na Exposição do Centenário, na Filadélfia. Fonte: <http://www.unificado.com.br/calendario/02/gbell.htm>



Figura 5.7. - Primeiro telefone no Brasil feito sob encomenda nas oficinas da The Consolidated Telephone construction/Maintenance Co. Ltd. - Londres, em 1877, a pedido do Imperador do Brasil, D. Pedro II, este aparelho foi instalado no Palácio de São Cristóvão, na Quinta da Boa Vista. Fonte: <http://www.telemar.com.br/museu/>

No Brasil o telefone veio por intermédio de Dom Pedro II, em visita à Exposição do Centenário da Independência dos EUA na Filadélfia, figura 5.6. Dom Pedro II foi surpreendido pela invenção de Bell, apresentada pelo próprio inventor, o qual ouviu durante a demonstração a uma distância de mais ou menos 150m a exclamação do imperador na outra ponta, quando este declarou “Meu Deus, isto fala!”. Após mais ou menos um ano, chega o primeiro telefone ao Brasil, figura 5.7. Em 1879, o imperador outorgava a primeira concessão para exploração dos serviços de telefonia no país.

5.1.3.2 *Aparelho telefônico: conceitos básicos*

“A palavra TELEFONE deriva da composição de duas palavras gregas TELE + PHONOS, onde TELE significa distância e PHONOS significa fala (voz)” (LIMA, 2003). Mais tarde, foi incorporado a esta definição o uso de ondas eletromagnéticas resultantes de correntes elétricas variáveis e de sua propagação através de meios condutores.

O princípio do telefone é a conversão (tradução e codificação) de energia acústica em elétrica e vice-versa. Para que isto ocorra o telefone é constituído de funções básicas: microfone para converter a voz em sinais elétricos, receptor para converter estes sinais em vibrações acústicas, emissor de sinais numéricos e um sinalizador, além da carcaça que sustenta sua forma.

Nos telefones eletrônicos as funções básicas podem ser representadas conforme o diagrama de blocos, correspondente a figura 5.8 a seguir:

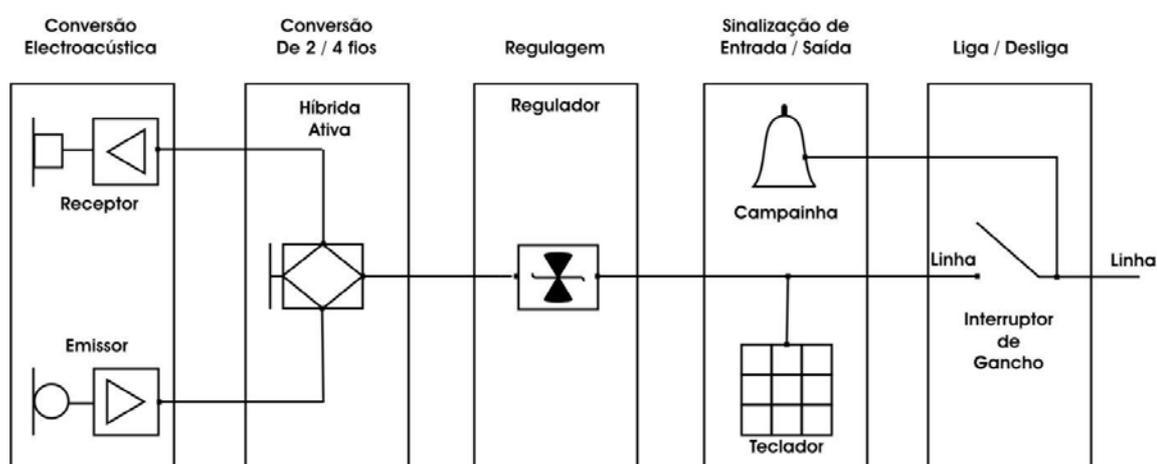


Figura 5.8. – Funções básicas do telefone eletrônico (ARMBRUST, 1986)

ARMBRUST (1986) descreve cada uma delas, e para complementar e atualizar suas explicações, foram acrescentadas informações provenientes do CEFETSC –SJ e dos profissionais da empresa alvo:

- Conversão eletroacústica: Também denominado de Circuito de Comunicação de Voz ou Circuito Áudio, neste bloco são utilizados transdutores eletroacústicos lineares, providos de amplificação e regulação que podem ou não estar incorporados ao transdutor. Os transdutores: cápsula receptora responsável pela conversão dos sinais elétricos recebidos em energia acústica (variação de pressão), e o microfone o qual converte a voz em energia elétrica (variação de corrente ou tensão), são geralmente alocados no monofone, e este ao corpo do telefone, através de um cordão espiralado, constituído de condutores. LIMA (2003) destaca três características entre elétricas e mecânicas a serem observadas nos transdutores: Sensibilidade (relação entre entrada e saída do dispositivo), Resposta em frequência (é importante devido às distorções que pode causar no sinal transmitido), Robustez mecânica (deve apresentar boa resistência mecânica, frente a grandes manipulações do equipamento).

a) Cápsulas receptoras: A utilizada pelo telefone deste estudo é do tipo dinâmica, principalmente pelo fato de apresentar uma resposta em frequência e uma sensibilidade superior a outras. Seus elementos constituintes são os mesmos, porém a maneira com que estes estão dispostos é que faz diferença. Uma bobina é enrolada na parte de uma membrana criando um campo magnético variável e produzindo através de sua oscilação as ondas acústicas, tornando-se móvel em relação ao ímã permanente (campo magnético fixo), veja figura 5.9. A interação entre estes campos é que constitui o princípio da cápsula dinâmica.

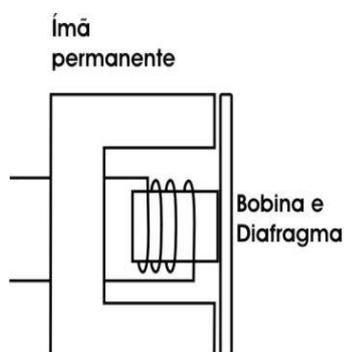


Figura 5.9. – Cápsula dinâmica Fonte: LIMA (2003).

b) Microfone a eletreto: É um microfone capacitivo, ou seja, é um capacitor com uma capacitância que varia com as ondas sonoras. Ao se falar num microfone alteramos diretamente

a capacitância do mesmo. Com a variação da capacitância a carga armazenada no capacitor é alterada, passando a circular uma corrente que varia com a capacitância. Entretanto neste caso, o capacitor é constituído por eletreto, material dielétrico com carga elétrica permanente, tornando o circuito de polarização mais simplificado.

Na parte interna do corpo do telefone, na placa base há uma série de transmissores, resistores e diodos também responsáveis pela recepção e transmissão dos sinais e qualidade das mesmas. Podendo ser subdivididos em circuito de transmissão TX e recepção RX.

- Conversão de 2/4 fios: Neste bloco é utilizada uma híbrida ativa. A híbrida ativa é um circuito eletrônico integrado que utiliza uma ponte resistiva, elementos de amplificação, de regulação e de proteção.

Para efetuar o processo de transmissão de energia, os transdutores devem estar ligados por um par de fios (canal) chamado *modo simplex*, além disso, é necessário inserir no circuito uma fonte de alimentação, para o fornecimento de corrente de alimentação microfônica. Este foi empregado no protótipo de Bell, em 1876, mas apenas permitia a conversação em um sentido: de A para B (figura 5.10a). Entretanto para poder construir um circuito de voz, precisa-se da associação de dois canais (condutores) unidirecionais, ou seja, quatro fios e duas fontes (figura 5.10b). Ao utilizar-se um par de condutores de cobre, pode-se utilizar apenas um e não dois canais, pois ele é bidirecional, e utilizar dois pares de transdutores: transmissores e receptores em série ou paralelo. O mais indicado é o chamado circuito duplex paralelo (figura 5.10c), com a adição de um choque (CK), bloqueando a passagem da corrente vocal através da fonte de alimentação. E a transformação de dois para quatro fios é feita através de um transformador híbrido, que no caso dos telefones eletrônicos é desempenhado pela híbrida ativa (FERRARI, 1991). O que auxilia a corrente microfônica depender apenas do transdutor transmissor (microfone) e não mais do receptor, linha e fonte.

O chamado efeito local também é minimizado, ou seja, quando uma pessoa fala em um dos lados do circuito ela ouve a própria voz com grande intensidade. O efeito antilocal nunca é total, possibilitando que o usuário ainda ouça uma parcela da sua própria voz, isto é positivo, pois, dá a sensação de que o aparelho está funcionando normalmente.

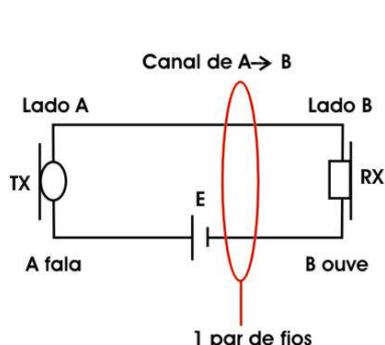


Figura 5.10a – circuito operando no modo *Simplex*

Adaptação LIMA (2003) x FERRARI (1991)

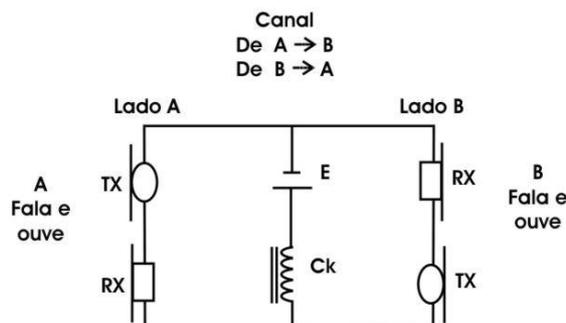


Figura 5.10c – circuito operando no modo *Duplex paralelo*

Adaptação LIMA (2003) x FERRARI (1991)

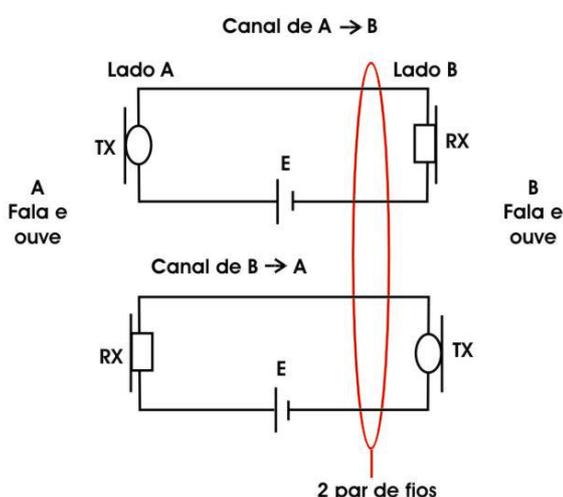


Figura 5.10b – Dois circuito operando no modo *Simplex* para a conversação Bidirecional

Adaptação LIMA (2003) x FERRARI (1991)

- Bloco de regulagem: “Proporciona a característica de sensibilidade linear de emissão e de recepção para um comprimento de linha predeterminado”. (ARMBRUST, 1986)

Se o usuário estiver muito próximo à central, a intensidade do sinal recebido é alta, com isto a regulagem ou circuito equalizador atenua o sinal. Mas se ele estiver longe da central (5km ou mais) a intensidade do sinal recebido será fraca, de forma a ser reforçada pela regulagem. Portanto, o objetivo da equalização é manter constantes os níveis de sonoridade de emissão e recepção até o comprimento de 5km de linha. Deixando constante a sonoridade de recepção entre dois usuários que se comunicam até esta distância, para quaisquer perdas de linha de 0dB a 9dB, proporcionando maior satisfação ao usuário. Nos telefones eletrônicos a presença de amplificadores de emissão e de recepção possibilita uma regulagem mais ampla através de um controle automático de ganho nestes amplificadores, com auxílio de realimentação negativa.

Além da equalização e do circuito antilocal, sendo que este último separa os sinais recebidos dos emitidos, possibilitando que a pessoa ouça com quem está falando e não sua própria voz, há o chamado circuito proteção de entrada de linha, ou seja, um conjunto de componentes destinados à eliminação de transientes, evitando a queima do telefone por sobretensão de picos de corrente que pode surgir na linha telefônica. E um conjunto de diodos (ponte de diodos) que garantem sempre a mesma polaridade da linha dentro do aparelho, e de todos os componentes dentro do aparelho, permitindo ao usuário não se preocupar com a polaridade da linha durante a instalação da tomada telefônica. Os diodos são componentes compostos de materiais semicondutores, silício ou germânio, que conduzem corrente elétrica apenas num único sentido, fornecendo altíssima resistência no sentido inverso.

Os três blocos descritos acima mais os componentes do último parágrafo descrito formam o Circuito Entrada de Linha, relacionado com falhas na recepção/emissão da figura 5.2 – Sistematização das falhas no aparelho TCX.

- Bloco de sinalização entrada / saída: Abrange a sinalização decádica ou multifrequencial assim como a campainha, constituída por um circuito eletrônico com radiador acústico piezocerâmico ou alto-falante. Para uma melhor análise, este bloco será dividido em dois circuitos: Circuito de Discagem e Circuito de Campainha.

a) Circuito de discagem ou dispositivos de seleção numérica: compreende desde as teclas funcionais até os sistemas de seleção numérica de discagem, a maioria dos telefones dá a opção de dois sistemas de seleção numérica, multifrequencial (Tom) e por pulsos (decádico). É através de um destes dois sistemas que o usuário informará a central comutadora o número do assinante com quem deseja estabelecer comunicação.

a.1.) Teclador Decádico (Sistema por Pulsos) – Neste sistema a central identifica o número do telefone chamado através de uma seqüência padronizada de interrupções na corrente de LOOP, fornecida pela ativação do teclado. O teclado é formado por um conjunto de chaves mecânicas que informam ao decodificador o número desejado. Sua construção obedece a uma padronização matricial de 4 linhas e 3 colunas.

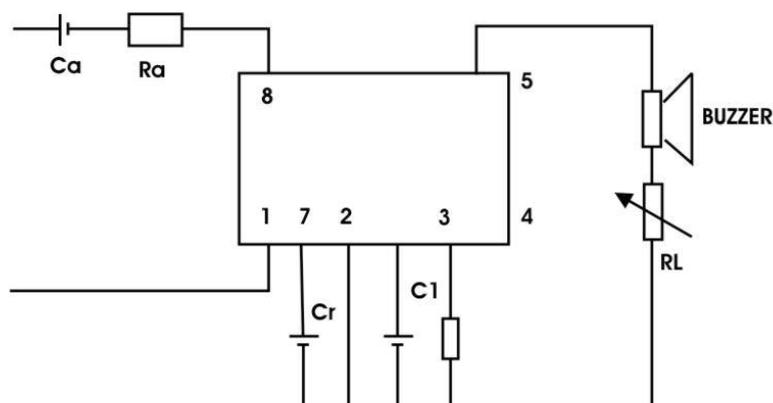
Cada algarismo do número de um telefone é identificado pelo número de interrupções que a corrente de LOOP sofre. Ou seja, o algarismo 1 provoca uma interrupção, o algarismo 2 duas interrupções e assim sucessivamente, considerando que o algarismo 0 corresponde a dez interrupções. Para que estas seqüências de interrupções representem seus respectivos algarismos, existe uma pausa entre estas seqüências, ou seja, um período mínimo de tempo sem

sinalização. Como a velocidade ao teclar pode ser maior do que a velocidade do circuito em transmitir à central, existe um circuito de memória para armazenar os algarismos.

a.2.) Teclado Multifrequencial (sistema multifrequencial – MF) – Neste sistema o número desejado é informado a central através de um sinal composto pela soma de 2 senóides (bitonal), não havendo interrupção da corrente do LOOP. As frequências seletivas, de multifrequência, são obtidas com um teclado constituído por um teclado e por um oscilador e são transmitidas, através de uma linha de conexão para a unidade receptora na central segundo um código formado por duas frequências simultâneas, combinadas duas a duas, de um grupo de 4 frequências baixas e de 4 frequências altas.

b) Circuito de Campanha: este sistema permite ser acionado quando o monofone está no gancho. Sua função é sinalizar o recebimento de chamadas pelo telefone. Seus dispositivos são acionados por uma corrente alternada RING enviada pela central. Hoje os telefones não utilizam mais a campainha, esta foi substituída pelo oscilador eletrônico bitonal (2 tons) responsável pela sinalização e o sinal enviado ao telefone para identificação é denominado corrente de toque.

A campainha eletrônica é constituída por um transdutor electroacústico e por um circuito de comando eletrônico. Ele contém um circuito oscilador cujo sinal gerado é modulado na cadência da frequência de toque. Quando a corrente alternada chega ao telefone é retificada e filtrada, resultando num sinal contínuo usado na alimentação do circuito oscilador. Este último produz um sinal que atua sobre um transdutor electroacústico (buzzer) produzindo então uma sinalização sonora (LIMA, 2003).



Terminais 1 e 8 - Linha Telefônica
 Terminal 2 - Referência (terra) do circuito
 Terminal 3 - C1 - Capacitor de controle da frequência de varredura
 Terminal 4 - Resistor de controle da frequência da saída
 Terminal 5 - Ligado ao Buzzer

Figura 5.11. – Circuito integrado de sinalização sonora (LIMA, 2003)

- Bloco liga/desliga (contatos do gancho): Contém o interruptor de gancho. São partes móveis de uma chave seccionadora acionada com o peso do monofone. Tem a função de ligar e desligar o circuito de voz e a campainha. “Quando o monofone estiver no gancho a chave liga a campainha e desliga o circuito de voz. Quando o monofone estiver fora do gancho a campainha fica desligada e os demais circuitos do telefone estarão ativos. Também conhecida como comutador, podendo ser comparada a uma chave *push button*.” (INTELBRAS, 2003)

A estrutura do domínio do conhecimento aqui apresentada objetivou apenas descrever alguns princípios e conceitos básicos do funcionamento dos aparelhos telefônicos, não entrando em pormenores, solicitação da empresa alvo, nas potenciais causas e soluções das falhas tratadas no protótipo. Sua redação foi revisada por um especialista e por um professor do CEFET-SJ que ministra a disciplina de telefonia I. No aparelho alvo deste estudo, é encontrado estes princípios viabilizados pela integração de 22 subcircuitos formados por diversos componentes como transmissores, capacitores, diodos, resistores e outros essenciais ao seu funcionamento.

5.2 Representação

Durante a aquisição do conhecimento são utilizadas ferramentas como fluxogramas do processo de solução de problemas e árvores de falhas para formalizar e modelar o conhecimento possibilitando sua representação. Tão importante quanto o conteúdo do domínio do conhecimento, é como o especialista utiliza estas informações para resolver o problema. Resgatar o raciocínio do especialista no momento do processo de solução, auxiliará na escolha da técnica de representação do conhecimento, e conseqüentemente dos mecanismos de inferência. Devendo as mesmas estarem condizentes com as características do problema conforme afirmação de TEIVE (1997): “O tipo de representação do conhecimento mais apropriado a uma determinada situação, depende do tipo de conhecimento que se quer representar, bem como do tipo de aplicação de interesse”.

Segundo LIRA & FANTINATO (2004) a representação do conhecimento pode ser definida como "um conjunto de convenções sistemáticas e semânticas que torna possível descrever coisas". Em linhas gerais, a representação do conhecimento é a aplicação de técnicas para descrever objetos e fatos do mundo, suas interações e a forma como podem ser úteis para resolução de problemas. A própria formação do conhecimento humano é uma abstração do

mundo real. Durante a abstração são criados modelos simplificados a partir da realidade. Nos sistemas especialistas a representação é a abstração do conhecimento humano, revelando informações importantes e subtraindo detalhes não significativos.

As principais técnicas de representação do conhecimento são: regras de produção, redes semânticas, orientação a objeto, representação baseada em casos, entre outras. Atualmente, e no presente trabalho, há uma tendência à representação híbrida do conhecimento, ou seja, a utilização de mais de uma técnica. A utilização do conceito de orientação a objeto complementa o emprego de regras de produção ou sistemas de produção (do tipo *if – then*), onde premissas são definidas e satisfeitas gerando ações através da máquina de inferência.

A representação através de regras de produção está associada ao mecanismo de inferência (máquina de inferência), este mecanismo analisa as premissas das regras selecionadas com fatos existentes. Analisa a veracidade das premissas fazendo disparar as regras que as contém, sendo então executadas suas ações. Esta técnica é uma das mais utilizadas pela facilidade de entendimento, mas pode levar a conflitos entre as regras, ou seja, os fatos existentes podem satisfazer premissas de várias regras simultaneamente. Para que isto não aconteça, regras de conflito, o mecanismo de inferência deve estar preparado. Neste trabalho os problemas de conflitos entre regras foram resolvidos pela declaração da saliência de regras, regras de controle e orientação objeto.

Na orientação a objetos o conhecimento é representado em forma de objetos (instâncias) agrupados por classes representando conceitos do mundo real. Estas instâncias, por sua vez, obedecem à estrutura e aos tipos de atributos definidos pela classe ao qual pertence (WANGENHEIM & WANGENHEIM, 2003 *apud* MIKOS, 2004).

No protótipo SECATI, parte do conhecimento foi representada em 4 classes de objetos: circuitos, dados de consulta, dados de relatório e arquivos em *html* e suas respectivas instâncias. O uso de instâncias facilita principalmente a formação de um gerenciamento de informações posteriores às sessões, fornecendo bases de consulta ao departamento de Desenvolvimento de Produtos. A cada término de uma sessão, todas as informações manipuladas geram uma instância que é armazenada em um arquivo em separado.

As instâncias são manipuladas através de mensagens, funções e regras de produção, o quadro 5.2 apresenta de forma simplificada os tipos de instâncias e regras de produção utilizadas no protótipo.

Instância dados consulta	Regras de produção
<p>Objeto: Circuito de áudio</p> <p>Atributo: Faixa padrão de tensão entre o emissor e coletor de T1.</p> <p>Valor: De 0.51V até 0.63V</p> <p>Atributo: Trilhas</p> <p>Valor: De CN4(RX-) até o terra. De CN4(RX+) até o R23 Do coletor T1 até o R31</p>	<p>Rule: Testar componente T1</p> <p>If: Se tensão de T1 < 0,5V e T1 > 1,7V</p> <p>THEN: Imprimir: “O componente T1 está fora da faixa padrão”.</p>

Quadro 5.2. - Exemplos de Instâncias e regras de produção do protótipo SECATI

A maior parte do conhecimento necessário ao protótipo foi representado através da classe de circuitos, entretanto para melhor flexibilizar o sistema e as possíveis adaptações a outros aparelhos, esta classe deverá ser semanticamente conectada a uma classe “Componentes” e subclasses como: resistores, transistores, capacitores, trilhas, gerando uma rede semântica, outra técnica fundamental na representação do conhecimento. Outro ponto a ser explorado futuramente é a alimentação automática do sistema, decorrente de eventuais novos problemas ou causas. Uma opção é utilizar uma combinação da representação baseada em casos, regras de produção e orientação objeto.

5.3 Implementação e Verificação

A etapa de implementação consiste na codificação computacional do conhecimento dando forma ao protótipo. Ao utilizar a metodologia incremental, a implementação pode ser intercalada principalmente pela aquisição e validação do protótipo, impedindo que o sistema avance em direção divergente aos seus objetivos.

Em relação aos recursos de implementação, os sistemas especialistas podem ser construídos a partir de duas categorias: *linguagens de programação* e *Shells*. O capítulo 3 do presente trabalho destacou as *Shells*, mais especificamente o CLIPS, como ferramenta de implementação do protótipo SECATI.

Tendo dividido o domínio do conhecimento em 4 grandes blocos, conforme características técnicas pré-definidas, gerou-se 3 grandes grupos de falhas. Estes 3 últimos grupos resultaram no total 16 potenciais problemas e conseqüentemente 16 árvores de falhas.

O processo de implementação seguiu por blocos: falhas na campainha, falhas na recepção / emissão, falhas no sistema de discagem. Durante os ciclos de desenvolvimento, principalmente na representação do conhecimento, algumas falhas foram apresentados como subitens de outras, por caracterizarem desmembramentos das mesmas. Sendo assim, as opções de escolha das falhas resultaram em 11 opções, com alternativas de escolha num segundo nível, como apresentado no quadro 5.3 seguir:

BLOCOS	Falhas na recepção / emissão	Falhas na campainha	Falhas no sistema discador
FALHAS	1 Sem Rx 2 Sem Tx 3 Sem RX e Sem TX e Sem Ring 4 Sem RX e Sem TX e Com Ring 5 Ruídos 6 Interferência de RF	7 Sem Ring 8 Ring distorcido / som estranho	9 Tecla sozinho 10 Tecla errado 10.1 Tecla errado em Decádico 10.2 Tecla errado em Tom 10.3 Tecla errado em Tom e em Decádico 11 Não tecla 11.1 Não tecla em Tom 11.2 Não tecla em Decádico 11.3 Não tecla em Tom e em Decádico

Quadro 5.3. Relação de Falhas implementadas no protótipo SECATI e seus blocos de circuitos.

Através das regras de produção e inserção de fatos, implantou-se o primeiro problema da listagem e construiu-se uma página em *html* com as características gerais do aparelho em questão. O objetivo era implementar o conhecimento referente a um dos apresentados, formando a primeira versão do protótipo, e disponibilizar para validação informal, a fim de confirmar o raciocínio utilizado pelo protótipo.

Com um parecer favorável do especialista até então responsável à primeira versão, posteriormente foram incorporadas outras opções de falhas no protótipo e ajustado pequenas alterações no inicialmente implementado.

As alterações do primeiro problema, mais os problemas 2, 3 e 4 foram implementados na segunda versão. Nesta versão foi utilizado orientação a objetos, criando classes e instâncias manipuladas através de mensagens e funções incorporadas às regras de produção. O sistema é estruturado através de perguntas e respostas. O avanço na consulta e a apresentação das prováveis causas dependem das informações de entradas fornecidas pelos usuários. Estas informações de entrada podem ser valores encontrados durante medições de componentes, solicitados pelo sistema, ou um parecer sobre o desempenho destes componentes.

Para facilitar a comunicação entre o profissional do setor, usuário do sistema, e o solicitante do atendimento que está no outro lado da linha telefônica, nesta segunda versão foi disponibilizado ao sistema uma interface gráfica dinâmica em *html* que se altera conforme o estágio do sistema. Esta interface apresenta os esquemas elétricos com detalhes dos componentes e fotos da placa do circuito interno do aparelho para identificação física. Esta última incorporada na terceira versão, veja figura 5.12.

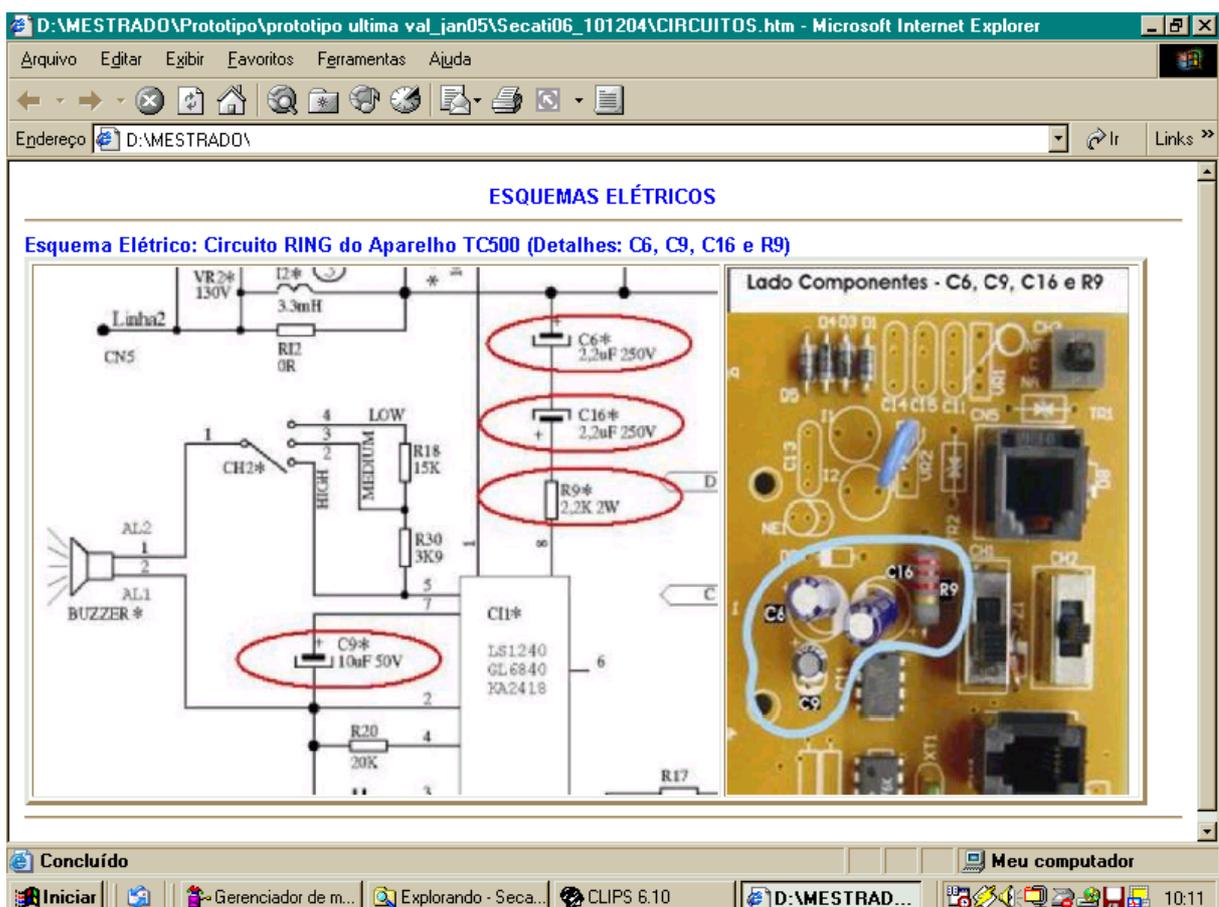


Figura 5.12. – Tela da Interface em *html*

Como resultante da validação da versão anterior, a funcionalidade do sistema foi alterada, dando origem à terceira versão. Agora, o SECATI contempla a possibilidade do usuário fornecer ou não as informações de entradas provenientes das medições do técnico de campo, necessárias para uma análise mais completa das causas e apresentação das soluções.

Ao escolher o problema a ser resolvido, o usuário é questionado da possibilidade ou não do técnico de campo repassar dados provenientes de medições ou análise de componentes ainda durante a consulta. Caso o técnico de campo não seja capaz de fornecer os valores resultantes das medições, o sistema alerta para uma análise não tão eficiente e a não armazenagem dos resultados para futuras pesquisas e estatísticas, pela falta de confirmação de ações efetivas.

Ao escolher a possibilidade de retorno das ações executadas pelo técnico de campo, o sistema armazena os componentes defeituosos e suas características junto ao problema correspondente. Estas informações são armazenadas em instâncias, ver exemplo abaixo, na classe “Relatório” criadas automaticamente a partir de cada sessão de consulta e salvas em um arquivo. A seguir se tem um exemplo das instâncias armazenadas no arquivo relatório:

```
([relatorio1367] of dadosrelatorio
  (dia 09)
  (mes 08)
  (ano 2004)
  (cliente Alexandra)
  (nome_tecnico_cati Edite)
  (aparelho TCX)
  (sintoma Sem RX)
  (comp_defeituosos T1)
  (probl_apresentados"Componente T1 apresentou 1.0V sua faixa é de 0.51V a 0.63V")
  (observacoes_finais sem observacoes finais))
```

Esta mudança funcional é uma aproximação do sistema à realidade do setor, na qual o especialista muitas vezes não recebe retorno das instruções fornecidas, deixando dúvidas sobre a real efetivação das ações ou origem das causas do problema. Desta forma, retorna-se ao problema inicial onde o setor não contém um banco eficiente para levantamento estatístico ou pesquisas específicas de desempenho de componentes. Entretanto, esta é a cultura vigente no setor e como isto não está no âmbito dos sistemas especialistas, procurou-se não alterar, porém alertar para este aspecto através da implementação desta função.

No decorrer do processo de desenvolvimento cíclico do protótipo, percebeu-se cada vez mais a importância do conhecimento acumulado pelos especialistas com experiências passadas. Como cada um dos especialistas entrevistados tinha diferenças em seu histórico de

experiências, tornou-se difícil chegar a um consenso. Como relatado necessitou comprovar algumas informações adquiridas através de testes práticos. O que ficou bastante claro é que em diversas vezes as opções ou instruções repassadas pelos técnicos, eram provenientes do quanto eles percebiam ocorrer sobre o problema, ou o quanto determinado componente apresentou problemas em suas experiências passadas. Partindo deste conceito surge a quarta versão do sistema. Ainda no formato pergunta resposta, mas agora a versão apresenta o número de ocorrências das causas confirmadas originárias das falhas e a data do último registrado. Neste caso, para componentes com as mesmas premissas necessárias para tornarem-se responsáveis pela falha, terão mais atenção os que apresentarem maior número de ocorrências. O usuário também tem a possibilidade de optar por qual dos componentes listados eles gostariam de consultar. No quadro 5.4, se pode perceber mais claramente a evolução das versões do protótipo SECATI:

Versão	Descrição da implementação	Resultado da validação
Versão 1	Implementação do sintoma 1 (sem RX) através do uso das regras de produção e inserção de fatos. Construção de uma página em <i>html</i> com as características gerais do aparelho TCX.	Pequenas alterações e um parecer favorável por parte dos especialistas.
Versão 2	Alterações decorrentes da primeira validação, implementação dos sintomas 2, 3 e 4 através do uso de orientação a objetos, manipulação de mensagens e funções incorporadas as regras de produção. Construção de páginas em <i>html</i> “dinâmicas” apresentando esquemas elétricos do aparelho TCX.	Informações corretas. Reconhecimento da dificuldade em repassar informações coletadas em campo durante a consulta. Possibilitar não entrar com valores de componentes.
Versão 3	O protótipo contempla a falta das informações de valores sobre os possíveis componentes defeituosos. Caso o técnico confirmar a causa do problema, a terceira versão já armazena as informações em instâncias para futuros relatórios. Incorporação de fotos da placa do circuito do aparelho TCX nas páginas em <i>html</i> “dinâmicas” .	Pequenas alterações Percepção pelo engenheiro do conhecimento uma dificuldade dos especialistas em priorizar as prováveis causas. Conhecimento baseado em experiências passadas, porém divergentes.
Versão 4	Maior flexibilidade ao protótipo, apresentação do número de ocorrências passadas de cada componente potencial causador da falha. Uso dos mesmos métodos de implementação através de orientação objeto, regras de produção e fatos.	Pequenas alterações Parecer favorável pelo especialista.

Quadro 5.4. Síntese da evolução das versões.

A etapa que procede a implementação e está fortemente inserida é a verificação do protótipo. A verificação objetiva assegurar a correspondência entre o que o sistema executa e suas especificações. Deve-se verificar a correspondência da representação utilizada x conhecimento adquirido e o resultado desta combinação, o raciocínio empregado, forma de explicação, além do intuito de assegurar que todas as entradas levam a saídas adequadas, e estas atendem as repassadas pelo especialista. A verificação foi realizada pelo próprio engenheiro do conhecimento de duas formas: durante os incrementos e ao término da implementação de cada versão.

Durante a implementação, a verificação buscou identificar erros de sintaxe e alguns erros de semântica. Erros de sintaxe segundo ALVES (2001), na verdade "são formas inadequadas de inserir o conhecimento no ambiente de programação. Já os erros de semântica, segundo mesmo autor, "representam modificações indevidas no conhecimento do especialista humano". Este segundo tipo de erro era detectado através de comparações com as descrições, árvores de falhas e fluxogramas da aquisição do conhecimento, questionamentos via *e-mail* ou em reuniões e durante a etapa de validação realizada pelo especialista. Os erros de sintaxe eram identificados e resolvidos durante a implementação de novos incrementos do protótipo. Para cada regra, classe, instância, função ou mensagem inseridas, o engenheiro do conhecimento executava o protótipo e capturava os erros. Os erros de sintaxe mais comuns formam uma junção entre regras incluídas (ou seja, algumas regras continham parte das premissas de outras) e regras conflitantes (mesmas premissas conclusões conflitantes), devido à dificuldade de representar o conhecimento; e em alguns poucos casos regras circulares, as quais formam *loops*.

5.4 Validação

A validação consiste na manipulação do protótipo em seus diferentes estágios, pelo especialista do domínio do conhecimento. Nesta etapa busca-se um parecer do especialista quanto à validade e confiabilidade no desempenho do sistema. A validação não implica simplesmente em testar as informações de saídas do sistema e identificar se estão corretas, mas se este obedece às necessidades e exigências do usuário.

Segundo REY&BONILLO (2000), os métodos de validação são freqüentemente classificados em dois grupos principais: qualitativo e quantitativo. Para estes autores, os

métodos qualitativos empregam técnicas subjetivas para a comparação do desempenho do sistema, já os métodos quantitativos estão baseados no uso de medidas estatísticas. Os autores apresentam uma ferramenta para validação, *SHIVA*, utilizando estas duas abordagens.

Apesar de existirem algumas ferramentas para a validação de sistemas especialistas, nada se compara em disponibilidade literária e fácil compreensão, às técnicas e ferramentas de aquisição do conhecimento. Decorrente disto, no presente trabalho somente foram utilizados métodos qualitativos, apenas variando as características: formal ou informal. A validação informal consiste em reuniões com um ou mais especialistas do domínio do conhecimento sempre que necessário, sem uma predefinição e muitas vezes focaliza pontos determinados do sistema. A validação formal já requer um maior planejamento, geralmente acompanhada de questionários estruturados e uma análise mais detalhada do sistema vislumbrando vários aspectos.

No protótipo SECATI, as validações, formais e informais foram realizadas pelos especialistas da empresa alvo, antes de novos incrementos, facilitando os possíveis ajustes e deixando os especialistas mais envolvidos com o projeto. O método de validação foi através da operação ou teste do protótipo por parte dos especialistas e posteriormente, no caso da validação formal, o preenchimento de questionários elaborados pelo engenheiro de conhecimento, baseado em parâmetros definidos de qualidade (APÊNDICE A). Os dois tipos de questionários aplicados foram estruturados em duas partes: perguntas referentes a pontos específicos do protótipo buscando esclarecimento sobre o domínio e questões gerais incorporando os parâmetros de desempenho.

Em todo o processo de desenvolvimento do protótipo SECATI, houve várias validações de caráter informal, e três de caráter formal. Das três validações formais o engenheiro do conhecimento estava presente em duas delas, e foi possível coletar maiores informações sobre as correções do sistema, observar o interesse ou não do especialista e sua interação com o protótipo. A presença do engenheiro do conhecimento durante a validação também se fez necessária para que esta acontecesse, pois com a quantidade de trabalho que os especialistas têm, estes acabavam sempre adiando a validação por vários dias.

A primeira validação correspondente a primeira versão levou em torno de duas semanas para ser concluída pelo especialista sem a presença do engenheiro do conhecimento. As respostas ao questionário foram positivas na parte correspondente aos parâmetros gerais, como se pode ver nas três questões destacadas abaixo. Em relação às questões específicas do sistema houve pequenas correções. Além de responder a parte específica do questionário, direcionada à

confirmação da base do conhecimento, o especialista fez um “*Print Screen*” das telas e fez observações sobre as mesmas, o que facilitou bastante a correção do protótipo. Algum tempo depois da validação este especialista foi transferido de setor deixando de participar do projeto SECATI.

P: O fluxo de informações é adequado? Por que?

R: “Sim. Porque limita-se às informações necessárias para cada estágio da resolução do problema, sem excessos. Colocando figuras e partes do esquema elétrico e ficará muito bom.”

P: As respostas geram dúvidas?

R: “Não. Pelo contrário indicam uma solução”.

P: Observações finais do avaliador sobre o protótipo:

R: “Creio que, como sendo uma primeira etapa do programa, o software se encaminha para se tornar uma ferramenta de grande utilidade e com muita rapidez para auxílio de solucionar problemas de manutenção. Além disso, ferramentas como esta poderão ser usadas em treinamentos e em simulações de problemas”.

A segunda validação formal consistiu primeiramente, em a engenheira do conhecimento explicar todo o processo de validação, pontos a serem observados e como preencher o questionário.

Inicialmente um especialista até então não envolvido no projeto SECATI, realizou a validação sobre a supervisão do engenheiro do conhecimento. Necessitando ficar com o protótipo por mais uma semana para realizar as anotações necessárias e testá-lo mais vezes. A princípio o especialista que possui quatro anos e meio na empresa, salientou positivamente as informações contidas no protótipo, como por exemplo, as faixas de valores dos componentes nas situações apresentadas. Nem todos têm ou lembram destas informações, quando necessário realizam testes na bancada para mensurar os componentes.

Uma observação importante do especialista foi a dificuldade em os técnicos de campo apresentarem as respostas pedidas pelo sistema, já que muitas vezes o atendimento é composto por vários telefonemas até sua solução. Inicialmente os especialistas do CATI passam uma sequência de componentes ou situações a serem verificadas. O técnico de campo posteriormente à ligação, realiza as recomendações, caso não consiga resolver ele retorna a solicitar o CATI. Entretanto, quando o técnico de campo consegue resolver seu problema

muitas vezes ele não retorna para informar o que realmente teve que ser mudado ou a causa real do problema. Assim, o CATI fica sem realmente saber qual a causa real do problema, o que prejudica o relatório final e a construção de um banco de dados ou ocorrências confiáveis.

A validação foi realizada por mais dois especialistas não envolvidos diretamente no processo até então. Eles confirmaram as informações, mas mesmo assim sentia-se um grau de desconfiança por parte dos mesmos, chegando a comparar com o esquema elétrico com o intuito de encontrar outras possibilidades. Dos três especialistas, apenas um, o primeiro relatado nesta segunda validação preencheu o questionário. Segue descrição de suas respostas:

P: A lógica de solução dos problemas seguida pelo protótipo é compatível com a utilizada pelos técnicos no dia-a-dia; ou seja, o processo de resolução do problema é coerente com o realizado pelo CATI ? O que precisa ser modificado?

R: “No processo atual costuma-se indicar os passos que o técnico deve seguir, porém ele dificilmente realiza os testes na hora, portanto não temos um retorno para saber se as informações repassadas realmente resolveram o problema”.

P: Ao percorrer um procedimento e verificar que ao final está tudo ok o protótipo emite uma mensagem ao usuário “ provavelmente você não realizou alguma das medições adequadamente. Verifique novamente as orientações dadas.” Esta mensagem deve permanecer ou tem outra opção a ser seguida. O que faria o técnico do CATI nesta situação? Daria esta mensagem ou buscaria outro caminho?

R: “O técnico teria que analisar o circuito e buscar outras alternativas, contando com a sua experiência técnica”.

Em relação à última resposta apresentada acima, destaca-se “... contando com a sua experiência técnica.” Nesta afirmação, o especialista quis indicar que o protótipo não deveria apresentar a mensagem mencionada e sim buscar outras alternativas, entretanto o próprio especialista não soube informar que alternativas seriam estas.

Da terceira versão para a quarta versão não houve validação formal, ou seja, preenchimento de questionário por parte dos especialistas. Porém, uma a validação informal foi registrada pelo engenheiro do conhecimento. O especialista a realizar a validação foi uma profissional com quatro anos e meio na empresa, tendo trabalhado na manutenção de telefones da empresa (assistências técnicas autorizadas) antes de entrar no setor do CATI. Esta especialista também é estudante de computação e envolvida no projeto de um novo

software para o setor que auxilie no armazenamento dos dados e formação do relatório contendo as informações das consultas. A princípio este novo projeto também não visa ou contempla o auxílio durante a resolução dos problemas.

A princípio a especialista achou bastante interessante, porém acha que um programa deste pode limitar ou não permitir que o especialista explore outros caminhos para solução. Entretanto ela reconhece que haverá mais rapidez e confiança nas respostas. Um ponto levantado foi a compatibilidade entre o que logicamente (teoricamente) seria o causador do problema, e o que realmente está causando o problema. Ela mesma sugeriu algumas mudanças na análise e a inclusão da verificação de alguns componentes, entretanto ao verificar na prática através do teste da bancada, concluiu que sua suspeita, ou melhor a sugestão que passaria ao técnico de campo não estava aplicada ao problema inicialmente mencionado e sim a outro problema ou situação.

Outro aspecto importante foi que durante a análise das perguntas e respostas dadas pelo sistema. A especialista ao acompanhar o esquema elétrico impresso no papel, instrumento hoje utilizado para identificar e se basear para dar as informações, não estava encontrando um componente mencionado no sistema. Espontaneamente ela abriu a interface em *html*, parte do protótipo SECATI, para identificar a localização do componente na figura detalhe. No mesmo instante ela conseguiu localizá-lo e encontrá-lo no esquema impresso. Com base nisto, a interface em *html* que apresenta detalhes do circuito elétrico (projeto) e possibilita a identificação rápida dos componentes em análise mostrou sua eficiência.

Uma grande sugestão proveniente da especialista, mas que já estava sendo analisada pelo engenheiro do conhecimento, é a possibilidade de se trabalhar com o número de ocorrência de cada causa para direcionar o processo de verificação e exploração do problema, visto que na busca de solução não há muitas razões ou combinações de condicionais para indicar que tipo de investigação deve ser feito, ou quais componentes são os causadores das falhas. A implementação das informações contendo o número de ocorrências passadas dos prováveis componentes causadores da falha é simples. A dificuldade reside na alimentação deste número de ocorrência, que depende da confirmação pelo técnico de campo ainda durante a consulta, de qual o componente realmente provou o problema. Hoje, os profissionais do CATI repassam alguns componentes que podem causar o problema, mas eles não têm retorno confirmando se suas indicações estavam corretas. E muitas vezes os técnicos de campo necessitam ligar novamente para buscar outras recomendações, pois as repassadas no primeiro atendimento não resolveram, ou os supostos componentes problemáticos não correspondiam à realidade.

Uma característica comum e importante na segunda e terceira validações é que os especialistas que as realizaram não participaram da etapa de aquisição. A duração destas duas validações soma em torno de seis horas na presença do engenheiro do conhecimento.

A validação da quarta versão foi realizada pela especialista encarregada por boa parte da aquisição do conhecimento, assistida em parte pelo engenheiro do conhecimento. Esta etapa durou em torno de três horas, e consistiu em uma análise detalhada do sistema. Foram atingidas todas as saídas do sistema por mais de uma vez. Em alguns pontos a especialista parava e confirmava as informações através das anotações provenientes dos testes feitos e comparativamente pelo caminho percorrido no esquema elétrico. Houve recomendações de apenas detalhes nos textos explicativos. O questionário, o mesmo respondido na segunda validação, fora respondido e devolvido posteriormente pelo especialista cerca de duas semanas após a validação. A seguir são apresentadas algumas das perguntas e respostas deste questionário:

P1. Ao percorrer um procedimento e verificar que ao final está tudo ok o protótipo emite uma mensagem ao usuário " provavelmente você não realizou alguma das medições adequadamente. Verifique novamente as orientações dadas." Esta mensagem deve permanecer ou tem outra opção a ser seguida. O que faria o técnico do CATI nesta situação? Daria esta mensagem ou buscaria outro caminho?

R: O ideal seria colocar uma mensagem informando que as possibilidades foram esgotadas e que é preciso analisar, novamente, o circuito ou analisar outra parte do circuito que tenha correspondência com a falha alegada. O técnico do CATI solicitaria que fosse analisado outro bloco de circuito que tivesse alguma correspondência indireta com o problema apresentado.

Esta resposta teve a mesma essência da resposta do especialista responsável pelo preenchimento do questionário na segunda validação. E como ele, a especialista não especificou quais caminhos ou informações que pudessem levar a outras ações pelo sistema.

P: As recomendações (ações a serem seguidas)/ respostas fornecidas pelo protótipo deixam alguma dúvida ao usuário? Poderiam ser mais completas?

R: Para o técnico que recebe o auxílio não restará dúvidas, pois as informações referente ao aparelho TCX estão completas.

P: A lógica de solução dos problemas seguida pelo protótipo é compatível com a utilizada pelos técnicos no dia-a-dia; ou seja, o processo de resolução do problema é coerente com o realizado pelo CATI ? O que precisa ser modificado?

R: Partindo do princípio correto de um atendimento técnico, o protótipo apresenta a análise de forma coerente e por etapas do circuito a ser analisado de acordo com o sintoma apresentado. O que muitas vezes não ocorre em nossos procedimentos.

A afirmação da resposta acima: “O que muitas vezes não ocorre em nossos procedimentos”, está relacionada à forma como cada especialista realiza o processo de atendimento. Como já mencionado há diferenças entre os atendimentos fornecidos pelos especialistas.

P: Qual a conclusão geral dos técnicos que validaram o sistema?

R: O protótipo é minucioso em toda a análise o que o torna demorado, mas eficiente.

A demora citada na resposta acima está relacionada à análise do problema pelo sistema. Em alguns problemas o sistema solicita a confirmação dos valores apresentados pelos componentes do aparelho com falha. Isto pode caracterizar morosidade, pois é necessário que se realizem medições no momento da consulta. Entretanto, o sistema mesmo quando não solicita as informações sobre os valores, ele apresenta opções a serem verificadas e o usuário pode continuar no sistema até o final. Já nas consultas realizadas pelo especialista humano são mais curtas, porém necessitam muitas vezes de mais de um telefonema para realmente resolver o problema.

Na versão final do protótipo, como encerramento da etapa de validação, foi planejada a aplicação total ou parcial do *Teste de Turing* para avaliação.

O *Teste de Turing* segundo RIBEIRO (1987) é um teste clássico para determinar se uma máquina possui conhecimento ao “nível humano”. A máquina e um humano são colocados em duas salas. Uma terceira pessoa, designada como interrogador, está numa sala ao lado independente da máquina e do humano. O interrogador não pode ver ou falar diretamente com ambos, comunicando-se unicamente através de um terminal. O interrogador deverá distinguir entre o ser humano e o computador com base nas respostas enviadas às suas perguntas. Se o interrogador não distinguir a máquina do ser humano com no mínimo 50% de precisão, então a máquina é considerada portadora de conhecimento.

Mas como a aplicação prática deste teste não seria facilmente realizada devido à comunicação através de um mesmo terminal recebendo respostas simultâneas do ser humano e do sistema especialista, resolveu-se adaptá-lo. A adaptação consistiu em provocar uma falha no aparelho, induzida por um dos técnicos da empresa. Outro técnico sem saber a causa apenas o sintoma do problema, tentaria resolver apenas pela indicação de outra pessoa que estiver utilizando o sistema. A pessoa a utilizar o protótipo poderia ser um profissional da área de atendimento ao consumidor (SIAC), via telefone, pois não tem conhecimentos técnicos suficientes para resolver os problemas.

No dia da execução do teste um dos especialistas do CATI que não participou diretamente no processo de desenvolvimento do protótipo SECATI provocou uma falha no aparelho. Ele escolheu desconectar um dos contatos do capacitor C16, cortando uma de suas duas pontas responsáveis pelo contato e camuflando através de solda do outro lado da placa do circuito. Visualmente não era percebida a causa (capacitor C16 aberto) somente o sintoma falta de Ring, ou como eles citam “Sem Ring”.

Para resolver o problema a especialista que participou ativamente do processo de aquisição e validação do sistema assumiu o papel de técnico de campo solicitando atendimento. Na manipulação do sistema estava uma estagiária do CATI, recém recrutada que não possuía experiência técnica para resolver o problema. As atendentes do SIAC não puderam participar, pois o setor disponibilizava poucas pessoas no momento de forma a não ser possível a saída de mais uma pessoa da função de atendimento.

O teste começou com a especialista na bancada de teste e a estagiária frente ao computador localizado no posto de trabalho dos profissionais do CATI. A comunicação entre elas foi feita via telefone. Uma das primeiras telas que apareceram no sistema ao iniciar a consulta do problema SEM RING questionou sobre a possibilidade do técnico de campo repassar as informações das medições referentes a alguns componentes, caso necessário. Para isso o técnico de campo deveria ter um multímetro (aparelho para medição de tensão, resistência, e em aparelhos mais novos capacitância...). A resposta da especialista foi positiva, pois ela possuía multímetro. Entretanto na seqüência era pedido para verificar se alguns componentes apresentavam valores: C6, C16, C9 e R9. Um deles, o C16 não apresentava valores, estava “aberto”. Sendo assim, ao informar ao sistema que nem todos apresentam valores, o sistema pode para identificar qual(is) e logo em seguida pede que o componente seja substituído (figura 5.13).

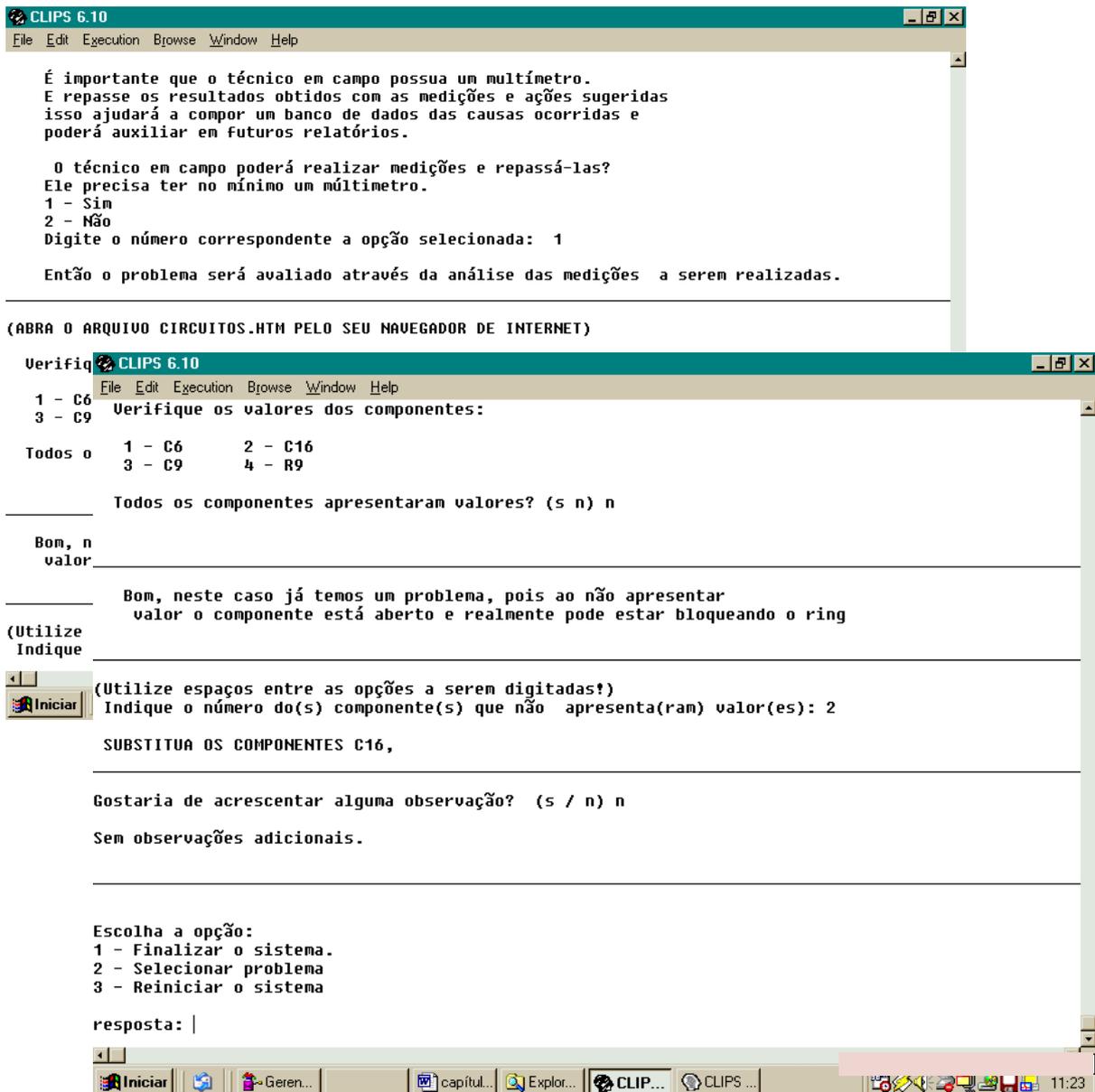


Figura 5.13 – Telas do Protótipo SECATI

Entretanto, numa situação parecida o componente poderia apresentar problemas, tendo sua faixa de valores alterada. Sendo assim o sistema continuaria e pediria para mensurar os componentes. Porém as faixas de valores apresentadas estavam em $\mu\text{F/V}$ e só poderiam ser mensuradas através de um capacímetro (aparelho para medição de capacitores) ou um multímetro que tivesse essa opção, mas não era o caso do multímetro utilizado pela especialista. Com o multímetro ajustado na escala de diodos, somente pode-se identificar se o capacitor assume valores negativos, atinge o valor zero e passa a atingir valores positivos. Mas isso não identifica que ele esteja em sua faixa padrão, dificultando o diagnóstico. Desta forma percebeu-

se que o sistema conseguiu percorrer o caminho correto do raciocínio de solução, mas não contemplou o fato do técnico de campo não possuir condições de medir um capacitor em sua escala. O sistema também necessita maior flexibilidade durante sua manipulação.

Durante o desenvolvimento do protótipo tentou-se aproximá-lo o máximo possível à realidade, mas como não teve um período de aplicação prática, alguns detalhes como o supracitado precisam ser ajustados.

A estagiária que não conhecia o protótipo achou muito bom, principalmente para ela que ainda não tem experiências acumuladas a partir de atendimentos anteriores.

O engenheiro do conhecimento e a especialista concluíram que necessitava-se de mais conhecimento prático de campo para a solução dos problemas apresentados nos aparelhos telefônicos, visto que a maioria dos problemas que chegam ao CATI são oriundos de centrais telefônicas. O conhecimento repassado pelos especialistas era decorrente de experiências vividas há algum tempo e com isso surgiram lacunas. Por volta de setembro / outubro de 2004 a empresa alvo criou um setor de manutenção de assistência técnica destinado apenas à aparelhos telefônicos. A finalidade do setor é receber os telefones provenientes das assistências técnicas e clientes em período de garantia, identificar as falhas, suas causas e consertá-los. As pessoas que compõem o setor vieram principalmente do CATI e da linha de produção e estão começando a criar experiência no conserto destes aparelhos. Mais recente ainda é o registro destes sintomas apresentados e suas causas bem como as ações realizadas para combatê-los.

O próximo capítulo apresenta as conclusões gerais e principais recomendações oriundas desta pesquisa.

CAPÍTULO VI

CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES A TRABALHOS FUTUROS

6.1. Considerações Finais

O principal objetivo deste trabalho foi documentar e disponibilizar o conhecimento dos especialistas da empresa alvo, referente ao produto TCX, o que se pode verificar com a construção do protótipo de sistema especialista SECATI. Já nos objetivos específicos busca-se realizar um estudo de viabilidade de implantação de um sistema especialista na área do CATI, o que reconheceu-se ser não só viável mas também de grande auxílio. Portanto, este projeto serve como um estudo de viabilidade para futura implementação dos demais conhecimentos necessários do setor CATI pertencente à empresa alvo. Pode-se perceber a viabilidade de sua construção, a necessidade apresentada pelo setor em estruturar e disponibilizar o conhecimento, e o quanto o sistema poderá auxiliar caso o mesmo seja expandido. Em relação à confiança das informações repassadas pelo protótipo, esta mostrou-se em alguns casos mais presente do que nas informações repassadas por alguns técnicos sem o protótipo. Isto é decorrente de um processo de aquisição do conhecimento que fundamentou-se em mais de um especialista, e nos resultados provenientes de testes reais para confirmação das informações adquiridas.

Ao alcançar o objetivo de registrar as necessidades dos profissionais da assistência técnica que identifiquem a utilização dos sistemas especialistas, encontrou-se principalmente a necessidade de disponibilizar o conhecimento existente de maneira eficiente e confiável. A necessidade de se disponibilizar o conhecimento, principalmente na área de assistência técnica, é nitidamente explicitada no capítulo 3 através da pesquisa de campo, na qual demonstra-se o nível de especialidade, experiência e tempo dos especialistas para resolverem os problemas encontrados diariamente nesta área. O setor de assistência técnica é um grande nicho para aplicação e desenvolvimento de sistemas especialistas ou até mesmo outras ferramentas de gestão do conhecimento. Não se pode afirmar através da pesquisa que empresas que possuem gestão do

conhecimento trabalham com sistemas especialistas, mas considerando que para uma visão voltada à gestão do conhecimento a empresa precisa de uma cultura interna propícia, esta cultura forma um ambiente de grande aceitação aos sistemas especialistas.

Cada vez mais as empresas estão fazendo uso das contribuições dos sistemas especialistas no setor de assistência técnica, mais especificamente nos setores de *Help Desk*. Uma das características marcantes dos sistemas encontrados com aplicação neste setor é a utilização dos sistemas baseados em casos, o que facilita a realimentação de novos casos, ampliando assim a base de casos existentes. Considerando a experiência ao final deste estudo com a aplicação do protótipo SECATI e os estudos através da revisão bibliográfica, conclui-se que melhor seria utilizar a combinação das técnicas: regras de produção, modelagem orientada a objeto e base de casos.

Em paralelo à necessidade percebida nos setores de assistência técnica, encontra-se uma vertente mais ampla: a gestão do conhecimento. A gestão do conhecimento surge de uma percepção das empresas de que seu maior valor, ou pelo menos um dos mais importantes são as pessoas que as constituem, os chamados “ativos baseados no conhecimento” (STEWART, 1998). O sistema especialista não pretende substituir estes “ativos baseados no conhecimento” (conhecimento dos especialistas humanos), mas tornar estes ativos disponíveis e auxiliar os profissionais em seu trabalho. Estes sistemas devem ser aplicados em um domínio do conhecimento bem específico, não sendo fácil, muitas vezes inviável, uma aplicação abrangente do conhecimento ou dependência marcante do senso comum para tomada de decisões.

Tanto a gestão do conhecimento como os sistemas especialistas necessitam de uma cultura organizacional voltada a estimular, compartilhar e promover o conhecimento em seu interior de uma maneira que não caracterize-se como uma ameaça aos profissionais que detêm o conhecimento. A organização deve ter uma postura de troca e incentivo e não apenas de exploração do capital humano. Apesar da gestão do conhecimento e os sistemas especialistas terem origens distintas são disciplinas complementares. A gestão do conhecimento utiliza os sistemas especialistas como uma ferramenta a mais para disseminar e armazenar o conhecimento empresarial e os sistemas especialistas por sua vez, utiliza-se do ambiente de promoção e estímulo para compartilhamento do conhecimento, para formar sua base de conhecimento além de algumas técnicas de aquisição do conhecimento.

O grande destaque dos sistemas especialistas é seu poder de processar inferências através de sua máquina de inferência, agindo como um intermediário entre os fatos fornecidos e a

estrutura do conhecimento contida em sua base. Este é um dos grandes diferenciais dos sistemas especialistas em relação aos sistemas convencionais, além da possibilidade do desenvolvimento através da metodologia incremental.

Ao buscar-se prever a ampliação do protótipo para outros produtos da empresa foi percebido, durante este trabalho, a importância da metodologia incremental, principalmente na construção de protótipos com caráter de estudo de viabilidade. O mesmo protótipo pode apresentar diferentes formas de representação do conhecimento e raciocínio dependendo do *feedback* fornecido pelos especialistas no momento da validação. No protótipo SECATI, é nítida esta mudança de raciocínio para conduzir a solução do problema apresentado, isto devido às sessões de validação, principalmente. Estas mudanças provenientes das correções realizadas na fase de validação ao longo do desenvolvimento dão maior direcionamento e ajudam a modelar o sistema para seu desempenho esperado. A metodologia incremental também proporciona o crescimento, ou seja, a ampliação do sistema em módulos.

Quanto ao objetivo de identificar as limitações e dificuldades encontradas ao longo do trabalho, estas já foram destacadas ao longo deste estudo. Entretanto, alguns pontos devem ser mais enfatizados não só do ponto de vista de dificuldades, mas também de conquistas positivas.

Um dos fatores negativos do protótipo SECATI foi a falta de uma interface gráfica que substituísse a necessidade de abrir os arquivos em *html*. Uma interface gráfica deverá conter *links* que facilitem esta mudança visual entre as perguntas respostas do sistema e suas imagens em *html*. Entretanto, desde o início já se havia deixado explícito no escopo do projeto e suas limitações que não seria utilizada uma interface gráfica além dos recursos computacionais disponíveis no projeto.

O fato de trabalhar a partir de uma necessidade real da uma empresa foi bastante interessante, podendo assim, ver a importância dos sistemas especialistas como ferramenta e que realmente o conhecimento dependente somente dos especialistas pode causar problemas para a organização quando estes se desligarem de sua função. Como o engenheiro do conhecimento não é especialista no domínio do conhecimento ficou mais evidente a aplicação da engenharia do conhecimento, apresentando os reais problemas de se trabalhar com diversos especialistas. O trabalho com mais de um especialista também foi enriquecedor, pois se pode ver e acompanhar as diferentes abordagens e visões sobre o mesmo domínio e resposta a quaisquer situações, diferenças de relacionamento interpessoal e interesse no projeto, bem como a credibilidade depositada no mesmo.

Quanto ao projeto, a metodologia sugerida pelo PMBOK (2000) aliada à metodologia incremental dos sistemas especialistas, foram abrangentes o suficiente e auxiliaram no desenvolvimento do protótipo. Os pontos mais importantes que foram auxiliados ou mesmo alertados pela aplicação da metodologia de projeto foram a análise de risco, restrições, limitações e o escopo. Estes são pontos importantes que não estavam contemplados pelo processo de desenvolvimento de sistemas especialistas.

Ainda em relação às possíveis metodologias a serem utilizadas, foram encontrados trabalhos referenciando o CommonKADS, um aprimoramento do KADS, esta última uma metodologia direcionada ao processo de aquisição de conhecimento decorrente do projeto de pesquisa Europeu (ESPRIT P1098). O CommonKADS segundo AMORIM (2002) "tenta envolver todo o processo de desenvolvimento de um sistema baseado em conhecimento: da descrição da organização em que se constrói o sistema, até o desenho final da aplicação". Devido ao estágio em que se encontrava o projeto SECATI ao se ter contato com esta metodologia, o seu estudo não foi aprofundado. Ficando a abordagem do desenvolvimento dos sistemas especialistas, direcionada às etapas de aquisição, representação, implementação, verificação e validação.

Durante a etapa de aquisição do conhecimento foram encontradas várias técnicas de aquisição passíveis de serem utilizadas pelo engenheiro do conhecimento. A maioria destas referências literárias descreve estas técnicas de aquisição, e em poucos casos identificam em que fases do desenvolvimento devem ser aplicadas. Não há muito relato de práticas que relacionam técnicas de aquisição, adequação ao perfil do especialista e ao foco do domínio do conhecimento a ser trabalhado. Sabe-se que dependendo do especialista há maiores resultados ao se utilizar uma ou outra técnica de aquisição. Resultados que também podem variar dependendo do domínio do conhecimento a ser repassado.

Na implementação do conhecimento no protótipo SECATI, são percebidas mudanças na forma de raciocínio do protótipo decorrentes das variações do raciocínio dos especialistas. Estas diferenças na resolução dos problemas foram conservadas para ilustrar possibilidades do sistema e servir para potenciais implementações futuras. De todas as mudanças a mais positiva foi a incorporação dos detalhes dos esquemas destacando os prováveis componentes defeituosos em página *html* dinâmica.

No geral, o protótipo aproxima-se do modo pelo qual os problemas são resolvidos durante uma consulta junto a um especialista do CATI. Não se tem a pretensão de considerá-lo

concluído. O protótipo SECATI, como outros sistemas especialistas, sofreu gradativamente incrementos oriundos de novas opções, recomendações e situações imprevistas.

Como limitado nos objetivos específicos, focalizar em um produto representativo da linha de modelos, atualmente o protótipo SECATI abrange um dos aparelhos e seus principais problemas, mas devido sua estrutura modular pode ser expandido a outros aparelhos. O aparelho TCX é um aparelho base para outros aparelhos, ficando mais fácil sua expansão. A manutenção do sistema não estava no escopo do projeto, mas a princípio da forma que está estruturado o sistema os novos incrementos devem ser realizados por um engenheiro do conhecimento, por não ter uma alimentação e representação automática do sistema.

Durante todo este trabalho foram salientadas as limitações e dificuldades do desenvolvimento do protótipo SECATI, mesmo assim é confirmada sua viabilidade de construção, principalmente se for analisado como os recursos existentes no setor para auxiliar no atendimento técnico. Estes recursos ou formas de trabalhar o conhecimento estão descritas no Capítulo IV . Desta forma, conclui-se que os objetivos lançados no Capítulo I deste estudo e os resultados esperados, através da expectativa e interesse da empresa alvo, foram atingidos.

6.2. Recomendações para Trabalhos Futuros

As recomendações futuras estão divididas em duas categorias: aprimoramento do protótipo SECATI e potenciais estudos em sistemas especialistas de um modo geral.

Aprimoramento do protótipo SECATI:

Para o protótipo SECATI, as possibilidades de trabalhos futuros são amplas. Segue listagem de alguns pontos em destaque:

- Primeiramente, deve-se acrescentar classes de componentes, como por exemplo, classe dos resistores, capacitores, transistores,... criando assim, uma rede semântica entre estes, conforme feito na estrutura do projeto apresentado SILVA (1998).

- Reestruturar o protótipo de forma a possibilitar uma realimentação automática de novos conhecimentos. Essa realimentação poderia ser contemplada através do princípio do raciocínio baseado em casos.

- O sistema deve ser mais flexível, disponibilizar opções além das que apresentou, evitando ao máximo mensagens que indicam o esgotamento de análise a determinados problemas.

- Expandir o sistema incorporando outros produtos da empresa, a começar pelas centrais telefônicas que é o carro chefe do setor de atendimento. As centrais telefônicas envolvem tanto problemas de caráter físico decorrentes em falhas dos componentes do circuito elétrico como problemas de *software*. O que torna este produto bastante complexo e constante nas solicitações de atendimento do setor do CATI.

- Como elemento adicional, mas importante ao sistema, é a incorporação de um *help(?)*. À medida que o sistema cresce este item se faz necessário, mesmo que seja de fácil manipulação e tenha uma interface amigável.

- Durante a construção do protótipo, as prováveis falhas dos componentes foram baseadas apenas nas experiências dos especialistas, que por sua vez, mostraram-se bastante diversificadas. Para os possíveis futuros incrementos sugere-se a utilização de normas abordando o item confiabilidade.

- Durante a fase de aquisição relatou-se a utilização da técnica de Análise de Árvores de Falhas e descartou-se a utilização da técnica FMEA. No entanto a aplicação desta última seria de muita valia. Como sugestão a expansão do protótipo SECATI na fase de aquisição do conhecimento, utilizar a metodologia apresentada por VILAROUCA (2004), aplicada na mesma empresa, porém a projetos de injeção plástica.

- Após alguns incrementos é relevante utilizar o sistema em treinamento aos novos técnicos que irão trabalhar com os produtos da empresa e disponibilizar no *site* com acesso restrito aos técnicos credenciados pela empresa.

Potenciais estudos em sistemas especialistas de um modo geral:

Os avanços da IA e conseqüentemente dos sistemas especialistas são muito evidentes, não se pode negar as contribuições positivas que as pesquisas nesta linha trouxeram e ainda estão trazendo ao mundo dos negócios, da indústria e da medicina. Apesar de inúmeros trabalhos publicados ressaltarem os resultados favoráveis da aplicação dos estudos dos sistemas especialistas, há ainda alguns relatos de insucessos que não foram abordados neste estudo. Na verdade os fatores de insucesso dos sistemas especialistas deverão ser mais investigados e recomenda-se que seja alvo de futuros estudos na área. Durante o desenvolvimento dos sistemas especialistas há diferentes variáveis que devem ser monitoradas, como por exemplo, a filtragem

do conhecimento, adequação ao público alvo, representação apropriada do conhecimento, aproximação à realidade dos especialistas, base de conhecimento confiável; sendo assim, muitas vezes esses insucessos estão atrelados à forma como foi desenvolvido o sistema especialista, e não a sua real capacidade como ferramenta de disseminação do conhecimento. Um relato detalhado comparando os sistemas especialistas bem sucedidos com os mal sucedidos poderá mapear as razões que os levaram a atingir estes resultados e quais as ações e cuidados a serem considerados no desenvolvimento de futuros sistemas especialistas. Portanto, sugere-se uma intensiva pesquisa com o objetivo de identificar empresas brasileiras que utilizam ou já utilizaram os sistemas especialistas como ferramenta na armazenagem e disseminação do conhecimento. E em quais setores os sistemas especialistas realmente estão mais presentes na prática. Reforçando ainda os motivos causadores do sucesso ou insucesso no uso e construção destes sistemas. A literatura é rica na descrição e relato de sistemas especialistas em desenvolvimento ou pós-desenvolvidos, mas não é marcante a apresentação de históricos do uso destes sistemas após alguns anos.

No setor de assistência técnica, pode-se também investigar, tomando como base a pesquisa apresentada no Capítulo 3 deste trabalho, e expandi-la para outras empresas traçando assim um perfil mais próximo à realidade. Um perfil que represente o gerenciamento do conhecimento necessário ao setor de assistência técnica por estas empresas.

Ainda na linha de pesquisa, estende-se à identificação das melhores práticas de aquisição do conhecimento. Esta pesquisa objetiva dar suporte ao engenheiro do conhecimento na identificação do tipo de personalidade do especialista com quem irá trabalhar e conseqüentemente na adequação das diversas técnicas de aquisição.

Uma outra opção é avaliar sistemas convencionais existentes nas empresas para obtenção de resultados ou registro de informações e desenvolver sistemas especialistas integrados e estes, que possam interpretar os dados existentes e aplicar os conhecimentos da área em questão para auxiliar o usuário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEL, Mara, **Sistemas Especialistas**. Porto Alegre: Instituto de Informática da UFRGS, 1998.

ABRAHAM, Dorphy M., SPANGLER, William E., MAY, Jerrold H., **Expertech: Issues in the design and development of an intelligent Help Desk System** Expert Systems with Applications, vol.2, 305-319, 1991.

ALVES, Guilherme Dionízio, **Sistema especialista protótipo para diagnóstico de falhas em um sistema hidráulico naval**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. UFSC, Florianópolis, 2001.

AMORIM, Ricardo José Rocha, **Desenho de um Sistema Gerenciador Inteligente de Recursos em um ambiente de Aprendizagem Cooperativa**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de produção. UFSC, Florianópolis, 2002.

ARANHA, M.L.R. & MARTINS, M.H.P., **Temas de Filosofia**. Ed. Moderna, São Paulo, 1992.

ARAÚJO, Ricardo Matsumura, **Computação Evolutiva aplicada ao Aprendizado de Máquinas**. Programa de Pós-Graduação em Computação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Instituto de Informática, 2004.

ARMBRUST, Silvio, **Telefometria Básica**, Editora Érica, 1986.

BACK, Nelson, **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Ed. Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1983.

BARROSO, Antonio C de O. & GOMES, Elisabeth B. P., **Tentando Entender a Gestão do Conhecimento**. Revista de Administração pública, vol 33, nº2, p.147-170, março – abril, 1999.

BEZERRA, – Expert SINTA Shell : O Caminho Fácil para Sistemas Especialistas, 1998. pesquisa <http://www.lia.ufc.br/~bezerra/exsinta/exsintashell.htm>

BORGES, Joel Brasil, **Desenvolvimento de Protótipo de Sistema Especialista para Projeto Pneumático**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. UFSC, Florianópolis, 2002.

CAMPOS, Vicente Falconi, **TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. Editora de Desenvolvimento Gerencial, Belo Horizonte, 1999.

CASTELANI, Márcio R., GALAZ, Luiz A. , SILVA, Jonny C. - **Sistemas Especialistas Para o Gerenciamento Operacional de Redes de Distribuição de Gás Natural**. COCIM, 2002

CHIARELLO, Carlos Iran, **Compartilhamento do Conhecimento num Departamento de Desenvolvimento e Manutenção de Sistemas de Informática O Caso SANEPAR**. . Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC, 2002.

CHAN, Christine W., CHEN, Lin-Li, GENG, Liqiang,. **Knowledge engineering for an intelligent case-based system for help desk operations**. Expert Systems with Applications, 18, 125-132, 2000

CHORAFAS, Dimitris N., **Knowledge engineering: knowledge acquisition, knowledge representation, the role of the knowledge engineer, and domains fertile to IA implementation**. Ed. Van Nostrand Reinhold. New York, 1990

_____, Dimitris N., **Sistemas Especialistas: Aplicações Comerciais** Ed. McGraw-Hill. São Paulo, 1988.

CLIPS - (<http://kiwi.arca.ime.usp.br/?Clips>)

COFFEY, John W., et al., **Knowledge modeling and the creation of El-Tech: a performance support and training system for electronic technicians**. Expert Systems with Applications, 25, 483-492, 2003

CRAWFORD, Richard, **Na Era do Capital Humano**. São Paulo: Editora Atlas, 1997

DAVENPORT, Thomas H., **Some Principles of Knowledge Management**. , 1996. (Fonte: <http://www.itmweb.com/essay538.html>)

_____, Thomas H. & PRUSAK, Laurence, **Conhecimento Empresarial**. 4º edição. Editora Campus – Rio de Janeiro, 1998.

DIAS, Acires, **Projeto para a confiabilidade Aplicado ao Processo de Implantação de uma Rede de Gás**. Produto: Gestão & Desenvolvimento. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento do Produto. Ano 2, número 2, março, 2002.

DURKIN, John, **Expert Systems: design and development**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1994

E-CONSULTING CORP., A gestão do conhecimento na prática. 2004.

FERRARI, Antonio Martins, **Telecomunicações – Evolução & Revolução**, Editora Érica, 1991.

FONSECA, Antono Jorge H., **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projetos de produtos industriais e sua implementação computacional**. Florianópolis: Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica da UFSC, 2000. (TESE)

GENARO, Sérgio, **Sistemas Especialistas: o Conhecimento artificial**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1986.

GIARRATANO, Joseph., RILEY, Gary. **Expert System: Principles and programming**. Boston:PWS publishing company, 1993

GONZALEZ, Avelino J. & DANKEL, Douglas D., **The Engineering of Knowledge-Based Systems – Theory and Praticce**. Presntice-Hall, Inc., 1993

VILAROUCA, Marcelo Grijó, **Sistematização do conhecimento da manufatura para uso na revisão formal de projeto: uma aplicação no domínio de componentes de plásticos**, Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Mecânica. UFSC, 2004.

GROSSMANN Jr., Helmuth, **Um Sistema Especialista para Auxílio ao Diagnóstico de Problemas em Computadores Utilizando Raciocínio Baseado em Casos** . Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. UFSC, 2002.

HELMAN, Horácio, ANDREY, Paulo Roberto P. **Análise de falhas - Aplicação dos Métodos de FME e FTA**. Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

HISTORICAL PROJECTS.(Fonte: <http://smi-web.stanford.edu/research/history.html>), 2003

HUI, S.C., FONG, A.C., JHA, G., **Web-based intelligent fault diagnostic system for customer service support**. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 14, 537-548, 2001

INTELBRAS, www.intelbras.com.br

INTELBRAS, **Descritivo Técnico e Esquema Elétrico**, novembro 2003

JARUFE, Manuel Salomon Salazar, **Concepção de Sistema de Informação de Apoio à Operação de Sistemas Complexos: Uma abordagem da Engenharia do Conhecimento**. TESE, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC, Florianópolis, 1999.

LAGEMANN, Gerson V.; LEE, Rosina W., **RBC para o Problema de Suporte ao Cliente nas Empresas de Prestação de Serviço de Software: O caso Datasul**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC, Florianópolis, 1998.

LAUDON, Kenneth C. & LAUDON, Jane Price, **Sistemas de Informação**. 4ª Edição: LTC Editora – Rio de Janeiro, RJ, 1999.

LEMOS, David, **A Utilização de Sistemas Especialistas para o Diagnóstico do Uso do Solo e seus Limites de Ocupação**. Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC, Florianópolis, 1996.

LIEBOWITZ, Jay, **Knowledge Management**. CCR Press LLC – USA, 1999.

LIMA, Sandro C. de, **Telefonia I**. Florianópolis: Apostila do Curso de telecomunicações, Centro Federal de Educação tecnológica de Santa Catarina – Unidade de São José, CEFET-SJ, 2003.

LIRA, Gilbermário da Silva de & FANTINATO, Marcelo, **Engenharia e Representação do Conhecimento** - Universidade Federal de Maringá, Departamento de Informática (Fonte: www.din.uem.br/~ia/conhecimento/intro_rc.html).(2004)

MAÑAS, **Administração de Sistemas de Informação – como otimizar a empresa por meio dos sistemas de informação**. Editora Érica 1999 .

MASTELLA, Laura Silveira & ABEL, Mara, **Técnicas de Aquisição de Conhecimento para Sistemas baseados em conhecimento**. Curso de Bacharelado em Ciências da computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Instituto de Informática, 2004

MARINI, Marcelo Jean, **Uma ferramenta de suporte à avaliação da qualidade de software de aplicativos Voltados à gestão empresarial**. Programa de pós-graduação em ciência da computação, Florianópolis , UFSC, 2002

MARTINS, José Carlos Cordeiro, **Gerenciando projetos de desenvolvimento de software com PMI, RUP e UML**. 1ª Edição: Brasport Livros e Multimídia Ltda – Rio de Janeiro, RJ, 2004.

MIKOS, Walter Luís, **Introdução ao raciocínio baseado em casos**. Estudo Dirigido. Florianópolis: Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica da UFSC, 2004.

MONTANHA Jr, Ivo Rodrigues, **Sistemática de Gestão da Tecnologia aplicada no projeto de produtos: um estudo para as empresas metal-mecânicas de micro e pequeno porte**. Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Mecânica. UFSC, 2004.

MÜLLER, Isabela Regina Fornari, **Uma Análise das Aplicabilidades de Sistemas Especialistas na Área de Gestão: Um Estudo de Caso**. Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Administração. UFSC, 1998.

MUSEU DO TELEFONE, Fonte: <http://www.museudotelefone.org.br/invenção.htm>

NAVEGA, Sérgio C., **Projeto CYC: Confundindo Inteligência com Conhecimento**. Workshop Brasileiro de Inteligência Competitiva e Gestão do Conhecimento, 3- São Paulo. ANAIS - Congresso Anual da Sociedade Brasileira de Gestão do Conhecimento, 1. São Paulo. ANAIS, 2002.

NBR 5462 - **Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. 1994.

NORDLANDER, Tomas E., **AI Surveying: Artificial Intelligence in Business**. Department of Management Science and Statistics - Montfort University. 2001

O'BRIEN, James A., **Sistemas de Informação e as Decisões Gerenciais na era da internet**. Editora Saraiva – São Paulo, 2003.

PEREIRA Jr., Oni R. & COSTA, Jr., Carlos N. C., **Ferramenta de Desenvolvimento de Sistemas Especialistas - CLIPS**. Blumenau: Departamento de Sistemas e Computação, Curso de Graduação em Ciências da Computação. FURB, 2001.

PMBOK – **Um Guia do Conjunto de Conhecimentos do Gerenciamento de Projetos** Project MANAMENT INSTITUTE - PMI, Pennsylvania, 2000.

RABUSKE, Renato Antônio, **Inteligência Artificial**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1995.

RAN, Sudha, HAYNE, Stephen, CARLSON, David, **Integrating information systems technologies to support consultation in an information center.** Information & Management, 23, 331-343, 1992

REDES NEURAIIS – Universidade Federal de Maringá, Departamento de Informática.
Fonte: www.din.uem.br/ia/neurais/#neural

REZENDE, Solange Oliveira & PUGLIESI, Jaqueline Brigladori, **Aquisição de Conhecimento Explícito ou Manual.** Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação. Notas do ICMC – Série Computação nº 37 – Março, 1998.

REY, E. Moqueira.& BONILLO, Moret, **Validation of intelligent systems: a critical study and a tool** Expert Systems with Applications, 18, 1-16, 2000

RIBEIRO, Horácio da Cunha e Souza, **Introdução aos Sistemas Especialistas.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1987.

ROMANO, Leonardo Nabaes, **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas.** Florianópolis: Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica da UFSC, 2003 (TESE)

SANTOS, Neri, **Gestão do Conhecimento.** Florianópolis: Apostila do Curso de pós-graduação em Engenharia de Produção da UFSC, 2002.

SCHWABE, D. & CARVALHO, R.L. de, **Engenharia de Conhecimento e Sistemas Especialistas - Edição Preliminar** - Editora Kapelusz - EBAI, 1987.

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS, **A micro e pequena empresa no Brasil.** Disponível em: <http://www.sebrae.com.br> (2004)

SILVA Jr., Alvino C. da & SILVA, Jonny C. da, **Integração entre sistemas especialistas e simulação Para o monitoramento de redes de transporte de gás Natural.** CONEM – II Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, João Pessoa – PB, 2002.

SILVA, Jonny Carlos da, **Expert System prototype for hydraulic system design focusing on concurrent engineering aspects**. Florianópolis: Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica da UFSC, 1998. (TESE)

_____, Jonny Carlos da, **Sistemas especialistas**. Apostila do curso de pós-graduação da Engenharia Mecânica da UFSC, 2003

_____, Jonny Carlos da & WOLFF, Ingo, **Protótipo para Diagnóstico de Falhas em Prensas Hidráulicas: Uma aplicação da Inteligência Artificial para Diagnóstico de Falhas em equipamentos**. Revista ABHP (Associação Brasileira de Hidráulica e Pneumática) pp. 14 a 17, Ano XX, maio/junho 2001.

SILVA, Danilo Alves da, **Gestão de projetos de software**. Florianópolis: Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção da UFSC, 2001.

SLACK, Nigel & outros, **Administração da Produção**. 1ª Edição: Editora ATLAS S.A. – São Paulo, SP, 1997.

STAIR, Ralph M. & REYNOLDS, George W., **Princípios de Sistemas de Informação**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2002.

STEWART, Thomas A., **Capital Intelectual: A nova vantagem Competitiva das Empresas**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

TEIVE, Raimundo Celeste G., **Planejamento da expansão da Transmissão de sistemas de energia elétrica utilizando sistemas especialistas**. Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC, Florianópolis, 1997.

TELEMAR – Fonte: <http://www.telemar.com.br/museu/>

TURBAN, E., **Expert Systems and Applied Artificial Intelligence**. The Macmillan Series in Information Technology, Ed.E. Moura, New York: Macmillan, 1992.

VERGARA, Walter R. Hernandez., **Simulação Cognitiva da tomada de decisão em situações Complexas: Modelagem de Raciocínio Humano por meio de casos.** Florianópolis: Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção da UFSC, 1995. (TESE)

VINADÉ, Cesar A. do C., **Sistematização do Processo de projeto para Confiabilidade e Manutenibilidade aplicado a sistemas Hidráulicos e Implementação de um Sistema Especialista.** Florianópolis: Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica da UFSC, 2003. (TESE)

WATERMAN, Donald A., **A Guide to Expert Systems.** USA: Addison – Wesley Publishing Company, 1986.

WEISS, Sholon M. & KULIKOWSKI, Casimir A., **Guia Prático para Projetar Sistemas Especialistas.** LTC Editora S.A. – Rio de Janeiro, RJ, 1988.

YIN, Robert K., **Estudo de Caso – Planejamento e Métodos.** Editora Bookman, Porto Alegre, 2000.

ZUCHI, Ivanete, **O Desenvolvimento de um protótipo de sistema especialista baseado em técnicas de RPG para o ensino de matemática.** Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC, 2000.

APÊNDICE A - Questionário I e II das validações I, II e IV

QUESTIONÁRIO I - VALIDAÇÃO VERSÃO I

Considerações Gerais

Objetivando demonstrar a viabilidade de um sistema especialista no auxílio ao atendimento técnico para manutenção dos produtos, o estudo iniciou com o aparelho telefônico TCX, escolhido pela própria empresa.

Houve, pelo CATI (Centro de Atendimento Técnico) a necessidade de criar uma base de conhecimento estruturada, até então dependente da experiência dos profissionais que atuam na área.

A partir disso, um protótipo computacional foi iniciado para diagnosticar as possíveis causas dos problemas apresentados pelo aparelho escolhido como foco do estudo.

A continuidade do protótipo necessita de avaliação dos especialistas e usuários.

Objetivos da Avaliação

- Detectar falhas;
 - Validar base de conhecimento;
 - Validar fluxo de informações;
 - Sugerir possíveis alterações;
 - Identificar dificuldades de uso.
-

Nome do avaliador:

Função na empresa:

Departamento:

1. O sistema apresenta consistência? Por que?
2. Existe repetitividade nas respostas?
3. Ocorreram panes durante alguma sessão? Quando?
4. O protótipo é claro nas perguntas e instruções? Por que?
5. O fluxo de informações é adequado? Por que?

6. Há instruções importantes que não foram repassadas, ou necessidade de mais comentários?
7. O processo de resolução do problema é coerente com o realizado pelo CATI? Por que?
8. As respostas geram dúvidas?
9. O protótipo poderia ser mais direto? Como?
10. Há dificuldades em utilizar o protótipo? Quais?
11. Observações finais do avaliador sobre o protótipo.

MUITO OBRIGADA POR TESTAR O PROTÓTIPO SECATI!

Encaminhar a validação para a alexandra@nedip.ufsc.br

Observação:

Este questionário foi aplicado nas validações correspondentes as versões II e IV. Entretanto, as respostas apresentadas durante este questionário correspondem apenas a validação da versão IV.

QUESTIONÁRIO II - VALIDAÇÃO VERSÕES I e IV**Considerações Gerais**

Objetivando demonstrar a viabilidade de um sistema especialista no auxílio ao atendimento técnico para manutenção dos produtos, o estudo iniciou com o aparelho telefônico TCX, escolhido pela própria empresa.

Houve, pelo CATI (Centro de Atendimento Técnico) a necessidade de criar uma base de conhecimento estruturada, até então dependente da experiência dos profissionais que atuam na área.

A partir disso, um protótipo computacional foi iniciado para diagnosticar as possíveis causas dos problemas apresentados pelo aparelho escolhido como foco do estudo.

A continuidade do protótipo necessita de avaliação dos especialistas e usuários.

Objetivos da Avaliação

- Detectar falhas;
- Validar base de conhecimento;
- Validar fluxo de informações;
- Sugerir possíveis alterações;
- Identificar dificuldades de uso.

Nome do avaliador:

Função na empresa: Analista de Suporte Técnico

Departamento: CATI

Questões específicas:

1. As informações iniciais (dia, mês, ano da consulta, cliente,...) são suficientes? Deve ser alterado? Quais informações são necessárias?

R: Estas informações são suficientes, entretanto o sistema deverá prever a incorporação do nosso sistema de identificação de chamadas, ou seja, quando recebemos uma ligação de um

cliente cadastrado o sistema identifica na tela através do cadastramento do número do telefone que é o cliente.

2. A questão que solicita verificar (problema RX) se a situação dos componentes Diodo D2 e Diodo D6, apresentam-se normais, é suficiente? O que é considerado normal? Qual o procedimento aplicado para esta verificação?

R: Sim porque o diodo é de difícil mensuração.

3. Ao percorrer um procedimento e verificar que ao final está tudo **ok** o protótipo emite uma mensagem ao usuário “ provavelmente você não realizou alguma das medições adequadamente. Verifique novamente as orientações dadas.” Esta mensagem deve permanecer ou tem outra opção a ser seguida. O que faria o técnico do CATI nesta situação? Daria esta mensagem ou buscaria outro caminho?

R: O ideal seria colocar uma mensagem informando que as possibilidades foram esgotadas e que é preciso analisar, novamente, o circuito ou analisar outra parte do circuito que tenha correspondência com a falha alegada. O técnico do CATI solicitaria que fosse analisado outro bloco de circuito que tivesse alguma correspondência indireta com o problema apresentado

4. Todas as faixas de valores e suas respectivas unidades estão corretas?

R: Sim.

5. Nas páginas em html que apresentam os esquemas elétricos, contém todas as informações necessárias?

R: Sim, e facilitam encontrar o componente. Talvez para outros produtos deve constar a versão da placa. Pois, alguns produtos sofrem alterações na placa de circuito mesmo após o início de sua fabricação e comercialização.

6. Quais são as informações necessárias para o relatório final das consultas?

R: Falhas por produtos, quantidade por mês, dia, ano. Quais componentes apresentam mais falhas. Quais as principais causas dos problemas. O que foi recomendado em cada caso.

7. Quais as combinações de informações que os relatórios devem gerar, ou seja, quais tipos de pesquisa são mais importantes?

R: Mesma resposta da anterior.

Questões Gerais:

8. Existe repetitividade nas respostas?

R: Não, mas deve ser melhorado a forma de pesquisar, porque que o protótipo é apresentado, torna a pesquisa cansativa.

9. Ocorreram panes durante alguma sessão? Quando?

R: Não

10. Há instruções importantes que não foram repassadas, ou necessidade de mais comentários?

R: Para o equipamento em questão as informações mostradas estão completas.

11. Há dificuldades em utilizar o protótipo? Quais?

R: A dificuldade encontrada é quanto a agilidade no processo.

12. O protótipo é claro nas informações solicitadas (perguntas) e instruções? É de fácil entendimento?

R: É claro, desde que o atendente siga as instruções sem se importar com as grandezas apresentadas, como: capacitância, resistência, desta forma, mesmo sem conhecimento técnico, há possibilidade de proceguir com as informações solicitadas.

13. As recomendações (ações a serem seguidas)/ respostas fornecidas pelo protótipo deixam alguma dúvida ao usuário? Poderiam ser mais completas?

R: Para o técnico que recebe o auxílio não restará dúvidas, pois as informações referente ao aparelho TCX estão completas.

14. A lógica de solução dos problemas seguida pelo protótipo é compatível com a utilizada pelos técnicos no dia-a-dia; ou seja, o processo de resolução do problema é coerente com o realizado pelo CATI ? O que precisa ser modificado?

R: Partindo do princípio correto de um atendimento técnico, o protótipo apresenta a análise de forma coerente e por etapas do circuito a ser analisado de acordo com o sintoma apresentado. O que muitas vezes não ocorre em nossos procedimentos.

15. Em algum momento há a necessidade de voltar a algum ponto do sistema e não está sendo possível?

R: Durante os testes realizados não houve dificuldades.

16. Há algum ponto do protótipo em que ele é contraditório? Qual?

R: É preciso utilizar o protótipo no dia-a-dia para certificar-se da possibilidade de existir alguma contradição.

17. O protótipo poderia ser mais direto e atingir a solução de forma mais rápida? Como?

R: Se os atendentes forem técnicos, pode-se pular algumas citações. Exemplo: toda a parte introdutória de análise de componentes que, subentende-se o técnico já tenha visto.

18. Quantos técnicos realizaram a validação do protótipo?

R: Dois. Há necessidade de ser validado por mais técnicos e ou atendentes.

19. Qual a conclusão geral dos técnicos que validaram o sistema?

R: O protótipo é minucioso em toda a análise o que o torna demorado, mas eficiente.

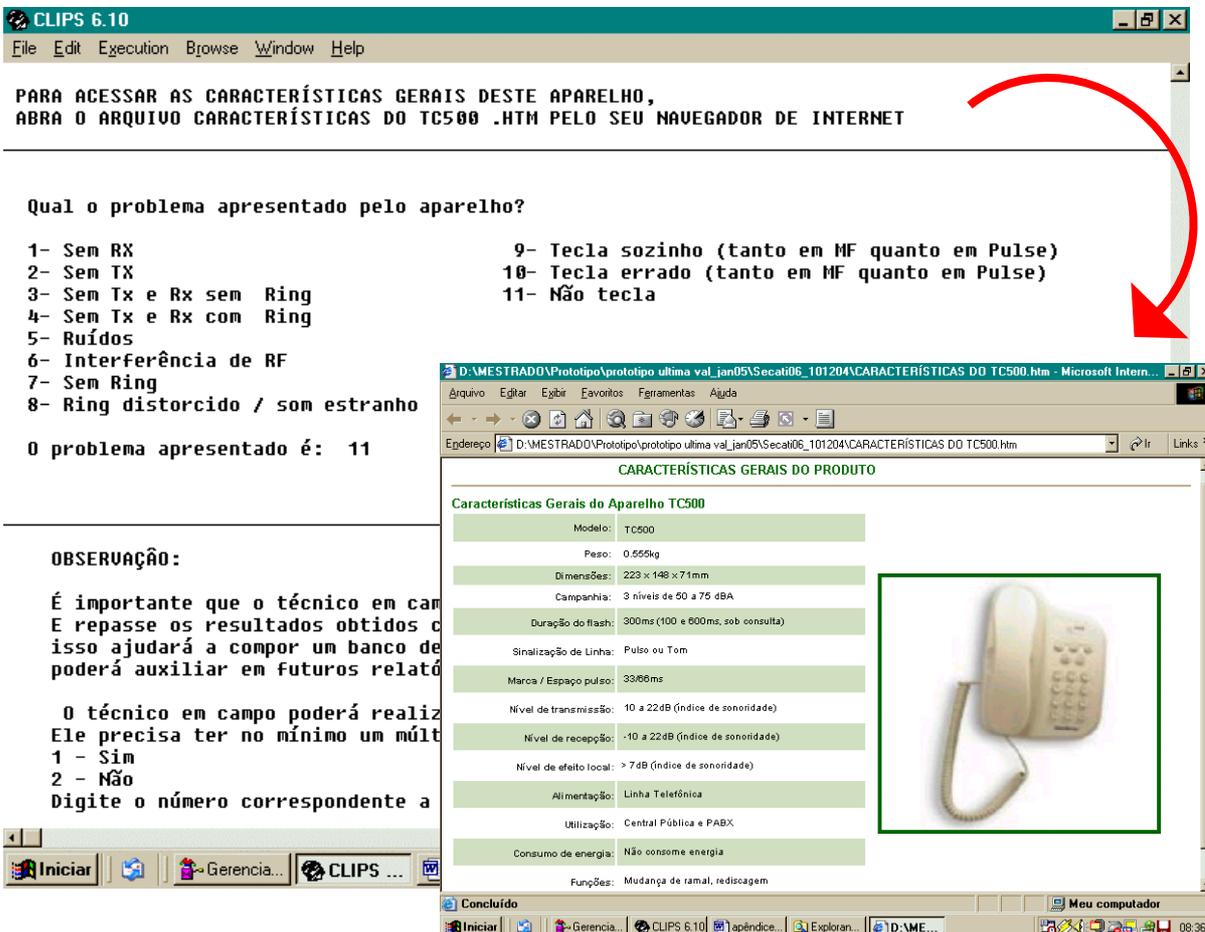
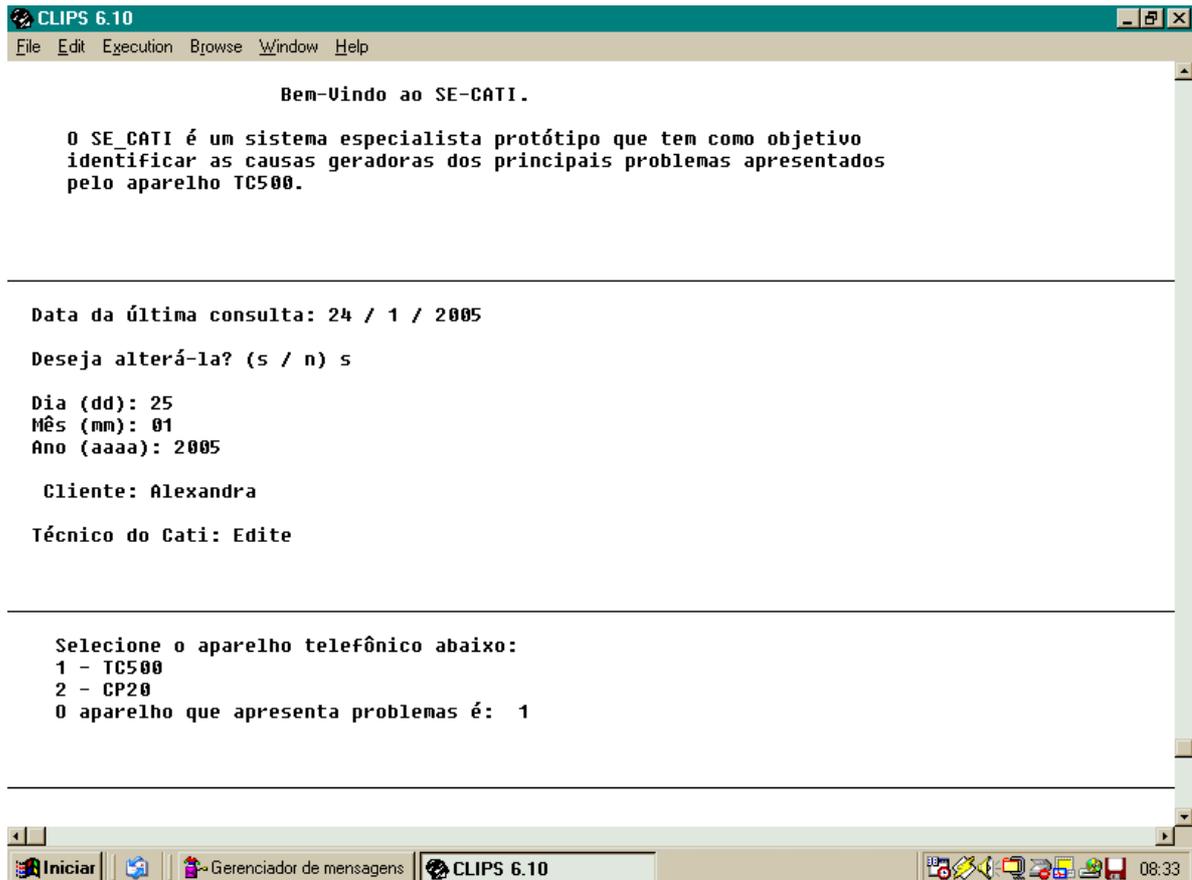
20. Observações finais do avaliador sobre o protótipo.

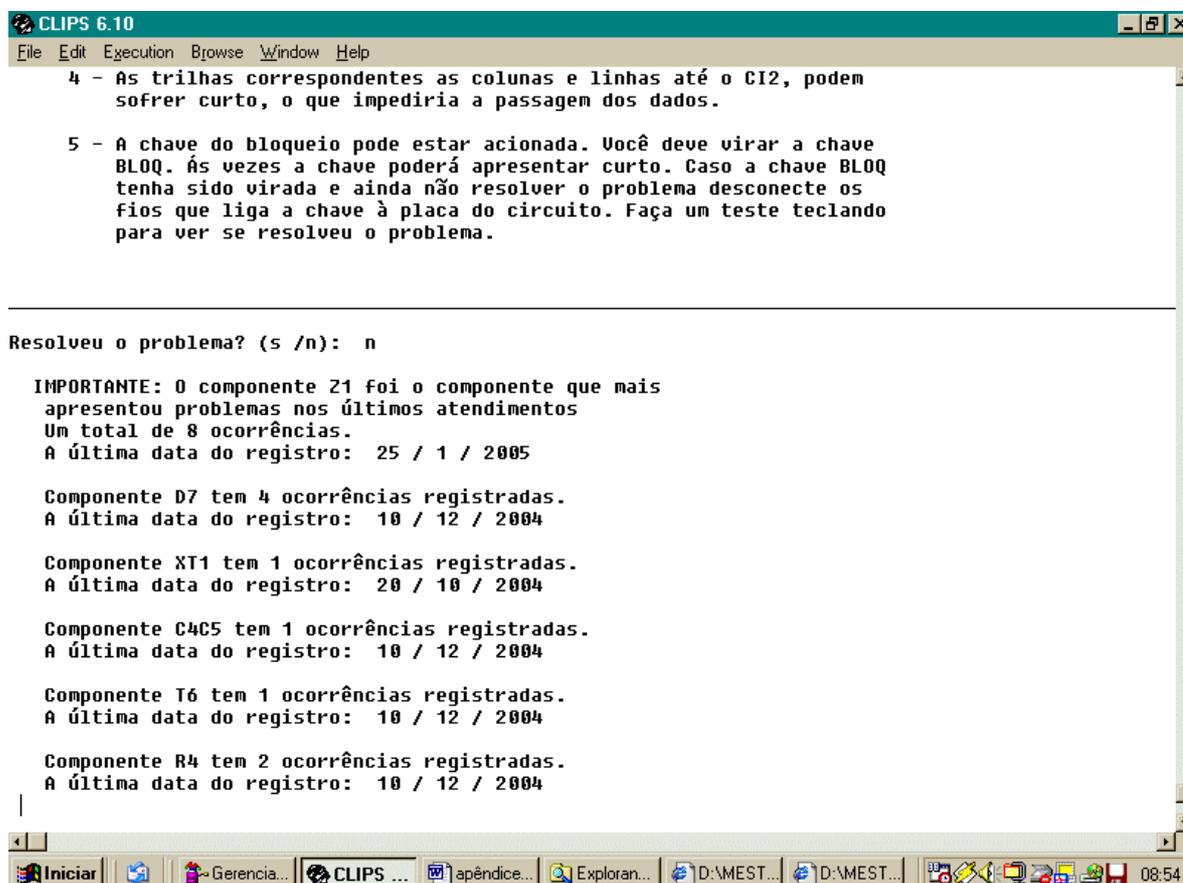
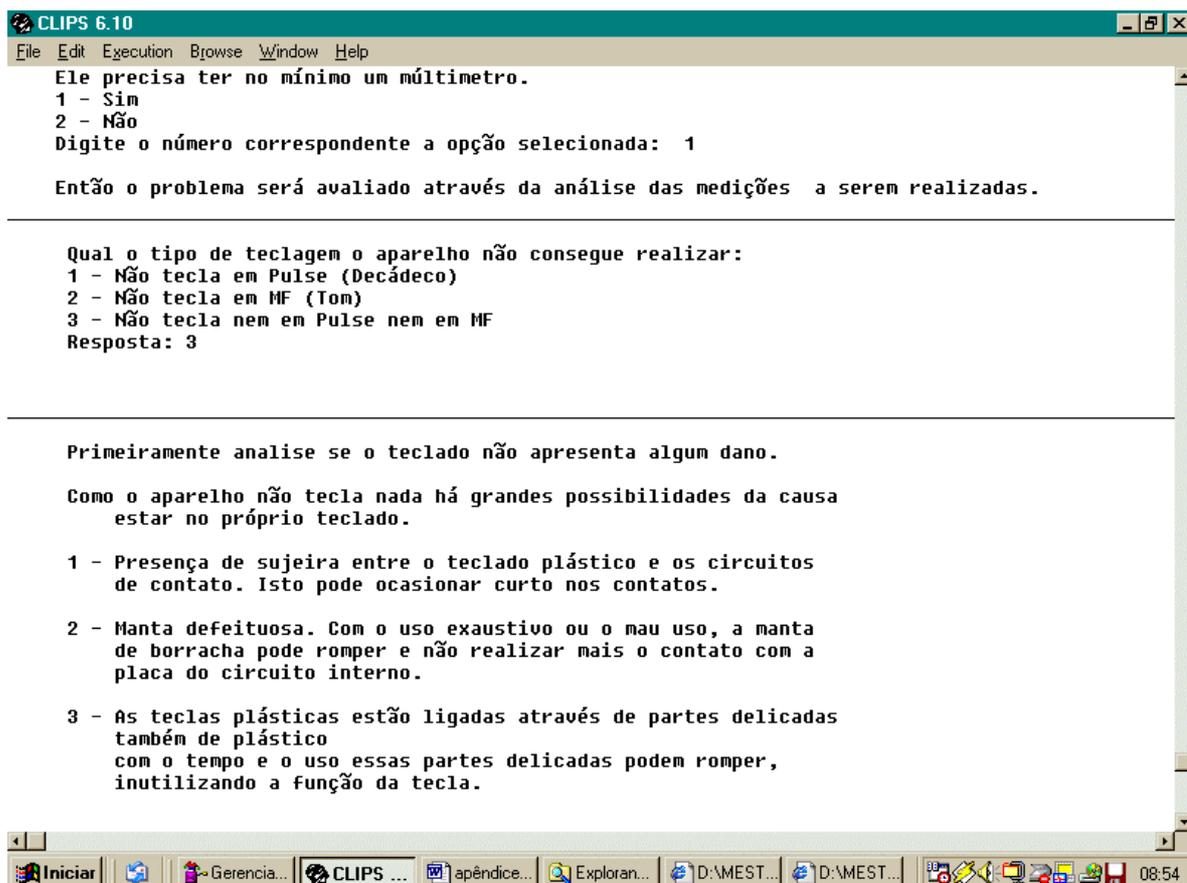
R: Sem observações finais

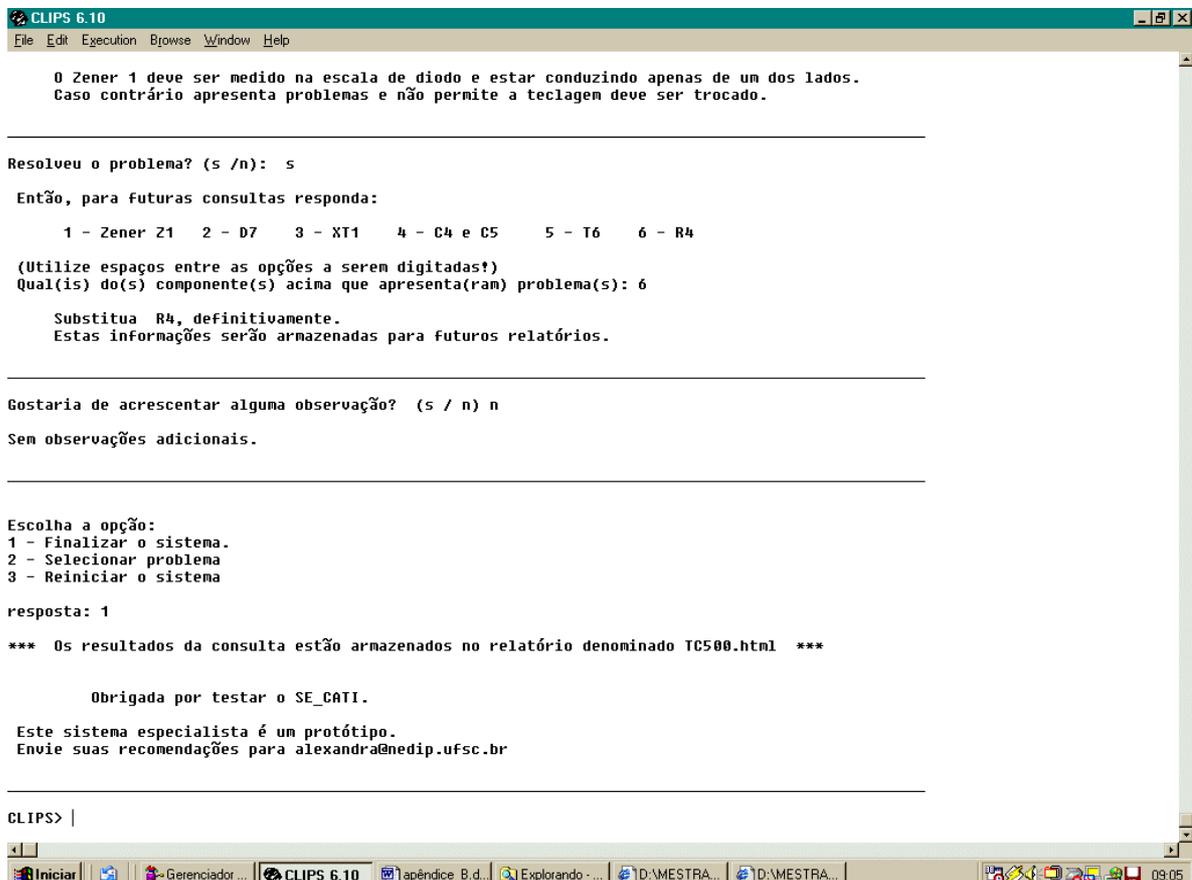
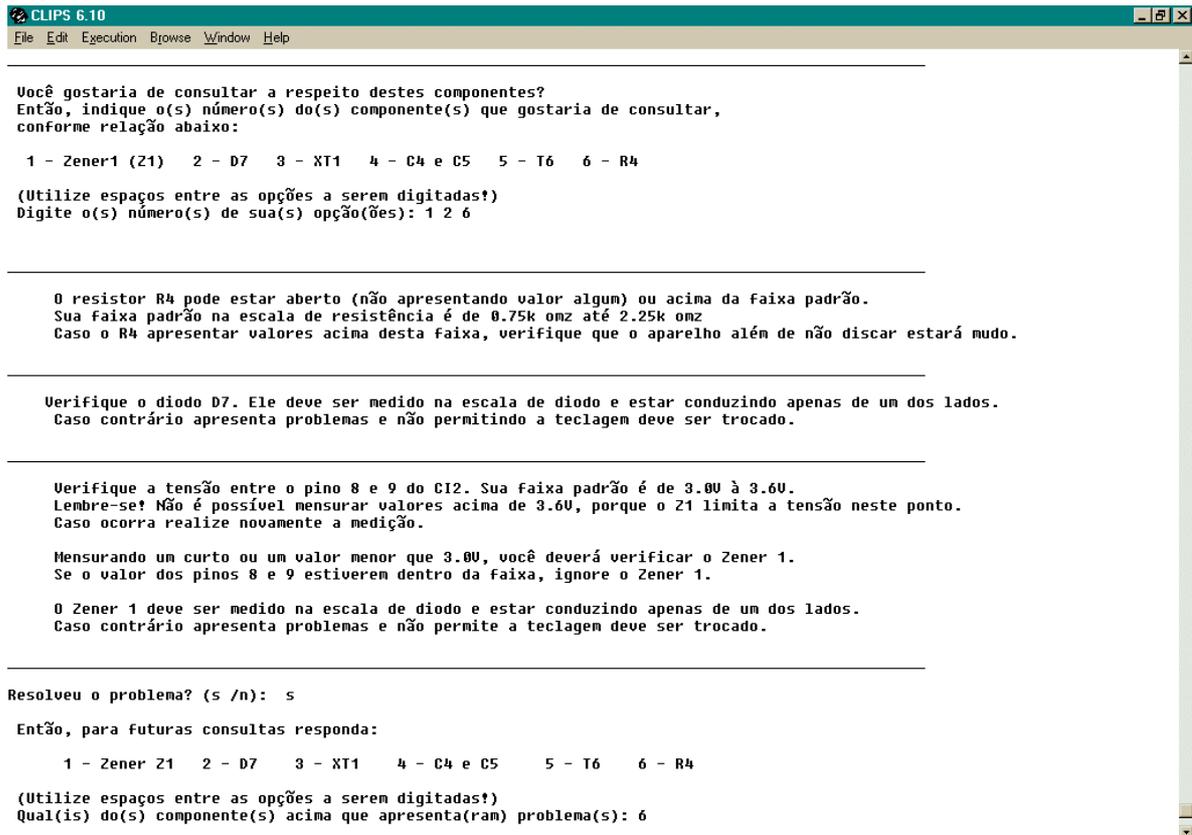
MUITO OBRIGADA POR TESTAR O PROTÓTIPO SECATI!

Encaminhar avaliação para alexandra@nedip.ufsc.br

APÊNDICE B - Sessão de Consulta no Sistema Protótipo SECATI







APÊNDICE C – Cronograma

