

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO
(Bacharelado)

**SISTEMA DE APOIO A DECISÃO PARA DIAGNÓSTICO EM
MÓDULOS DE INJEÇÃO ELETRÔNICA UTILIZANDO
SISTEMAS ESPECIALISTAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO À UNIVERSIDADE
REGIONAL DE BLUMENAU PARA A OBTENÇÃO DOS CRÉDITOS NA
DISCIPLINA COM NOME EQUIVALENTE NO CURSO DE CIÊNCIAS DA
COMPUTAÇÃO — BACHARELADO

DANIEL DAMBRÓS

BLUMENAU, NOVEMBRO/2001.

2001/2-13

SISTEMA DE APOIO A DECISÃO PARA DIAGNÓSTICO EM MÓDULOS DE INJEÇÃO ELETRÔNICA UTILIZANDO SISTEMAS ESPECIALISTAS

DANIEL DAMBRÓS

ESTE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO FOI JULGADO ADEQUADO PARA OBTENÇÃO DOS CRÉDITOS NA DISCIPLINA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO OBRIGATÓRIA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE:

BACHAREL EM CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO

Prof. Alexander Roberto Valdameri — Orientador na FURB

Prof. José Roque Voltolini da Silva — Coordenador do TCC

BANCA EXAMINADORA

Prof. Alexander Roberto Valdameri

Prof. Maurício Capobianco Lopes

Prof. Oscar Dalfovo

DEDICATÓRIA

*Este trabalho de conclusão de curso
é dedicado à **Giceli e Marcos**,
pelo amor, carinho e apoio recebido
ao longo destes anos de graduação.*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, por tudo.

Aos meus pais, Eloi e Ione, pela compreensão, apoio e carinho durante estes anos de estudo.

Ao meu orientador, prof. Alexander Roberto Valdameri, pela orientação sempre oportuna, esclarecedora, inteligente e pelo seu incentivo, fazendo com que este trabalho pudesse ser realizado.

Ao Dr. Oscar Dalfovo que além de amigo sempre soube atender aos apelos contribuindo com orientação digna de um verdadeiro Doutor.

Aos meus grandes amigos Eduardo Kohler e Ricardo Tomelin, pela grande amizade existente entre nós, e pelas suas ajudas sempre oportunas.

Ao meu querido irmão Fábio e esposa, pelos seus incentivos diferenciados na trajetória da minha graduação.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	iii
AGRADECIMENTOS	iv
SUMÁRIO.....	v
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE QUADROS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS.....	3
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	3
2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO.....	5
2.1 O PAPEL DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO.....	6
2.2 SISTEMA DE APOIO A DECISÃO	7
2.2.1 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE APOIO A DECISÃO.....	9
2.2.2 AMBIENTE DE DECISÃO	10
2.2.2.1 ÁREA DE ATUAÇÃO.....	11
2.2.2.2 CONSEQÜÊNCIA DA DECISÃO	12
2.2.2.3 CONHECIMENTO DO PROBLEMA.....	12
2.2.2.4 PROCESSOS DE DECISÃO	13
2.2.2.5 ESTILO COGNITIVO	14
2.2.3 A EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE APOIO A DECISÃO.....	14

3	OFICINAS MECÂNICAS	17
3.1.1	SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRONICA	18
3.1.2	DIAGNÓSTICOS	22
4	SISTEMAS ESPECIALISTAS	23
4.1	CARACTERÍSTICAS.....	24
4.2	COMPONENTES DE UM SISTEMA ESPECIALISTA	24
4.2.1	BASE DE CONHECIMENTOS	25
4.2.2	MECANISMO DE APRENDIZAGEM E AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO	26
4.2.3	MOTOR OU MÁQUINA DE INFERÊNCIA	27
4.2.4	SISTEMA DE CONSULTA	27
4.3	SISTEMA DE JUSTIFICAÇÃO.....	28
4.3.1	QUADRO NEGRO	28
4.4	REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO	29
4.5	A SHELL – EXPERT SINTA.....	30
4.5.1	ARQUITETURA DE UM SE NO EXPERT SINTA SHELL.....	30
4.5.2	UTILIZANDO REGRAS DE PRODUÇÃO NO EXPERT SINTA SHELL	31
4.5.2.1	FORMALIZAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	33
4.5.2.2	VARIÁVEIS UNIVALORADAS E VARIÁVEIS MULTIVALORADAS.....	34
4.5.2.3	FATORES DE CONFIANÇA.....	34
4.5.2.4	CÁLCULO DE PROBABILIDADES NO EXPERT SINTA	35
4.5.3	MÉTODO DE EXTRAÇÃO DO CONHECIMENTO DO EXPERT SINTA SHELL..	36
4.6	EXPERT SINTA VISUAL COMPONENT LIBRARY (VCL)	36
4.6.1	COMPONENTES DO VCL	38

4.6.2	RELAÇÃO ENTRE OS COMPONENTES	39
5	DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA	42
5.1	ESPECIFICAÇÃO	42
5.1.1	DIAGRAMA DE CONTEXTO	42
5.1.2	DIAGRAMA DE FLUXO DE DADOS	43
5.1.3	DIAGRAMA DE ENTIDADE/RELACIONAMENTO	45
5.1.4	DICIONÁRIO DE DADOS	46
5.2	DEFINIÇÃO DAS REGRAS DE PRODUÇÃO PARA O SISTEMA ESPECIALISTA	47
5.3	UTILIZAÇÃO DO AMBIENTE DELPHI	48
5.4	APRESENTAÇÃO DO PROTÓTIPO	49
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
6.1	DIFICULDADES ENCONTRADAS	58
6.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	59
	ANEXO A: DESCRIÇÃO DAS TABELAS EM PARADOX	60
	ANEXO B: DESCRIÇÃO DAS REGRAS DO EXPERT SISNTA	63
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ambiente de Decisão	10
Figura 2 – Injeção Eletrônica I.A.M 1 G 7.....	21
Figura 3 - Componentes de um Sistema Especialista.....	25
Figura 4 - Arquitetura de um Sistema Especialista no <i>Expert Sinta</i>	31
Figura 5 – Barra de ferramentas no <i>Borland Delphi</i> com a biblioteca (<i>Expert Sinta VCL</i>)....	37
Figura 6 – Relacionamento entre os componentes do <i>Expert Sinta VCL</i>	41
Figura 7 – Diagrama de Contexto	43
Figura 8 – Diagrama de Fluxo de Dados 1	43
Figura 9 – Diagrama de Fluxo de Dados 2.....	44
Figura 10 – Diagrama de Fluxo de Dados 3.....	45
Figura 11 – Diagrama Entidade/Relacionamento.....	46
Figura 12 – Modelo Físico	47
Figura 13 – Tela de Apresentação	49
Figura 14 – Tela Principal do Sistema.....	50
Figura 15 – Tela de Cadastro de clientes.....	50
Figura 16 – Tela de Cadastro de Veículo	51
Figura 17 – Tela de Cadastro dos Modelos	51
Figura 18 – Tela de Cadastro da Marca do Veículo.....	52
Figura 19 – Tela de Cadastro de Tipo de Injeção do Veículo	52
Figura 20 – Tela de Cadastro de Problema do Veículo.....	52

Figura 21 – Questionário do Problema Motor Não Pega	53
Figura 22 – Diagnóstico do Motor Não Pega.....	53
Figura 23 – Histórico dos Resultados das Regras de Produção do Motor Não Pega.....	54
Figura 24 – Questionário do Problema Motor Falha.....	54
Figura 25 – Solução do Motor Falha.....	55
Figura 26 – Histórico dos Resultados das Regras de Produção do Motor Falha.....	55
Figura 27 – Registro de Ocorrências	56
Figura 28 – Consulta de Ocorrência.....	56
Figura 29 – Tela de Informações do Protótipo	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Necessidades de Informação	11
Quadro 2 – Regra de Produção	33
Quadro 3 – Componentes do <i>Expert Sinta</i>	38
Quadro 4 – Regras da Injeção G6/G7.....	48

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso descreve um protótipo de sistema de apoio à decisão, aplicado em oficinas mecânicas. O protótipo tem por objetivo auxiliar o mecânico na tomada de decisões através de diagnósticos de possíveis causa/efeito referente à injeção eletrônica. O protótipo foi desenvolvido utilizando a técnica de inteligência artificial, em especial Sistemas Especialistas, que tem como fundamento uma base de conhecimento submetida a um sistema de consulta, baseado em regras de produção.

ABSTRACT

This course conclusion work describes a help decision prototype applied to a mechanic's garage. The prototype's purpose is to help the mechanic on taking his decisions through diagnosing possible cause/effects referred to electronic fuel injection. The prototype was developed using Artificial Intelligence techniques, mainly Expertise Systems, which has as a foundation a knowledge base submitted to a rules-based search system of production.

1 INTRODUÇÃO

Novas tecnologias estão surgindo como suporte à tomada de decisão. O mercado consumidor a cada dia torna-se mais competitivo. É importante, que os empresários acompanhem tal evolução, podendo assim, empreendê-las também em suas empresas, de modo que as mesmas possam atender o mercado consumidor, dando-lhe garantia em seus serviços.

Segundo Dalfovo (2000), a não utilização das informações como recursos para aprimoramento estratégico dos negócios, leva os empresários muitas vezes, a administrar por impulsos ou baseado em modismos. A não utilização de informações pode levar o empresário a tomar decisões erradas.

Os Sistemas de Informação (SIs) surgiram como uma forma de manter o empresário atualizado com os setores da sua empresa, assim como preparado para atender as necessidades dos consumidores, ganhando com isso uma ampla visão integrada de todas as áreas envolvidas.

De acordo com Oliveira (1997), SI é uma combinação de técnicas, informações, pessoas e tecnologia da informação, organizadas para atingir os objetivos de uma organização. Assim, pode se dizer que sistema de informação é uma série de elementos ou componentes inter-relacionados que coletam (entrada), manipulam (processos), disseminam (saída) os dados e fornecem um mecanismo de *feedback* (Stair, 1998).

Segundo Laudon (1999), os SIs podem ser definidos também como um conjunto de componentes inter-relacionados, trabalhando juntos para coletar, recuperar, processar, armazenar e distribuir informações com a finalidade de facilitar o planejamento, o controle, a coordenação, a análise e o processo decisório em empresas e organizações. Os SIs contêm dados sobre clientes, propiciando também a análise de prognósticos de interesse do usuário, sendo ele no âmbito externo ou interno à própria organização. Essencialmente os SIs transformam os dados de uma empresa, facilitando aos empregados ou gerentes a tomada de decisões, análise e visualização de assuntos complexos dentro do âmbito empresarial.

Muito se tem escrito e discutido sobre Sistema de Apoio à Decisão (SAD), mas parece haver um consenso de que um SAD é um sistema computacional interativo, cujo objetivo

principal é dar suporte aos tomadores de decisão, aumentando a eficácia dos processos decisórios (Freitas, 1993).

Assim, viu-se a oportunidade de desenvolvimento de um SAD voltado a oficinas mecânicas. A função do SAD é procurar combinar os aspectos formais das decisões, possíveis de representar em modelos computacionais, com os processos heurísticos e indutivos do tomador de decisão (Hoffmann, 1998). A ênfase está em fornecer suporte, em vez de tentar substituir o tomador de decisão por um sistema computacional. Este SAD deveria suportar as decisões referentes a diagnósticos de injeção eletrônica, auxiliando assim o mecânico para a solução do problema de injeção eletrônica do veículo.

Para a sobrevivência em mercados altamente competitivos, torna-se fundamental que os empresários tenham em mãos informações precisas e atualizadas sobre o mercado. Neste cenário estão inseridas as oficinas mecânicas, que, focando e direcionando melhor as informações de seus clientes, tornado-se possível com a ajuda do SI, auxiliado por um Sistema Especialista (SE) e com a ajuda da ferramenta *Expert Sinta*, possibilita-se assim o diagnóstico dos problemas e a indicação de possíveis soluções segundo regras previamente conhecidas.

Lia (1995) descreve que: “sistemas especialistas são programas de computador que procuram atingir soluções de determinados problemas do mesmo modo que especialistas humanos se estiverem sob as mesmas condições”.

Estas técnicas são destinadas à administração, bem como operação das atividades da empresa.

Neste sentido, este trabalho visa o desenvolvimento de um Sistema de Informação a ser implantado junto ao módulo de recepção de veículos de uma oficina mecânica, o qual apresentará características operacionais (diagnóstico de possíveis causa/efeito) e gerenciais (encaminhamento das atividades) para solução dos problemas.

Para a utilização de SE – através da ferramenta *Expert Sinta*, serão aplicadas regras previamente definidas, de forma a buscar possíveis soluções para problemas da natureza em questão, contribuindo para a operacionalização dos serviços prestados pela oficina mecânica.

Na implementação deste projeto será utilizada a metodologia de análise estruturada, o ambiente de programação *Borland Delphi*, utilizando estrutura de arquivos *paradox* e a ferramenta *Expert Sinta*.

1.1 OBJETIVOS

Têm-se por objetivo principal deste trabalho o desenvolvimento de um protótipo de SAD aplicado a Oficinas Mecânicas, para auxiliar na tomada de decisão dos profissionais e no gerenciamento das atividades da empresa.

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) identificar as informações por níveis hierárquicos (gerencial e operacional);
- b) facilitar o diagnóstico do problema e a indicação da solução;
- c) manter histórico dos dados e fatos, para posteriores comparações, na busca de soluções para problemas que venham a ser identificados;

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

A seguir apresenta-se uma síntese dos capítulos constantes deste trabalho.

O capítulo de introdução apresenta uma visão geral do presente trabalho, o contexto em que está inserido, sua importância e objetivos.

O segundo capítulo apresenta uma fundamentação sobre Sistemas de Informação, demonstrando suas divisões e abordando alguns conceitos básicos a respeito dos Sistemas de Apoio à Decisão.

O terceiro capítulo apresenta uma visão superficial sobre oficinas mecânicas.

O quarto capítulo apresenta uma fundamentação ao tema Sistemas Especialistas.

O quinto capítulo apresenta as tecnologias e ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do protótipo deste trabalho.

O sexto capítulo apresenta o protótipo desenvolvido, descrevendo suas características, especificações, principais telas e relatórios.

O sétimo capítulo apresenta as conclusões desse trabalho e as sugestões para que o mesmo possa ter continuidade e seja melhorado.

2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Atualmente, o uso eficaz do recurso "informação" passa a se constituir em um fator chave tão importante para o sucesso das organizações quanto o uso eficaz de seus recursos tradicionais, ou seja, equipamentos e instalações modernas se defrontam com ambientes progressivamente mais complexos e em constantes mutações (Dalfovo, 2000).

Conforme Kugler (1984), com a crescente demanda pela informação, recurso este vital para a sobrevivência das organizações, com a crescente sofisticação da tecnologia de *hardware* e *software*, aliado a escassez de recursos qualificados, e as restrições financeiras, a tarefa de administrar os recursos destinados a SIs, torna-se, apesar de difícil e complexa, de extrema necessidade para a organização. Com isso a tecnologia da informação começa a alterar a natureza da administração e afeta de maneira contundente o direcionamento e o ritmo das mudanças.

O SI não deve ser encarado como modismo da administração. Isto porque os modismos (idéias prontas, acabadas e efêmeras) geralmente enquadram-se nos chamados pacotes, os quais, se seguidos à risca, levam as empresas ao caos administrativo. Portanto, os SIs devem ser eficientes e eficazes, para processar o grande volume de dados gerados, produzindo assim, informações válidas para que o executivo possa tomar decisões que venham a contribuir de uma forma eficaz no processo da empresa.

De acordo com Dalfovo (1998), pode-se dizer que, a partir de 1985, a informação passou a ser utilizada, mais orientadamente, como recurso estratégico. A partir desta época, as funções administrativas foram sendo tratadas de forma individualizada, resultando na criação de vários sistemas para servirem de apoio aos executivos, nos vários níveis hierárquicos. Conforme Alter (1992), os sistemas podem ser classificados como:

- a) SPT – Sistema de Processamento de Transações;
- b) SAE – Sistema de Automação de Escritório;
- c) SBC – Sistema Baseado em Conhecimento;
- d) SIG – Sistema de Informações Gerenciais;
- e) SAD – Sistema de Apoio à Decisão;
- f) SIE – Sistemas de Informação para Executivos;

A seguir um breve relato sobre o papel do SI no cenário empresarial.

2.1 O PAPEL DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO

Para Emery (1980), o SI dentro de uma organização desempenha um papel análogo ao sistema de um animal. O sistema inclui componentes que desempenha funções como a percepção, a classificação, a transmissão, a recuperação, a transformação e a apresentação de informação.

Este sistema sobrepõe a uma estrutura organizacional que lhe está subjacente. Seus canais de informações incluem os elos hierárquicos da própria organização, mas também incluem muitos outros canais. A rede de informação representa, assim, um sistema distinto que visa prestar informações aos vários nós de decisão dentro da organização, contendo canais formais e informais, que incluem informações oficiosas, conversas e leituras informais.

De acordo com Emery (1980), a característica essencial de um canal formal é que sua existência é explicitamente reconhecida e definida como parte de todo sistema. Sua descrição inclui uma definição do conteúdo de mensagens, sua fonte de destino. O sistema informal muitas vezes preenche as lacunas de informação deixadas pelo sistema formal, desempenhando, assim, um papel extremamente importante no casos de decisões de níveis mais altos, onde as necessidades de informação são muito difíceis de se prever.

No sentido mais amplo, o SI inclui todos os componentes envolvidos nas decisões, na coordenação e no direcionamento – humanos e automáticos. Assim definido, incluiria uma grande parte de toda a organização. Esta definição ampla evita a distinção essencialmente arbitrária (mutável) entre os componentes humanos e automáticos, mas também obscurece algumas diferenças importantes entre os dois tipos de processador de informações.

A saída do SI pode ser classificada, conforme Emery (1980), em duas categorias: uma delas consiste em informações apresentadas a seres humanos para as decisões não programadas, que podem ser simplesmente retiradas de algum tipo de meio de armazenamento. Todavia, o mais provável é que resultem de várias transformações de dados retirados. Estas transformações podem ser relativamente simples, como um resumo de dados

mais detalhados. Por outro lado, pode-se ser muito complexa, como no caso de um procedimento bem-elaborado de previsão ou de um grande modelo de simulação; a outra consiste em vários tipos de informações operacionais. Alguns exemplos disso são as programações de tempo de produção, as ordens de compra, as faturas e os cheques de pagamento. Estas informações servem de entrada de várias tarefas programadas, realizadas por pessoas ou por máquinas. Assim, uma programação de tempo de produção, seguida por um operador de torno e um sinal analógico dado para uma válvula por um computador de controle de processos são exemplos igualmente válidos de informações operacionais.

Seguindo a Classificação de Alter (1992), dar-se-á ênfase aos SADs, objeto de estudo e implementação deste trabalho.

2.2 SISTEMA DE APOIO A DECISÃO

Pode-se perceber que novos tópicos em SIs são apresentados de forma demasiadamente promissora, para em seguida ficarem limitados a um papel um tanto ou quanto mundano Sprague (1991). Os teóricos e visionários desenvolvem definições teóricas; os profissionais compreendem apenas soluções pragmáticas. Os SIGs, por exemplo, prometiam originalmente ser o “sistema nervoso eletrônico” das empresas, acabaram transformando-se em sistemas bem estruturados para geração de relatórios. A automação prometia escritórios sem papéis; acabou tornando-se inicialmente em processamentos de textos e mais tarde em computadores pessoais.

Da mesma forma, a promessa de sistemas de apoio à decisão (SAD) está contida na seguinte definição de Sprague e Carlson (1982) que reúne os principais aspectos. Os autores definem SAD como:

“Sistemas computacionais que ajudam os responsáveis pela tomada de decisões a enfrentar problemas estruturais através de uma interação direta com modelos de dados e análises”.

Esta definição promete uma série de sistemas eficientes de apoio ao processo decisório em diversas áreas. Durante um determinado período de tempo, para a maioria dos

profissionais, SAD significou apenas um sistema de planejamento financeiro que utilizava o computador. Felizmente, a promessa ainda é entendida como algo mais e o progresso nesta direção contínua.

Os SAD têm sido descritos como uma forma de auxílio informatizado destinado aos responsáveis pela tomada de decisões que lidam com problemas semi-estruturados (Keen e Scott Morton, 1978). O uso de SAD difere de outras aplicações de SIG, na medida em que um SAD procura estabelecer uma simbiose entre a mente humana e o computador, permitindo um alto grau de interação homem-computador e capacitando gerente-usuário a manter controle direto sobre as atividades computacionais e seus resultados.

Nos primórdios da era da computação, Simon (1960) reconheceu que muitos aspectos do processo decisório, e muitos problemas de decisão, como um todo, não eram “programáveis”. Esses problemas não-estruturados eram caracterizados por exigirem julgamento por parte do usuário e, freqüentemente, alguma criatividade. Keen e Scott Morton (1978) destacam que Simon esperava que um número crescente de decisões gerenciais anteriormente consideradas não-programáveis tornar-se-iam rapidamente estruturada e programadas para soluções computacionais, mais isto não aconteceu. O computador argumentam eles, “teve pouco impacto em atividades que envolvem julgamento, ambigüidade, criatividade e volatilidade do ambiente”. As abordagens mais recentes, necessárias para aumentar um impacto do computador sobre tais atividades, foram desenvolvidas por diversos profissionais (Little, 1970), na tentativa de superar as limitações anteriores.

De acordo com Little (1970) a nova abordagem deve ser bem-sucedida, onde os esforços anteriores falharam, pois não requer nem a automação completa da atividade decisória nem a informatização de uma atividade isolada, desconectada do processamento humano que deve se seguir. O processo decisório é dividido em um menu de módulos detectáveis, onde cada qual é compreendido pelo usuário, ajustado e controlado por ele, e integrada ao seu estilo.

Segundo Little (1970) o objetivo mais amplo de um SAD é servir como apoio para aspectos menos estruturados e mais intuitivos do processo decisório, mas não se pode definir uma fronteira nítida entre o que seria “estruturado” ou “não-estruturado”. Pode-se, no entanto

reconhecer o grau de estruturação, que depende do quanto se conhece sobre os três componentes básico de um problema decisório:

- a) objetivos: em problemas menos estruturados, nem todos os objetivos são bem definidos desde o início. Existem vários objetivos, e não apenas um, e os *trade-offs*, ou a utilidade relativa dos objetivos, são amplamente desconhecidos;
- b) variáveis: em problemas menos estruturados, a identidade de todas as variáveis importantes (tanto controláveis quanto incontroláveis) que afetam os resultados podem não ser conhecidas desde o início do processo decisório e portanto, torna-se impossível especificar *a priori* de modelos completos;
- c) relações entre as variáveis e entre as variáveis e os resultados: em problemas menos estruturados, essas relações não são conhecidas *a priori*, ou podem variar de acordo com diferentes pressuposições plausíveis.

Todas essas condições exigem uma abordagem diferente da usada para os projetos de SIG mais tradicionais, caracterizados pelo processamento lógico e repetitivo fixos, frequência fixa e pelo conteúdo fixo de relatórios.

2.2.1 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE APOIO A DECISÃO

Dentre as características básicas de um SAD definidas a partir dos trabalhos de (Keen, 1978), (Sprague, 1991), (Burch, 1989), (Mitra, 1986), (Awad, 1988) e (Alter, 1980), cabe ressaltar:

- a) os SAD são orientados a tarefas decisórias mais difíceis, menos estruturadas, menos rotineiras ou mais complexas, como os quais os gerentes de alto nível se deparam. Neste tipo de decisão, o conhecimento sobre o problema e a coleta de informações para o auxílio no processo decisório exige um esforço maior por parte do decisor;
- b) os SAD auxiliam o processo de tomada de decisão, ao invés de substituí-lo;
- c) providenciam suporte às decisões independentes e/ou seqüências, isto é, situações onde o tomador de decisão tem sob sua responsabilidade parte de uma decisão mais global, que é repassada para outros tomadores de decisão;
- d) possuem flexibilidade e capacidade de adaptação às mudanças de ambiente e ao estilo do tomador de decisão. O tomador de decisão poderá se confrontar com

condições de mudança, e rapidamente adaptando o SAD para enfrentar estas novas mudanças. SAD são flexíveis ao ponto que os usuários podem adicionar, deletar, combinar, mudar ou rearranjar elementos básicos para a obtenção da melhor solução do problema de forma rápida e em situações inesperadas;

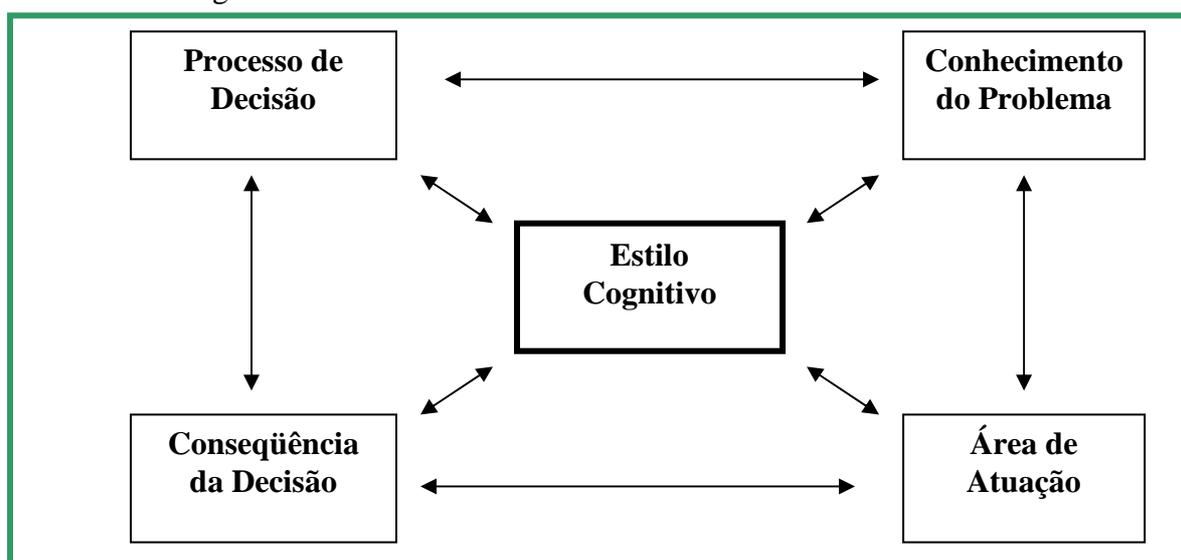
- e) os SAD tentam combinar o uso de modelos ou técnicas analíticas com as funções tradicionais de acesso e recuperação de informação;
- f) os SAD concentram-se especificamente em recursos que facilitem seu uso para pessoal não especializado em computação, de forma interativa;
- g) individualização e orientação para pessoa que toma as decisões, com flexibilidade de adaptação ao estilo pessoal da tomada de decisão do usuário;
- h) real pertinência ao processo de tomada de decisão, ajudando o usuário a decidir através de subsídios relevantes.

A seguir um breve relato sobre a área de atuação dos SADs dentro da empresa, mostrando suas atividades que podem ser divididas em categorias.

2.2.2 AMBIENTE DE DECISÃO

De acordo com Grahl (1992), a área de atuação está situada na seguinte forma dentro do ambiente de decisão, conforme a Figura 1.

Figura 1 – Ambiente de Decisão



Fonte (Grahl, 1992).

2.2.2.1 ÁREA DE ATUAÇÃO

É importante situar a decisão a ser tomada, com relação ao nível organizacional e setor da empresa. Esta identificação facilitará a tomada de decisão, pois fornecerá a dimensão adequada do problema a ser analisado. Utilizando-se do modelo sugerido por (Keen, 1978), pode-se separar as atividades em uma empresa em três categorias:

- a) planejamento estratégico: é a atividade de determinação dos objetivos da empresa, dos recursos necessários para o alcance destes objetivos e da definição da política a ser seguida na obtenção e usos destes recursos. Esta atividade é típica da alta administração, requerendo uma grande parcela de criatividade e capacidade de análise do meio ambiente da empresa;
- b) planejamento tático: é a atividade responsável pela supervisão da obtenção e uso eficaz e eficiente, dos recursos necessários à execução da política da empresa;
- c) planejamento operacional: têm por objetivo a execução de tarefas específicas pré-determinadas no âmbito do planejamento tático.

Keen (1978) demonstrou que cada uma destas categorias, apresentadas no Quadro 1, possui diversas necessidades de informação.

Quadro 1 – Necessidades de Informação

Característica da informação	Planejamento Operacional	Planejamento Tático	Planejamento Estratégico
Fonte	Interna	←————→	Externa
Nível de Agregação	Detalhado	←————→	Agregado
Horizonte Temporal	Histórico	←————→	Futuro
Precisão Necessária	Alta	←————→	Baixa
Frequência do uso	Alta	←————→	Baixa

Fonte (Fleury, 1987).

Segundo Keen (1978), esta distinção da informação envolvida em cada uma das três categorias é essencial para um posicionamento correto do uso do computador como apoio à decisão, pois em cada uma destas categorias o computador auxiliará o decisor de maneira diferenciada. Em níveis mais baixos, o computador atuará com ênfase na agilidade e rapidez,

praticamente serão utilizados para automatizar os processos rotineiros. Nos níveis mais altos o computador atuará como instrumento de análise e modelagem, capaz de auxiliar nas decisões menos estruturadas e menos determinísticas.

A área de atuação também identifica o setor dentro da organização, onde as decisões são tomadas. Como exemplos: setor de vendas, setor de produção, setor de finanças. A análise de integração existente entre os setores da empresa, durante o processo de tomada de decisões, tornando-se necessário e importante na caracterização do ambiente, porque raramente uma decisão a nível gerencial, é tomada em função das informações de um setor específico. A relação com os outros setores da empresa, sempre está evidenciada, sendo que certas vezes esta relação é mais facilmente identificada.

2.2.2.2 CONSEQÜÊNCIA DA DECISÃO

Uma dimensão importante na tomada de decisão é o grau de certeza que os tomadores de decisão, podem prever as conseqüências ou resultados de suas decisões. Os conhecimentos das conseqüências da tomada de decisão são categorizados por (weterbe, 1984) em:

- a) tomada de decisão sob certeza: onde existe um conhecimento completo e preciso das conseqüências de cada escolha disponível. Cada decisão tem somente uma única conseqüência (ou conjunto de eventos) associada a ela;
- b) tomada de decisão sob risco: decisões alternativas podem acarretar mais de uma conseqüência. As conseqüências possíveis e suas probabilidades de ocorrência podem ser definidas;
- c) tomada de decisão sob incerteza: aqui as decisões alternativas podem acarretar mais de uma conseqüência. Algumas destas conseqüências podem ser identificadas, porém suas probabilidades de ocorrência são desconhecidas.

2.2.2.3 CONHECIMENTO DO PROBLEMA

O conhecimento do problema refere-se ao grau de compreensão do problema. Segundo Keen (1978), as decisões administrativas são divididas em:

- a) decisões estruturadas: decisões que não dependem exclusivamente e constantemente de uma análise mais aprofundada do tomador de decisão, podendo ser totalmente automatizada através do uso de um computador. São decisões onde envolvem procedimentos padrões, repetitivos e rotineiros;
- b) decisões estruturadas: decisões que não se repetem ao longo do tempo, são complexas e irredutíveis a um procedimento padrão. Tais decisões devem ser tratadas heurísticamente, pois não existem algoritmos capazes de produzir automaticamente resultados adequados;
- c) decisões semi-estruturadas: decisões caracterizadas por situações onde a intuição do tomador de decisão não é suficiente, em virtude da complexidade ou do volume de informações envolvidas. Nestas circunstâncias, a proposta é desenvolver um sistema computacional que em conjunto com o tomador de decisão permitam alcançar a eficácia desejada.

2.2.2.4 PROCESSOS DE DECISÃO

Na existe um modelo padrão e unicamente aceito, do processo de tomada de decisão. Segundo Bethlem (1987), pode se elaborar um modelo genérico, onde aborde as etapas na seguinte ordem:

- a) Etapa 1 – Decisão de decidir: Assumir um comportamento que leve uma decisão qualquer é uma decisão;
- b) Etapa 2 – Definir o que decidir: Consiste em reconhecer o problema e estabelecer os objetivos aos quais a decisão deve nos levar, esta é a etapa da descoberta do que vamos decidir.
- c) Etapa 3 – Formulação de alternativas: As diversas soluções possíveis para resolver o problema ou crise, ou as alternativas que vão permitir aproveitarmos as oportunidades;
- d) Etapa – 4 Escolha de alternativas: É a tomada de decisão.

2.2.2.5 ESTILO COGNITIVO

Nem todo mundo é igual e isto pode ser comprovado através da mera observação das pessoas. As pessoas diferem também seu estilo cognitivo, ou seja, na forma sistemática e persuasiva de organização de seu pensamento.

O sucesso de um SAD depende muito do tratamento fornecido aos diversos estilos dos decisores.

Os estilos cognitivos do tomador de decisão podem ser classificados de diversas maneiras. Segundo Weterbe (1984), classificou e caracterizou os estilos cognitivos dos gerentes assim:

- a) intuitivo/heurístico: tendem a apreender com a experiência. Eles usam o senso comum de intuição para abordar a tomada de decisão de uma maneira de tentativa-erro. Eles tendem a ver um problema ou uma oportunidade como uma totalidade em vez de uma estrutura constituída de partes específicas;
- b) sistemático/analítico: tendem a aprender através da análise de um problema ou oportunidade. Eles não confiam muito na experiência passada e em *feedback*. Pelo contrário, a tomada de decisão baseia-se em análises relacionais formais, as quais freqüentemente utilizam modelos quantitativos.

2.2.3 A EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE APOIO A DECISÃO

Segundo Power (1996) o conceito de Suporte à Decisão surgiu da evolução de duas áreas de pesquisa: os estudos teóricos sobre o Processo de Tomada de Decisão Organizacional feitos no Carnegie Institute of Technology durante as décadas de 50 e 60, e os trabalhos realizados com sistemas computacionais interativos no Massachusetts Institute of Technology nos anos sessenta.

Segundo Morton (1971) enfocou em seu livro como os computadores e modelos analíticos poderiam ajudar os gerentes no suporte à tomada de decisões chaves. Ele criou um sistema chamado Sistema de Automação de Escritório (SAE) baseado na experiência de gerentes e utilizou este sistema para coordenar o planejamento de uma linha de produção de

máquinas de lavar. As pesquisas e o sistema de Morton abriram caminho para novas definições e pesquisas para se criar outros Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) específicos.

Conforme Gerryty (1971) escreveu um artigo e projetou um sistema computacional para dar suporte aos gerentes de investimentos na administração diária das aplicações de seus clientes.

Little (1970) escreveu um artigo no qual ampliou as fronteiras da modelagem suportada por computador. Ele identificou critérios para projetar modelos para apoiar a tomada de decisão gerencial. Seus critérios incluíram: robustez, facilidade de controle, simplicidade, e perfeição de detalhes relevantes. Ele projetou um SAD, que chamou de “Brandaid”, para dar suporte a decisões referentes a produto, promoção, preços e decisões adversas.

Keen & Morton (1978) descreveu em seu livro uma metodologia para análise, projeto, implementação, avaliação e desenvolvimento de SAD.

Segundo Person & Shim (1995) nos anos 70, os SADs enfatizavam a interação dos sistemas baseados em computador que auxiliava na tomada de decisão utilizando modelos de dados que resolviam problemas semi-estruturados e não estruturados. A ênfase não era no processo decisório, mas no suporte computacional e nas ferramentas necessárias para o desenvolvimento rápido das aplicações. Nos anos 80, surgiram uma variedade de novas tecnologias para prover a eficiência gerencial, organizacional e profissional. Um grande número de softwares foram produzidos sob o título de SAD.

Na década de 90, com os avanços tecnológicos, tanto em hardware como em software, houve grandes avanços nos Sistemas de Apoio à Decisão. Foram desenvolvidos diversos aplicativos específicos para dar suporte a categorias de sistemas mais específicos e utilizavam recursos sofisticados, incluindo algoritmos de inteligência artificial. Esta década foi marcada pelo grande avanço em Tecnologia de Informação proporcionado pela valorização das informações pelas empresas. Entre as novas ferramentas de Tecnologia da Informação desenvolvidas nesta década, está a chamada nova geração de Sistemas de Apoio à Decisão: o data warehouse, o OLAP e o data mining. Estas novas ferramentas estão sendo muito úteis no

gerenciamento dos negócios modernos e estão auxiliando os gerentes a enfrentarem os desafios dos novos tempos.

3 OFICINAS MECÂNICAS

No ramo de serviços e, especificamente no caso das oficinas mecânicas, a oscilação da economia interfere diretamente na sua gestão. A estabilidade econômica leva o aumento de venda de veículos novos e usados, incrementando o mercado no que se refere à manutenção dos veículos.

De acordo com Chollet (1996), o trabalho da oficina mecânica tem se transformado pouco a pouco. As preocupações essenciais dos mecânicos passam do domínio técnico ao domínio comercial. A única coisa que condiciona a evolução da empresa é o rendimento financeiro, daí resulta uma maior racionalização no trabalho da oficina, racionalização essa obtida através da substituição sistemática das peças defeituosas e de um fracionamento de trabalho em operações específicas que visam a especialização.

A habilidade manual é mais importante do que a intelectual. Esta lamentável situação pode fazer esquecer, aos profissionais atuais, as mais nobres funções da profissão: as que lhe permite elaborar uma síntese ponderada dos seus conhecimentos práticos e técnicos. Estes profissionais podem ser comparados, guardando as devidas proporções, ao de um médico ou dentista, no qual a pessoa confia na qualidade do serviço e no preço justo.

A substituição sistemática de certas peças e as regulagens padrão dadas nos manuais de reparações asseguram realmente processos rápidos de trabalho, mas podem atrofiar completamente as faculdades de observação e de análise dos mecânicos. Presentemente, estes não têm mais necessidades de preocupar-se com a função específica das peças que montam, apenas têm que se preocupar com a sua posição em relação a um dado ponto. Quando deparam com anomalias pouco conhecidas ou com casos especiais que exigem regulagens apropriadas (não especificadas nos manuais), os profissionais ficam reduzidos a tateamentos empíricos sempre longos e muitas vezes arriscados.

Atualmente os profissionais da mecânica estão mais conscientes do estado atual da profissão de mecânico, mais convencidos da necessidade de conhecer as bases essenciais do funcionamento dos diversos elementos mecânicos de um veículo. Com isso a explicação de uma regulagem em função do trabalho da peça, independentemente da sua fabricação ou do

seu tipo. Apesar de poder resultar algumas pequenas diferenças, este modo de agir apresenta a vantagem de assegurar em todos os casos um funcionamento lógico e correto da peça.

Por outro lado, à falta de indicações do fabricante, será possível realizar qualquer espécie de trabalho com a certeza de assegurar o seu êxito (Chollet,1996).

A finalidade deste trabalho é de ajudar o mecânico na realização de seu serviço, dando-lhe um apoio em seus diagnósticos, oferecendo-lhe um domínio e uma independência que permitira praticar com inteligência e habilidade a sua profissão, cuja evolução incessante tornou-a mais viva e apaixonante.

Uma oficina mecânica divide-se em três seções:

- a) latoaria;
- b) montagem e suspensão;
- c) elétrica.

Junto a seção elétrica encontra-se o modulo de injeção eletrônica, o qual será o enfoque deste trabalho.

3.1.1 SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRONICA

Para Glehn (1999), a injeção eletrônica é um sistema não acionado pelo motor, comandado eletronicamente, que dosa o combustível, controlando a mistura-ar-combustível em função das necessidades imediatas do motor.

Tem a finalidade de dar equilíbrio de funcionamento para o motor, através de um controle rígido da mistura-ar-combustível e do avanço de ignição em qualquer regime de trabalho, proporcionando maior desempenho, menor consumo, facilidade de partida a frio e a quente e, principalmente, menor emissão de poluentes.

De acordo com Zaions (2000), a injeção eletrônica foi um grande avanço da indústria automobilística, pois participa de forma ativa no processo de informação da mistura ar-combustível, possibilitando melhor controle da introdução de combustível nos diversos regimes de operação.

Conforme Zaions (2000), um sistema de injeção eletrônica é caracterizado por apresentar uma grande quantidade de dispositivos elétricos e eletrônicos dentre os quais pode se destacar:

- a) central eletrônica (EC): é onde todas as informações são processadas. Através destes sistemas pode-se captar informações de qualquer parte do veículo ou motor, processá-las e gerar sinais digitais ou analógicos de controle;
- b) sensores/transdutores: são elementos que estão em contato direto com as grandezas físicas mensuráveis. São elementos que monitoram as funções individuais do motor e transformam a grandeza física em um sinal elétrico proporcional que é enviado à EC;
- c) atuadores: são elementos que recebem informações digitais ou analógicas da EC, responsabilizando-se assim a execução de tarefas, adequando rapidamente o motor ao regime de trabalho solicitado.

Um sistema de injeção eletrônica, contém diversos componentes, com funções diferentes, dos quais pode-se destacar:

- a) central eletrônica: responsável pelo processamento das informações dos sensores espalhados pelo motor e determinação do tempo de injeção e avanço da ignição conforme o regime de operação. Características mais importantes da central eletrônica:
 - possuir elevada imunidade aos distúrbios elétricos;
 - possuir elevada velocidade de processamento;
 - possuir baixo consumo de energia em *stand-by*;
 - temperatura de operação deve ser inferior 60 °C.
- b) corpo da borboleta: suporta em alguns tipos de injeção o bico injetor e outros elementos, juntamente com a borboleta de aceleração;
- c) motor de passo: o motor de passo é um atuador que regula a atuação de marcha lenta. Quando os comandos elétricos (digitais) provenientes da EC chegam no motor de passo, o motor entra em rotação e nestas condições, o grupo parafuso e porca transforma o movimento rotatório em movimento linear, permitindo o movimento do obturador;
- d) bico ou válvula injetora: responsável pela introdução pulverizada do combustível no coletor;

- e) válvula reguladora de pressão: sua função é manter constante a pressão de injeção;
- f) filtro de combustível: sua função é evitar que impurezas cheguem ao bico injetor e o danifiquem;
- g) coletor de admissão: transporta a mistura do corpo da borboleta ao cilindro;
- h) bomba elétrica: pressuriza toda a linha de alimentação;
- i) relé: permite que os sinais de baixa potência acionem sinais de alta potência.

Também podem ser destacados os sensores que colhem informações e repassam as mesmas, para a central eletrônica. Dos quais pode-se destacar:

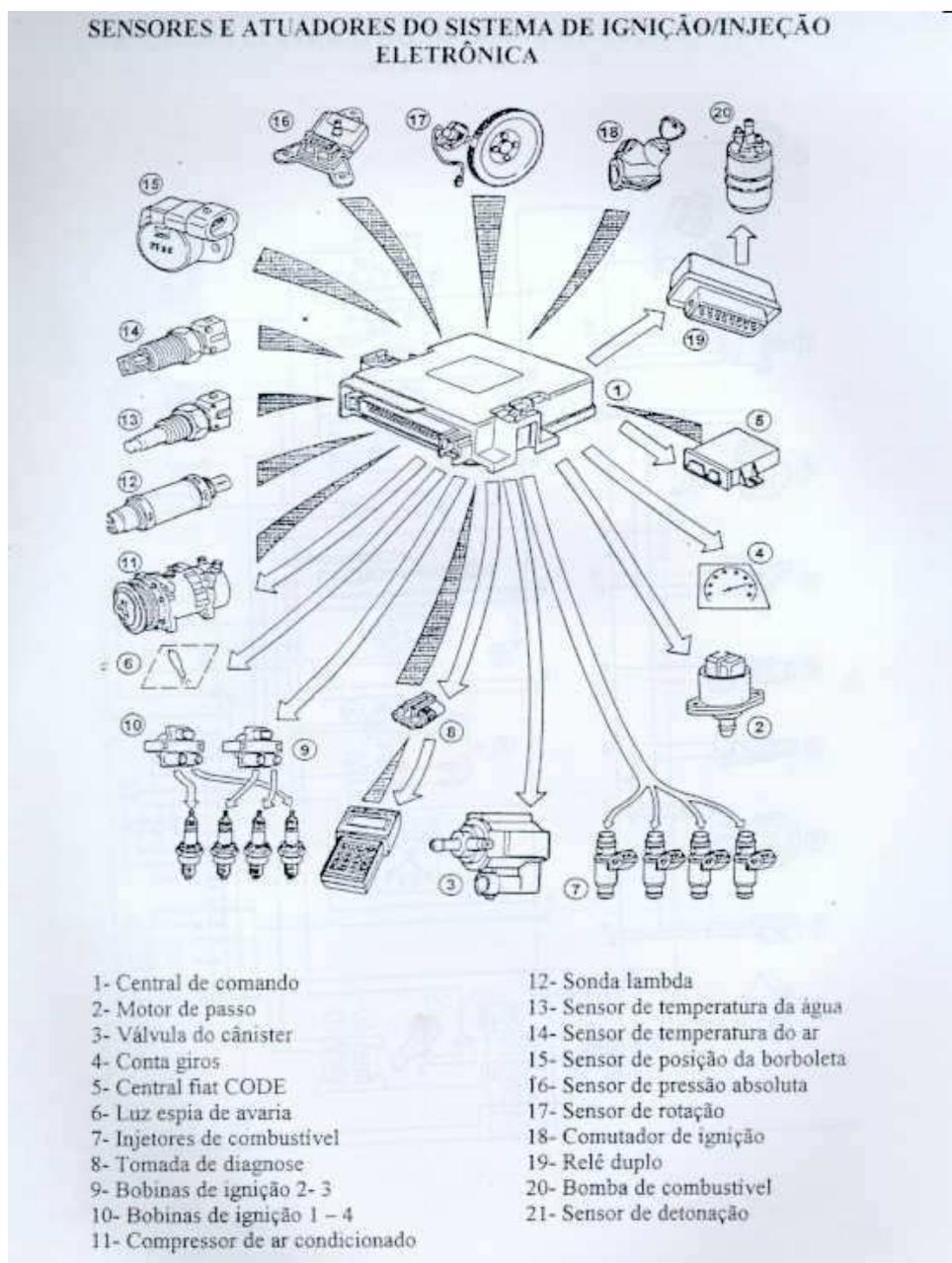
- a) de temperatura do ar: mede a temperatura instantânea do ar de admissão;
- b) de rotação: informa a rotação executada pelo motor;
- c) de temperatura da água de refrigeração: mede a temperatura de trabalho do motor;
- d) de posição da borboleta: informa a posição específica da borboleta de aceleração. Geralmente é do tipo potenciométrico;
- e) de detonação: informa a posição específica da borboleta de aceleração;
- f) de pressão absoluta: indica a pressão do coletor de admissão;
- g) de oxigênio ou solda *lâmbda*: o sensor de oxigênio é instalado no cano de escape, antes do conversor catalítico. Este sensor mede o teor residual de oxigênio presente nos gases de escape e transmite sinais que são utilizados para ajustar a injeção de combustível para a obtenção da mistura ideal.

Para Zaions (2000), existem dois tipos de injeção eletrônica:

- a) injeção central de combustível: denominada ponto simples ou monoponto, ela utiliza somente uma válvula injetora de combustível para todos os cilindros. A mistura é previamente formada no corpo de borboleta e, através do coletor de admissão é gaseificada e distribuída;
- b) injeção de combustível multiponto: denominada também de pontos múltiplos, ela utiliza uma válvula injetora para cada cilindro. A mistura é formada no coletor, antes da válvula de admissão, podendo ser simultânea, banco-a-banco e seqüencial.

Conforme a Figura 2, abaixo pode-se observar todos os componentes de uma injeção eletrônica do modelo G7.

Figura 2 – Injeção Eletrônica I.AM 1 G 7



Fonte adaptada (Glehn, 1999).

A seguir apresentar-se-á alguns aspectos sobre diagnósticos, em um sistema de injeção eletrônica.

3.1.2 DIAGNÓSTICOS

Conforme Chollet (1996), convém a um profissional poder diagnosticar o estado mecânico geral de um motor pelo exame sumário de seu funcionamento. A precisão do diagnóstico depende em grande parte da experiência do mecânico. O conhecimento aprofundado de um certo modelo permitirá sempre estabelecer um diagnóstico extremamente preciso sobre o modelo conhecido.

Para Chollet (1996), de modo geral o estabelecimento de um diagnóstico de reparação necessita de três categorias de observações, que se seguem, efetuadas sobre o motor quente:

- a) exame externo do motor: revelará vazamentos nas juntas de cabeçote, de cárter e dos coletores, bem como vazamentos de óleo na extremidade do virabrequim e vazamentos na bomba de água. As paredes externas do bloco de cilindros, bem como as garras de fixação podem igualmente apresentar rupturas, que deverão ser soldadas.
- b) exame do estado mecânico interno: pode ser diagnosticado por meio de uma barra ou de um verificador apoiado em diversos locais do cárter e do bloco de cilindros.
- c) exame de vedação das câmeras de explosão e do coletor de admissão: a vedação das câmeras de explosão do motor pode ser determinada pelo teste das compressões à manivela ou, melhor, fixando um manômetro no assento da vela e provocando a rotação do motor pelo dispositivo de arranque.

4 SISTEMAS ESPECIALISTAS

Um sistema especialista é um sistema computacional que resolve problemas de uma maneira bastante parecida com o especialista humano. São sistemas com um conhecimento específico e profundo sobre campos restritos do conhecimento (Rabuske, 1995).

Alguns autores apresentam definições formais de SE. Crippa (1999) afirma: “Um sistema especialista é um programa inteligente de computador, que utiliza-se de métodos inferências para a resolução de problemas técnicos e altamente especializados. Por utilizar-se da Inteligência Artificial, um ramo da computação que estuda a capacidade de uma máquina raciocinar e aprender como um ser humano, os sistemas especialistas interagem com seu usuário numa linguagem natural de perguntas e respostas, sugerindo e auxiliando na solução de problemas complexos”.

Para Kandel (1992), “Os sistemas especialistas podem ser caracterizados como sistemas que reproduzem o conhecimento de um especialista adquirido ao longo dos anos de trabalho”.

Rich (1993) escreve: “Os sistemas especialistas solucionam problemas que normalmente são solucionados por especialistas humanos. Para solucionar tais problemas, os sistemas especialistas precisam acessar uma substancial base de conhecimentos do domínio da aplicação, que precisa ser criada do modo mais eficiente possível”.

Um sistema especialista deve, além de inferir conclusões, ter a capacidade de aprender com novos conhecimentos e, desse modo, melhorar o seu desempenho e a qualidade de suas decisões, explicando como chegou a decisão final. Esta última é uma das principais características que distinguem os sistemas especialistas dos sistemas convencionais (Ribeiro, 1987).

Desta forma, os sistemas especialistas são classificados como programas computacionais inteligentes, que podem numa área específica, ajudar o trabalho de um especialista. Estes sistemas utilizam conhecimentos de áreas e estratégias de solução de problemas transmitidos por um especialista. Assim é possível que os conhecimentos especializados e as descobertas dos melhores especialistas de uma área sejam concentrados e disponibilizados para uso e benefício geral.

4.1 CARACTERÍSTICAS

Os sistemas especialistas caracterizam-se por um conhecimento profundo, no limite da perícia sobre uma área específica, organizado com o objetivo de simplificar a busca a respostas requeridas, por isso, o armazenamento da informação torna-se de suma importância.

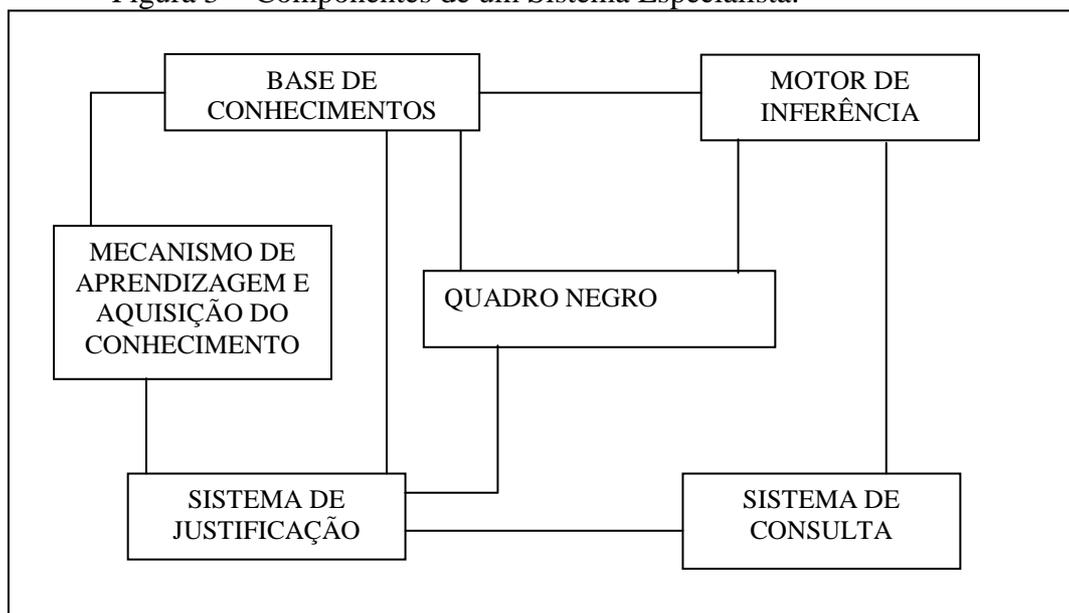
Outra característica dos sistemas especialistas é a utilização de técnicas de inferência para manipular informações visando uma solução. O mecanismo de inferência utiliza estratégias genéricas para adquirir conhecimento, processá-lo, tirar conclusões próprias e dar explicações acerca do processo de raciocínio. Essa abordagem baseada em conhecimento oferece a possibilidade de separar o conhecimento que descreve o domínio do problema do código de procedimentos que examina este conhecimento. Este mecanismo distingue os sistemas especialistas dos tradicionais (Heinzle, 1995).

Um sistema especialista pode chegar ou não a solução, e pode ainda chegar a uma conclusão distorcida. O sistema pode errar, porém o seu erro ou a não resposta advém de determinadas circunstâncias justificadas pelo próprio sistema (Ribeiro, 1987).

4.2 COMPONENTES DE UM SISTEMA ESPECIALISTA

Segundo Rabuske (1995), “os componentes de um sistema especialista sofrem constantes influências, com diversas variações entre elas, desde a generalidade pretendida, os objetivos do mesmo, a representação do conhecimento e as ferramentas usadas na implementação”. O modelo geral da arquitetura de um sistema especialista apresentada por vários autores é mostrado na Figura 3. Especificamente, porém, a sua arquitetura depende da forma de representação do conhecimento e implementação adotada.

Figura 3 - Componentes de um Sistema Especialista.



Fonte: (Heinzle, 1995).

4.2.1 BASE DE CONHECIMENTOS

A base de conhecimentos é o local onde se armazenam fatos e regras. Este conhecimento é passado ao sistema pelo especialista e armazenado de uma forma própria que permitirá ao sistema fazer posteriormente o processo de inferência. Um novo fato pode modificar todo o processo de inferência de acordo com as regras existentes sobre ele que estão sendo aplicadas e também sobre os novos fatos gerados pela avaliação dessas regras (Ribeiro, 1987).

A qualidade do conhecimento armazenado é determinante no potencial do sistema especialista. A fase de construção da base de conhecimentos é uma das mais complexas na implementação do sistema especialista, pois o conhecimento de um especialista não se encontra formalizado, precisando de um trabalho prévio. A base de conhecimentos está interligada com quase todos os elementos do sistema, especialmente com a máquina de inferência, o mecanismo de aprendizagem e aquisição do conhecimento e o quadro negro (Heinzle, 1995).

4.2.2 MECANISMO DE APRENDIZAGEM E AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO

Segundo Rabuske (1995), “obter o conhecimento é a parte mais complexa da construção de um sistema especialista. A aquisição do conhecimento tende a caracterizar áreas de pesquisa específicas nas universidades e centros de pesquisas, geralmente ligadas a engenharia do conhecimento”.

Para Levine (1988), “a fase de aquisição do conhecimento é a que apresenta maior dificuldade na construção de um sistema especialista. Esta dificuldade advém do fato de não existir uma linguagem comum de entendimento entre as partes envolvidas no projeto”. O especialista não tem suas idéias organizadas utilizando processos indutivos e dedutivos na obtenção das soluções. Desta forma cabe ao engenheiro de conhecimento tentar organizar esses elementos e obter as informações necessárias.

O conhecimento deve ser adquirido junto ao especialista da área em que for desenvolvido o sistema, podendo ser através de entrevistas, questionários ou documentação já existente em arquivos. Este conhecimento deverá ser formalizado para ser armazenado na base de conhecimento do sistema (Luchtenberg, 2000).

Um dos aspectos que mais diferenciam os sistemas especialistas dos sistemas tradicionais é a sua capacidade de aprender. À medida que vai sendo utilizado, o sistema especialista deve ampliar, reformular ou atualizar o seu conhecimento. Em geral, esta possibilidade é facultada pelos recursos de um editor de textos, embutido ou não no sistema, com a capacidade de aceitar a atualização da base de conhecimentos (Salvato, 1997).

O mecanismo de aprendizagem é um módulo que, rudimentar na maioria dos sistemas especialistas, consta apenas de recursos que permitem fazer acréscimos e alterações na base de conhecimentos. Existe, porém, a possibilidade de tornar esse recurso mais potente, fazendo com que adquira uma capacidade maior, depurando a base de conhecimentos, reordenando prioridades, estabelecendo mecanismos de controle para expansão da árvore de busca, executando outras ações que melhorem o desempenho do sistema e a qualidade da resposta.

4.2.3 MOTOR OU MÁQUINA DE INFERÊNCIA

Para Rabuske (1995), a máquina de inferência não é normalmente um único módulo de programa. É, em geral, entendido como compreendendo o interpretador de regras e o escalonador das regras, quando o sistema especialista envolve regras de produção.

O processo de inferência está associado com a estrutura utilizada para o armazenamento do conhecimento na base de dados. De forma geral, pode-se afirmar que o processo envolve um encadeamento lógico que permite tirar conclusões a partir do conhecimento existente. Conforme Heinzle (1995), o motor de inferência é o responsável pela ação repetitiva de buscar, analisar e gerar novos conhecimentos.

Conforme escreve Ribeiro (1987), “o mecanismo de inferência depende de como se está representando o conhecimento. Nos sistemas de avaliação de regras, o mecanismo de inferência busca as regras na base de conhecimento e as avalia. Essa busca depende dos fatos e das hipóteses que existem e que se quer determinar a cada momento. Os objetivos a serem determinados pelo sistema de inferência devem ser relacionados com uma determinada ordem. A busca de regras é feita de maneira automática para que uma meta seja atingida. Entretanto, existem casos em que a resposta pode ser obtida de maneira imediata e, nesses casos são estabelecidas estratégias de avaliação imediata, evitando todo o processo natural de busca e avaliação de regras. Outra estratégia usada consiste em o mecanismo de inferência proceder antes à busca das novas regras que foram causadas pela necessidade de se atender a uma meta, e avaliar essas regras a serem pesquisadas. Como os atributos são encontrados em diversas regras, o valor de uma cláusula já pode ter sido estabelecido. Esse valor, sozinho, permite determinar antecipadamente que a premissa da regra é falsa, e que não há razões para novas buscas. As estratégias de busca e avaliação de regras dependem do tipo de representação para o conhecimento e da arquitetura das próprias regras”.

4.2.4 SISTEMA DE CONSULTA

O usuário é geralmente, alguém que não participou da elaboração do sistema, sendo, portanto, natural que não conheça as estruturas do sistema e, que, provavelmente, não esteja familiarizado com as formas de representação do conhecimento adotadas. Para que os

potenciais usuários possam acessar com proveito e sem maiores dificuldades o sistema especialista, é preciso muni-lo de recursos para consulta.

Conforme Heinzle (1995), “a maioria dos sistemas existentes usam técnicas simples de interação com o usuário, quase sempre utilizando perguntas já pré-formatadas e respostas tipo múltipla escolha. Outra técnica é a definição de uma sintética simples com um vocabulário restrito e limitado, própria para utilização do sistema”.

4.3 SISTEMA DE JUSTIFICAÇÃO

Para Heinzle (1995), “o módulo de justificação é na verdade um recurso de questionamento fornecido ao usuário”. Portanto, o módulo de justificação é obrigatório nos sistemas especialistas, tendo, geralmente a capacidade de responder às seguintes perguntas:

Como chegou a esta conclusão?

Por que chegou a esta conclusão?

Por que não chegou a outra conclusão?

Conforme descrito por Ribeiro (1987) “este módulo interage com o usuário esclarecendo-o de como o sistema chegou a determinada conclusão, ou por que está fazendo determinada pergunta. Utiliza diversos recursos e estruturas próprias para atender ao seu objetivo, mostrando que regras e que fatos foram usados da base de conhecimento, sempre que isso for solicitado por quem usa o sistema”.

4.3.1 QUADRO NEGRO

O quadro-negro, ou rascunho, como também é chamado, é uma área de trabalho que o sistema utiliza durante o processo de inferência. Nesta área são armazenadas informações de apoio e suporte ao funcionamento do sistema quando o mesmo está raciocinando. Este lugar na memória é destinado para fazer avaliações das regras que são recuperadas da base de conhecimento para se chegar a uma solução. As informações são gravadas e apagadas em um

processo de inferência até se chegar à solução desejada. Conforme Rabuske (1995), embora todos os sistemas especialistas usem o quadro negro, nem todos o explicitam como componente do sistema.

4.4 REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO

Para Heinzle (1995), “para um sistema especialista resolver problemas é imprescindível que esteja associado a ele um razoável volume de conhecimentos relativos ao domínio do problema. Este conhecimento deve ser transformado em estruturas de dados organizadas de modo a permitir a sua utilização pelo computador”.

A representação do conhecimento é a formalização do conhecimento do sistema. Para que isto seja possível existem técnicas que permitem modelar o conhecimento de forma eficiente, sendo as principais descritas a seguir:

- a) lógica das proposições e dos predicados: na lógica das proposições, será atribuído o valor lógico verdadeiro se as informações disponíveis permitirem tirar esta conclusão a respeito de uma proposição, caso contrário é atribuído o valor falso. Para se trabalhar com várias proposições utiliza-se operadores de conexão para assim obter as chamadas proposições compostas e aumentar a capacidade de expressão. Estes operadores são: AND, NOT, OR, IMPLIES, EQUIVALENT (Heinzle, 1995);
- b) regras de produção: sua estrutura constitui-se basicamente de uma premissa, ou conjunto de premissas, e uma conclusão, ou conjunto de conclusões. As regras são armazenadas como uma coleção de declarações SE-ENTÃO (SE <premissas> ENTÃO <conclusões>). Onde a parte condicional consiste de uma expressão proposicional ou simplesmente um termo;
- c) redes semânticas: foram inicialmente desenvolvidas para modelagem psicológica da memória humana, constituindo-se agora num método de representação padrão. São estruturas formadas por nós, conectados entre si através de arcos rotulados. Os nós representam objetos, conceitos, situações ou ações, e os arcos representam relações entre os nós (Alexandre, 2000);
- d) quadros ou *frames*: esta forma de representação do conhecimento, organiza

conhecimento de maneira a tornar evidente a compreensão de como a inferência pode ser feita (Alexandre, 2000). Um *frame* é constituído por um nome, uma coleção de atributos, chamados de escaninhos ou *slots*, e valores associados a eles.

4.5 A SHELL – EXPERT SINTA

O *Expert Sinta* é uma ferramenta computacional que utiliza técnicas de inteligência artificial para geração automática de sistemas especialistas. Esta ferramenta utiliza um modelo de representação do conhecimento baseado em regras de produção e probabilidades, tendo como objetivo principal simplificar o trabalho de implementação de sistemas especialistas através do uso de uma máquina de inferência compartilhada, do tratamento probabilístico das regras de produção e da utilização de explicações sensíveis ao contexto da base de conhecimento modelada.

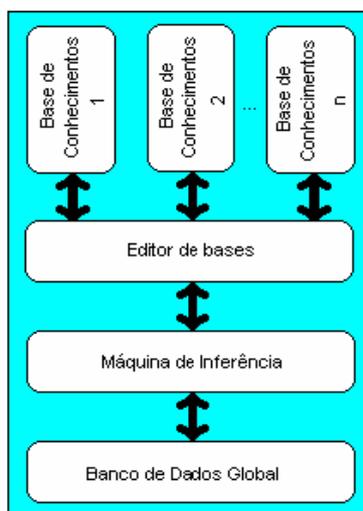
As principais características do *Expert Sinta*, conforme (Lia, 1995) são:

- a) utilização do encadeamento para trás (*backward chaining*);
- b) utilização de fatores de confiança;
- c) ferramentas de depuração;
- d) possibilidade de incluir ajudas on-line para cada base.

4.5.1 ARQUITETURA DE UM SE NO EXPERT SINTA SHELL

Os sistemas especialistas que utilizam o *Expert Sinta* possuem a seguinte arquitetura, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4 - Arquitetura de um Sistema Especialista no *Expert Sinta*.



Fonte: (Lia , 1995)

- a) base de conhecimentos: representa a informação (fatos e regras) que um especialista utiliza;
- b) editor de bases: é o meio pelo qual a *shell* permite a implementação das bases desejadas;
- c) máquina de inferência: o motor de inferência é o responsável pela ação repetitiva de buscar, analisar e gerar novos conhecimentos;
- d) banco de dados global: são as evidências apontadas pelo usuário do Sistema Especialista durante uma consulta.

O objetivo do *Expert Sinta* é simplificar ao máximo as etapas de criação de um Sistema Especialista completo.

4.5.2 UTILIZANDO REGRAS DE PRODUÇÃO NO EXPERT SINTA SHELL

A representação do conhecimento por regras de produção é baseada nas propostas do matemático Emil Post (apud Heinzle, 1995) que via nos sistemas de produção um modelo computacional geral de solução de problemas. A representação do conhecimento por regras de produção é a forma mais utilizada em sistemas especialistas. A justificativa é a naturalidade

que representa para o homem, pois, o par condição-ação para raciocinar e decidir, também é usado pela mente humana.

Para Lia (1995), as regras de produção possuem as seguintes vantagens:

- Modularidade: cada regra, por si mesma, pode ser considerada uma peça de conhecimento independente;
- Facilidade de edição: novas regras podem ser acrescentadas e antigas ser modificadas com relativa independência;
- Transparência do sistema: garante maior legibilidade da base de conhecimentos.

Por exemplo:

SE tem combustível no tanque	(Premissas)
E tem combustível no carburador	(Premissas)
ENTÃO o motor recebe combustível	(Conclusões da regra)

Para o projetista que cria bases utilizando o *Expert SINTA*, o seguinte critério para definições deve ser seguido:

A estrutura das premissas devem obedecer o seguinte modelo:

<CONNECTIVO>	<ATRIBUTO>	<OPERADOR>	<VALOR>
--------------	------------	------------	---------

- Conectivo: **NÃO, E, OU**, sua função é unir a sentença ao conjunto de premissas que formam a seção de antecedentes de uma regra.
- Atributo: é uma variável capaz de assumir uma ou múltiplas instanciações no decorrer da consulta à base de conhecimento.
- Operador: é a ligação entre o atributo e o valor da premissa que define qual a comparação a ser realizada. São operadores tais como: =, >, <=, >=, <> entre outros.

- Valor: é um item de uma lista a qual foi previamente criada e relacionada a um atributo.

A estrutura da conclusão deve obedecer o seguinte modelo:

<ATRIBUTO>	=	<VALOR>	<GRAU DE CONFIANÇA>
------------	---	---------	---------------------

- Atributo: equivale ao atributo das premissas;
- “=” é um operador de atribuição e não de igualdade;
- Valor: equivale ao valor utilizado nas premissas;
- Grau de confiança: é um percentual indicando qual a confiabilidade da conclusão da regra. Varia de 0% à 100%.

4.5.2.1 FORMALIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

Conforme Lia, (1995), o *Expert Sinta* utiliza regras de produção para a representação do conhecimento. Essas regras são um conjunto de condições no estilo SE...ENTÃO..., com a possibilidade de inclusão de conectivos lógicos. Relacionando, deste modo, os atributos no escopo do conhecimento e o uso de probabilidades, como pode-se observar na Quadro 2.

Quadro 2 – Regra de Produção

SE	galerias nos ramos ou influorescências		premissas da regra
OU	influorescências = murchas ou secas		
E	brotações novas murchas		
E	orifícios laterais nos ramos ou influorescências		
ENTÃO	praga = broca das pontas [90%]		conclusões

4.5.2.2 VARIÁVEIS UNIVALORADAS E VARIÁVEIS MULTIVALORADAS

Quando a máquina de inferência está atrás de encontrar instâncias para uma variável univalorada, ela irá procurar até encontrar um valor ou então esgotar todas as possibilidades da base de conhecimento. Se durante a busca de outra variável, uma variável univalorada receber um valor quando já possuía outro, esse valor antigo será descartado, vigorando o novo valor. Uma única variável pode receber vários valores em uma única consulta ao sistema (Lia, 1995).

A busca de valores para variáveis multivaloradas prossegue até que toda a base de conhecimento seja explorada. Os valores permanecem acumulados. Nesta hora é preciso ter cuidado com contradições presentes na base (Lia, 1995).

As variáveis numéricas são tratadas como univaloradas.

4.5.2.3 FATORES DE CONFIANÇA

Sabe-se que o conhecimento humano não é determinístico. Não há especialista que esteja sempre em condições de afirmar determinada conclusão com certeza absoluta. Graus de confiança são geralmente atribuídos às respostas, principalmente quando existe mais de uma, sendo este um dos pontos mais críticos na elaboração de uma representação computacional do saber humano.

Observam-se dificuldades para representar a confiabilidade das informações:

- a) especialistas não se sentem confortáveis em pensar em termos de probabilidades. Suas estimativas não precisam corresponder àquelas definidas matematicamente;
- b) tratamentos rigorosamente matemáticos de probabilidade utilizam informações nem sempre disponíveis ou simplificações que não são claramente justificáveis em aplicações práticas.

4.5.2.4 CÁLCULO DE PROBABILIDADES NO EXPERT SINTA

A atribuição dos fatores de confiança na presente versão do *Expert Sinta* é a seguinte (Lia, 1995):

- a) quando deseja-se saber qual o valor final atribuído às variáveis na conclusão de uma regra: deve-se seguir os seguintes passos: seja c_1 o grau de confiança atribuído ao resultado final da premissa de uma regra r . Na conclusão de r , deve-se ter expressões como $\text{var} = \text{value CNF } c_2$, onde var é uma variável, value é um termo qualquer que pode ser atribuído a uma variável, c_2 é um real pertencente entre zero e cem $[0,100]$ que representa o grau de confiança da atribuição. Mas, c_2 é apenas uma referência, pois o valor final é dependente do resultado da premissa. Assim sendo, será realizado a operação $\text{var} = \text{value CNF } c_1 * c_2$. Exemplo de uma aplicação para o cálculo de probabilidades: SE fumagina = sim ENTÃO suspeita de praga = mosca branca, grau de confiança (CNF) 70%. Assim sendo, supondo que o grau de confiança da igualdade fumagina = sim é 80%, teremos que à variável suspeita de praga será atribuído o valor mosca branca, com o respectivo grau de confiança $0.80 * 0.70 = 0.56 = 56\%$;
- b) cálculo do grau de confiança com o operador E: se existem duas igualdades $\text{var}_1 = \text{value}_1$ e $\text{var}_2 = \text{value}_2$, com os respectivos graus de confiança c_1 e c_2 , têm-se que a sentença $\text{var}_1 = \text{value}_1$ E $\text{var}_2 = \text{value}_2$ retornará como valor de confiança $c_1 * c_2$. Exemplo de aplicação: SE estados das folhas = esfrelam facilmente E presença de manchas irregulares = sim...Se o grau de confiança da igualdade estados das folhas = esfrelam facilmente é 80% e o grau de confiança da igualdade presença de manchas irregulares = sim é 70%, temos que a conjunção das duas sentenças retornará um valor CNF de 56%, pois esse é o produto dos dois valores;
- c) cálculo do grau de confiança com o operador OU: se existem duas igualdades $\text{var}_1 = \text{value}_1$ e $\text{var}_2 = \text{value}_2$, com os respectivos graus de confiança c_1 e c_2 , têm-se que a sentença $\text{var}_1 = \text{value}_1$ OU $\text{var}_2 = \text{value}_2$ retornará como valor de confiança $c_1 + c_2 - c_1 * c_2$. Exemplo de aplicação: SE besouros vermelhos = sim OU larvas marrons = sim ...Se o grau de confiança da igualdade besouros vermelhos = sim é 80% e o grau de confiança da igualdade larvas marrons = sim é 70%, temos que a disjunção das duas sentenças retornará um valor CNF de $0.70 + 0.80 - 0.70 * 0.80 = 1.50 - 0.56 = 0.94 = 94\%$;

d) quando uma variável recebe duas vezes o mesmo valor em pontos diferentes da consulta: em momentos diferentes de uma consulta, uma mesma variável var pode receber o mesmo valor v, sendo que até à penúltima instanciação esta variável possuía grau de confiança c1, e a última atribuiu um CNF c2. Sendo assim, têm-se que o valor final de confiança para $var = v$ será dado através da fórmula $ca + cn - ca * cn$, onde o ca representa o grau de confiança antes da última mudança e o cn representa o último grau de confiança atribuído. Exemplo de aplicação: a variável doença possuía valor mofo preto com grau de confiança 60%. Após a aplicação de outras regras chegou-se a uma outra atribuição doença = mofo preto, desta vez com CNF 50%. O cálculo se dá de maneira semelhante à aplicação da regra OU: doença terá como um dos valores mofo preto, com respectivo grau de confiança $0.60 + 0.50 - 0.60 * 0.50 = 1.10 - 0.30 = 0.80 = 80\%$. Obs: O sistema admite 50% como valor mínimo de confiança para que uma igualdade seja considerada verdadeira, mas esse valor pode ser modificado. O intervalo de grau de confiança varia de 0 a 100.

4.5.3 MÉTODO DE EXTRAÇÃO DO CONHECIMENTO DO EXPERT SINTA SHELL

O projetista deve incluir na definição da base quais os atributos que devem ser encontrados. A máquina de inferência encarrega-se de encontrar uma atribuição para o atributo desejado nas conclusões da regras. Para que a regra seja aprovada, suas premissas devem ser satisfeitas, obrigando a máquina a encontrar os atributos das premissas para que possam ser julgadas, acionando um encadeamento recursivo. Caso o atributo procurado não seja encontrado em nenhuma conclusão de regra, uma pergunta direta é feita ao usuário (Lia, 1995).

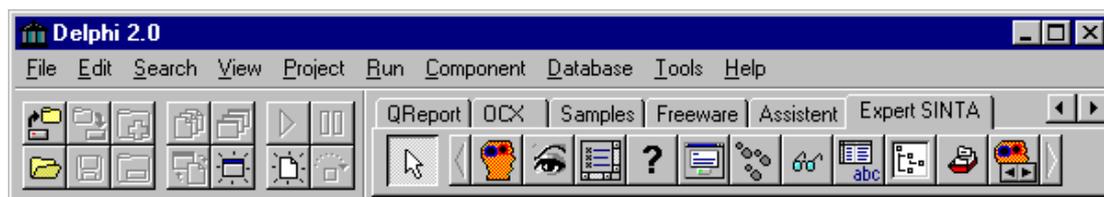
4.6 EXPERT SINTA VISUAL COMPONENT LIBRARY (VCL)

De acordo com Lia (1995), a *Expert Sinta VCL* é uma biblioteca de componentes para programação de Sistemas Especialistas. Na Figura 5 tem-se a barra de ferramentas da *Expert Sinta VCL* para ambiente *Borland Delphi*. De uma forma geral, esta biblioteca de

componentes torna possível a criação de aplicações para bases de conhecimento geradas com o *Expert Sinta*. Esta biblioteca de componentes vem sendo utilizada na construção de Sistemas Especialistas. Os principais motivos da utilização do *Expert Sinta VCL* são:

- a) o *Expert Sinta (shell)* não provém toda a funcionalidade necessária a certos Sistemas Especialistas;
- b) não há meios de aproveitar os dados obtidos com o *shell* em outros programas;
- c) é inviável o acréscimo de vários recursos de interface e intercâmbio de dados na ferramenta em si.
- d) os Sistemas Especialistas devem ser compilados em uma dada linguagem de programação e utilizados de forma totalmente independente do *Expert Sinta*;
- e) é possível reaproveitar milhares de linhas de código já escritas na construção do *shell*.

Figura 5 – Barra de ferramentas no *Borland Delphi* com a biblioteca (*Expert Sinta VCL*).



Fonte: Adaptado de (Alexandre,2000).

De uma forma geral, a *Expert Sinta VCL* torna possível a criação de *front-ends* para bases de conhecimento geradas com o *Expert Sinta*. Entre as tarefas desempenhadas por esta VCL, há:

- a) encapsulamento da máquina de inferência e a estrutura de dados que representa o conhecimento (regras de produção);
- b) fornecimento de mecanismos para entrada de dados do usuário;
- c) fornecimento mecanismos de depuração;
- d) permitir a personalização da aplicação final.

4.6.1 COMPONENTES DO VCL

Os componentes nativos da ferramenta do *Expert Sinta VCL* podem ser divididos em categorias, conforme descrito por (Lia, 1995). No Quadro 3, são relacionadas estas categorias dos componentes:

Quadro 3 – Componentes do *Expert Sinta*

	<i>TexpertSystem</i> - encapsula a máquina de inferência e a estrutura de dados que representa a base de conhecimento.
	<i>TruleView</i> – exibe regras da base de conhecimento referenciada pelo componente <i>TExpertSystem</i> .
	<i>TexpertPrompt</i> - menu para entrada de dados do usuário em resposta a uma determinada pergunta efetuada pelo sistema.
	<i>TlabelQuestion</i> - a única opção de personalização de interface integrada no <i>shell</i> Expert SINTA é a possibilidade de mudança da mensagem que aparece em uma pergunta para cada variável.
	<i>TvaluesGrid</i> - exibe as instâncias (valores) de uma dada variável por ordem decrescente de grau de confiança.
	<i>TwhyDialog</i> – caixa de diálogo que exibe uma explicação para a necessidade de uma dada pergunta.
	<i>TdebugPanel</i> – semelhante a <i>TRuleView</i> , exibe as regras da base de conhecimento de um sistema especialista em um painel, mas indica também qual premissa (ou conclusão) está sendo analisada pela máquina de inferência em determinado ponto de uma consulta.

	<i>TwatchPanel</i> – de forma semelhante a opção <i>Watch</i> de um ambiente de programação, exibe as instâncias (valores atribuídos durante uma consulta) de todas variáveis através de dois painéis: o superior lista todas as variáveis; o inferior, as instâncias da variável selecionada no painel superior.
	<i>TconsultTree</i> - este componente pode criar e exibir de forma hierárquica todos passos seguidos do começo ao fim de uma consulta.
	<i>TallVars</i> - ao contrário de <i>TWatchPanel</i> , este componente não se atualiza automaticamente para cada nova instância criada pela máquina de inferência.
	<i>TexNavigator</i> - um navegador que controla o fluxo da consulta em conjunto com as respostas entradas pelo usuário e outros componentes de interface acrescentados pelo desenvolvedor da aplicação.

4.6.2 RELAÇÃO ENTRE OS COMPONENTES

De acordo com Lia, (1995), existe outra forma de classificar a VCL: componentes de atualização automática, os quais modificam-se automaticamente sempre que um fato relevante ocorre durante uma consulta e componentes passivos, que precisam da chamada de um método para exibir funcionalidade.

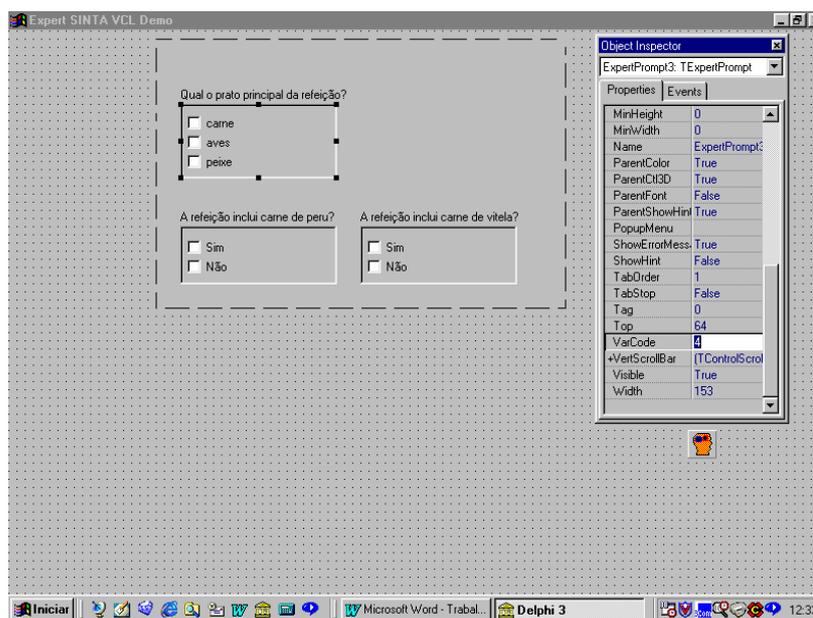
Basicamente, todos os componentes, à exceção de *TConsultTree* e *TAllVars*, são automáticos. Para que componentes automáticos procedam como tal, é preciso relacioná-los a um componente *TExpertSystem*. Para isso, existe a propriedade *ExpertSystem*. Através do *Object Inspector* de um ambiente visual como o *Borland Delphi*, pode ser atribuído um sistema especialista para cada controle automático. Cada componente reage de acordo com a mudança feita. Um exemplo é o *TruleVie*, que reage a mudanças do arquivo da base de conhecimento, mas nenhum componente nativo da *Expert Sinta VCL* é notificado sobre mudanças realizadas diretamente na estrutura de dados, como, por exemplo, uma alteração de nome de variável feita através do *shell*.

Outro parâmetro que aparece constantemente nos componentes da *Expert Sinta VCL* são os códigos de variáveis. Por exemplo, o componente *TExpertPrompt* monta automaticamente um menu de entrada de dados para que o usuário marque valores de uma dada variável. Logo, a variável é um parâmetro básico deste componente. É indicada a variável referenciada pelo componente através de seu código.

Cada variável criada através do *Expert Sinta* recebe um código interno que nunca muda (a não ser, óbvio, que esta seja apagada e inserida novamente - categoricamente nem sequer seria a mesma variável). Assim, o uso de códigos é o modo mais estável de referência de variáveis.

Pode-se observar, na Figura 6, o relacionamento de um dos três quadros que foi selecionado (*TExpertPrompt*) com o campo *VarCode* do *Object Inspector* do ambiente *Borland Delphi*. Ao colocar o número do código da variável gerada pelo arquivo texto da ferramenta *Expert Sinta*, automaticamente são colocados os seus valores. Observa-se também o uso das perguntas realizadas através do *TlabelQuestion*, sendo que todos os componentes (*TExpertPrompt* e *TlabelQuestion*) devem estar relacionados com o componente *TExpertSystem*.

Para obter os códigos criados pelo *Expert SINTA*, deve-se abrir a base de conhecimento no *shell* e selecionar o menu Arquivo/Exportar/Códigos. A seguir, digita-se o nome do arquivo texto (.txt) de onde sairão os resultados. Pode-se abrir posteriormente este arquivo em um editor de textos quando precisar saber o código de uma dada variável ou valor (Lia, 1995).

Figura 6 – Relacionamento entre os componentes do *Expert Sinta VCL*.

Fonte: adaptado de (Lia, 1995).

5 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

Em várias áreas de especificação, a experiência passada é um fator de extrema importância. O especialista, após acumular experiências, faz uso das mesmas para solucionar novos casos. Desta forma, foi desenvolvido um protótipo de SI, mais especificamente SAD para oficinas mecânicas utilizando Sistemas Especialistas. A proposta de construir um protótipo de um sistema especialista utilizando a ferramenta *Expert Sinta Shell* para auxílio à tomada de decisão em suporte a sistemas, objetiva apoiar o especialista na realização de suas tarefas. O desenvolvimento de um sistema deve necessariamente possuir uma especificação, onde define-se os requisitos da aplicação.

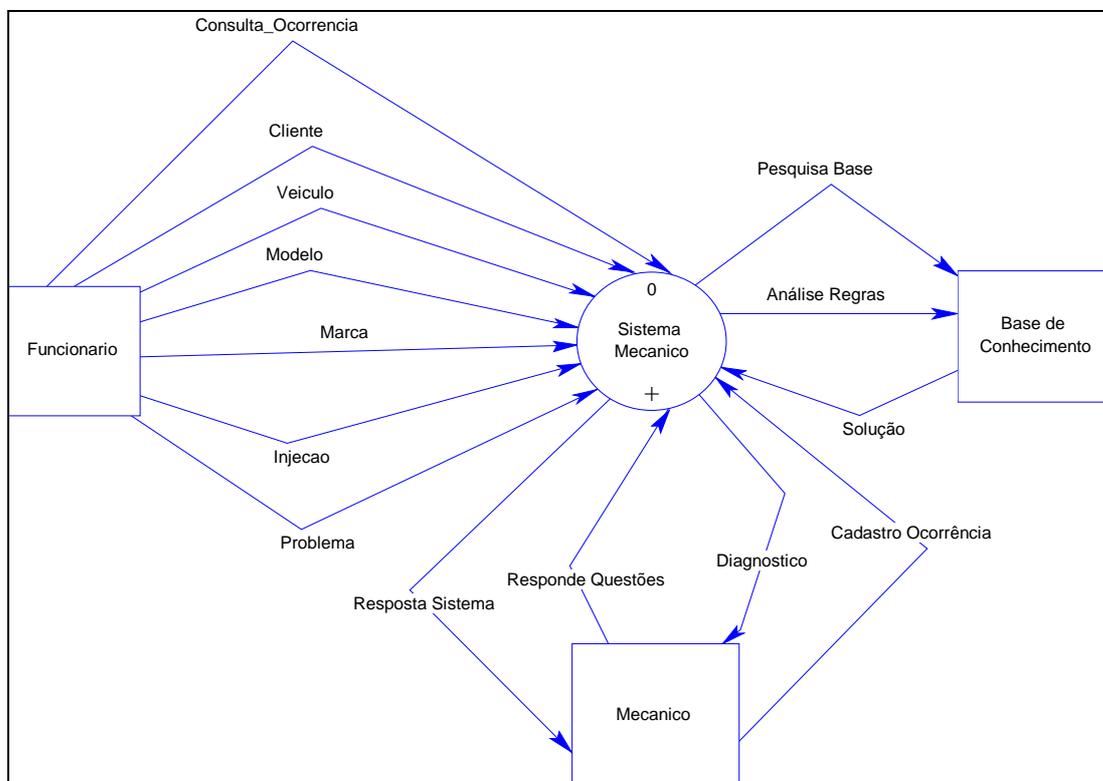
5.1 ESPECIFICAÇÃO

Após obter as informações necessárias para a construção do sistema, partiu-se para a modelagem do sistema criando o diagrama de contexto, diagrama de fluxo de dados, modelo entidade-relacionamento e o dicionário de dados.

5.1.1 DIAGRAMA DE CONTEXTO

Este modelo de diagrama de contexto representa o fluxo de dados, que representa as tarefas que devem ser executadas no sistema. A Figura 7 mostra o diagrama de contexto.

Figura 7 – Diagrama de Contexto



5.1.2 DIAGRAMA DE FLUXO DE DADOS

O DFD é utilizado para particionar o sistema, mostrando os processos de cada entrada e saída do sistema, apresentado nas Figura 8, Figura 9, Figura 10.

Figura 8 – Diagrama de Fluxo de Dados 1

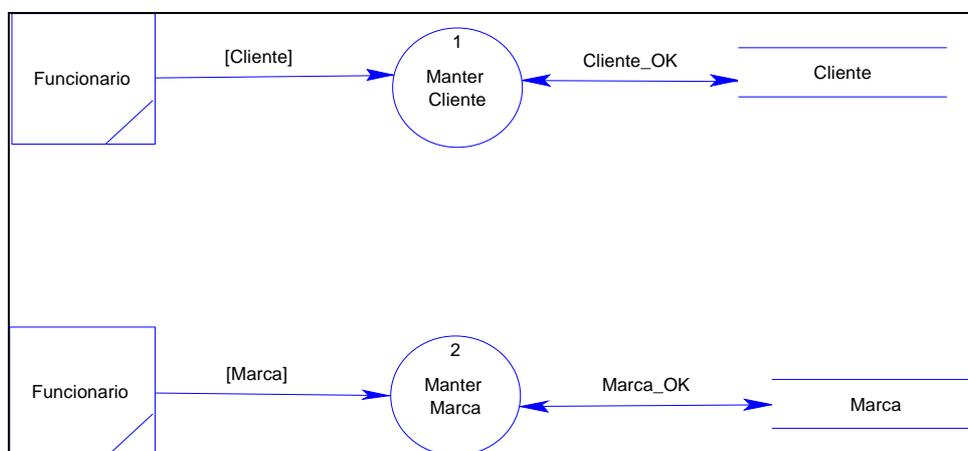


Figura 9 – Diagrama de Fluxo de Dados 2

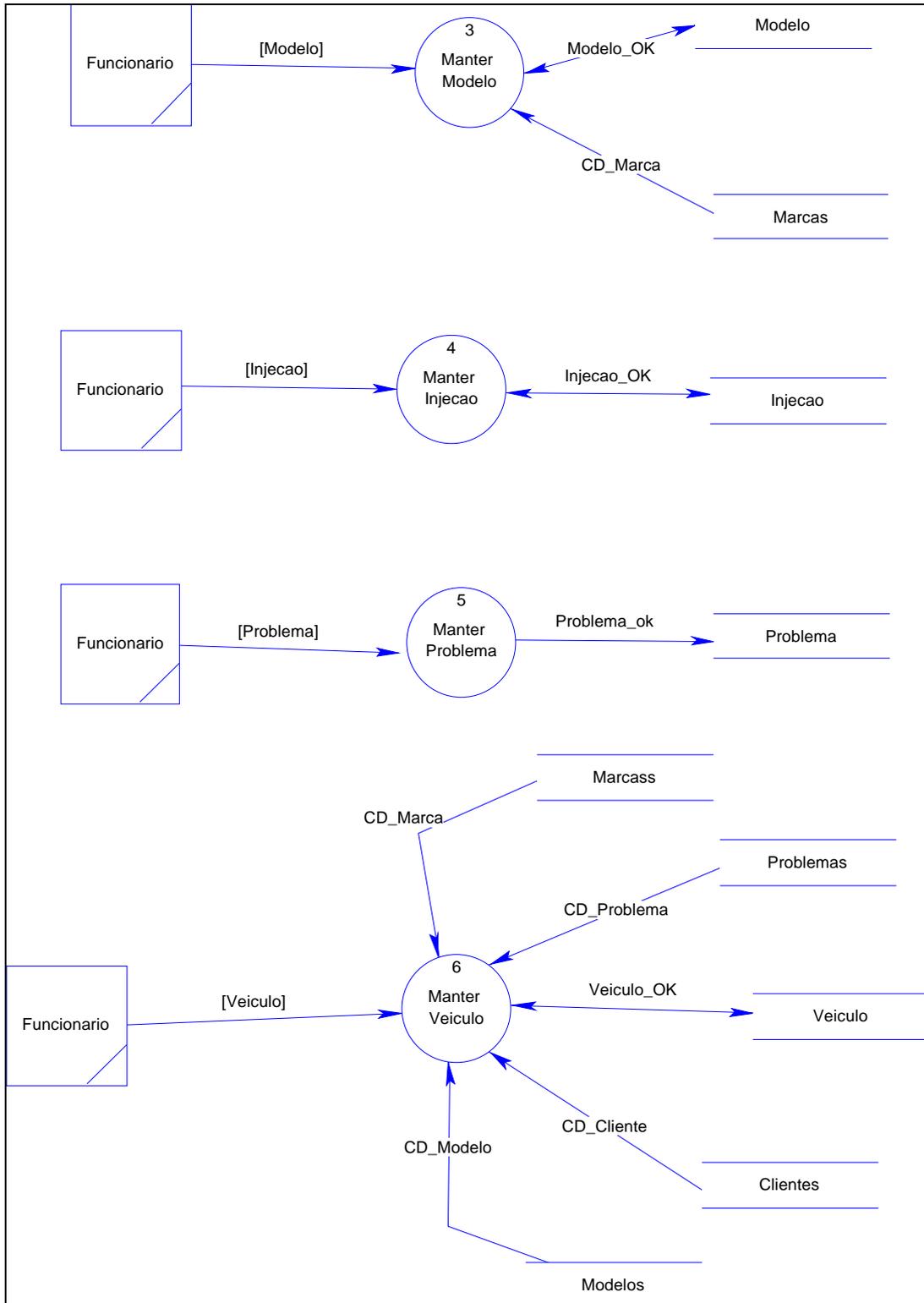
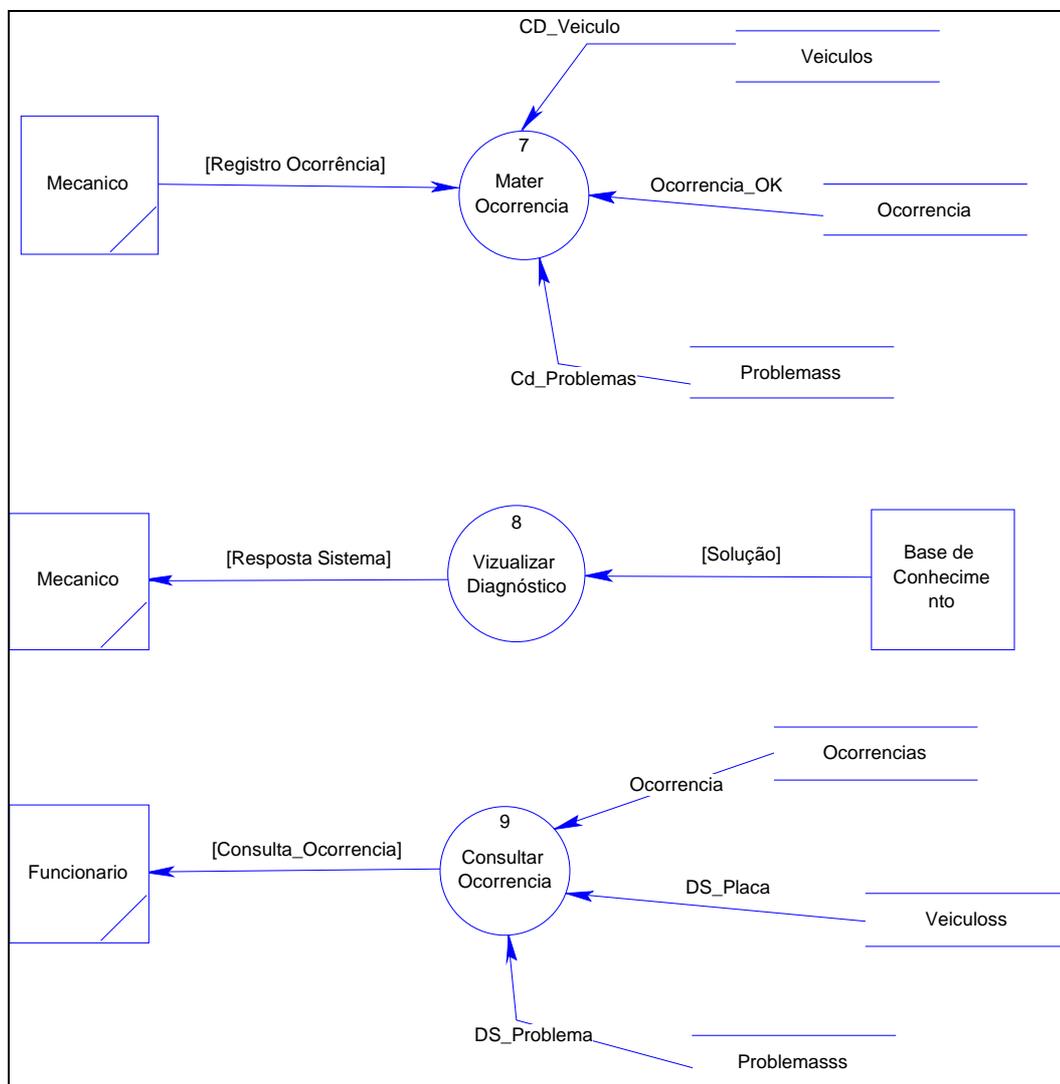


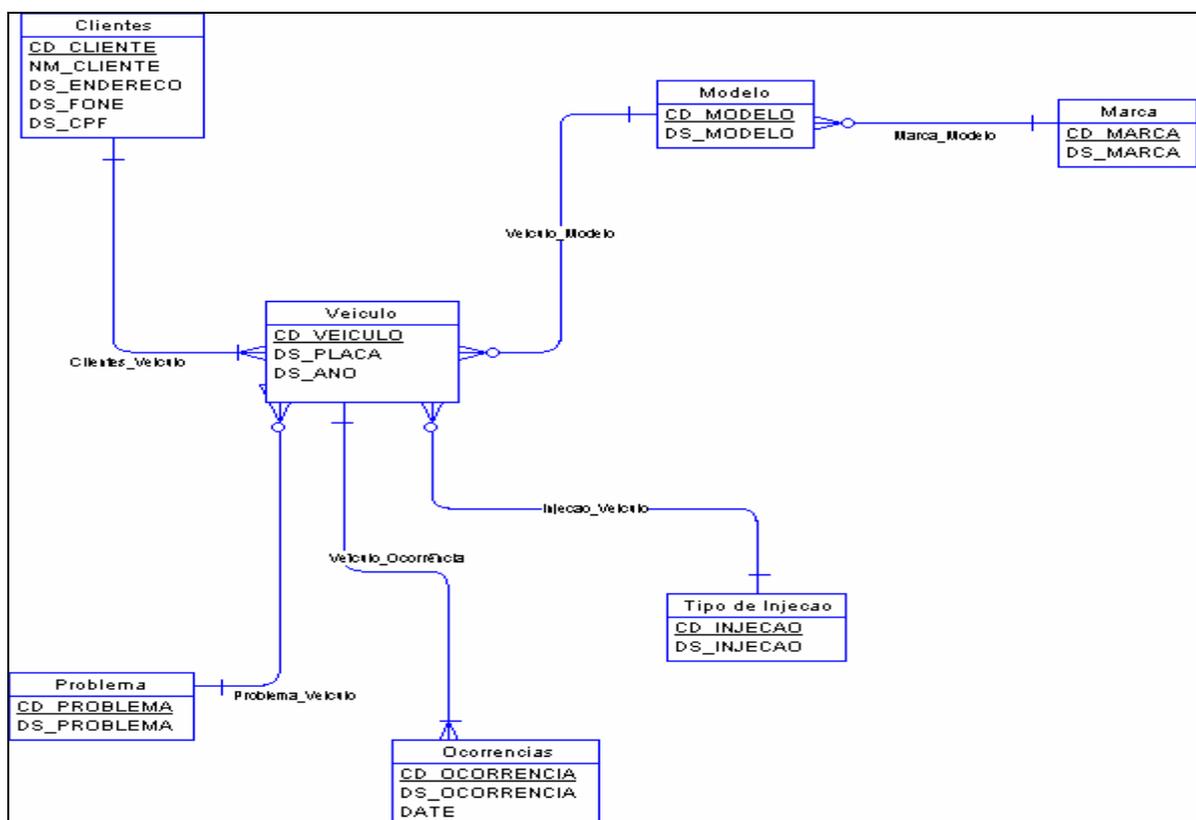
Figura 10 – Diagrama de Fluxo de Dados 3



5.1.3 DIAGRAMA DE ENTIDADE/RELACIONAMENTO

O Modelo Entidade/Relacionamento do sistema é apresentado na Figura 11. No modelo lógico, são apresentados as entidades de dados, os relacionamentos entre as mesmas e seus atributos.

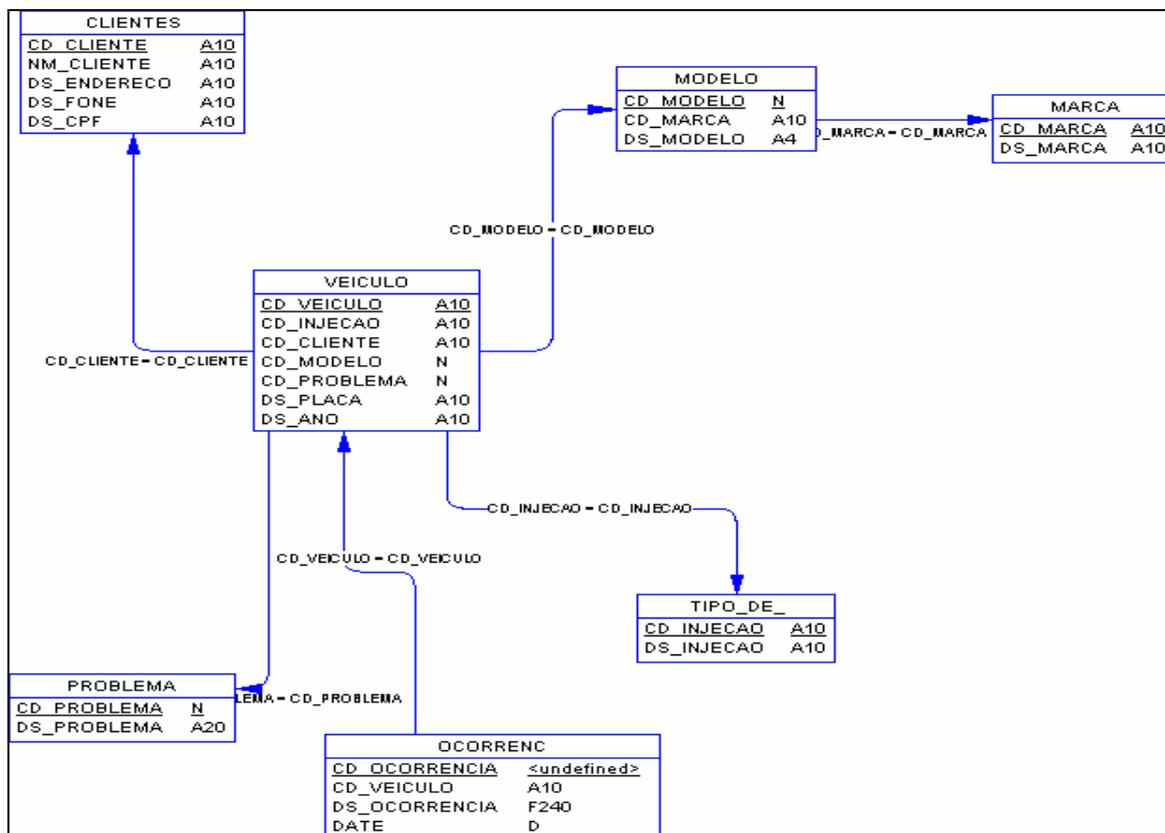
Figura 11 – Diagrama Entidade/Relacionamento



5.1.4 DICIONÁRIO DE DADOS

Com base no diagrama de entidade/relacionamento, mostrado na Figura 11, definiu-se a estrutura física das tabelas, utilizando a ferramenta *Power Designer*, moldada para os arquivos *paradox*. O modelo físico é apresentado na Figura 12.

Figura 12 – Modelo Físico



No anexo A pode ser observado a descrição das tabelas demonstradas na Figura 12, contendo nelas, o dicionário de Dados (descrição das tabela) do sistema onde demonstra-se o nome do campo (*name*), o código (*code*), o tipo (*type*), se ele é um campo chave (*P*) e se é um campo obrigatório (*M*).

5.2 DEFINIÇÃO DAS REGRAS DE PRODUÇÃO PARA O SISTEMA ESPECIALISTA

No Quadro 4, pode-se observar oito regras de produção definidas para o sistema inicialmente proposto.

Quadro 4 – Regras da Injeção G6/G7

REGRA 1	
SE	não pega = Não
ENTÃO	Solução pegar G6/G7 = Então ele funciona CNF 100%
REGRA 2	
SE	não pega = Sim
E	verificou motor de arranque = Sim
E	verificou tensão de bateria = Sim
E	verificou os fusíveis embaixo do painel = Não
ENTÃO	Solução pegar G6/G7 = Os fusíveis embaixo painel CNF 100%
REGRA 3	
SE	não pega = Sim
E	verificou os fusíveis embaixo do painel = Sim
E	verificou tensão de bateria = Sim
E	verificou motor de arranque = Não
ENTÃO	Solução pegar G6/G7 = motor de arranque CNF 100%
REGRA 4	
SE	não pega = Sim
E	verificou motor de arranque = Sim
E	verificou os fusíveis embaixo do painel = Sim
E	verificou tensão de bateria = Não
ENTÃO	Solução pegar G6/G7 = tensão bateria CNF 100%
REGRA 5	
SE	verificou tensão de bateria = Sim
E	verificou os fusíveis embaixo do painel = Não
E	verificou motor de arranque = Não
ENTÃO	Solução pegar G6/G7 = Os fusíveis embaixo painel CNF 50% Solução pegar G6/G7 = motor de arranque CNF 50%
REGRA 6	
SE	verificou os fusíveis embaixo do painel = Sim
E	verificou tensão de bateria = Não
E	verificou motor de arranque = Não
ENTÃO	Solução pegar G6/G7 = tensão bateria CNF 50% Solução pegar G6/G7 = motor de arranque CNF 50%
REGRA 7	
SE	verificou motor de arranque = Sim
E	verificou tensão de bateria = Não
E	verificou os fusíveis embaixo do painel = Não
ENTÃO	Solução pegar G6/G7 = tensão bateria CNF 50% Solução pegar G6/G7 = Os fusíveis embaixo painel CNF 50%
REGRA 8	
SE	verificou tensão de bateria = Não
E	verificou motor de arranque = Não
E	verificou os fusíveis embaixo do painel = Não
ENTÃO	Solução pegar G6/G7 = tensão bateria CNF 33%

No anexo B pode-se ter a visualização de todas regras.

5.3 UTILIZAÇÃO DO AMBIENTE DELPHI

Para implementar o sistema optou-se pelo ambiente de programação *Borland Delphi*, em sua versão 3.0, onde foram instalados os componentes da biblioteca *VCL Expert Sinta Shell*.

O ambiente de programação *Borland Delphi* possui algumas características merecedoras de destaque, como: “abordagem baseada em formulários e orientada a objetos, compilador extremamente rápido, suporte a banco de dados, integração com a programação em Windows e sua tecnologia de componentes” (Cantu, 1998).

5.4 APRESENTAÇÃO DO PROTÓTIPO

Algumas telas do sistema serão demonstradas neste tópico. Na Figura 13 pode ser visualizada a tela de apresentação do sistema, a qual aparece por alguns segundos assim que o sistema é acessado.

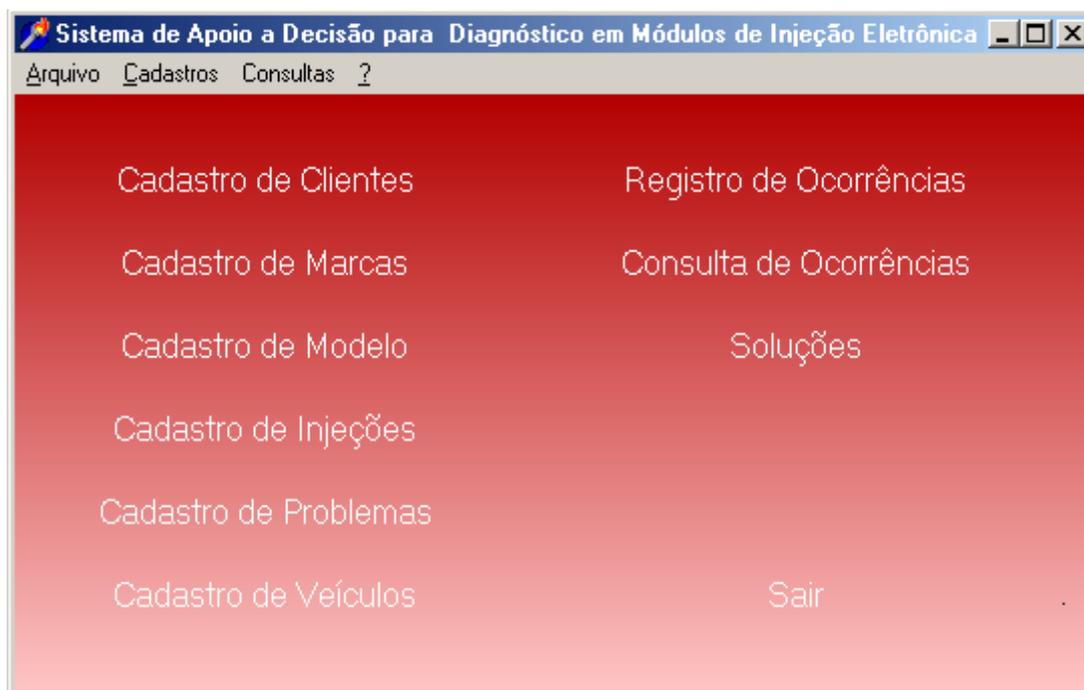
Figura 13 – Tela de Apresentação



A seguir, apresentar-se-á o funcionamento do protótipo com suas telas, bem como as características de cada uma delas.

Na Figura 14 pode-se visualizar a tela principal do sistema, onde o funcionário pode escolher a opção desejada. Clicando em Cadastrar, o funcionário terá acesso aos cadastros do sistema, entre eles Cadastro de Clientes, Cadastro de Veículo, Cadastro de Modelos, Cadastro de Marcas, Cadastro de Injeção e Cadastro de Problemas.

Figura 14 – Tela Principal do Sistema



Na Figura 15 pode-se visualizar a tela do cadastro de clientes onde o funcionário efetua o cadastro do mesmo.

Figura 15 – Tela de Cadastro de clientes

The screenshot shows a window titled "Cadastro de Clientes" with the following fields and values:

- Código: 1
- Nome: Daniel
- Endereço: Antonio da veiga
- Fone: 340-3095
- CPF: 8979844644

At the bottom, there is a set of navigation buttons (back, forward, home, search, etc.) and a "Voltar" button.

Na Figura 16 pode-se visualizar a tela do cadastro de veículos onde o funcionário efetua o cadastro do mesmo.

Figura 16 – Tela de Cadastro de Veículo



Cadastro de Veículos

Código 1

Placa DAN2525

Ano 2001

Injecao G7

Modelo Omega

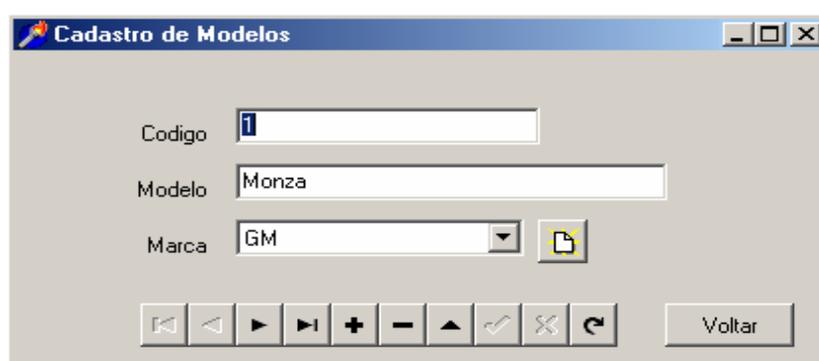
Problema Motor não pega

Cliente Daniel

Voltar

Na Figura 17 pode-se visualizar a tela do cadastro de modelo dos veículos onde o funcionário efetua o cadastro do mesmo.

Figura 17 – Tela de Cadastro dos Modelos



Cadastro de Modelos

Codigo 1

Modelo Monza

Marca GM

Voltar

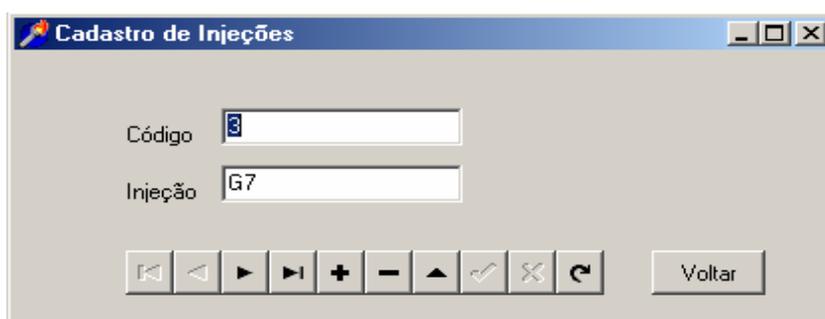
Na Figura 18 pode-se visualizar a tela do cadastro de marca dos veículos onde o funcionário efetua o cadastro do mesmo.

Figura 18 – Tela de Cadastro da Marca do Veículo



Na Figura 19 pode-se visualizar a tela do cadastro dos tipos de injeções dos veículos, onde o funcionário efetua o cadastro do mesmo.

Figura 19 – Tela de Cadastro de Tipo de Injeção do Veículo



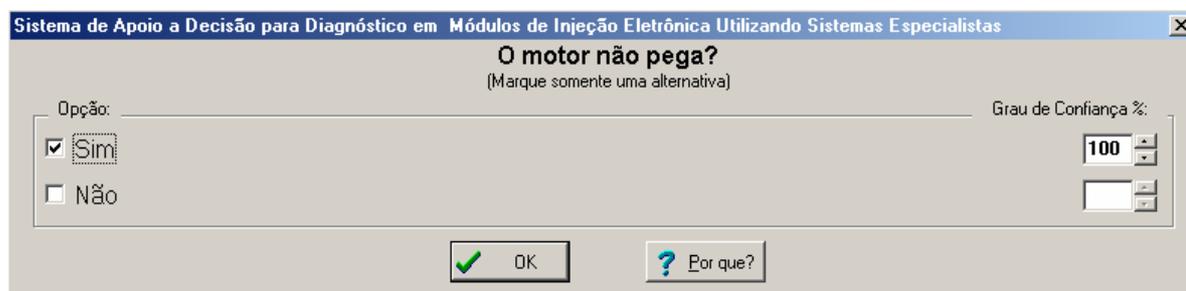
Na Figura 20 pode-se visualizar a tela do cadastro de problemas dos veículos, onde o funcionário efetua o cadastro.

Figura 20 – Tela de Cadastro de Problema do Veículo



Na Figura 21 pode-se visualizar a tela de questionário para o problema de injeção eletrônica (motor não pega) contido no veículo.

Figura 21 – Questionário do Problema Motor Não Pega



Sistema de Apoio a Decisão para Diagnóstico em Módulos de Injeção Eletrônica Utilizando Sistemas Especialistas

O motor não pega?
(Marque somente uma alternativa)

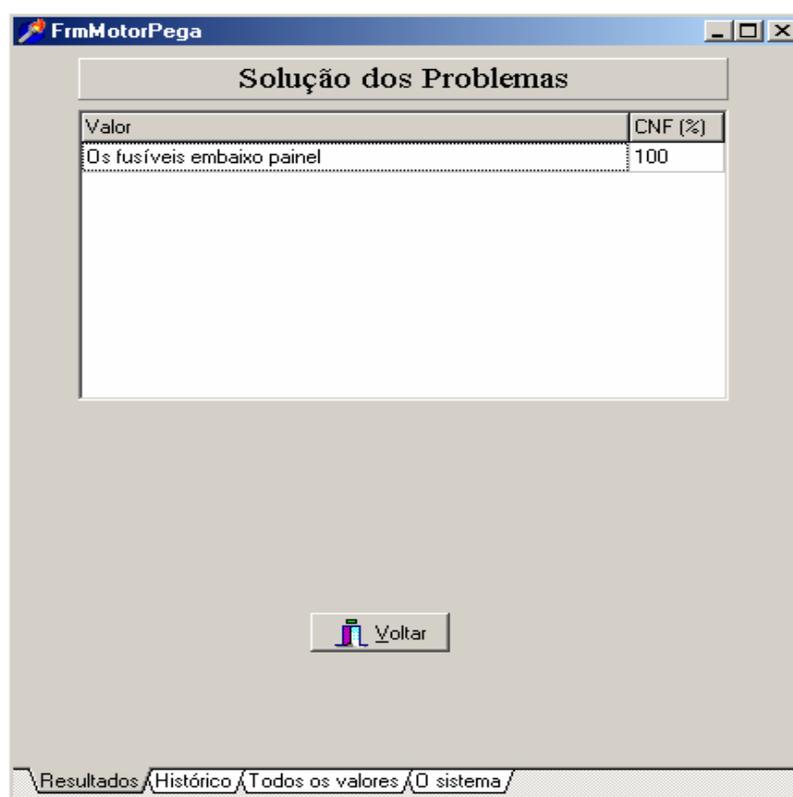
Opção: Sim Não

Grau de Confiança %: 100

OK Por que?

Na Figura 22 pode-se visualizar a tela do diagnóstico obtido através do questionário mostrado na Figura 21, após ter passado por todas as etapas.

Figura 22 – Diagnóstico do Motor Não Pega



FrmMotorPega

Solução dos Problemas

Valor	CNF (%)
Os fusíveis embaixo painel	100

Voltar

Resultados / Histórico / Todos os valores / O sistema

Na Figura 23 pode-se ser visualizado um histórico de todos os resultados obtidos através do diagnóstico mostrado na Figura 22.

Figura 23 – Histórico dos Resultados das Regras de Produção do Motor Não Pega

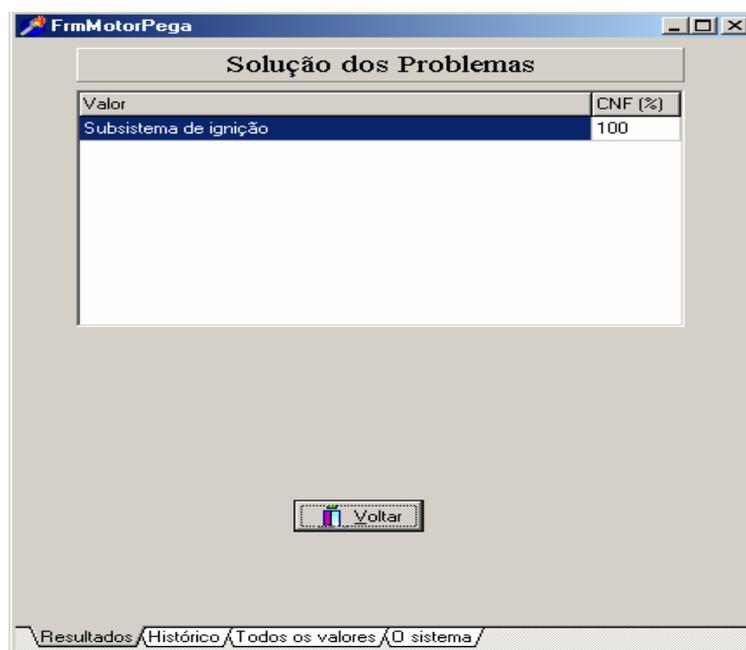


Na Figura 24 pode-se visualizar a tela de questionário para o problema de injeção eletrônica (motor falha) contido no veículo.

Figura 24 – Questionário do Problema Motor Falha

Na Figura 25 pode-se visualizar a tela do diagnóstico obtido através do questionário mostrado na Figura 24, após ter passado por todas as etapas.

Figura 25 – Solução do Motor Falha



Na Figura 26 pode-se ser visualizado um histórico de todos os resultados obtidos através do diagnóstico mostrado na Figura 25.

Figura 26 – Histórico dos Resultados das Regras de Produção do Motor Falha



Na Figura 27 pode-se visualizar a tela de registro de ocorrências, sendo que o mecânico coloca o número placa do carro, aparecendo nome do cliente e modelo do carro. Com isso o mecânico confirma o problema, cadastra a data e detalha o serviço que foi realizado no veículo.

Figura 27 – Registro de Ocorrências

A captura de tela mostra uma janela de software intitulada "Registro de Ocorrências". O formulário contém os seguintes campos:

- Veículo:** Campo de texto com o valor "DAN2525".
- Cod Ocorrencia:** Campo de texto com o valor "15".
- Cliente:** Campo de texto com o valor "Daniel".
- Modelo:** Campo de texto com o valor "Omega".
- Descrição do Problema:** Campo de texto com o valor "Motor Não Pega".
- Data:** Campo de texto com o valor "6/12/2001".
- Descrição:** Área de texto maior com o conteúdo "Trocado fusíveis embaixo do painel".

Na base da janela, há uma barra de ferramentas com ícones para navegação e um botão "Voltar".

Na Figura 28 pode-se visualizar a tela de consultas de ocorrências de um determinado cliente, através da placa do seu veículo.

Figura 28 – Consulta de Ocorrência

A captura de tela mostra uma janela de software intitulada "Consulta Ocorrência". O formulário contém:

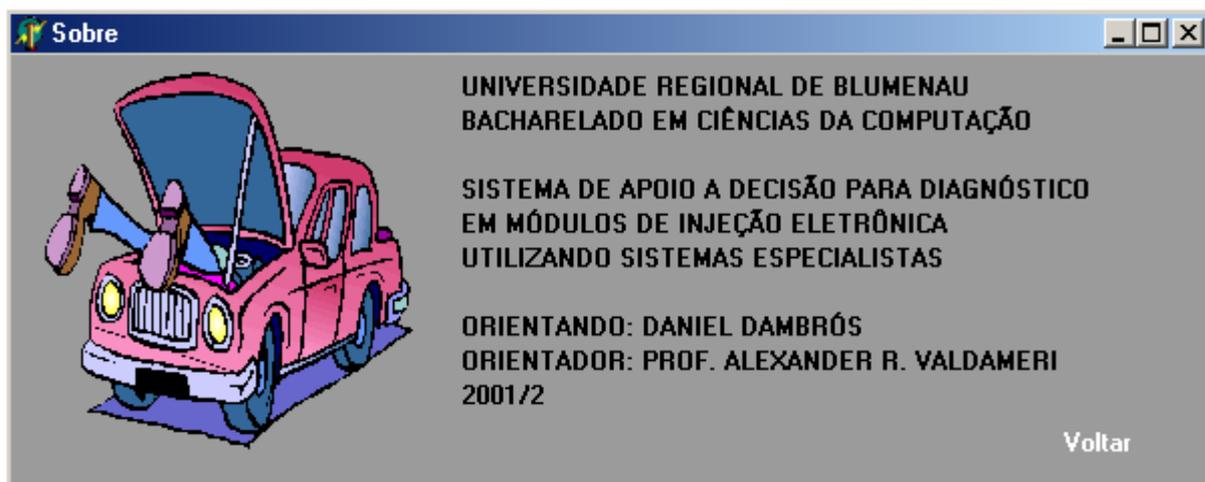
- Placa do Veículo:** Campo de texto com o valor "DAN2525".
- Tabela de Ocorrências:** Uma tabela com as seguintes colunas e dados:

Ocorrencia	Problema	Data Ocorrencia
15	Motor Não Pega	6/12/2001

Abaixo da tabela, há um campo de texto para a "Descrição do serviço" com o conteúdo "Trocado fusíveis embaixo do painel". Um botão "Voltar" está localizado na base da janela.

Na Figura 29 pode-se visualizar a tela de algumas informações referente ao protótipo.

Figura 29 – Tela de Informações do Protótipo



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos inicialmente propostos foram alcançados. O uso de Sistemas Especialistas, através da ferramenta *Expert Sinta* viabilizou-se à aplicação em Sistema de Apoio a Decisão (SAD).

O desenvolvimento deste SAD mostrou-se útil para as oficinas mecânicas, pois fornece subsídios para que os problemas de injeção eletrônica encontrada nos veículos sejam resolvidos mais rapidamente. Isto pode ser demonstrado através da utilização da tecnologia dos sistemas especialistas, unindo a ferramenta *Expert Sinta Shell*, aplicados em uma oficina mecânica, objetivando auxiliar o mecânico nos diagnósticos e demonstrando assim soluções para o problema, de forma rápida eficiente.

No decorrer deste trabalho, fez-se necessário pesquisar técnicas e conhecer mais a fundo a realidade das oficinas mecânicas, tendo a oportunidade de aplicar na prática os conceitos teóricos.

6.1 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Uma das dificuldades encontradas na realização desse trabalho foi a falta de material didático em relação às oficinas mecânicas. Diante deste fato, foi de relevância o conhecimento do especialista.

Outro problema foi o levantamento das informações sobre formas de chegar às conclusões dos problemas, sendo que não tinha-se um grande embasamento teórico com os mecânicos, pois o que eles tinham era muita experiências práticas. E também por não terem muitos profissionais nesta área de injeção eletrônica.

Teve-se dificuldade também na utilização da ferramenta *Expert Sinta*, pois ela só conseguia se associar ao ambiente *Borland Delphi*, na sua versão 3.0.

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros pode-se citar o desenvolvimento de sistemas similares a este, que serão aplicados em outros segmentos do automóvel, tais como “freios ABs”, “Air- Bag” entre outros sistemas existentes dentro dos veículos.

ANEXO A: DESCRIÇÃO DAS TABELAS EM PARADOX

Table: "CLIENTES"

```
newTab = create "CLIENTES" as "Paradox" with
```

```
"CD_CLIENTE"      : "A10",  
"NM_CLIENTE"     : "A10",  
"DS_ENDERECO"    : "A10",  
"DS_FONE"        : "A10",  
"DS_CPF"         : "A10"
```

```
endCreate
```

Index: "CLIENTES_PK"

Table: "MARCA"

```
newTab = create "MARCA" as "Paradox" with
```

```
"CD_MARCA"       : "A10",  
"DS_MARCA"       : "A10"
```

```
endCreate
```

Index: "MARCA_PK"

Table: "TIPO_DE_"

```
newTab = create "TIPO_DE_" as "Paradox" with
```

```
"CD_INJECAO"     : "A10",  
"DS_INJECAO"     : "A10"
```

```
endCreate
```

Index: "TIPO_DE__PK"

Table: "PROBLEMA"

newTab = create "PROBLEMA" as "Paradox" with

"CD_PROBLEMA" : "N",
"DS_PROBLEMA" : "A20"

endCreate

Index: "PROBLEMA_PK"

Table: "MODELO"

newTab = create "MODELO" as "Paradox" with

"CD_MODELO" : "N",
"CD_MARCA" : "A10",
"DS_MODELO" : "A4"

endCreate

Index: "MODELO_PK"

Index: "MARCA_MO_FK"

```
=====
Table: "VEICULO"
=====
```

```
newTab = create "VEICULO" as "Paradox" with
```

```
  "CD_VEICULO"      : "A10",
```

```
  "CD_INJECAO"     : "A10",
```

```
  "CD_CLIENTE"     : "A10",
```

```
  "CD_MODELO"      : "N",
```

```
  "CD_PROBLEMA"    : "N",
```

```
  "DS_PLACA"       : "A10",
```

```
  "DS_ANO"         : "A10"
```

```
endCreate
```

```
=====
Index: "VEICULO_PK"
=====
```

```
=====
Index: "INJECAO_FK"
=====
```

```
=====
Index: "CLIENTES_FK"
=====
```

```
=====
Index: "VEICULO_2_FK"
=====
```

```
=====
Index: "PROBLEMA_FK"
=====
```

```
=====
Table: "OCORRENC"
=====
```

```
newTab = create "OCORRENC" as "Paradox" with
```

```
  "CD_OCORRENCIA"  : "A10",
```

```
  "CD_VEICULO"     : "A10",
```

```
  "DS_OCORRENCIA"  : "F240",
```

```
  "DATE"           : "D"
```

```
endCreate
```

```
=====
Index: "OCORRENC_PK"
=====
```

```
=====
Index: "VEICULO_OCORRENCIA_FK"
=====
```

ANEXO B: DESCRIÇÃO DAS REGRAS DO EXPERT SISNTA

REGRAS

Regra 1

SE não pega = Não

ENTÃO Solução pegar G6/G7 = Então ele funciona CNF 100%

Regra 2

SE não pega = Sim

E verificou motor de arranque = Sim

E verificou tensão de bateria = Sim

E verificou os fusíveis embaixo do painel = Não

ENTÃO Solução pegar G6/G7 = Os fusíveis embaixo painel CNF 100%

Regra 3

SE não pega = Sim

E verificou os fusíveis embaixo do painel = Sim

E verificou tensão de bateria = Sim

E verificou motor de arranque = Não

ENTÃO Solução pegar G6/G7 = motor de arranque CNF 100%

Regra 4

SE não pega = Sim

E verificou motor de arranque = Sim

E verificou os fusíveis embaixo do painel = Sim

E verificou tensão de bateria = Não

ENTÃO Solução pegar G6/G7 = tensão bateria CNF 100%

Regra 5

SE não pega = Sim

E verificou tensão de bateria = Sim

E verificou os fusíveis embaixo do painel = Não

E verificou motor de arranque = Não

ENTÃO Solução pegar G6/G7 = Os fusíveis embaixo painel CNF 50%

Solução pegar G6/G7 = motor de arranque CNF 50%

Regra 6

SE não pega = Sim

E verificou os fusíveis embaixo do painel = Sim

E verificou tensão de bateria = Não
 E verificou motor de arranque = Não
 ENTÃO Solução pegar G6/G7 = tensão bateria CNF 50%
 Solução pegar G6/G7 = motor de arranque CNF 50%

Regra 7

SE não pega = Sim
 E verificou motor de arranque = Sim
 E verificou tensão de bateria = Não
 E verificou os fusíveis embaixo do painel = Não
 ENTÃO Solução pegar G6/G7 = tensão bateria CNF 50%
 Solução pegar G6/G7 = Os fusíveis embaixo painel CNF 50%

Regra 8

SE não pega = Sim
 E verificou tensão de bateria = Não
 E verificou motor de arranque = Não
 E verificou os fusíveis embaixo do painel = Não
 ENTÃO Solução pegar G6/G7 = tensão bateria CNF 33%
 Solução pegar G6/G7 = motor de arranque CNF 33%
 Solução pegar G6/G7 = Os fusíveis embaixo painel CNF 33%

Regra 9

SE não pega = Sim
 E verificou motor de arranque = Sim
 E verificou os fusíveis embaixo do painel = Sim
 E verificou tensão de bateria = Sim
 ENTÃO Solução pegar G6/G7 = Então ele tem que pegar CNF 100%

Regra 10

SE Motor Falha = Não
 ENTÃO Solução falha G6/G7 = Então ele esta bom CNF 100%

Regra 11

SE Motor Falha = Sim
 E testou subsistema de controle de combustível = Sim
 E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Sim
 E testou subsistema de ignição = Sim
 E testou subsistema de controle de gases de descarga = Sim
 E testou subsistema de controle de ar = Não
 ENTÃO Solução falha G6/G7 = subsistema do controle do ar CNF 100%

Regra 12

SE Motor Falha = Sim
 E testou subsistema de controle de ar = Sim
 E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Sim
 E testou subsistema de ignição = Sim
 E testou subsistema de controle de gases de descarga = Sim

E testou subsistema de controle de combustível = Não
ENTÃO Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de combustível CNF 100%

Regra 13

SE Motor Falha = Sim
E testou subsistema de controle de ar = Sim
E testou subsistema de controle de combustível = Sim
E testou subsistema de ignição = Sim
E testou subsistema de controle de gases de descarga = Sim
E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Não
ENTÃO Solução falha G6/G7 = subsistema de emissões evaporativas CNF 100%

Regra 14

SE Motor Falha = Sim
E testou subsistema de controle de ar = Sim
E testou subsistema de controle de combustível = Sim
E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Sim
E testou subsistema de controle de gases de descarga = Sim
E testou subsistema de ignição = Não
ENTÃO Solução falha G6/G7 = Subsistema de ignição CNF 100%

Regra 15

SE Motor Falha = Sim
E testou subsistema de controle de ar = Sim
E testou subsistema de controle de combustível = Sim
E testou subsistema de ignição = Sim
E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Sim
E testou subsistema de controle de gases de descarga = Não
ENTÃO Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de gases de descarga CNF 100%

Regra 16

SE Motor Falha = Sim
E testou subsistema de ignição = Sim
E testou subsistema de controle de combustível = Sim
E testou subsistema de controle de ar = Sim
E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Não
E testou subsistema de controle de gases de descarga = Não
ENTÃO Solução falha G6/G7 = subsistema de emissões evaporativas CNF 50%
Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de gases de descarga CNF 50%

Regra 17

SE Motor Falha = Sim
E testou subsistema de ignição = Sim
E testou subsistema de controle de combustível = Sim
E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Sim
E testou subsistema de controle de ar = Não
E testou subsistema de controle de gases de descarga = Não
ENTÃO Solução falha G6/G7 = subsistema do controle do ar CNF 50%

Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de gases de descarga CNF 50%

Regra 18

SE Motor Falha = Sim

E testou subsistema de ignição = Sim

E testou subsistema de controle de combustível = Sim

E testou subsistema de controle de gases de descarga = Sim

E testou subsistema de controle de ar = Não

E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Não

ENTÃO Solução falha G6/G7 = subsistema do controle do ar CNF 50%

Solução falha G6/G7 = subsistema de emissões evaporativas CNF 50%

Regra 19

SE Motor Falha = Sim

E testou subsistema de ignição = Sim

E testou subsistema de controle de ar = Sim

E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Sim

E testou subsistema de controle de gases de descarga = Não

E testou subsistema de controle de combustível = Não

ENTÃO Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de gases de descarga CNF 50%

Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de combustível CNF 50%

Regra 20

SE Motor Falha = Sim

E testou subsistema de ignição = Sim

E testou subsistema de controle de ar = Sim

E testou subsistema de controle de gases de descarga = Sim

E testou subsistema de controle de combustível = Não

E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Não

ENTÃO Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de combustível CNF 50%

Solução falha G6/G7 = subsistema de emissões evaporativas CNF 50%

Regra 21

SE Motor Falha = Sim

E testou subsistema de ignição = Sim

E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Sim

E testou subsistema de controle de gases de descarga = Sim

E testou subsistema de controle de combustível = Não

E testou subsistema de controle de ar = Não

ENTÃO Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de combustível CNF 50%

Solução falha G6/G7 = subsistema do controle do ar CNF 50%

Regra 22

SE Motor Falha = Sim

E testou subsistema de controle de combustível = Sim

E testou subsistema de controle de ar = Sim

E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Sim

E testou subsistema de ignição = Não

E testou subsistema de controle de gases de descarga = Não
 ENTÃO Solução falha G6/G7 = Subsistema de ignição CNF 50%
 Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de gases de descarga CNF 50%

Regra 23

SE Motor Falha = Sim
 E testou subsistema de controle de combustível = Sim
 E testou subsistema de controle de ar = Sim
 E testou subsistema de controle de gases de descarga = Sim
 E testou subsistema de ignição = Não
 E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Não
 ENTÃO Solução falha G6/G7 = Subsistema de ignição CNF 50%
 Solução falha G6/G7 = subsistema de emissões evaporativas CNF 50%

Regra 24

SE Motor Falha = Sim
 E testou subsistema de controle de combustível = Sim
 E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Sim
 E testou subsistema de controle de gases de descarga = Sim
 E testou subsistema de ignição = Não
 E testou subsistema de controle de ar = Não
 ENTÃO Solução falha G6/G7 = Subsistema de ignição CNF 50%
 Solução falha G6/G7 = subsistema do controle do ar CNF 50%

Regra 25

SE Motor Falha = Sim
 E testou subsistema de controle de ar = Sim
 E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Sim
 E testou subsistema de controle de gases de descarga = Sim
 E testou subsistema de ignição = Não
 E testou subsistema de controle de combustível = Não
 ENTÃO Solução falha G6/G7 = Subsistema de ignição CNF 50%
 Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de combustível CNF 50%

Regra 26

SE Motor Falha = Sim
 E testou subsistema de ignição = Sim
 E testou subsistema de controle de combustível = Sim
 E testou subsistema de controle de ar = Não
 E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Não
 E testou subsistema de controle de gases de descarga = Não
 ENTÃO Solução falha G6/G7 = subsistema do controle do ar CNF 33%
 Solução falha G6/G7 = subsistema de emissões evaporativas CNF 33%
 Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de gases de descarga CNF 33%

Regra 27

SE Motor Falha = Sim
 E testou subsistema de ignição = Sim

E testou subsistema de controle de ar = Sim
 E testou subsistema de controle de combustível = Não
 E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Não
 E testou subsistema de controle de gases de descarga = Não
 ENTÃO Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de combustível CNF 33%
 Solução falha G6/G7 = subsistema de emissões evaporativas CNF 33%
 Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de gases de descarga CNF 33%

Regra 28

SE Motor Falha = Sim
 E testou subsistema de ignição = Sim
 E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Sim
 E testou subsistema de controle de combustível = Não
 E testou subsistema de controle de ar = Não
 E testou subsistema de controle de gases de descarga = Não
 ENTÃO Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de combustível CNF 33%
 Solução falha G6/G7 = subsistema do controle do ar CNF 33%
 Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de gases de descarga CNF 33%

Regra 29

SE Motor Falha = Sim
 E testou subsistema de ignição = Sim
 E testou subsistema de controle de gases de descarga = Sim
 E testou subsistema de controle de combustível = Não
 E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Não
 E testou subsistema de controle de ar = Não
 ENTÃO Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de combustível CNF 33%
 Solução falha G6/G7 = subsistema de emissões evaporativas CNF 33%
 Solução falha G6/G7 = subsistema do controle do ar CNF 33%

Regra 30

SE Motor Falha = Sim
 E testou subsistema de controle de combustível = Sim
 E testou subsistema de controle de ar = Sim
 E testou subsistema de ignição = Não
 E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Não
 E testou subsistema de controle de gases de descarga = Não
 ENTÃO Solução falha G6/G7 = Subsistema de ignição CNF 33%
 Solução falha G6/G7 = subsistema de emissões evaporativas CNF 33%
 Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de gases de descarga CNF 33%

Regra 31

SE Motor Falha = Sim
 E testou subsistema de controle de combustível = Sim
 E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Sim
 E testou subsistema de ignição = Não
 E testou subsistema de controle de ar = Não
 E testou subsistema de controle de gases de descarga = Não

ENTÃO Solução falha G6/G7 = Subsistema de ignição CNF 33%
 Solução falha G6/G7 = subsistema do controle do ar CNF 33%
 Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de gases de descarga CNF 33%

Regra 32

SE Motor Falha = Sim
 E testou subsistema de controle de combustível = Sim
 E testou subsistema de controle de gases de descarga = Sim
 E testou subsistema de ignição = Não
 E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Não
 E testou subsistema de controle de ar = Não
 ENTÃO Solução falha G6/G7 = Subsistema de ignição CNF 33%
 Solução falha G6/G7 = subsistema de emissões evaporativas CNF 33%
 Solução falha G6/G7 = subsistema do controle do ar CNF 33%

Regra 33

SE Motor Falha = Sim
 E testou subsistema de controle de ar = Sim
 E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Sim
 E testou subsistema de ignição = Não
 E testou subsistema de controle de combustível = Não
 E testou subsistema de controle de gases de descarga = Não
 ENTÃO Solução falha G6/G7 = Subsistema de ignição CNF 33%
 Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de combustível CNF 33%
 Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de gases de descarga CNF 33%

Regra 34

SE Motor Falha = Sim
 E testou subsistema de controle de ar = Sim
 E testou subsistema de controle de gases de descarga = Sim
 E testou subsistema de ignição = Não
 E testou subsistema de controle de combustível = Não
 E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Não
 ENTÃO Solução falha G6/G7 = Subsistema de ignição CNF 33%
 Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de combustível CNF 33%
 Solução falha G6/G7 = subsistema de emissões evaporativas CNF 33%

Regra 35

SE Motor Falha = Sim
 E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Sim
 E testou subsistema de controle de gases de descarga = Sim
 E testou subsistema de ignição = Não
 E testou subsistema de controle de combustível = Não
 E testou subsistema de controle de ar = Não
 ENTÃO Solução falha G6/G7 = Subsistema de ignição CNF 33%
 Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de combustível CNF 33%
 Solução falha G6/G7 = subsistema do controle do ar CNF 33%

Regra 36

SE Motor Falha = Sim

E testou subsistema de ignição = Sim

E testou subsistema de controle de combustível = Não

E testou subsistema de controle de ar = Não

E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Não

E testou subsistema de controle de gases de descarga = Não

ENTÃO Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de combustível CNF 25%

Solução falha G6/G7 = subsistema do controle do ar CNF 25%

Solução falha G6/G7 = subsistema de emissões evaporativas CNF 25%

Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de gases de descarga CNF 25%

Regra 37

SE Motor Falha = Sim

E testou subsistema de controle de combustível = Sim

E testou subsistema de ignição = Não

E testou subsistema de controle de ar = Não

E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Não

E testou subsistema de controle de gases de descarga = Não

ENTÃO Solução falha G6/G7 = Subsistema de ignição CNF 25%

Solução falha G6/G7 = subsistema do controle do ar CNF 25%

Solução falha G6/G7 = subsistema de emissões evaporativas CNF 25%

Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de gases de descarga CNF 25%

Regra 38

SE Motor Falha = Sim

E testou subsistema de controle de ar = Sim

E testou subsistema de ignição = Não

E testou subsistema de controle de combustível = Não

E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Não

E testou subsistema de controle de gases de descarga = Não

ENTÃO Solução falha G6/G7 = Subsistema de ignição CNF 25%

Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de combustível CNF 25%

Solução falha G6/G7 = subsistema de emissões evaporativas CNF 25%

Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de gases de descarga CNF 25%

Regra 39

SE Motor Falha = Sim

E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Sim

E testou subsistema de ignição = Não

E testou subsistema de controle de combustível = Não

E testou subsistema de controle de ar = Não

E testou subsistema de controle de gases de descarga = Não

ENTÃO Solução falha G6/G7 = subsistema do controle do ar CNF 25%

Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de gases de descarga CNF 25%

Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de combustível CNF 25%

Solução falha G6/G7 = Subsistema de ignição CNF 25%

Regra 40

SE Motor Falha = Sim

E testou subsistema de controle de gases de descarga = Sim

E testou subsistema de ignição = Não

E testou subsistema de controle de combustível = Não

E testou subsistema de controle de ar = Não

E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Não

ENTÃO Solução falha G6/G7 = Subsistema de ignição CNF 25%

Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de combustível CNF 25%

Solução falha G6/G7 = subsistema do controle do ar CNF 25%

Solução falha G6/G7 = subsistema de emissões evaporativas CNF 25%

Regra 41

SE Motor Falha = Sim

E testou subsistema de ignição = Não

E testou subsistema de controle de combustível = Não

E testou subsistema de controle de ar = Não

E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Não

E testou subsistema de controle de gases de descarga = Não

ENTÃO Solução falha G6/G7 = Subsistema de ignição CNF 20%

Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de combustível CNF 20%

Solução falha G6/G7 = subsistema do controle do ar CNF 20%

Solução falha G6/G7 = subsistema de emissões evaporativas CNF 20%

Solução falha G6/G7 = subsistema de controle de gases de descarga CNF 20%

Regra 42

SE Motor Falha = Sim

E testou subsistema de controle de ar = Sim

E testou subsistema de controle de combustível = Sim

E testou subsistema de controle de emissões evaporativas = Sim

E testou subsistema de ignição = Sim

E testou subsistema de controle de gases de descarga = Sim

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, Adriana Bonbassaro. **Protótipo de um sistema especialista utilizando a ferramenta expert sinta shell para auxílio no setor de suporte de uma software house.** 2000. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau.

ALTER, Steven. **Information systems: a management perspective.** Massachussets: Addison-Wesley, 1992.

ALTER, S. L. **Decision support systems: Current practices and continuing chalanges.** Reading, MA: Addison Wesley, 1980.

AWAD, Elias M. **Management information systems.** Benjamim/Cummings, 1988.

BETHLEM, Agrícola S. Modelos de Processos Decisório. **Revista de Administração**, São Paulo, V.22, n.3, p.27-39, jul./set. 1987.

BURCH, John G.; GARY Grudnitski. **Information systems – Theory and practice.** John Wiley & Sons, 1989.

CANTU, Marco. **Dominando o Delphi 3 - A Bíblia.** São Paulo : Makron Books, 1998.

CHOLLET, H. M. **Curso pratico e profissionnal para mecânicos de automóveis: o motor e seus acessórios.** São Paulo: Hemus, 1996.

CRIPPA, Maurício. **Sistemas especialistas: a engenharia do conhecimento aplicada às organizações.** Florianópolis 1999. Disponível em: <<http://n27.udesc.br/demo/trabalhos/alunos/mc/index.html>>. Acesso em: 08 oct. 2001.

DALFOVO, Oscar. **Desenho de um modelo de um sistema de informação.** Blumenau, 1998. Dissertação (Mestrado em Administração de Negócios) Centro de Ciências Sociais e Aplicadas, Furb.

DALFOVO, Oscar; AMORIM, Sammy Newton. **Quem tem informação é mais competitivo:** o uso da informação pelos administradores e empreendedores que obtém vantagem competitiva. Blumenau: Acadêmica, 2000.

EMERY, James C. **Sistemas de planejamento e controle de organização :** Teoria e prática . Tradução José Ricardo Brandão de Azevedo. Rio de Janeiro: Interciência, 1980.

FLEURY, A. C. C.; AGOSTINI, C. G.; LIMA, R. R. **Sistemas de apóia à decisão em projetos de engenharia revista de administração.** São Paulo, V. 19, nº 3, julho/setembro de 1987.

FREITAS, Henrique M. R. De. **A informação como ferramenta gerencial.** Porto Alegre: Ortiz, 1993.

GERRITY Jr., T. P. **The Design of Man-Machine Decision Systems.** Sloan Management Review, vol. 12, n. 2, p. 59-75, 1971.

GLEHN, Fábio Ribeiro Von. **Curso de injeção eletrônica.** Goiânia. 1999.

GRAHL, Everaldo Artur. **Treinamento em sistemas de apoio a decisão baseado na simulação empresarial.** Florianópolis: 1992. Mestrado em engenharia da produção, UFSC.

HEINZLE, Roberto. **Protótipo de uma ferramenta para criação de sistemas especialistas baseados em regras de produção.** Florianópolis : UFSC, 1995. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas.

HOFFMANN, Hécio Hermes. **Protótipo de sistema de apoio à decisão aplicado a clínicas veterinárias.** 1998. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau.

KANDEL, A. **Fuzzy Expert System.** Flórida USA: CRC Press, 1992.

KEEN, P. G. W.; M.S. Scott Morton. **Decision Support Systems:** An organizational perspective. Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1978.

KUGLER, José Luiz Carlos. **Planejamento e controle de sistemas de informação**. José Luiz Carlos Kugler e Aguinaldo Aragon Fernandes. Rio de Janeiro: LTC, 1984.

LAUDON, Kenneth C; LAUDON, Jane Price. **Sistemas de informação com internet**. Tradução Dalton Conte de Alencar. 4. ed. São Paulo: LTC, 1999.

LEVINE, Robert I.; DRANG, Diane E.; EDELSON, Barry. **Inteligência artificial e sistemas especialistas**. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.

LIA, Laboratório de Inteligência Artificial. **Expert SINTA**: uma ferramenta para criação de sistemas especialistas. Manual do usuário. Pernambuco, 1995. Disponível em: <<http://www.lia.ufc.br>>. Acesso em: 30 oct. 2001.

LITTLE, J. D. C. **Models and managers**: The concept of a decision calculus: Management Science, 16, no. 8 (abril 1970), 466-85.

LUCHTENBERG, Jonas. **Protótipo de um sistema especialista para área comercial utilizando a ferramenta SPIRIT**. 2000. 50 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciências da Computação), Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.

MITRA, Sitansu S. **Decision support systems tools and techniques**. John Wiley & Sons, 1986.

MORTON, M. S. S. **Management Decision Systems**: Computer-Based Support for Decision Making. Boston, Division of Research, Graduate School of Business Administration, Harvard University, 1971.

OLIVEIRA, Djalma de Pinto Rebouças. **Sistemas de informações gerenciais**: estratégias táticas operacionais. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1997.

PEARSON, J. M.; SHIM, J. P. **An Empirical Investigation into DSS Structures and Environments**. Decision Support Systems, n. 13, p. 141-158, 1995.

POWER, D. **A Brief History of Decision Support Systems**. [1996?] <<http://power.cba.uni.edu/isworld/dsshhistory.html>>. Acesso em: 10 dez 2001.

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

RIBEIRO, Horácio da Cunha e Souza. **Introdução aos sistemas especialistas**. Rio de Janeiro - LTC : Livros Técnicos e Científicos Editora, 1987.

RICH, Elaine; KNIGHT, Kevin. **Inteligência artificial**. 2ª ed. Tradução Maria Cláudia Santos Ribeiro Ratto. São Paulo: Makron Books, 1993. 772 p.

SALVATO, Gilberto J. **Sistemas especialistas: método para a adoção em bibliotecas especializadas**. 1997. 145 f. Tese (Mestrado em Administração de Políticas e Gestão Institucional), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SIMON, H. A. **The New Science of Management**. New York: Harper and Bros, 1960.

SPRAGUE, Ralph H.; CARLSON, Eric D. **Building effective decision Support systems**. Englewood cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 1982.

SPRAGUE, Ralph H.; WATSON, Hugh J. **Sistema de apoio a decisão: Colocando a teoria em prática**. Tradução Ana Batriz G. Rodrigues Silva. Rio de Janeiro: Campus, 1991.

STAIR, Ralph M. **Princípios de sistemas de informação: uma abordagem gerencial**. Rio de Janeiro: LTC, 1998.

ZAIOS, Douglas Roberto. **Sistema de injeção eletrônica**. Joaçaba [2000?]. Disponível em: <<http://www.unoescjba.rct-sc.br/~zaios>>. Acesso em : 10 out 2001.

WATERBE, James C. **Análise de sistemas – para sistemas de informação por computador**. Rio de Janeiro: Campus, 1984.