



FORMAÇÃO CONTINUADA

Eletrônica Embarcada
Sistema de Injeção Eletrônica de Combustível

ELETRÔNICA EMBARCADA

SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA DE COMBUSTÍVEL

2005

© 2005. SENAI-SP

Sistema de Injeção Eletrônica de Combustível

Publicação organizada e editorada pela Escola SENAI "Conde José Vicente de Azevedo"

Coordenação geral	Luiz Carlos Emanuelli
Coordenador do projeto	José Antonio Messas
Planejamento e organização do conteúdo	Júlio César Potigo Ulisses Miguel
Editoração	Teresa Cristina Maino de Azevedo

SENAI Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Escola SENAI "Conde José Vicente de Azevedo"
Rua Moreira de Godói, 226 - Ipiranga - São Paulo-SP - CEP. 04266-060

Telefone (0xx11) 6166-1988

Telefax (0xx11) 6160-0219

E-mail senaiautomobilistica@sp.senai.br

Home page <http://www.sp.senai.br/automobilistica>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	5
POLUIÇÃO	7
EFEITOS DA POLUIÇÃO NO MEIO AMBIENTE	10
• Efeito estufa	10
• Inversão térmica	11
• Chuva ácida	11
POLUENTES EMITIDOS PELOS AUTOMÓVEIS	13
• Medidas de controle da poluição automotiva	13
• Dispositivos para reduzir emissões poluentes	17
INJEÇÃO ELETRÔNICA DE COMBUSTÍVEIS	20
• Circuito de combustível	24
SENSORES	31
• Sensor de fluxo de ar	31
• Sensor de temperatura do ar	32
• Sensor de pressão absoluta	33
• Sensores medidores de massa de ar	34
• Sensor de posição da borboleta de aceleração	34
• Sensor de oxigênio ou sonda lambda	35
• Sensor de temperatura da água	36
• Sensor de rotação e PMS	37
• Sensor de detonação	40
• Sensor de velocidade	40
• Sensor de fase	41
ATUADORES	42
• Eletroválvulas	42
• Relés de comando	42
• Bobinas de ignição	44
• Atuador de marcha lenta	45

MÓDULO OU UNIDADE DE CONTROLE DA INJEÇÃO ELETRÔNICA	47
• Métodos para quantificar o ar admitido	47
• Estratégias de controle dos injetores em sistemas multiponto	48
• Estratégias para partida com o motor frio	49
• Estratégias para situações de aceleração	49
• Estratégias para situações de desaceleração	49
• Estratégias para situações de plena carga	50
• Estratégias para correção barométrica	50
• Estratégia para controle do limite de rotações	50
• Estratégia de auto-adaptação da mistura	51
• Estratégia de controle da função imobilizador	51
• Estratégia de controle do sistema de ignição	52
SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA ANALÓGICO - BOSCH LE JETRONIC	53
• Geração do impulso de injeção no módulo eletrônico	54
• Valores de medidas do sistema Bosch - Le Jetronic	55
• Regulagem do interruptor de borboleta	56
• Teste do sensor de pressão da EZ-K	57
• Teste do relé de comando	57
• Esquemas elétricos do sistema de injeção Le Jetronic	58
SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA DIGITAL - MAGNETI MARELLI - G7	66
• Valores de medidas do sistema Magneti Marelli - G7	67
• Teste do relé de proteção	69
• Teste de relé de potência	69
• Esquema elétrico Magneti Marelli - G7	71
RECOMENDAÇÕES GERAIS	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

INTRODUÇÃO

A finalidade desta apostila, além de facilitar a compreensão sobre o funcionamento do sistema de injeção eletrônica de combustível, é de explicar o porque do aparecimento deste sistema que está diretamente relacionado com a poluição ambiental.

Os conteúdos aqui apresentados são de grande importância para o mecânico, pois lhe direcionará qual o caminho a seguir na reparação do veículo equipado com este sistema.

A leitura desta apostila será muito importante para você. Leia uma, duas três...., quantas vezes forem necessárias. Lembre-se que muitas vezes os ensinamentos adquiridos nos bancos escolares e as noções aprendidas no dia-a-dia da oficina precisam ser reavivados e reordenados para um melhor desempenho profissional.

O SENAI espera que você tire o máximo proveito deste Treinamento, e que, à medida que você se atualize, possa crescer cada vez mais na profissão que escolheu.

POLUIÇÃO

O assunto Poluição preocupa a humanidade desde o fim dos anos 40, após o aparecimento das armas atômicas e as suas primeiras conseqüências catastróficas.

A evolução econômica do pós-guerra, o aumento da industrialização, o grande crescimento da utilização de combustíveis fósseis pelos meios de transportes, o uso indiscriminado de defensivos agrícolas tais como o DDT, propiciaram graves alterações ambientais com sérios danos ao meio ambiente e à saúde dos seres vivos.

A década de 60 é marcada pelo início do aparecimento dos primeiros efeitos maléficos em grande escala e da falta de respeito do homem para com o meio ambiente. Foi nesta época que as grandes cidades americanas e européias começaram a sentir os efeitos da poluição do ar devido, principalmente, aos automóveis. Nesta mesma época surgiram os primeiros movimentos de atuação mais marcantes de preservação do meio ambiente, dando início a um árduo trabalho de conscientização para sua preservação.

O automóvel desde a sua invenção foi responsável por grandes alterações na sociedade, reduzindo distâncias, aproximando pessoas, aumentando as possibilidades de empregos diretos e muito mais indiretos, etc. Trouxe também uma série de inconvenientes tais como a poluição do meio ambiente.

A poluição é essencialmente produzida pelo homem e está diretamente relacionada com os processos de industrialização e a conseqüente urbanização da humanidade. Esses são os dois fatores contemporâneos que podem explicar claramente os atuais índices de poluição.

Os agentes poluentes são os mais variáveis possíveis e são capazes de alterar a água, o solo, o ar, etc.

Poluição é, portanto, uma agressão à natureza, ao meio ambiente em que o homem vive. Os efeitos da poluição são hoje tão amplos que já existem inúmeras organizações de defesa do meio ambiente.

Os poluentes são classificados de acordo com sua origem, estado e composição química.

De acordo com a Origem

- **Poluentes primários**

Estão presentes na atmosfera na forma em que são emitidos como resultado de algum processo. Os principais poluentes desta categoria são tanto sólidos, como líquidos e gasosos, ou mesmo radiações. Citamos como poluentes primários: partículas finas, partículas grosseiras, compostas de nitrogênio, óxidos de carbono, compostos de enxofre, compostos halogenados, compostos orgânicos, entre outros.

- **Poluentes secundários**

São produzidos na atmosfera pela reação entre dois ou mais poluentes primários, ou pela reação com constituintes normais atmosféricos, com ou sem foto-ativação. Citamos como poluentes secundários: oxidantes, névoas ácidas, smog.

De acordo com o Estado

- **Gases e vapores**

CO, CO₂, SO₂, NO₂.

- **Partículas sólidas e líquidas**

Poeiras, fumos, névoas e fumaças.

De acordo com a Composição Química

- **Poluentes orgânicos**

Hidrocarbonetos, aldeídos e cetonas.

- **Poluentes inorgânicos**

H₂S, HF, NH₃.

POLUENTES - FONTES E EFEITOS NOCIVOS À SAÚDE

POLUENTE	PRINCIPAL FONTE	O QUE CAUSA
NO ₂	<ul style="list-style-type: none"> - Escape dos veículos motorizados - Centrais termoelétricas - Fábricas de fertilizantes, de explosivos ou de ácido nítrico 	Problemas respiratórios
SO ₂	<ul style="list-style-type: none"> - Centrais termoelétricas - Petróleo ou carvão - Fábricas de ácido sulfúrico 	Problemas respiratórios, irritação nos olhos, problemas cardiovasculares
Partículas em suspensão	<ul style="list-style-type: none"> - Escape dos veículos motorizados - Processos industriais - Centrais termoelétricas - Reação dos gases poluentes na atmosfera 	Problemas respiratórios, irritação nos olhos, problemas cardiovasculares
CO	<ul style="list-style-type: none"> - Escape dos veículos motorizados - Alguns processos industriais - Fumaça de cigarro 	Na exposição prolongada: aumento do volume do baço, hemorragias, náuseas, diarreias, pneumonia, perda de memória e outros males
Pb (chumbo)	<ul style="list-style-type: none"> - Escape dos veículos motorizados (gasolina com chumbo) - Incineração de resíduos 	Efeito tóxico acumulativo, anemia e destruição de tecido cerebral
O ₃ (Ozônio)	<ul style="list-style-type: none"> - Gases formados na atmosfera devido à reação de óxidos de azoto, hidrocarbonetos e luz solar 	Irritação nos olhos, problemas respiratórios (reação inflamatória das vias aéreas)

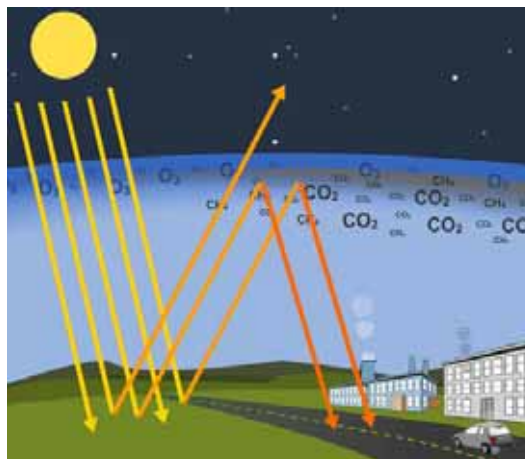
EFEITOS DA POLUIÇÃO NO MEIO AMBIENTE

EFEITO ESTUFA

O efeito estufa é um fenômeno natural que mantém a terra aquecida ao impedir que os raios solares sejam refletidos para o espaço e que o planeta perca seu calor; sem ele as temperaturas médias seriam abaixo de -10°C . O que vem ocorrendo é o aumento do efeito estufa causado pelas intensas atividades humanas, sendo a principal delas a liberação de CO_2 (dióxido de carbono) na atmosfera. O CO_2 é um dos gases que contribuem naturalmente para a o efeito estufa normal do planeta, mas que agora com seu aumento na atmosfera pode intensificar esse efeito, levando a uma aquecimento maior do planeta e alterações climáticas.

No ritmo de evolução atual, o desequilíbrio deverá acarretar até o ano de 2.100:

- Um acréscimo da temperatura média de 1 a $3,5^{\circ}\text{C}$.
- Uma elevação nos níveis dos mares e oceanos de 15 a 95cm.
- Um deslocamento dos ecossistemas de 150 a 550km na direção dos polos e 150 a 550 metros de altitudes.
- Um aumento da frequência e da intensidade dos acidentes climáticos (tempestades, ondas de calor, etc.).

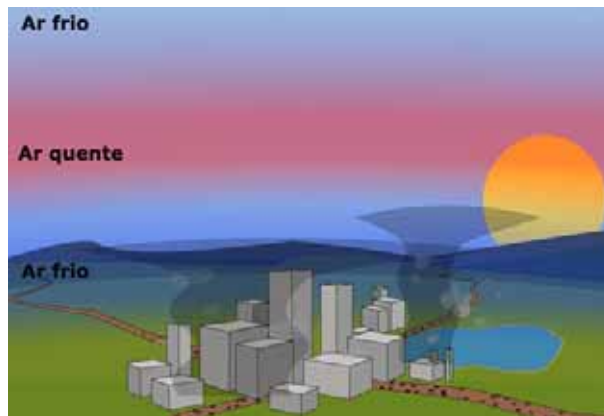


A principal fonte de liberação de CO_2 é a queima de combustíveis fósseis (combustíveis derivados do petróleo, como a gasolina, carvão e gás natural). Outros gases liberados pelo homem também aumentam o efeito estufa, como o metano, CFC e outros.

INVERSÃO TÉRMICA

A inversão térmica é um fenômeno meteorológico que ocorre principalmente em metrópoles e principais centros urbanos. As radiações solares aquecem o solo e o calor que fica retido no mesmo irradia-se, aquecendo as camadas mais baixas da atmosfera. Essas camadas, que já estão quentes, ficam menos densas e tendem a subir, formando correntes de convecção do ar. Os poluentes, por serem mais quentes que o ar (portanto, menos densos) sobem e irão dispersar-se nas camadas mais altas da atmosfera.

Esse é o fenômeno normal, mas quando o ar quente passa sobre o ar frio, ficando acima dele, forma-se uma capa que não deixa que os gases poluentes e tóxicos passem para as camadas mais altas da atmosfera. A isso se dá o nome de inversão térmica. Assim, esses gases dispersam-se na atmosfera, criando uma névoa sobre a cidade; essa névoa é composta de gases tóxicos e poluentes, que são prejudiciais a saúde. Isso ocorre geralmente nos dias frios do inverno, onde a formação de frentes frias é maior. Quando há deslocamento horizontal dos ventos, a camada de ar frio é carregada e o ar quente desce acabando com a inversão térmica.

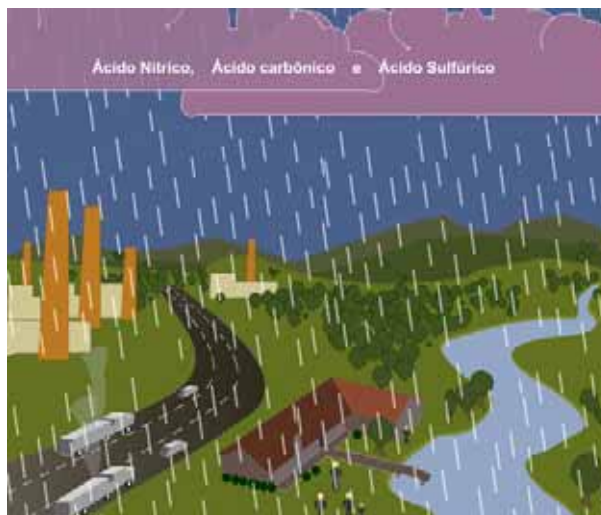


Os problemas de saúde causados pela inversão térmica são, entre outros: pneumonia, bronquite, enfisemas, agravamento das doenças cardíacas, mal-estares, irritação no olhos.

CHUVA ÁCIDA

As indústrias químicas e as centrais térmicas jogam na atmosfera produtos contaminadores, como os gases dióxido de enxofre e monóxido de nitrogênio que, com a ajuda do ozônio das camadas baixas da atmosfera, oxidam-se e, com a umidade da chuva, convertem-se em ácidos que se espalham pela terra, águas, árvores, plantações. O solo perde a fertilidade e os animais terrestres, aquáticos e aves, acostumados com ambientes limpos não se adaptam a esses terrenos que perdem sua vegetação natural. A maioria das chuvas é ligeiramente ácida por causa de uma pequena quantidade de dióxido de carbono dissolvido na própria atmosfera e tem um pH de 5,5. A chuva ácida tem um pH entre 5 e 2,2 e tem efeitos corrosivos para a maioria dos metais, o calcário e o papel. Pode cair a muitas centenas

de milhas de onde se formou, quando se torna uma solução diluída de ácidos nítrico e sulfúrico. É letal à vida lacustre e prejudica as florestas e os solos. Também corrói edifícios e pode ser perigosa para a saúde dos seres humanos. O efeito é intensificado pelo fato de a chuva ácida liberar metais tóxicos, como cádmio e mercúrio, usualmente fixados no solo.



Quando não é natural, a chuva ácida é provocada principalmente por fábricas e carros que queimam combustíveis fósseis, como o carvão e o petróleo. Parte dessa poluição se precipita, depositando-se sobre o solo, árvores, monumentos etc. Outra parte circula na atmosfera e se mistura com o vapor de água. Passa então a existir o risco da chuva ácida.

Efeitos da chuva ácida

- **Saúde** - a chuva ácida libera metais tóxicos que estavam no solo. Esses metais podem alcançar rios e serem utilizados pelo homem causando sérios problemas de saúde.
- **Prédios, casas, arquitetura** - a chuva ácida também ajuda a corroer os materiais usados nas construções como casas, edifícios e arquitetura, destruindo represas, turbinas hidrelétricas etc.
- **Lagos** - os lagos podem ser os mais prejudicados com o efeito da chuva ácida, pois podem ficar totalmente acidificados, perdendo toda a sua vida.
- **Desmatamentos** - a chuva ácida faz clareiras, matando duas ou três árvores. Imagine uma floresta com muitas árvores utilizando mutuamente, agora duas árvores são atingidas pela chuva ácida e morrem, algum tempo após muitas plantas que se utilizavam da sombra destas árvores morrem e assim vão indo até formar uma clareira. Essas reações podem destruir florestas.
- **Agricultura** - a chuva ácida afeta as plantações quase do mesmo jeito que das florestas, só que é destruída mais rápido, já que as plantas são do mesmo tamanho, tendo assim mais áreas atingidas.

POLUENTES EMITIDOS PELOS AUTOMÓVEIS

Os veículos automotores emitem poluentes orgânicos e gasosos do tipo primário, tais como hidrocarbonetos (HC), aldeídos, monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e outros. Esses poluentes são provenientes de um processo de combustão imperfeito, de vapores dos reservatórios de combustíveis e altas temperaturas da câmara de combustão. Várias medidas foram tomadas para diminuir essa emissão de poluentes.

MEDIDAS DE CONTROLE DA POLUIÇÃO AUTOMOTIVA

Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE / IBAMA

A necessidade de se criar um programa nacional que contemplasse as emissões atmosféricas de origem veicular, começou a tomar corpo no início dos anos oitenta, a partir da constatação de que a grave poluição ambiental verificada nos grandes centros urbanos era causada predominantemente pelos poluentes atmosféricos gerados na queima de combustíveis em veículos automotores.

Procurando viabilizar um programa de controle de emissões veiculares que fosse tecnicamente factível e economicamente viável o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA criou, em 1986, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE. Programa bem aceito e elogiado por todos os segmentos envolvidos, considerado, mesmo a nível internacional, como um dos mais bem elaborados para o controle de emissão em fontes móveis.

O PROCONVE tem como objetivos a redução dos níveis de emissão de poluentes nos veículos automotores além de incentivar o desenvolvimento tecnológico nacional, tanto na engenharia automotiva, como em métodos e equipamentos para a realização de ensaios e medições de poluentes.

Os limites máximos de emissão de poluentes foram fixados, com um cronograma específico para três categorias distintas de veículos, são elas: “Veículo Leve de Passageiros” (automóveis); “Veículo Leve Comercial” (pick-up, van, utilitários, etc.) e “Veículo Pesado” (ônibus e caminhões).

Para o cumprimento destes limites, é necessária a aplicação de tecnologias e sistemas que otimizem o funcionamento dos motores para proporcionar uma queima perfeita de combustível e conseqüente diminuição das emissões bem como do consumo de combustível. Na fase implantada em 1992, a utilização de catalisadores se fez necessária.

Todos os modelos de veículos automotores, nacionais ou importados, necessitam da “Licença para Uso da Configuração do Veículo ou Motor - LCVM”, emitida pelo IBAMA, para poderem ser comercializados no Brasil.

Até então, todos os controles aplicados foram direcionados aos fabricantes e importadores, agora é a hora de todos os proprietários de veículos darem sua contribuição direta, fazendo a correta manutenção de seus veículos conforme recomendam os fabricantes.

Neste sentido, o CONAMA definiu as diretrizes gerais para a implantação dos Programas de Inspeção e Manutenção, quanto aos aspectos de emissão de poluentes e ruído de veículos em uso e o novo Código de Trânsito Brasileiro condiciona o licenciamento anual de veículo à sua aprovação nestes programas. Os Programas de Inspeção e Manutenção devem ser implantados e gerenciados pelos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente em conjunto com seus municípios, de acordo com as necessidades e possibilidades de cada um.

Resultados alcançados

A melhoria do parque industrial nacional voltado para o controle de emissões de poluentes veiculares, é hoje uma realidade: instalação de linhas de produção de sistemas de injeção de combustível, de conversores catalíticos, de sistemas de absorção de vapores de combustível, de equipamentos de medição, instalação de vários laboratórios de emissão, bem como o desenvolvimento de novas tecnologias, são alguns exemplos desta evolução.

A melhoria da qualidade de nossos combustíveis também está sendo perseguida pelo PROCONVE, que, em parceria com a PETROBRÁS e ANFAVEA vem conseguindo resultados expressivos: a retirada do chumbo da gasolina, a adição de álcool à gasolina, a redução gradativa do teor de enxofre do óleo Diesel, são alguns exemplos.

Os resultados práticos e positivos alcançados até agora podem ser vistos na tabela a seguir, que mostra redução de até 96% dos índices de emissão de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NO_x), e de aldeídos (CHO) por veículos leves.

ANO/ MODELO	COMBUSTÍVEL	CO (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)	CHO (g/km)	EMIÇÃO EVAPORATIVA g//teste
Pré - 80	Gasolina	54	4.7	1.2	0.050	Nd
80 - 83	Gasool	33	3.0	1.4	0.050	Nd
	Álcool	18.0	1.6	1.0	0.160	Nd
84 - 85	Gasool	28	2.4	1.6	0.050	23.0
	Álcool	16.9	1.6	1.2	0.180	10.0
86 - 87	Gasool	22	2.0	1.9	0.040	23.0
	Álcool	16.0	1.6	1.8	0.110	10.0
88	Gasool	28.5	1.7	1.8	0.040	23.0
	Álcool	13.3	1.7	1.4	0.110	10.0
89	Gasool	15.2 (-46%)	1.6 (-33%)	1.6 (0%)	0.040 (-20%)	23.0 (0%)
	Álcool	12.8 (-24%)	1.6 (0%)	1.1 (-8%)	0.110 (-39%)	10.0 (0%)
90	Gasool	13.3 (-53%)	1.4 (-42%)	1.4 (-13%)	0.040 (-20%)	2.7 (-88%)
	Álcool	10.8 (-36%)	1.3 (-19%)	1.2 (0%)	0.110 (-39%)	1.8 (-82%)
91	Gasool	11.5 (-59%)	1.3 (-46%)	1.3 (-19%)	0.040 (-20%)	2.7 (-88%)
	Álcool	8.4 (-50%)	1.1 (-31%)	1.0 (-17%)	0.110 (-39%)	1.8 (-82%)
92	Gasool	6.2 (-78%)	0.6 (-75%)	0.6 (-63%)	0.013 (-74%)	2.0 (-91%)
	Álcool	3.6 (-79%)	0.6 (-63%)	0.5 (-58%)	0.035 (-81%)	0.9 (-91%)
93	Gasool	6.3 (-77%)	0.6 (-75%)	0.8 (-50%)	0.022 (-56%)	1.7 (-93%)
	Álcool	4.2 (-75%)	0.7 (-56%)	0.6 (-50%)	0.040 (-78%)	1.1 (-89%)
94	Gasool	6.0 (-79%)	0.6 (-75%)	0.7 (-56%)	0.036 (-28%)	1.6 (-93%)
	Álcool	4.6 (-73%)	0.7 (-56%)	0.7 (-42%)	0.042 (-77%)	0.9 (-91%)
95	Gasool	4.7 (-83%)	0.6 (-75%)	0.6 (-62%)	0.025 (-50%)	1.6 (-93%)
	Álcool	4.6 (-73%)	0.7 (-56%)	0.7 (-42%)	0.042 (-77%)	0.9 (-91%)
96	Gasool	3.8 (-86%)	0.4 (-83%)	0.5 (-69%)	0.019 (-62%)	1.2 (-95%)
	Álcool	3.9 (-77%)	0.6 (-63%)	0.7 (-42%)	0.040 (-78%)	0.8 (-92%)
97	Gasool	1.2 (-96%)	0.2 (-92%)	0.3 (-81%)	0.007 (-86%)	1.0 (-96%)
	Álcool	0.9 (-95%)	0.3 (-84%)	0.3 (-75%)	0.012 (-93%)	1.1 (-89%)

(1) Médias ponderadas de cada ano/ modelo pelo volume de produção

(2) Nd - não disponível

(3) (%) refere-se à variação verificada em relação aos veículos 1985, antes da atuação do PROCONVE

(4) Gasool - 78% gasolina + 22% álcool

Limites Máximos de Emissão de Poluentes para Veículos Automotores

VEÍCULOS LEVES DE PASSAGEIROS - DESDE 01/01/97	
POLUENTES	LIMITES
Monóxido de carbono (CO g/km)	2,0
Hidrocarbonetos (HC g/km)	0,3
Óxidos de nitrogênio (NO _x g/km)	0,6
Material particulado (MP** g/km)	0,05
Aldeídos (CHO* g/km)	0,03
Emissão evaporativa (g/ensaio)	6,0
Emissão de gás no cárter	nula

(*) Exceto para veículos com motores Diesel

(**) Exceto para veículos com motores do ciclo Otto

VEÍCULOS LEVES COMERCIAL-MASSA REFERÊNCIA PARA ENSAIO MENOR QUE 1700kg A PARTIR DE 01/01/98	
POLUENTES	LIMITES
Monóxido de carbono (CO g/km)	2,0
Hidrocarbonetos (HC g/km)	0,3
Óxidos de nitrogênio (NO _x g/km)	0,6
Material particulado (MP* g/km)	0,128
Aldeídos (CHO g/km)	0,03

(*) Exceto para veículos com motores do ciclo Otto

VEÍCULOS LEVES COMERCIAL-MASSA REFERÊNCIA PARA ENSAIO MAIOR QUE 1700kg A PARTIR DE 01/01/98	
POLUENTES	LIMITES
Monóxido de carbono (CO g/km)	6,2
Hidrocarbonetos (HC g/km)	0,5
Óxidos de nitrogênio (NO _x g/km)	1,4
Material particulado (MP* g/km)	0,16
Aldeídos (CHO g/km)	0,06

(*) Exceto para veículos com motores do ciclo Otto

VEÍCULOS PESADOS - A PARTIR DE 01/01/98		
POLUENTES	LIMITES 01/01/1996	LIMITES 01/01/2000*
Monóxido de carbono (CO g/km)	4,9	4,0
Hidrocarbonetos (HC g/km)	1,23	1,1
Óxidos de nitrogênio (NO _x g/km)	9,0	7,0
Material particulado (MP** g/km)	0,7 / 0,4***	0,25
Fumaça (K)	2,5	–

(*) Para ônibus urbano se antecipa para 01/01/98

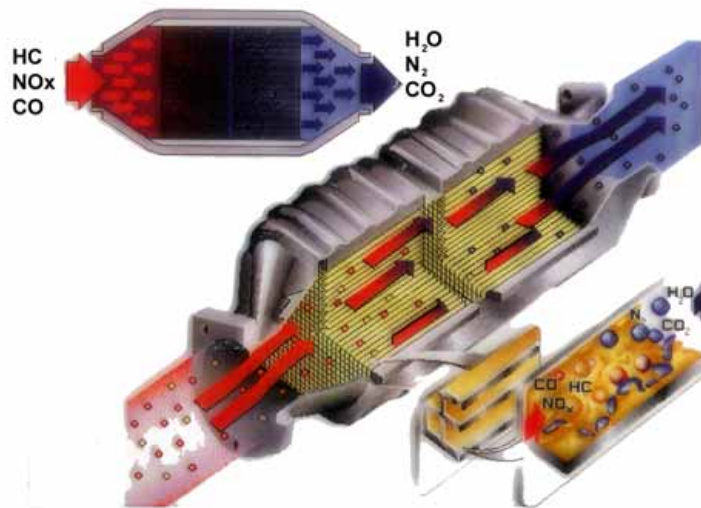
(**) Aplicável somente para motores de ciclo Diesel

(***) 0,7 g/kWh, para motores até 85kW e 0,4 g/kWh para motores com mais de 85kW

DISPOSITIVOS PARA REDUZIR EMISSÕES DE POLUENTES

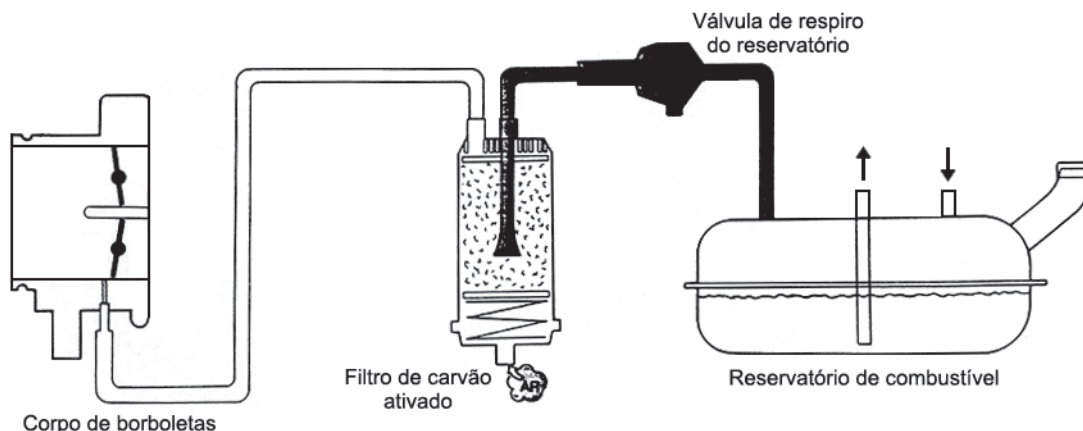
Catalisador ou conversor catalítico

O conversor catalítico permite a eliminação dos principais gases poluentes produzidos pelo motor. É feito de um revestimento em aço inoxidável, com o corpo em cerâmica, tipo colméia onde estão os metais nobres, responsáveis pela ação catalisante. Para veículos a gasolina são utilizados paládio e ródio e para veículos a álcool, paládio e molibdênio. Os veículos bicomcombustíveis (FlexFuel) utilizam também um pré-catalisador para a eliminação de aldeídos.



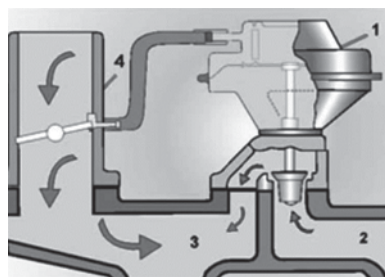
Cânister

O cânister é um recipiente que contém carvão vegetal ativo com a função de absorver os hidrocarbonetos emitidos, em algumas situações, pela cuba do carburador, pelo reservatório de partida a frio em veículos bicompostíveis e pelo respiro do tanque de combustível, liberando-os para queima durante o funcionamento do motor através de válvulas mecânicas e eletromagnéticas.



Válvula EGR (*exhaust gases recirculation* - recirculação dos gases de escapamento)

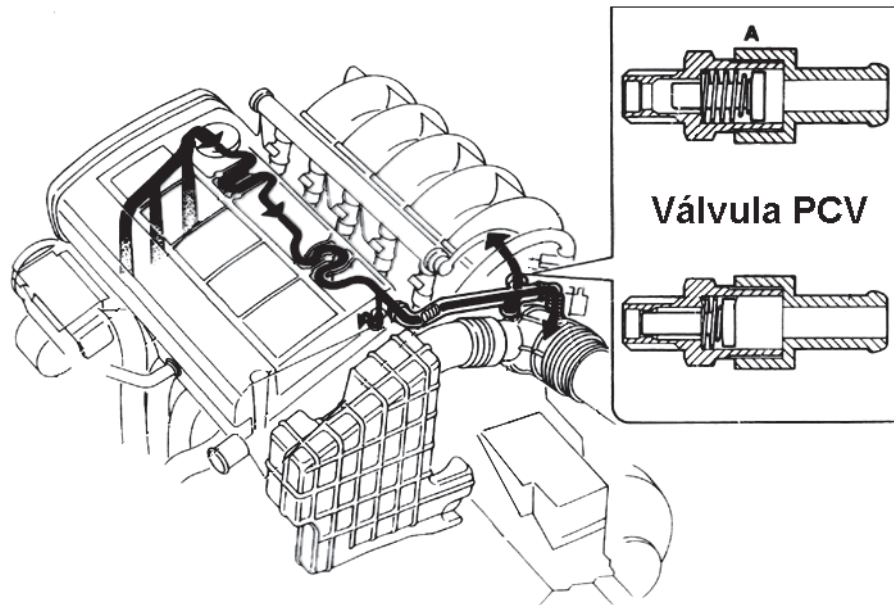
A válvula EGR faz com que parte dos gases do escapamento participe novamente do processo de queima. Isto faz com que a temperatura da câmara de combustão diminua e, conseqüentemente, a formação de óxidos de nitrogênio (NO_x) também é reduzida. Essa recirculação é feita através de válvulas mecânicas e eletromagnéticas.



- 1- Válvula E.G.R
- 2- Coletor de escapamento
- 3- Coletor de admissão
- 4- Corpo de borboleta

Circuito de recirculação dos gases provenientes do cárter do motor (*blow-by*)

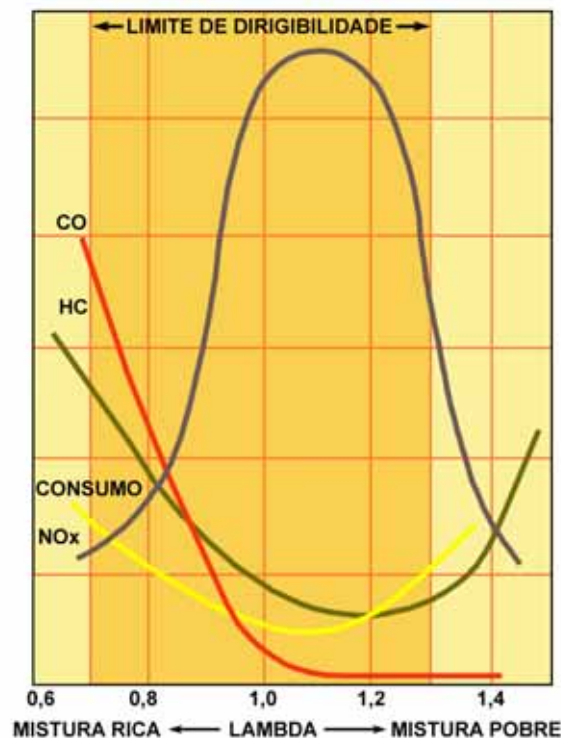
A emissão de poluentes pode ocorrer também pelo cárter do motor. Como sabemos, os gases nocivos podem originar-se por evaporação do óleo lubrificante no cárter ou podem também passar pelos anéis do pistão. Para que estes gases não sejam lançados na atmosfera existe um sistema de recirculação (*blow-by*) que os enviam direto para serem reaproveitados na câmara de combustão.



INJEÇÃO ELETRÔNICA DE COMBUSTÍVEIS

Para que o motor funcione com eficiência e atenda os limites estabelecidos para emissões de poluentes, não basta haver combustível, há necessidade de se promover uma mistura ar/combustível (comburente/combustível), que é admitida nos cilindros e deve apresentar quantidades precisas desses elementos. Essa proporção determina uma relação ideal que depende do tipo de combustível usado. Sem isso, o motor não atingirá seu rendimento máximo e pode até mesmo não funcionar. São três os tipos de mistura:

- **Estequiométrica ou ideal** - apresenta a relação ideal. Possui uma quantidade de ar capaz de queimar todo o combustível presente. A combustão é teoricamente perfeita.
- **Rica** - quando a mistura admitida nos cilindros possui menos ar do que o necessário, uma parte do combustível não é queimada. A combustão torna-se incompleta e aumenta o nível de emissão de poluentes.
- **Pobre** - quando a mistura possui menos combustível do que o necessário, parte do oxigênio não é utilizada. A combustão é ineficiente e o nível de emissões aumenta.



Para sabermos se a mistura está ideal, basta dividirmos a quantidade de mistura aspirada pela quantidade de mistura necessária para que se tenha a relação ideal ou estequiométrica.

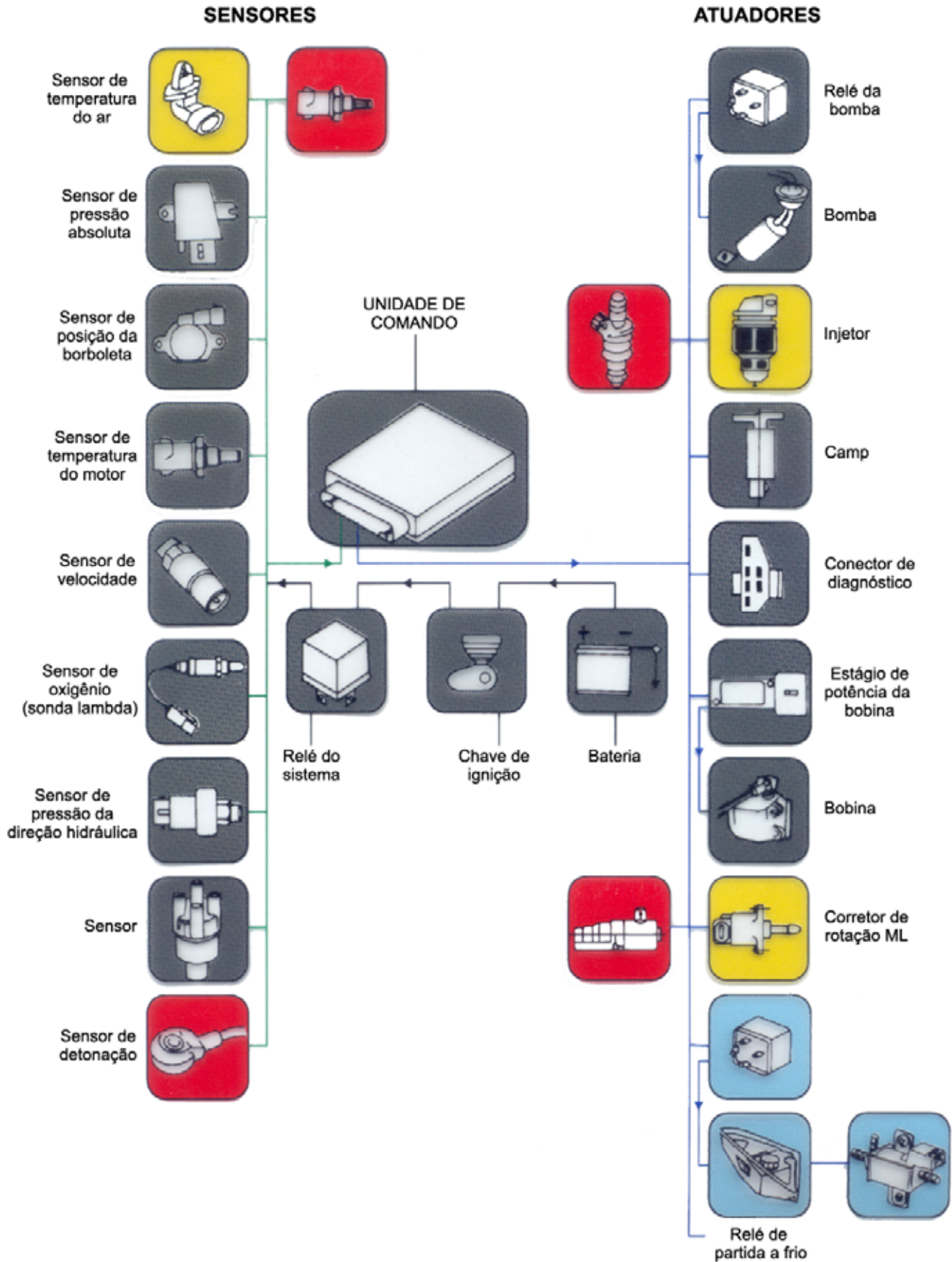
Esta relação é conhecida como fator lambda, e é representada pela letra grega (λ). Se o resultado for igual a 1 ($\lambda = 1$), a mistura será estequiométrica (ideal).

$$\text{Lambda } \lambda = \frac{\text{mistura admitida}}{\text{mistura ideal}}$$

Se a relação for menor que um ($\lambda < 1$), a mistura será rica, mais combustível e menos ar e se a relação for maior que um ($\lambda > 1$), a mistura será pobre, mais ar que combustível.

Os sistemas de injeção eletrônica de combustíveis surgiram para fornecer a quantidade de combustível exata para os diversos regimes de funcionamento do motor. São compostos de sensores, central eletrônica e atuadores, conforme mostra a figura a seguir.

SISTEMA DE INJEÇÃO



Basicamente, o módulo de injeção eletrônica processa as informações recebidas dos sensores de monitoramento e envia sinais aos atuadores de acordo com as alterações de funcionamento do motor. Nos primeiros sistemas de injeção, o módulo controlava apenas a injeção de combustível, nos sistemas mais modernos passou a controlar também o sistema de ignição.

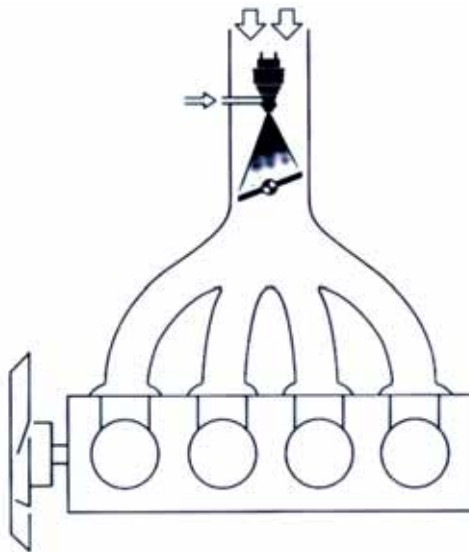
Uma das principais grandezas para o cálculo do volume de injeção e ângulo de ignição é a carga do motor (registro de carga). Para determinação da carga do motor, de acordo com o sistema utilizado, são empregados os sensores:

- medidor de fluxo de ar
- medidor de massa de ar a fio quente
- medidor de massa de ar a filme quente
- sensor de pressão do coletor de admissão
- sensor da borboleta da aceleração
- sensor de rotação

Os sistemas de injeção eletrônica são classificados, de acordo com o número de válvulas injetoras, em monoponto e multiponto.

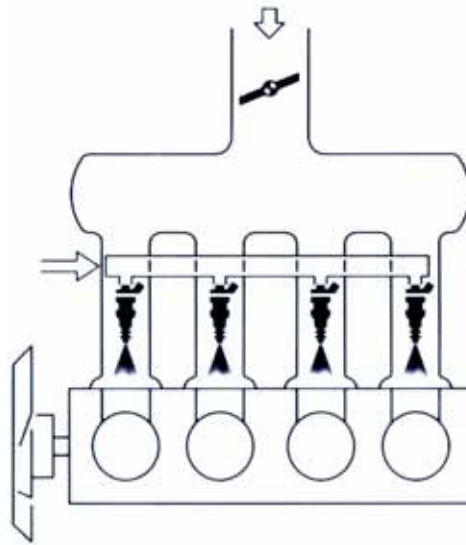
Monoponto

Caracterizada por apenas uma válvula injetora localizada em um ponto central do coletor de admissão e alimenta todos os cilindros do motor.



Multiponto

Caracterizada por ter uma válvula injetora para cada cilindro do motor.



CIRCUITO DE COMBUSTÍVEL

O combustível é succionado do reservatório através de uma bomba elétrica, interna ou externa, que fornece o combustível a um tubo distribuidor (multiponto) ou a um corpo de borboleta (monoponto) com uma vazão pré-determinada, passando antes por um filtro de combustível.

No tubo de distribuidor e na tampa do corpo de borboleta estão fixadas as válvulas de injeção e o regulador de pressão, que mantém constante a pressão de linha de combustível.

O sistema de combustível é alimentado com mais combustível do que o motor necessita em condições extremas de consumo. O excesso de combustível retorna, sem pressão, ao tanque de combustível (quando no sistema existir retorno), através do regulador de pressão. Este fluxo constante faz com que o combustível permaneça frio. Com isso, evita-se a formação de bolhas de vapor e possibilita melhores partidas a quente.

Os componentes de um circuito de combustível são:

- eletrobomba de combustível
- filtro de combustível
- tubo distribuidor
- corpo de borboleta
- regulador de pressão
- amortecedor de oscilações
- eliminador de bolhas
- válvula injetora

Eletrobomba de combustível

Esse tipo de bomba recebe o nome de eletrobomba pois a bomba e o motor elétrico são montados juntos em uma mesma carcaça. Nos sistemas de injeção atuais, as eletrobombas são montadas internamente no reservatório de combustível e são chamadas de módulo de combustível, pois agregam também, o medidor de nível de combustível, o regulador de pressão e em alguns casos, o filtro de combustível. Com isso, evitam-se vedações sujeitas a problemas de vazamento e de lubrificação e obtém-se boa refrigeração para o motor elétrico. Esta construção não apresenta nenhum risco de explosão, pois na carcaça do motor e da bomba não existe nenhuma mistura em condições de combustão.

Bomba externa ao reservatório



Bomba interna ao reservatório



• Características da eletrobomba

- Tensão de alimentação - 12V
- Pressão de combustível
- Para injeções monoponto gasolina - 1,0 bar (com exceção sistema multec do Monza, Kadet e Ipanema cuja pressão é de 2,0 bar).
- Para injeções multiponto gasolina e álcool com sistema de retorno - 2,5 bar na marcha lenta e 3,0 bar com carga.
- Vazão de combustível (exemplo de bomba utilizada no sistema Marelli G7) de 100 a 120 litros/hora

OBSERVAÇÃO

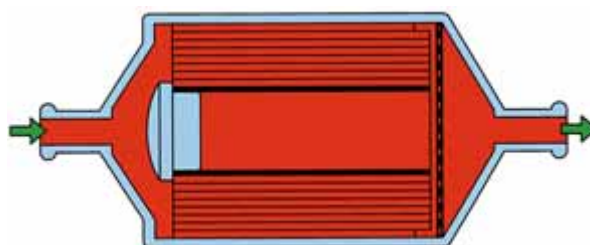
Os valores de pressão e vazão de combustível devem ser consultados nos manuais de reparações de cada fabricante do sistema, pois estão diretamente ligados ao projeto, podendo ser monoponto, multiponto com retorno ou multiponto sem retorno.

Filtro de combustível

O filtro está conectado após a bomba de combustível. O filtro possui um elemento de papel com porosidade média de 10 μm ; após este encontra-se uma peneira, a qual detém eventuais partículas de papel que tenham se soltado. Por este motivo, a direção de fluxo indicada no filtro deve ser obrigatoriamente mantida. O período de troca é determinado pelo fabricante do sistema e pode variar entre 20.000km e 50.000km.

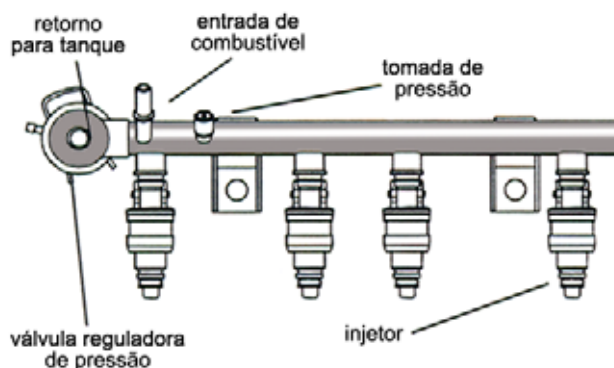
OBSERVAÇÃO

O teste do filtro de combustível faz parte do teste de vazão da eletrobomba.



Tubo distribuidor

O tubo distribuidor tem uma função de acumulador. O seu volume em relação à quantidade de combustível injetada no motor por ciclo de trabalho é grande o suficiente para evitar oscilações de pressão. Portanto, as válvulas de injeção conectadas ao tubo distribuidor recebem a mesma pressão de combustível.

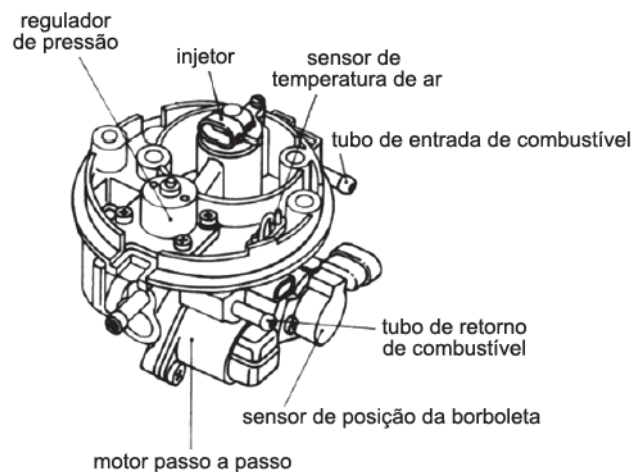


Corpo de borboleta

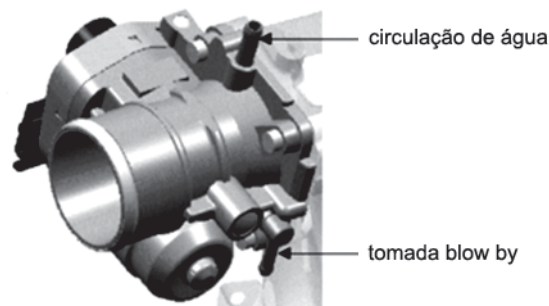
O corpo de borboleta tem a função de dosar a quantidade de ar fornecida ao motor, em função da exigência do motorista através do acelerador.

Os corpos de borboleta de sistemas de injeção monoponto e multiponto são diferentes. Nos corpos de borboleta de sistemas multiponto encontramos apenas o potenciômetro de borboleta. Já nos corpos de borboleta de sistemas monoponto são fixados também o atuador de marcha lenta, o sensor de temperatura do ar, o bico injetor e o regulador de pressão.

CORPO DE BORBOLETA - SISTEMA MONOPONTO



CORPO DE BORBOLETA - SISTEMA MULTIPONTO

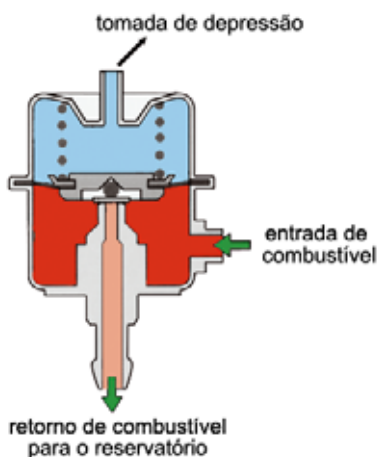


Regulador de pressão

O regulador de pressão está posicionado na extremidade do tubo distribuidor ou no corpo de borboleta (monoponto). A principal função do regulador é manter a pressão do combustível conforme o sistema de injeção. Em alguns casos possui fluxo de retorno de combustível para o reservatório (tanque). É composto de uma carcaça de metal separada em duas partes através de uma membrana rebordeada:

- uma câmara de mola onde se aloja a mola helicoidal que aplica uma pré-tensão na membrana;
- uma câmara para o combustível.

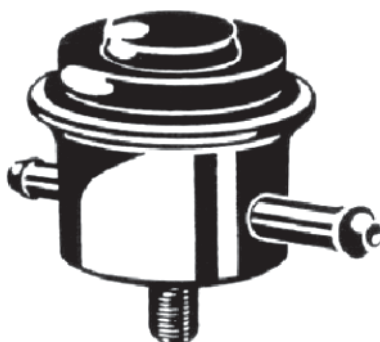
Quando a pressão regulada é ultrapassada ocorre a liberação da abertura para a tubulação de retorno, por meio de uma válvula acionada pela membrana por onde o combustível em excesso retorna, sem pressão, ao reservatório.



A câmara de mola do regulador de pressão está conectada, por meio de uma tubulação, ao coletor de admissão do motor após a borboleta de aceleração. Isto faz com que a pressão no sistema de combustível seja em função da pressão absoluta do coletor de admissão, e com isso, a pressão na válvula de injeção permanece igual para qualquer posição da borboleta de aceleração.

Amortecedor de oscilações

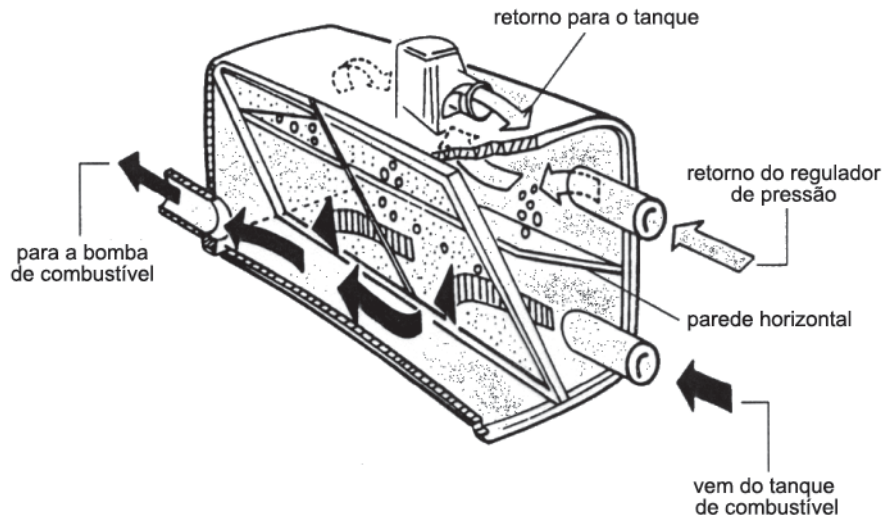
Na tubulação de retorno ou na tubulação principal de combustível é montado um amortecedor de oscilações. Ele é fabricado de maneira semelhante ao regulador de pressão, mas sem a ligação para o coletor de admissão. O amortecedor evita oscilações de pressão com a conseqüente eliminação de ruídos por pulsações. As pulsações se formam pela mudança da pressão do combustível na abertura ou fechamento das válvulas de injeção ou do regulador de pressão.



Eliminador de bolhas

Na linha Ford e VW é utilizado um eliminador de bolhas de ar situado na linha de combustível, entre a pré-bomba e a bomba principal.

Tem por função eliminar as bolhas na linha principal mantendo assim, a alimentação da bomba principal isenta de ar.



Válvula injetora

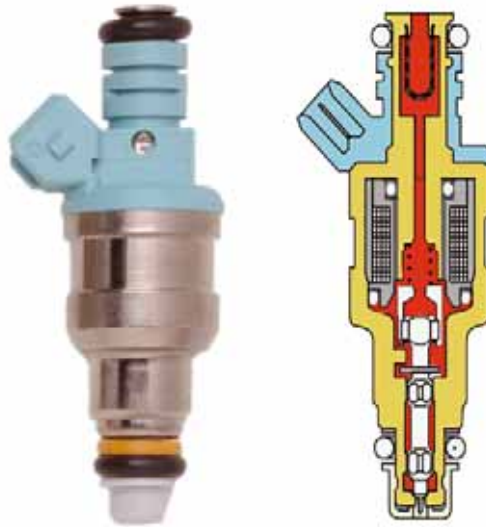
A válvula injetora ou bico injetor pertence ao grupo de atuadores, mas como foi abordado o tópico circuito de combustível, ao qual ela pertence, iremos explicá-la agora.

As válvulas injetoras são acionadas através de pulsos elétricos provenientes da unidade de comando. É composta de um corpo de válvula e de uma agulha na qual se assenta o induzido do magneto. O corpo da válvula contém o enrolamento e a guia para a agulha.

Quando não há corrente no enrolamento, a agulha do bico é pressionada através de uma mola helicoidal contra o seu assento, na saída da válvula.

Quando a bobina magnética é excitada, a agulha se eleva aproximadamente 0,1mm do assento permitindo a passagem de combustível através de uma fenda anelar calibrada. A extremidade anterior da agulha possui um pino cônico com uma superfície retificada, para pulverização do combustível.

Em sistemas multiponto, com o objetivo de se obter uma boa distribuição de combustível com baixas perdas por condensação, deve ser evitado o umedecimento das paredes do coletor de admissão. Por este motivo, o ângulo de injeção e a distância das válvulas de injeção até a válvula de admissão do motor devem ser determinados de modo específico para cada motor.



A montagem das válvulas de injeção é realizada através de suportes especiais; o alojamento das válvulas de injeção nestes suportes é realizado através de anéis de borracha. A isolamento térmica assim obtida evita a formação de bolhas de vapor garantindo assim um bom comportamento das partidas a quente. Além disto as válvulas são protegidas através destes suportes de borracha das altas solicitações de vibração.

- **Características das válvulas injetoras**

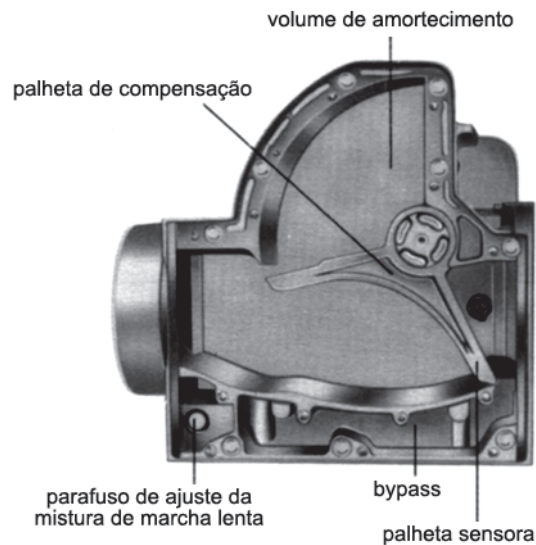
- Resistência (exemplo de válvula utilizada na injeção Le Jetronic): 1Ω a 3Ω .
- Testes hidráulicos: estanqueidade, equalização de volume (no caso de multiponto) e formato do leque de injeção.

SENSORES

SENSOR DE FLUXO DE AR

O medidor de fluxo de ar fica entre o filtro de ar e a borboleta de aceleração e registra o fluxo volumétrico do ar aspirado pelo motor (m³/h). O fluxo do ar aspirado deflete uma borboleta acumuladora contra a constante pressão de retorno de uma mola.

A posição angular da borboleta acumuladora é explorada por um potenciômetro cuja tensão é informada à unidade de comando (central de injeção), onde é comparada com a tensão de alimentação do potenciômetro. Essa relação de tensão é uma medida para o fluxo volumétrico de ar aspirado pelo motor.



Para que as pulsações do ar aspirado não estimulem a oscilação da borboleta acumuladora, ela é amortecida por uma contra borboleta e um “volume de amortecimento”. Para considerar a variação de densidade do ar nas variações de temperatura, há um sensor integrado ao medidor de volume de ar cujo valor de resistência varia de acordo com a temperatura, servindo como índice de cálculo de correção para a unidade de comando.

- **Características do sensor de fluxo de ar**

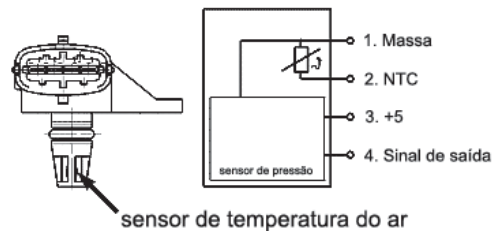
- Tensão de alimentação - 5V
- Resistência elétrica entre os pinos
 - 9 e 5 - 500Ω a 760Ω
 - 8 e 9 - 160Ω a 360Ω
 - 8 e 5 - 340Ω a 450Ω
 - 7 e 5 - 60Ω com a palheta totalmente fechada
 - 1000Ω com a palheta totalmente aberta

SENSOR DE TEMPERATURA DO AR

O sensor de temperatura do ar é formado por um corpo de latão do qual sai um conector de plástico que protege o elemento resistivo constituído por um termistor do tipo NTC (coeficiente negativo de temperatura), no qual o valor da resistência é inversamente proporcional ao valor da temperatura, ou seja, quando a temperatura sobe a resistência elétrica do sensor diminui e quando a temperatura desce a resistência elétrica do sensor aumenta.

O sensor está instalado na linha de admissão, podendo estar localizado:

- no próprio coletor de admissão;
- na mangueira que conecta o filtro de ar com o coletor de admissão;
- integrado ao sensor de fluxo de ar;
- integrado ao sensor de filme aquecido;
- integrado ao sensor de fio aquecido;
- integrado ao sensor de pressão absoluta;
- integrado ao corpo de borboleta, conforme projeto.



A tensão de referência para o sensor de temperatura é de 5 volts. Dado que este circuito é projetado como divisor de tensão, esta tensão é dividida entre uma resistência existente na central eletrônica e a resistência do NTC do sensor de temperatura do ar. A central eletrônica consegue avaliar constantemente as variações de resistência do sensor através das mudanças de tensão, obtendo assim a informação sobre a temperatura do ar aspirado.

• Características do sensor de temperatura do ar

- Tensão de alimentação - 5V
- Resistência x Temperatura (exemplo de sensor utilizado em injeção Magneti Marelli G7)
 - 20°C - 4000Ω
 - 30°C - 2500Ω
 - 50°C - 600Ω
 - 60°C - 300Ω
 - 80°C - 200Ω

SENSOR DE PRESSÃO ABSOLUTA

O sensor de pressão absoluta está ligado ao coletor de admissão através de mangueira ou diretamente ao coletor.



O elemento sensível contido na peça de plástico é composto de uma ponte de resistências (ponte de Wheatstone) serigrafadas numa placa de cerâmica muito fina (diafragma) de forma circular, montada na parte inferior de um suporte de forma anelar.

O diafragma separa duas câmaras; na parte inferior lacrada foi criado vácuo, enquanto que a câmara superior está em comunicação direta com o coletor de admissão.

O sinal de natureza piezoresistiva que deriva da deformação sofrida pela membrana, antes de ser enviado à central, é amplificado por um circuito eletrônico, contido no mesmo suporte que aloja a membrana de cerâmica. O diafragma, com o motor desligado, curva-se em função do valor da pressão atmosférica; desta maneira, com a chave ligada, obtém-se a exata informação da altitude.

O motor em funcionamento gera uma depressão que causa uma ação mecânica no diafragma do sensor, o qual se curva fazendo variar o valor de resistências. Dado que a alimentação é mantida rigorosamente em 5 volts pela central eletrônica, variando o valor das resistências, o valor da tensão de saída varia proporcionalmente à depressão existente no coletor de admissão.

• Características do sensor de pressão absoluta

- Tensão de alimentação - 5V
- Pressão x Tensão (exemplo: Bosch)

PRESSÃO (mmHg)	TENSÃO (volts)
0	4,0
200	2,5
400	1,2
500	0,6

SENSORES MEDIDORES DE MASSA DE AR

Os sensores que medem a massa de ar podem ser a filme ou a fio aquecido. Estes medidores, localizados entre o filtro de ar e a borboleta de aceleração, são sensores térmicos de carga que registram a massa de ar em Kg/h (quilogramas por hora), de acordo com o fluxo do ar aspirado que resfria um corpo eletricamente aquecido.

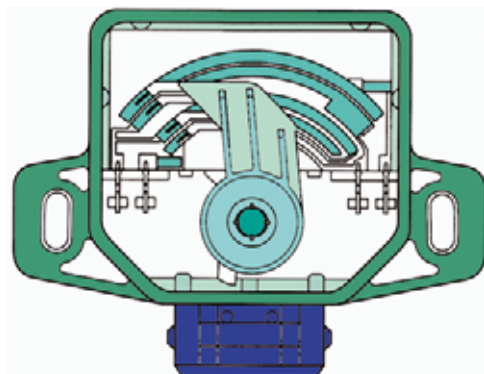


Um circuito de regulagem conduz a corrente de aquecimento de modo que esse corpo assuma um excesso de temperatura constante em relação ao ar aspirado. Essa corrente de aquecimento será então uma medida para a massa de ar. A vantagem de se medir a massa de ar é a eliminação de problemas causados pela variação de temperatura, altitude, pressão, etc.

- **Características do sensor medidor de massa de ar**
 - Tensão de alimentação - 12V
 - Tensão de saída para a central de 0,09V a 4,97V

SENSOR DE POSIÇÃO DA BORBOLETA DE ACELERAÇÃO

O sensor, fixado no corpo de borboleta, é composto de um ou mais potenciômetros cuja parte móvel é comandada pelo eixo da borboleta aceleradora. Tem a função de avaliar a posição angular da borboleta de aceleração e transmitir uma relação de tensão para a unidade de comando através de um circuito de resistência.



A central de comando alimenta, durante o funcionamento, o potenciômetro com uma tensão constante de 5 volts. O parâmetro medido é a posição da borboleta de abertura mínima à abertura máxima.

- **Características do sensor de posição da borboleta de aceleração**

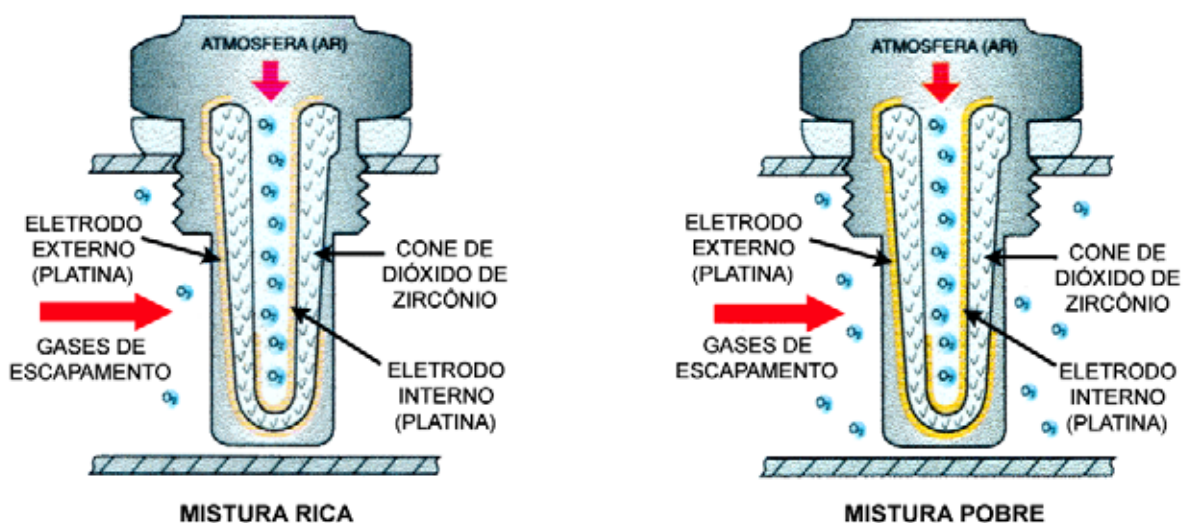
- Tensão de alimentação - 5V
- Tensão de saída para a central
 - Borboleta fechada - 0,4V a 0,7V
 - Borboleta totalmente aberta - 4,0V a 5,0V

SENSOR DE OXIGÊNIO OU SONDA LAMBDA

Esse sensor, localizado no sistema de escapamento, consiste de um corpo de cerâmica especial cuja superfície é provida de eletrodos de platina permeáveis a gás. A atuação da sonda baseia-se no fato de que o material cerâmico é poroso e permite uma difusão do oxigênio do ar (eletrólito compacto).



A tensão e resistência interna da sonda dependem da temperatura, pois a cerâmica torna-se condutora em temperaturas elevadas (acima de 350°). Havendo uma diferença de teor de oxigênio entre os dois lados será gerado uma tensão elétrica nos eletrodos.



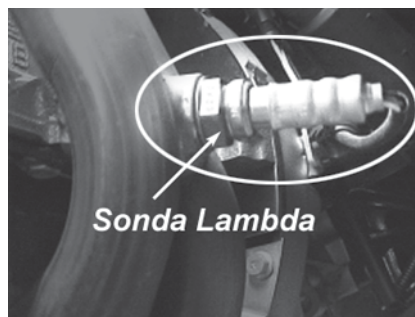
A sonda lambda está localizada antes do conversor catalítico e tem como função medir o conteúdo de oxigênio dos gases de descarga e informar à central para que possa corrigir a quantidade de combustível injetado.

Nos veículos, as sondas podem apresentar de acordo com o projeto com:

1 - 1 fio = sinal

2 - 3 fios = 1 de sinal e os outros dois são do PTC (coeficiente positivo de temperatura) de aquecimento.

3 - 4 fios = 1 de sinal / 1 de massa e os outros dois do PTC de aquecimento.



- **Características do sensor de oxigênio**

- Resistência do PTC de aquecimento $\cong 4,6\Omega$
- Tensão de alimentação do PTC sonda **finger** - 12V constante
- Tensão de alimentação do PTC sonda planar - variável conforme *duty cycle* enviado pela central de injeção - 4,5V a 12V
- Tensão gerada pela sonda - 100mV a 900mV

SENSOR DE TEMPERATURA DA ÁGUA

Esse sensor, localizado no sistema de arrefecimento, é capaz de perceber a variação de temperatura da água e informar essa variação sob a forma de um sinal elétrico.

O sensor é formado por um corpo de latão ou plástico que protege o elemento resistivo constituído por um termistor do tipo NTC (coeficiente negativo de temperatura), no qual o valor da resistência é inversamente proporcional ao valor da temperatura, ou seja, quando a temperatura sobe a resistência elétrica do sensor diminui e quando a temperatura desce a resistência elétrica do sensor aumenta.

A tensão de referência para o sensor de temperatura é de 5 volts. Dado que este circuito é projetado como divisor de tensão, esta tensão é dividida entre uma resistência existente na central eletrônica e a resistência do NTC do sensor de temperatura da água. A central eletrônica consegue avaliar constantemente as variações de resistência do sensor através das mudanças de tensão, obtendo assim a informação sobre a temperatura da água.



- **Características do sensor de temperatura da água**

- Tensão de alimentação - 5V
- Resistência x Temperatura (exemplo de sensor utilizado em injeção Magneti Marelli G7)
 - 30°C - 2500Ω
 - 60°C - 600Ω
 - 80°C - 300Ω
 - 100°C - 200Ω

SENSOR DE ROTAÇÃO E PMS

O sensor de rotação do motor e referência da posição angular da árvore de manivelas (identificação do PMS) pode estar localizado próximo à árvore de manivelas ou próximo ao comando de válvulas, de acordo com cada tipo de projeto.

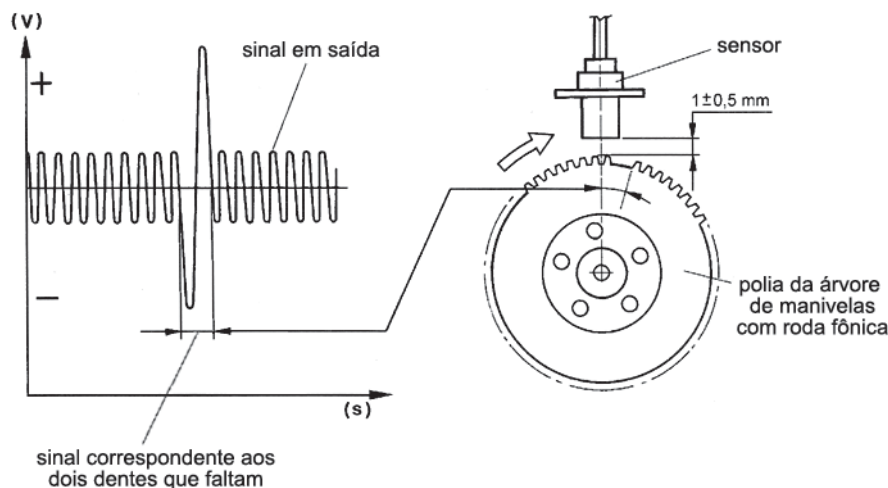
O sensor de rotação funciona por princípios eletromagnéticos. Os mais utilizados atualmente são do tipo indutivo ou de efeito hall.

Sensor indutivo

O sensor do tipo indutivo é constituído de um estojo tubular dentro do qual há um ímã permanente e uma bobina. O campo magnético criado pelo ímã sofre, devido a passagem dos dentes da roda fônica, oscilações na sua intensidade.

Estas oscilações induzem uma força eletromotriz nas extremidades da bobina gerando uma tensão alternada de acordo com a passagem dos dentes da roda fônica pelo sensor. O valor de pico de tensão na saída do sensor depende, como de outros fatores, da distância entre o sensor e os dentes da roda fônica.

Na roda fônica existem sessenta dentes; a distância entre eles corresponde a um ângulo de 6° (360° dividido por 60 dentes). Dois desses dentes são removidos para criar uma referência. O início do sincronismo para a injeção e também para a ignição é reconhecido logo depois do espaço vazio dos dois dentes que faltam. Esse espaço vazio gera uma amplitude de sinal diferenciado dos outros dentes, isso faz com que o módulo inicie uma contagem a partir do primeiro dente depois da falha. Após um determinado número de dentes, de acordo com o projeto, encontra-se o ponto morto superior do pistão 1 e a partir dele monta-se o mapa de sincronismo.



- **Características do sensor de rotação e PMS - indutivo**

- Resistência do sensor - $680\Omega \pm 15\%$ (exemplo de sensor utilizado em injeção Magneti Marelli G7)

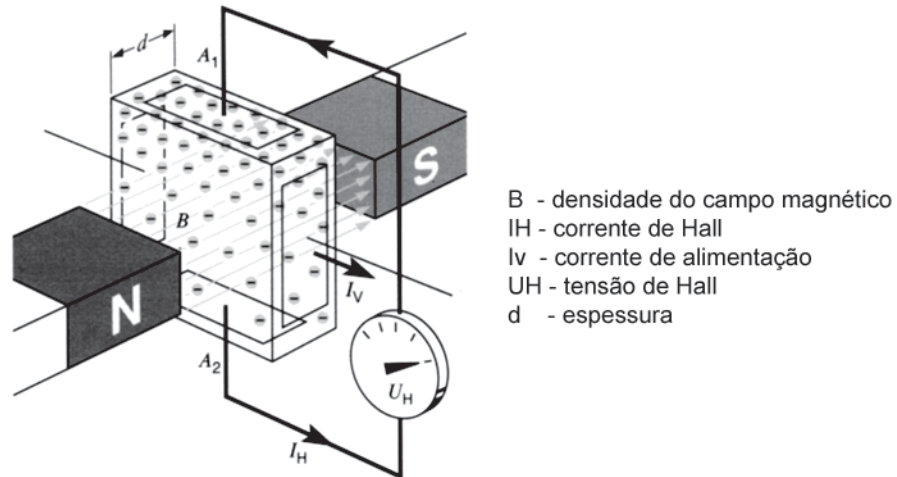
Sensor de efeito Hall

O sensor de efeito "Hall" consiste de um componente fixo e um rotativo. O impulsor consta de um ímã permanente com peças condutoras e de um circuito integrado (CI - Hall).

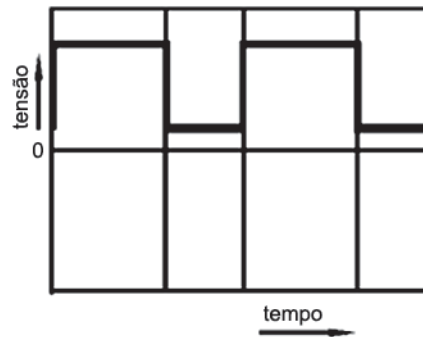
O CI - Hall é um interruptor eletrônico que comporta o modelador de impulsos, o amplificador, o estabilizador de tensão e o compensador de temperatura, além da placa semicondutora "Hall".

O funcionamento desse tipo de sensor baseia-se no efeito "Hall": uma corrente elétrica (I_v) percorre uma camada semicondutora (camada "Hall"). Se essa camada for exposta a um campo magnético "B" de sentido perpendicular, origina-se entre as superfícies de contato "A1" e "A2" uma tensão no âmbito de milivolts denominada de "tensão Hall" (UH).

Se a intensidade da corrente for constante, a “tensão Hall” (U_H) dependerá exclusivamente da intensidade do campo magnético. Quanto mais intenso for o campo, tanto maior será a tensão “ U_H ”. Se a intensidade do campo magnético sofrer modificações periódicas no ritmo necessário, a central de injeção consegue identificar a rotação e o PMS.



Quando um dos segmentos de blindagem penetrar no entreferro do impulsor, o campo magnético é desviado impedindo que ele passe ao CI - Hall. A camada “Hall” está agora, praticamente, isenta de campo e portanto $U_H = 0$.



- **Características do sensor de rotação e PMS - hall**

- Tensão de alimentação - > 10V
- Amplitude do sinal gerado - 2V a 14V, de acordo com o circuito aplicado.

SENSOR DE DETONAÇÃO

O sensor de detonação está situado no cabeçote e/ou no bloco do motor, em lugar estratégico conforme o projeto. Quando ocorre o fenômeno da detonação são geradas vibrações de uma certa frequência no bloco ou cabeçote do motor. Essas vibrações incidem sobre um cristal piezoelétrico, localizado no interior do sensor que envia um sinal a central eletrônica. A central com base neste sinal reduz o avanço de ignição até que o fenômeno da detonação desapareça, a partir disso, a central restabelece o avanço de ignição gradativamente.

O sensor de detonação contém uma bucha passante para prevenir um aperto não apropriado. Em caso de substituição, para evitar que a sensibilidade do sensor seja reduzida, não coloque arruelas ou espaçadores entre a superfície do sensor e o motor.

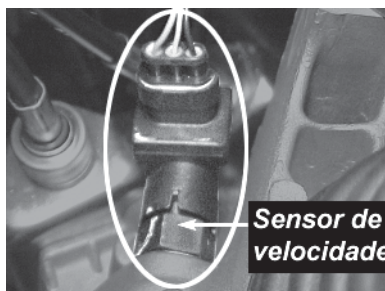


- **Características do sensor de detonação**

Sem valores especificados pelo fabricante.

SENSOR DE VELOCIDADE

O sensor de velocidade, localizado na saída do diferencial, transmite a informação de velocidade para a central de injeção e ignição. Como é um sensor de efeito Hall, seu funcionamento é o mesmo do sensor de rotação visto anteriormente.



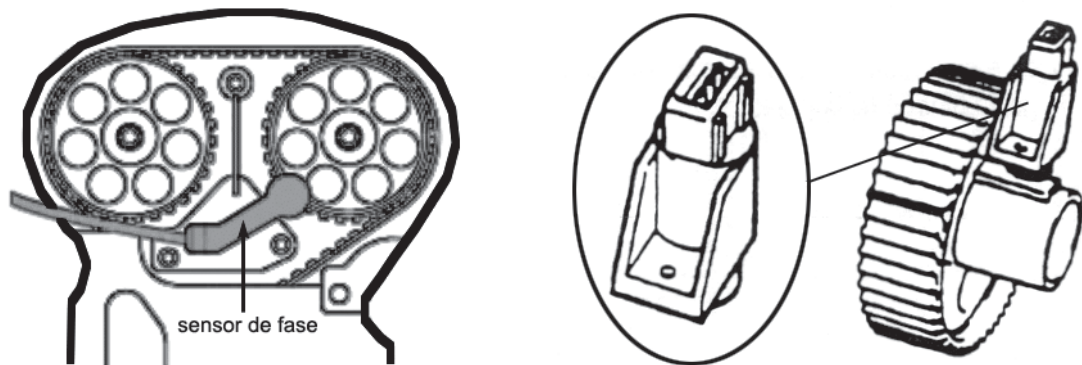
- **Características do sensor de velocidade**

- Tensão de alimentação - > 10V
- Amplitude do sinal gerado - 2V a 14V, de acordo com o circuito aplicado.

SENSOR DE FASE

O sensor de fase está localizado próximo ao comando de válvulas ou próximo ao comando intermediário e seu princípio de funcionamento é o mesmo do sensor de velocidade. Sua função no sistema é indicar quando o primeiro cilindro está no tempo de compressão, para que a central possa assim determinar:

- 1 - A seqüência de injeção de combustível.
- 2 - A seqüência de disparo para a ignição, de acordo com o projeto.
- 3 - Para determinar qual sensor de detonação efetuará a leitura, quando houver mais de um sensor de detonação.



- **Características do sensor de fase**

- Tensão de alimentação - > 10V
- Amplitude do sinal gerado - 2V a 14V, de acordo com o circuito aplicado.

ATUADORES

ELETROVÁLVULAS

O sistema de injeção conta com eletroválvulas para acionar ou interromper o funcionamento de alguns atuadores, tais como o cânister, válvula egr, válvulas injetoras (bico injetor), coletor de admissão variável e comando de válvulas variável. Consegue isto através do módulo de injeção que permite ou não a passagem de corrente elétrica que alimenta a eletroválvula.

A eletroválvula ou solenóide é um mecanismo eletromagnético composto de um enrolamento de fio (bobina) em torno de um núcleo móvel de ferro. Quando a corrente passa pela bobina cria-se um campo magnético que puxa o núcleo para o interior do enrolamento.

Como exemplo, trataremos apenas do teste da eletroválvula do cânister, pois o princípio básico de testes é válido para as demais eletroválvulas do sistema de injeção, com variações apenas nos valores de resistência.

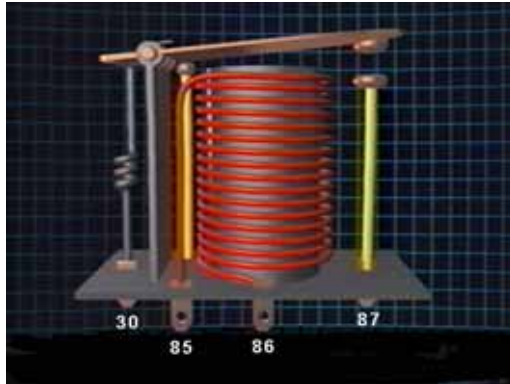
Característica da eletroválvula do cânister

- Tensão de alimentação
12V
- Resistência elétrica (exemplo de eletroválvula utilizada na injeção Magneti Marelli G7)
20Ω a 26Ω
- Teste de estanqueidade e funcionamento mecânico
Utilize uma bomba de vácuo e gere uma depressão na saída da eletroválvula:
 - sem tensão de alimentação analise a vedação da eletroválvula, o valor da depressão na bomba deve se manter o mesmo.
 - com tensão de alimentação, o valor da depressão na bomba deve cair.

RELÉS DE COMANDO

Os relés são componentes eletromecânicos capazes de controlar circuitos externos de grandes correntes a partir de pequenas correntes ou tensões, ou seja, acionando um relé com uma pilha podemos controlar um motor que esteja ligado em 110 ou 220 volts.

O funcionamento dos relés é bem simples: quando uma corrente circula pela bobina, esta cria um campo magnético que atrai um ou uma série de contatos fechando ou abrindo circuitos. Ao cessar a corrente da bobina o campo magnético também cessa, fazendo com que os contatos voltem para a posição original.



Os relés podem ter diversas configurações quanto aos seus contatos: podem ter contatos NA (normalmente aberto), NF (normalmente fechado) ou ambos.

Os contatos NA são os que estão abertos enquanto a bobina não está energizada e que fecham, quando a bobina recebe corrente. Os NF abrem-se quando a bobina recebe corrente, ao contrário dos NA.

Devem ser observadas as limitações dos relés quanto a corrente e tensão máxima admitida entre os terminais. Se não forem observados estes fatores a vida útil do relé estará comprometida, ou até a do circuito controlado.

Os relés são utilizados pelos módulos dos sistemas de injeção eletrônica para comandar, por exemplo, a eletrobomba de combustível, o ar condicionado e os eletroventiladores.

Características do relé universal

- Resistência elétrica entre os pinos 85 e 86
40 Ω a 70 Ω
- Entre os pinos 30 e 87 deve existir continuidade (resistência = 0 Ω) quando o relé estiver energizado nos pinos 85 e 86.

BOBINAS DE IGNIÇÃO

A bobina de ignição armazena a energia necessária para a ignição e gera a alta tensão necessária para a ruptura da faísca no ponto de ignição.

O funcionamento de uma bobina de ignição baseia-se na lei da indução. Ela consiste de dois enrolamentos de cobre acoplados magneticamente (enrolamento primário e secundário). A energia armazenada no campo magnético do enrolamento primário é transmitida para o lado secundário. A corrente e a tensão são transferidas do lado primário para o lado secundário dependendo da relação do número de espiras (relação de espiras).

As bobinas modernas de ignição consistem de um núcleo de ferro fechado, composto por chapas laminadas e uma carcaça plástica. A carcaça plástica é preenchida com resina de epóxi para isolamento dos enrolamentos entre si e em relação ao núcleo. A estrutura e o modelo da bobina de ignição dependem de cada caso de aplicação.



O módulo da injeção atua na bobina de ignição controlando o tempo de fluxo da corrente elétrica de acordo com as necessidades do motor.

Características da bobinas de ignição

- Resistência elétrica (exemplo de bobina utilizada na injeção Magneti Marelli G7)
 - Primário - $0,4\Omega$ a $0,6\Omega$
 - Secundário - $7400\Omega \pm 1000\Omega$
- Para testar a tensão de saída utilizar um centelhador ou o osciloscópio.

ATUADOR DE MARCHA LENTA

Um motor para funcionar em marcha lenta com a borboleta completamente fechada, necessita de uma certa quantidade de ar e de combustível para vencer os atritos e manter sua própria rotação.

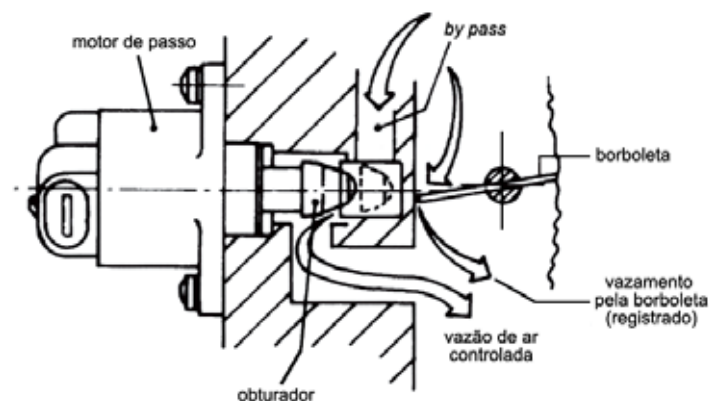
Na quantidade de ar que chega do filtro, que em marcha lenta passa através da borboleta em posição fechada, é preciso acrescentar durante as fases de aquecimento do motor e ou ao ligar os acessórios elétricos ou de cargas externas existentes (ar condicionado, direção hidráulica), uma maior quantidade de ar para que o motor possa manter constante o valor de rotações. Para obter este resultado o sistema utiliza os chamados atuadores de marcha lenta, que podem ser do tipo solenóides (já explicado em eletroválvulas), motor de passo e motor de corrente contínua que veremos a seguir.

Motor de passo

O motor de passo é fixado ao corpo de borboleta e está subordinado ao módulo de injeção/ignição que durante o funcionamento desloca uma haste munida de um obturador que varia a seção de passagem do *by pass* e, conseqüentemente a quantidade de ar aspirada pelo motor.

O módulo eletrônico utiliza, para regular este tipo de ação, os parâmetros de velocidade angular do motor e temperatura do líquido de arrefecimento provenientes dos respectivos sensores.

O motor elétrico de passo é caracterizado por elevada precisão e resolução (cerca de 20 rotações). Os impulsos enviados pelo módulo eletrônico de comando ao motor são transformados de movimento rotatório a movimento linear de deslocamento (cerca de 0,04mm / passo), através de um mecanismo do tipo rosca sem-fim interna, aciona o obturador cujos deslocamentos variam a seção do *by pass*. A vazão de ar mínima de valor constante é devido a passagem sob a borboleta, a qual é regulada na fábrica e garantida por uma tampa de inviolabilidade. A vazão máxima é garantida pela posição de máxima rotação do obturador (cerca de 200 passos correspondentes a 8mm linear).



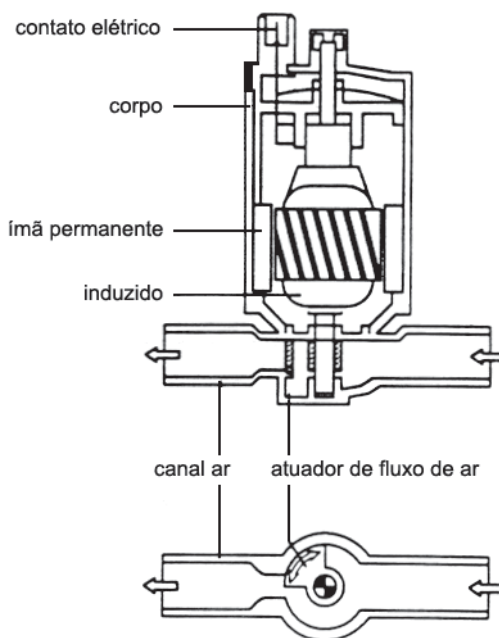
- **Características do motor de passo**

- Resistência elétrica (exemplo de motor de passo utilizada na injeção Magneti Marelli G7)

pinos: A - D	40Ω a 70Ω
B - C	40Ω a 70Ω
- Tensão de alimentação
12V

Motor de corrente contínua

Os atuadores de marcha lenta do tipo motor de corrente contínua variam o fluxo de ar através da ação de um motor que está ligado a um eixo que por sua vez está ligado a uma guilhotina. O motor é controlado pelo módulo de injeção que atua sobre ele com um pulso variável. O motor tem que vencer a ação de uma mola que tende a fechar a passagem do *by pass*. A abertura necessária no *by pass* varia de acordo com o regime de marcha lenta. Para suprir esta variação o módulo aumenta ou diminui o tempo do pulso enviado ao motor, sendo que quanto maior o tempo do pulso maior será a abertura do *by pass*.



- **Características do motor de corrente contínua**

- Resistência elétrica (exemplo utilizado nas injeções Motronic)

Atuador com 3 pinos	
Pinos 1 e 2	≅ 17,5Ω
Pinos 2 e 3	≅ 15,5Ω
Pinos 1 e 3	≅ 33,0 Ω
- Tensão de Alimentação
12 V

MÓDULO OU UNIDADE DE CONTROLE DA INJEÇÃO ELETRÔNICA

O módulo ou unidade de controle é o centro de processamento e comando do sistema da injeção eletrônica. Através dos sinais recebidos dos sensores, o módulo calcula os sinais de excitação para os atuadores com auxílio das funções e algoritmos armazenados na memória ativando-os diretamente através dos estágios de saída de potência.

Os módulos de controle, devido a globalização, são chamados de vários nomes, tais como ECU, UC, ECM, Centralina, Caixa de Comando, Central Eletrônica, etc.

Para atender as necessidades de cada projeto, os sistemistas designaram diversas estratégias para os módulos de controle. As estratégias de controle da injeção têm o objetivo de fornecer ao motor a quantidade de combustível correta e no momento certo em função das condições de funcionamento do motor.

MÉTODOS PARA QUANTIFICAR O AR ADMITIDO

Speed Density

O sistema de injeção e ignição utiliza um sistema de medida indireta (Speed Density Lambda) ou seja velocidade angular de rotação, densidade do ar aspirado e controle da mistura.

A quantidade de ar aspirada por cada cilindro, para cada ciclo do motor, além da densidade do ar aspirado, depende também da cilindrada unitária e da eficiência volumétrica.

A densidade do ar aspirada pelo motor é calculada em função da pressão absoluta do motor e da temperatura, ambas detectadas no coletor de admissão.

Eficiência volumétrica é o parâmetro referente ao coeficiente de enchimento dos cilindros detectados com base de experimentos feitos no motor em todos os regimes de funcionamento e depois memorizados no módulo eletrônico.

Estabelecida a quantidade de ar admitida, o sistema fornece a quantidade de combustível ideal.

Rotação x ângulo de borboleta

Nesse caso o sensor da borboleta de aceleração é utilizado como sensor de carga para determinação do tempo de injeção e ponto de ignição. O sinal de carga também é usado entre outros, como informação adicional para funções dinâmicas para reconhecimentos de faixas (marcha lenta, carga parcial e plena carga).

Quando o sensor da borboleta de aceleração é empregado como sensor principal de carga, as exigências quanto à sua precisão ficam maiores. A maior precisão de posicionamento é obtida por um sensor de borboleta de aceleração com dois potenciômetros (dois setores angulares).

A massa de ar aspirada é determinada na unidade de comando em função da posição da borboleta de aceleração e rotação pertinente. Variações de massa de ar em função de temperaturas são consideradas através da avaliação do sensor de temperatura do ar admitido.

Medidor de fluxo de ar x rotação

Neste caso o sensor principal indicador de carga é o medidor de fluxo de ar. A massa de ar aspirada é determinada na unidade de comando em função do sinal do sensor de rotação e do sensor medidor de fluxo de ar. Variações de massa de ar em função de temperaturas são consideradas através da avaliação do sensor de temperatura do ar admitido.

Medidor de massa de ar e rotação

Neste caso o sensor principal indicador de carga é o medidor de massa de ar. A massa de ar aspirada é determinada na unidade de comando em função do sinal do sensor de rotação e do sensor medidor de massa de ar. Variações de massa de ar em função de temperaturas são consideradas através da avaliação do sensor de temperatura do ar admitido.

ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DOS INJETORES EM SISTEMAS MULTIPONTO

Dependendo do sistema de injeção, o controle dos injetores pelo módulo pode ser:

- *Full group* - todos injetores injetam ao mesmo tempo.
- Semi-seqüencial - injetam de dois em dois nos cilindros gêmeos.
- Seqüencial - injetam na ordem de aspiração do motor.

ESTRATÉGIAS PARA PARTIDA COM O MOTOR FRIO

Nesta condição há um empobrecimento natural da mistura devido a má turbulência das partículas de combustível em baixas temperaturas.

Quando o motor está funcionando em baixas temperaturas, a evaporação é reduzida e ocorrem condensações nas paredes internas do coletor de admissão. Além disso, o óleo lubrificante em baixas temperaturas aumenta a resistência à rotação dos órgãos mecânicos do motor.

O módulo eletrônico reconhece esta condição pelo sinal do sensor de temperatura do motor e enriquece a mistura, conforme mapas memorizados, aumentando o tempo de injeção. Esse tempo de injeção será diminuído gradativamente com o aumento da temperatura (fase térmica).

ESTRATÉGIAS PARA SITUAÇÕES DE ACELERAÇÃO

Nesta fase, o módulo aumenta adequadamente a quantidade de combustível exigida pelo motor, a fim de obter o torque máximo, em função dos sinais provenientes dos seguintes sensores:

- Potenciômetro de borboleta
- Sensor de pressão absoluta
- Sensor de rotação e PMS

ESTRATÉGIAS PARA SITUAÇÕES DE DESACELERAÇÃO

Durante esta fase de utilização do motor acontece a sobreposição de duas estratégias que tem como função reduzir as emissões de hidrocarbonetos.

Cut-Off

A estratégia de *cut-off* (corte de combustível em desacelerações) é efetuada quando o módulo reconhece a borboleta na posição de marcha lenta, ou seja, fechada e a rotação do motor é ainda elevada. O módulo ativa a estratégia de *cut-off* somente quando a temperatura do líquido de arrefecimento do motor ultrapassar um valor pré estabelecido. Nestas condições o módulo não utiliza o sinal da sonda lambda.

Validadas as condições descritas, o *cut-off* é ativado e desativado com valores de rotações variáveis de acordo com a variação de temperatura do líquido de arrefecimento do motor.

Dash-pot

Esta estratégia monitora baixas rotações (*dash-pot*) para atenuar a variação de torque fornecida, ocasionando um freio motor mais suave. Quando o sinal do potenciômetro da borboleta indica uma diminuição do ângulo de abertura da borboleta aceleradora e a rotação for elevada, o módulo agindo sobre o atuador de marcha lenta do motor diminui, de maneira gradual, a quantidade de ar que passa através do *by-pass*.

ESTRATÉGIAS PARA SITUAÇÕES DE PLENA CARGA

Durante o funcionamento em plena carga, a mistura é enriquecida para que o motor forneça a potência máxima (que é alcançada fora da relação estequiométrica) e para impedir o aquecimento excessivo do catalisador.

A condição de plena carga é detectada através dos valores fornecidos pelo sensor de posição de borboleta e pelo sensor de pressão absoluta. Nesta condição, a central não utiliza o sinal proveniente da sonda lambda.

ESTRATÉGIA PARA CORREÇÃO BAROMÉTRICA

A pressão atmosférica varia em função da altitude, com isso ocorre uma alteração na eficiência volumétrica. Sendo assim, torna-se necessário corrigir a mistura ar/combustível (tempo base de injeção).

A correção do tempo de injeção estará em função da altitude e será realizada automaticamente pelo módulo eletrônico. Essa correção ocorre sempre que a chave de ignição é ligada ou em determinadas condições do ângulo de abertura da borboleta de aceleração e do número de rotações do motor (adaptação dinâmica da correção barométrica).

ESTRATÉGIA PARA CONTROLE DO LIMITE DE ROTAÇÕES

Essa estratégia tem como objetivo não permitir que o motor atinja rotações críticas de funcionamento. Para isso, o módulo eletrônico efetua uma redução no tempo de abertura das válvulas injetoras quando esse limite de rotação é atingido. Quando o número de rotações voltar a um valor permitido, o módulo restabelece o tempo normal de injeção.

ESTRATÉGIA DE AUTO-ADAPTAÇÃO DA MISTURA AR/COMBUSTÍVEL

Essa estratégia permite memorizar os desvios entre o mapeamento de base (memorizado no módulo) e as condições impostas pela sonda lambda. Essas condições podem aparecer de maneira persistente durante o funcionamento devido ao envelhecimento dos componentes do sistema e do próprio motor.

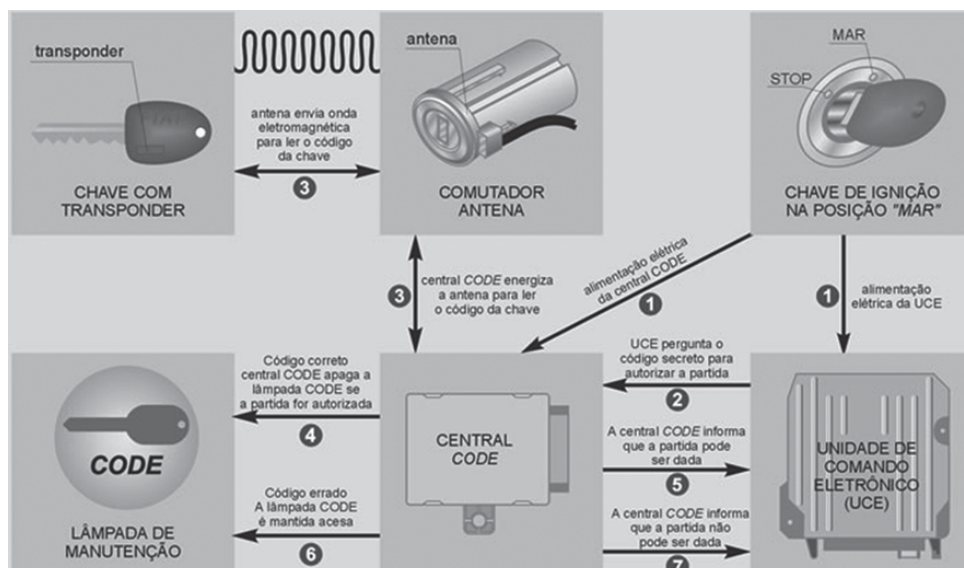
Estes desvios são memorizados permanentemente e fazem com que o módulo atue no tempo de injeção ou no atuador de marcha lenta, para se adaptar à nova condição de funcionamento.

ESTRATÉGIA DE CONTROLE DA FUNÇÃO IMOBILIZADOR

Esta função é realizada devido a presença da central eletrônica do imobilizador, capaz de comunicar-se com o módulo eletrônico de injeção e ignição e de uma chave eletrônica provida de um transmissor próprio para enviar um código de reconhecimento. Sempre que a chave for girada para a posição *stop*, o sistema imobilizador desativa completamente o módulo eletrônico de injeção e ignição.

Colocando a chave de ignição na posição ligada acontece a seguinte seqüência de operações:

- 1 - O módulo eletrônico de injeção (cuja memória contém um código secreto) solicita que a central eletrônica do imobilizador envie o código para desativar o bloqueio das funções.
- 2 - A central eletrônica do imobilizador responde enviando o código secreto depois de ter recebido o código de reconhecimento transmitido pela própria chave de ignição.
- 3 - O reconhecimento do código secreto permite que o bloqueio do módulo eletrônico de injeção e ignição seja desativado e que entre em funcionamento.



ESTRATÉGIA DE CONTROLE DO SISTEMA DE IGNIÇÃO

A ignição é controlada pelo módulo eletrônico que em função das informações recebidas dos sensores, monitora e corrige o avanço de ignição. Quando ocorrem os fenômenos da detonação e da pré-ignição, existe no módulo eletrônico uma estratégia de correção do avanço da ignição para que a detonação e a pré-ignição deixem de ocorrer.

Após a partida do motor, o módulo controla o avanço basicamente, depois passa a corrigi-lo de acordo com um mapeamento específico, em função da rotação do motor e do valor de pressão absoluta medida no coletor de admissão.

Esse valor de avanço é corrigido em função da temperatura do líquido de arrefecimento e do ar aspirado. Além disso, o valor de ângulo de avanço está sujeito a correção nos regimes transitórios de aceleração e desaceleração em condições de *cut-off* (corte de combustível em desacelerações) e para estabilizar as rotações de marcha lenta.

As estratégias citadas são pertinentes a sistemas de injeções digitais, pois sistemas de injeção analógicos trabalham com valores puros, simplesmente baseados nas informações dos sensores.

SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA ANALÓGICO - BOSCH LE JETRONIC

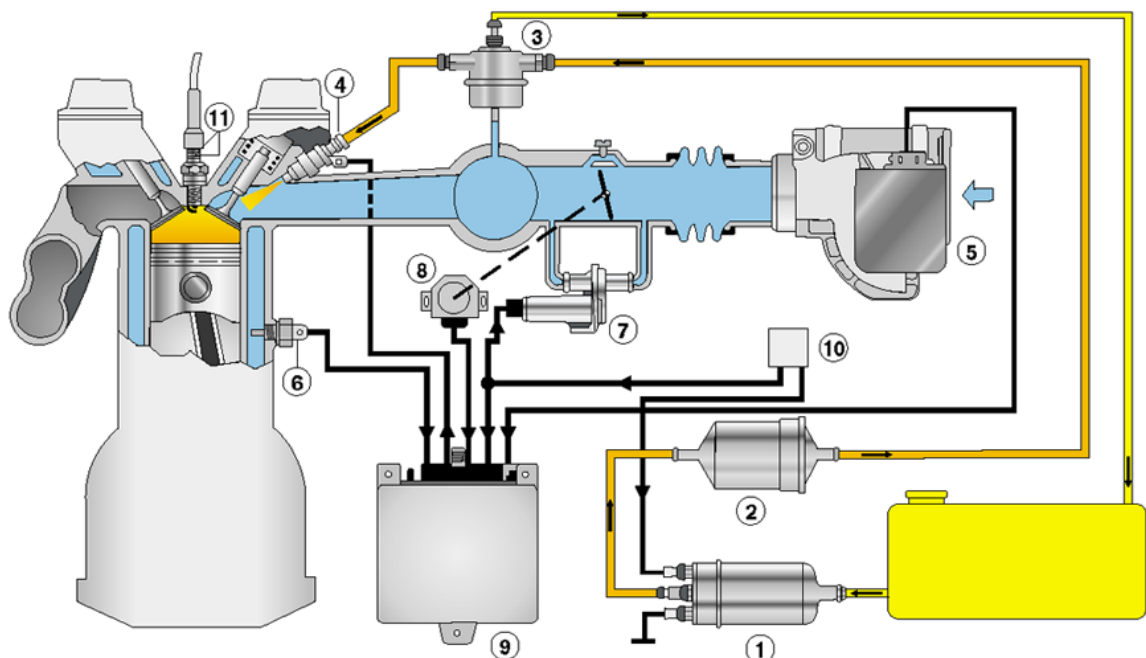
A unidade de comando LE - Jetronic recebe vários sinais de entrada provenientes dos diversos sensores que enviam informações precisas das condições instantâneas do funcionamento do motor.

A unidade de comando, então, processa essas informações recebidas e calcula o tempo adequado de injeção do combustível através de um sinal elétrico, o qual também é conhecido como tempo de injeção.

No sistema LE - Jetronic, as válvulas de injeção pulverizam o combustível simultaneamente, ou seja, todas são acionadas ao mesmo tempo. Neste sistema a unidade de comando da injeção controla somente o sistema de combustível.

Esse sistema é analógico e, por esta característica, não guarda na memória possíveis avarias que possam ocorrer. Não possui lâmpada de anomalia para o sistema de injeção.

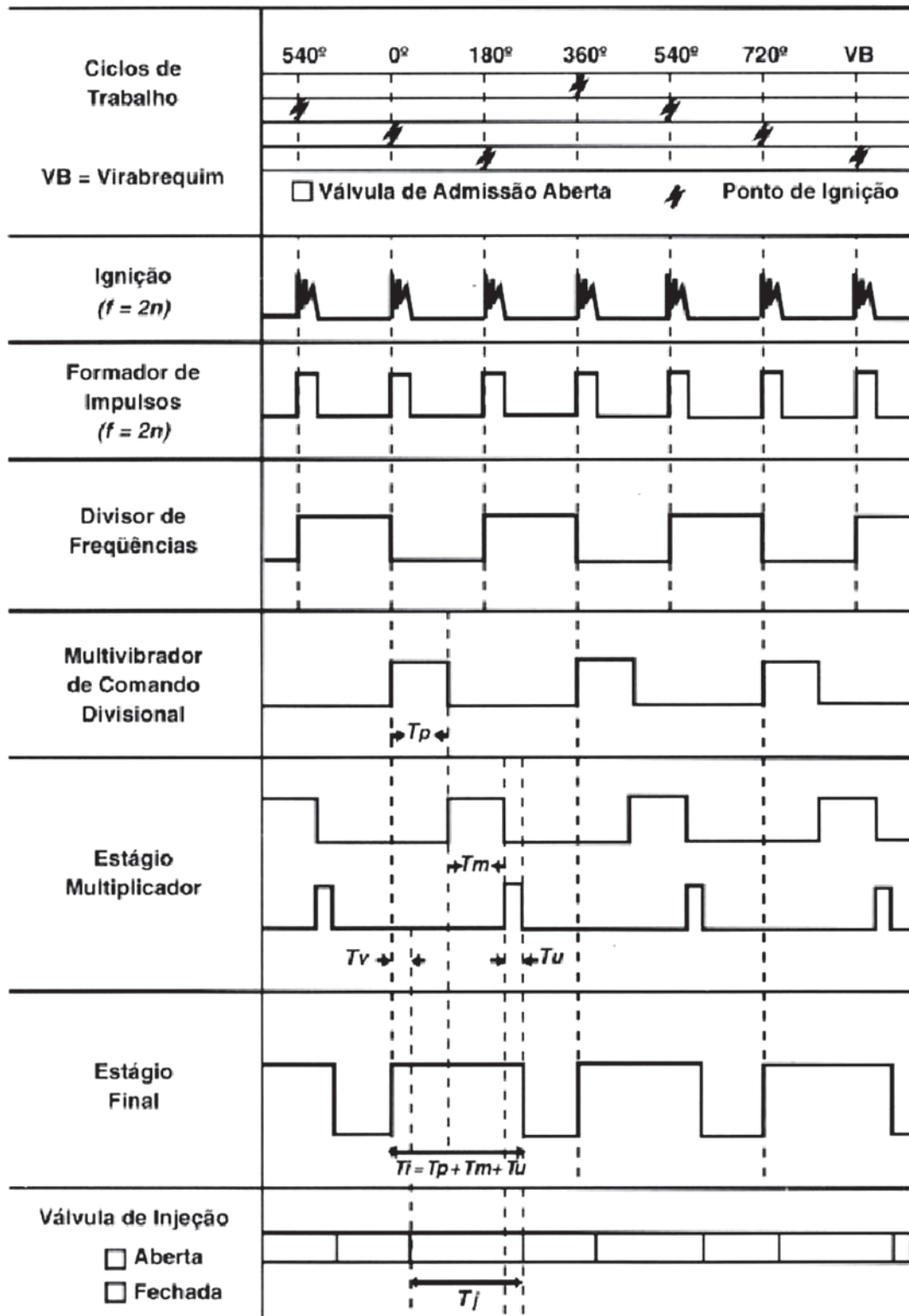
Visão geral do sistema



- 1 Bomba de combustível
- 2 Filtro de combustível
- 3 Regulador de pressão
- 4 Válvula de injeção
- 5 Medidor de fluxo de ar
- 6 Sensor de temperatura

- 7 Adicionador de ar
- 8 Interruptor da borboleta
- 9 Unidade de comando
- 10 Relé de comando
- 11 Vela de ignição

GERAÇÃO DO IMPULSO DE INJEÇÃO NO MÓDULO ELETRÔNICO



VALORES DE MEDIDAS DO SISTEMA BOSCH - LE JETRONIC**Sensor de temperatura do motor**

Temperatura	15°C a 30°C	90°C
Resistência	1,45kΩ a 3,3 kΩ	210 a 280Ω

Sensor medidor de fluxo de ar

ENTRE OS PINOS	RESISTÊNCIA
9 e 5	500Ω a 760Ω
8 e 9	160Ω a 300Ω
8 e 5	340Ω a 450Ω
7 e 5	60Ω a 1000Ω

Pré resistores das eletroválvulas

- Resistência - 5,0Ω a 7,0Ω

Eletroválvulas de injeção

Resistência	2,0Ω a 3,0Ω
Estanqueidade após 60s	nenhuma gota
Tempo de injeção GM, FORD, FIAT e VW	2.0 a 3.0ms

Adicionador de ar

- Resistência - 35Ω a 70Ω

Sensor de detonação

- Torque de aperto - 15Nm a 25Nm

Combustível

Vazão de retorno da bomba elétrica de combustível	700cm ³ / 30s mínimo
PRESSÃO DO COMBUSTÍVEL DO REGULADOR DE PRESSÃO	
com motor parado	2,8 a 3,2 bar
em marcha lenta	0,5 bar abaixo
ESTANQUEIDADE DO SISTEMA DE COMBUSTÍVEL	
Pressão do combustível após 20 minutos com motor parado	1,0 bar no mínimo

Regulagens

Marcha lenta	850 a 950 mínimo
Ajuste de CO - índice com motor quente a 90°C	0,5 a 1,5 vol. %
Posição de montagem do distribuidor FORD - LE JETRONIC	12° ± 1° antes PMS
Posição de montagem do distribuidor FIAT - LE JETRONIC	10° ± 1° antes PMS
Posição de montagem do distribuidor GM - LE JETRONIC	8° ± 1° antes PMS
Posição de montagem do distribuidor VW - LE JETRONIC	12° ± 1° antes PMS

REGULAGEM DO INTERRUPTOR DE BORBOLETA

O parafuso de ajuste da borboleta deve encostar no batente um pouco antes da borboleta travar. Para que isso ocorra, siga os passos a seguir:

- ajuste o cabo do acelerador sem pressão;
- afrouxe os parafusos do interruptor da borboleta e ligue o multímetro, no modo de resistência, ao conector do interruptor;
- desloque o interruptor até que o contato feche (“clic” audível), o valor mostrado no multímetro deve ser igual a 0Ω, caso contrário, substitua o conjunto de interruptores;
- aperte os parafusos de fixação.

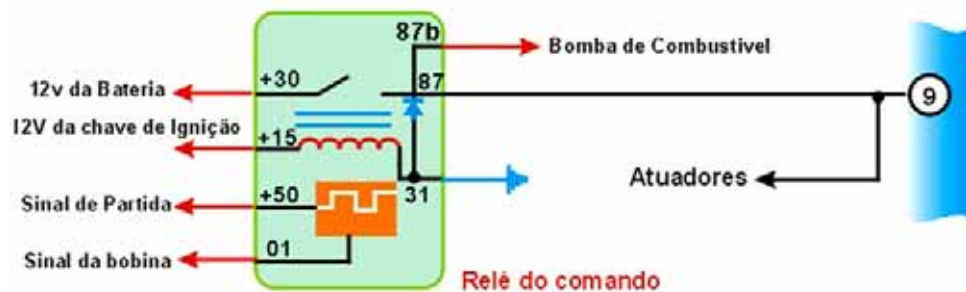
Para verificar se o ajuste está correto, puxe um pouco o cabo do acelerador; o interruptor de borboleta deve abrir e o valor no multímetro deve ser infinito.

TESTE DO SENSOR DE PRESSÃO DA EZ-K

Para testar o sensor de pressão, siga os seguintes passos:

- retire a mangueira de vácuo do coletor de admissão;
- ligue a bomba de vácuo na extremidade da mangueira;
- desconecte o cabo dos interruptores da borboleta;
- deixe o motor funcionando entre 2000 e 2300 rpm;
- produza uma depressão, variando-a de 0 a 525 mmHg com a bomba de vácuo;
- com o auxílio de uma lâmpada de ponto, verifique se o ponto de ignição é adiantado.

TESTE DO RELÉ DE COMANDO



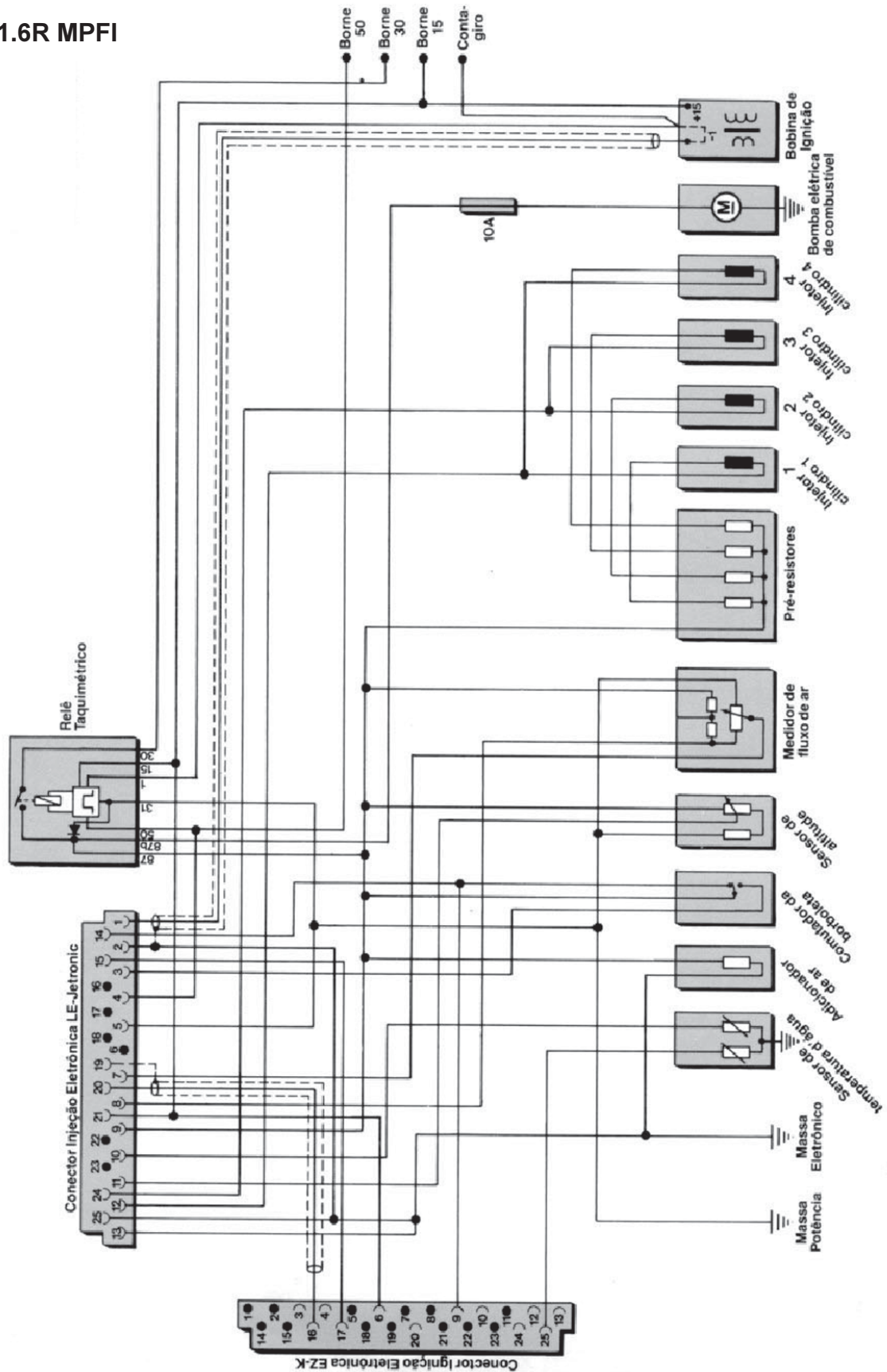
Para testar o relé de comando, siga as seguintes etapas:

1. Desconecte o conector do módulo eletrônico.
2. Conecte a ponta de prova no borne 9 do conector do Le-Jetronic e acione a partida. Na ponta de prova deverá acender o positivo (+).
3. Ligue a chave de ignição sem dar partida no motor.
4. Conecte a ponta de prova no borne 15 do soquete do relé; na ponta de prova deverá acender o positivo (+).
5. Conecte a ponta de prova no borne 30 do soquete do relé; na ponta de prova deverá acender o positivo (+). Obs: com a chave desligada, o positivo (+) também acende.
6. Conecte a ponta de prova no borne 1 do soquete do relé. Com o motor parado e a chave ligada; na ponta de prova deverá acender o positivo (+).
7. Acione a partida. Durante esse processo, o *led* verde (-) da ponta de prova deverá piscar.
8. Volte a chave de ignição para a posição desligado.
9. Conecte a ponta de prova no borne 50 do soquete do relé.
10. Acione a partida. Durante esse processo, o *led* vermelho (+) da ponta de prova deverá acender.

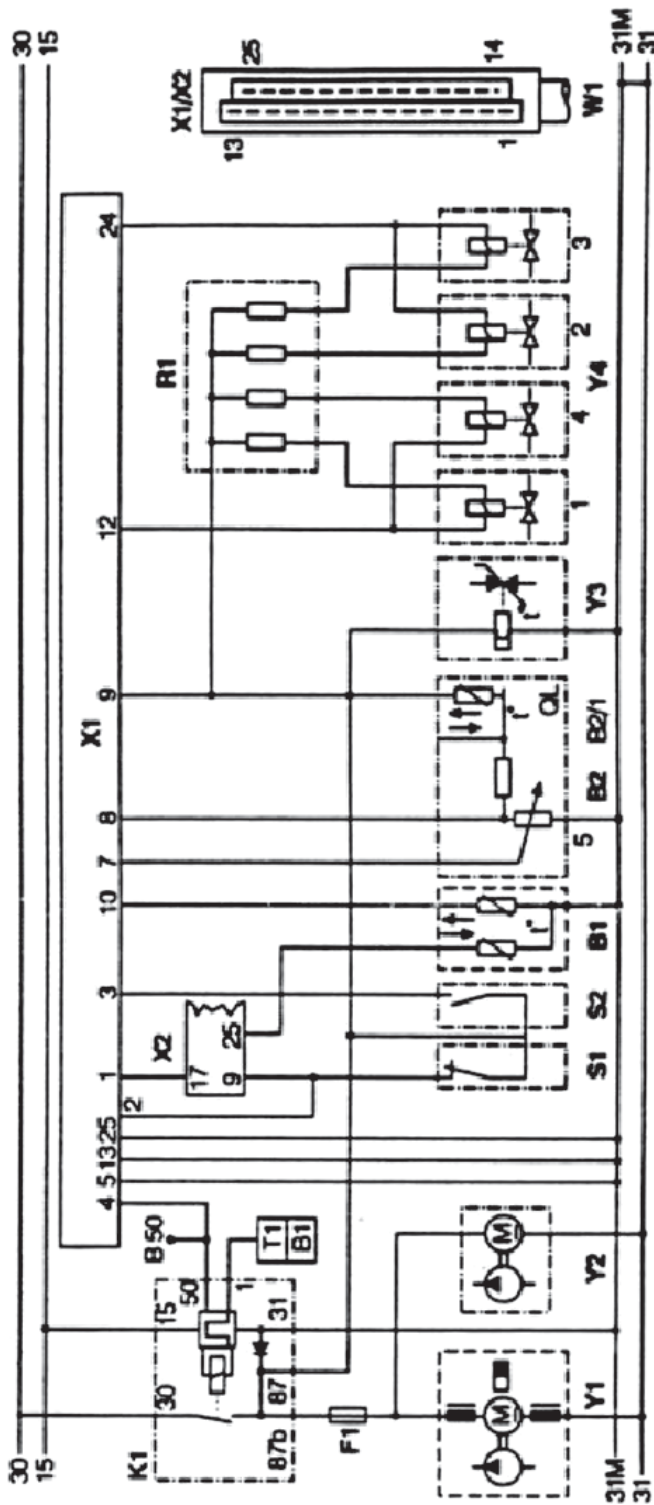
Se os testes acima forem verificados, o defeito é do relé de comando.

ESQUEMAS ELÉTRICOS DO SISTEMA DE INJEÇÃO LE JETRONIC

Uno 1.6R MPFI

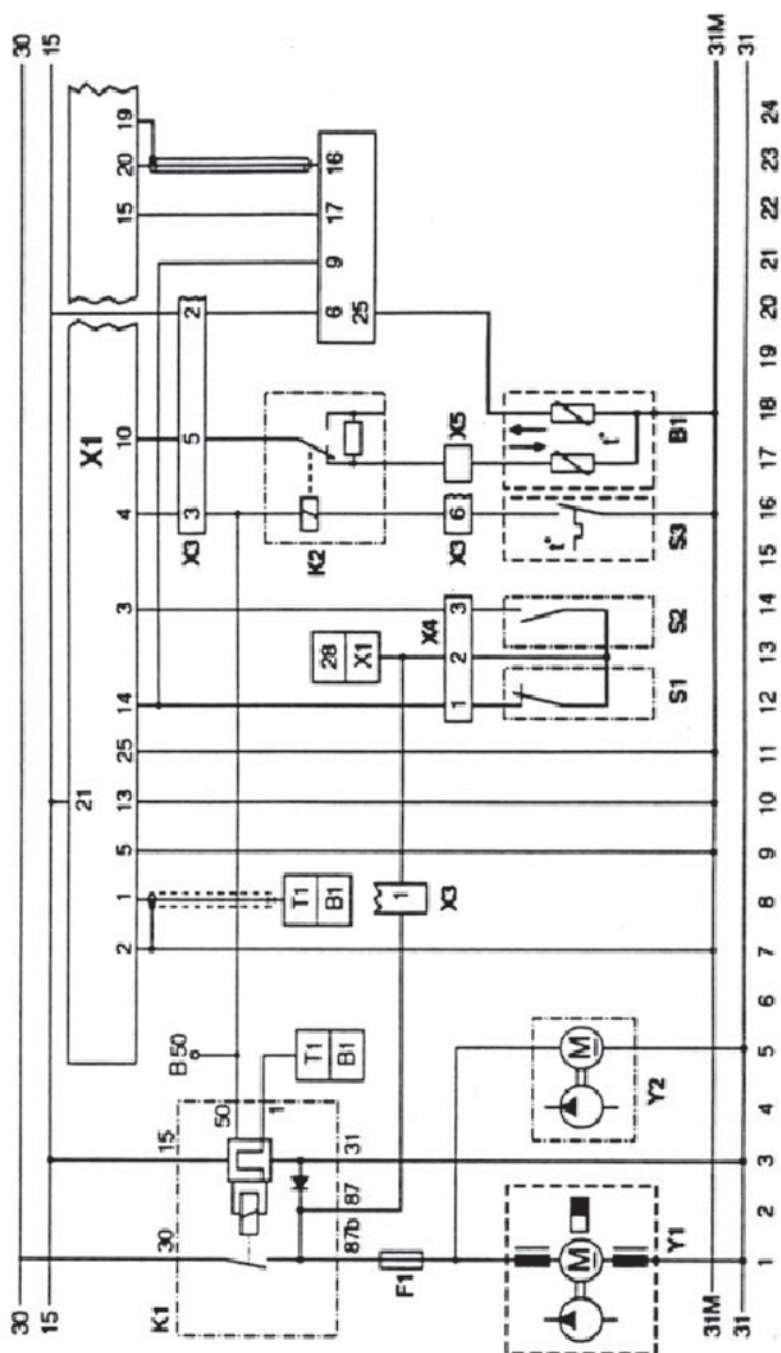


GoI GTI



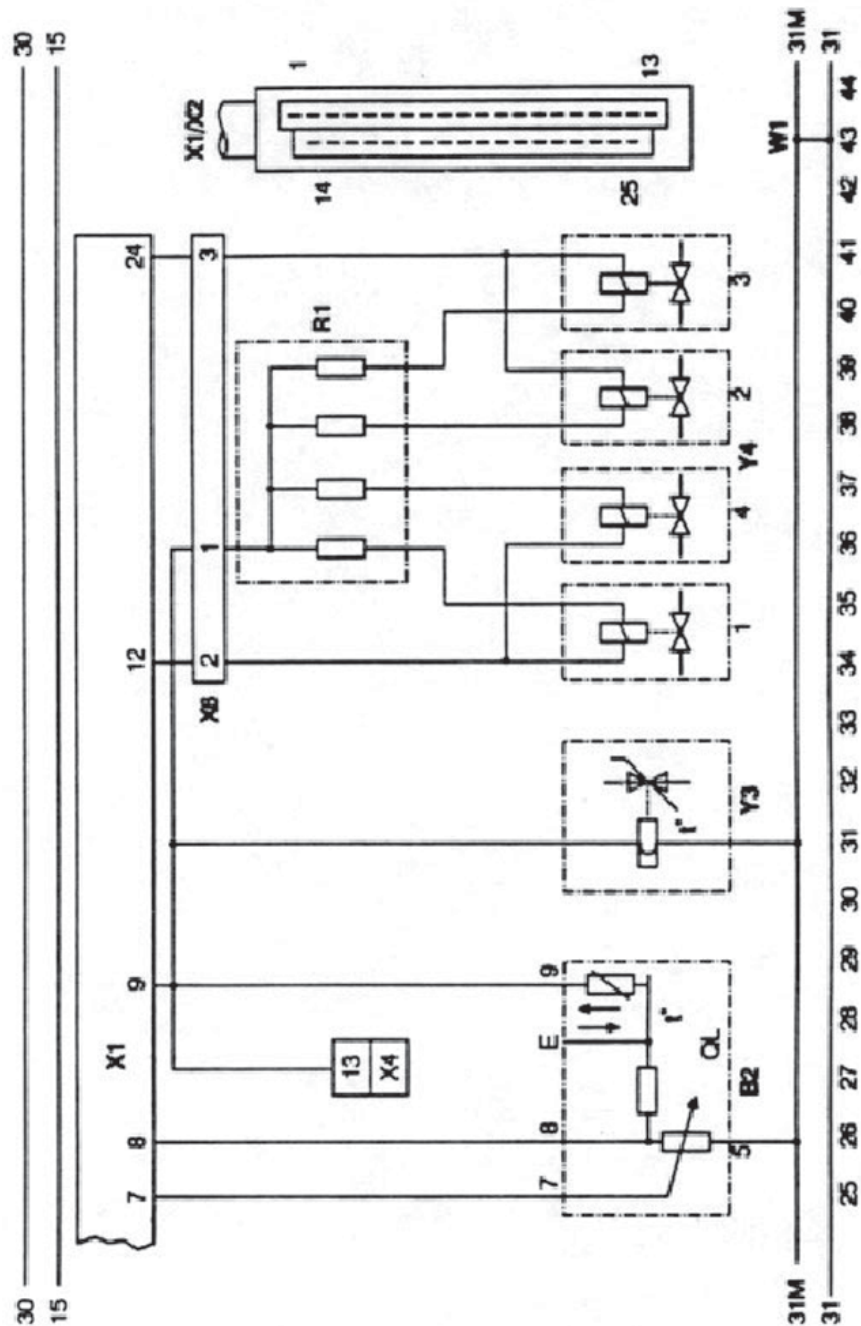
- B1 Sensor de temperatura duplo (motor)
- B2 Medidor de fluxo de ar
- B2/1 Sensor de temperatura (ar aspirado)
- F1 Fusível (bombas de combustível)
- K1 Relé de comando
- R1 Pré-resistores
- S1 Interruptor da borboleta – marcha-lenta
- S2 Interruptor da borboleta – plena carga
- T1 Bobina de ignição
- W1 Conexão à massa (motor)
- x1 Conector da unidade de comando - Jetronic
- X2 Conector da unidade de comando - Ignição EZ-K
- Y1 Bomba elétrica de combustível
- Y2 Bomba auxiliar de combustível
- Y3 Adicionador de ar
- Y4 Válvulas de injeção

Santana Executivo



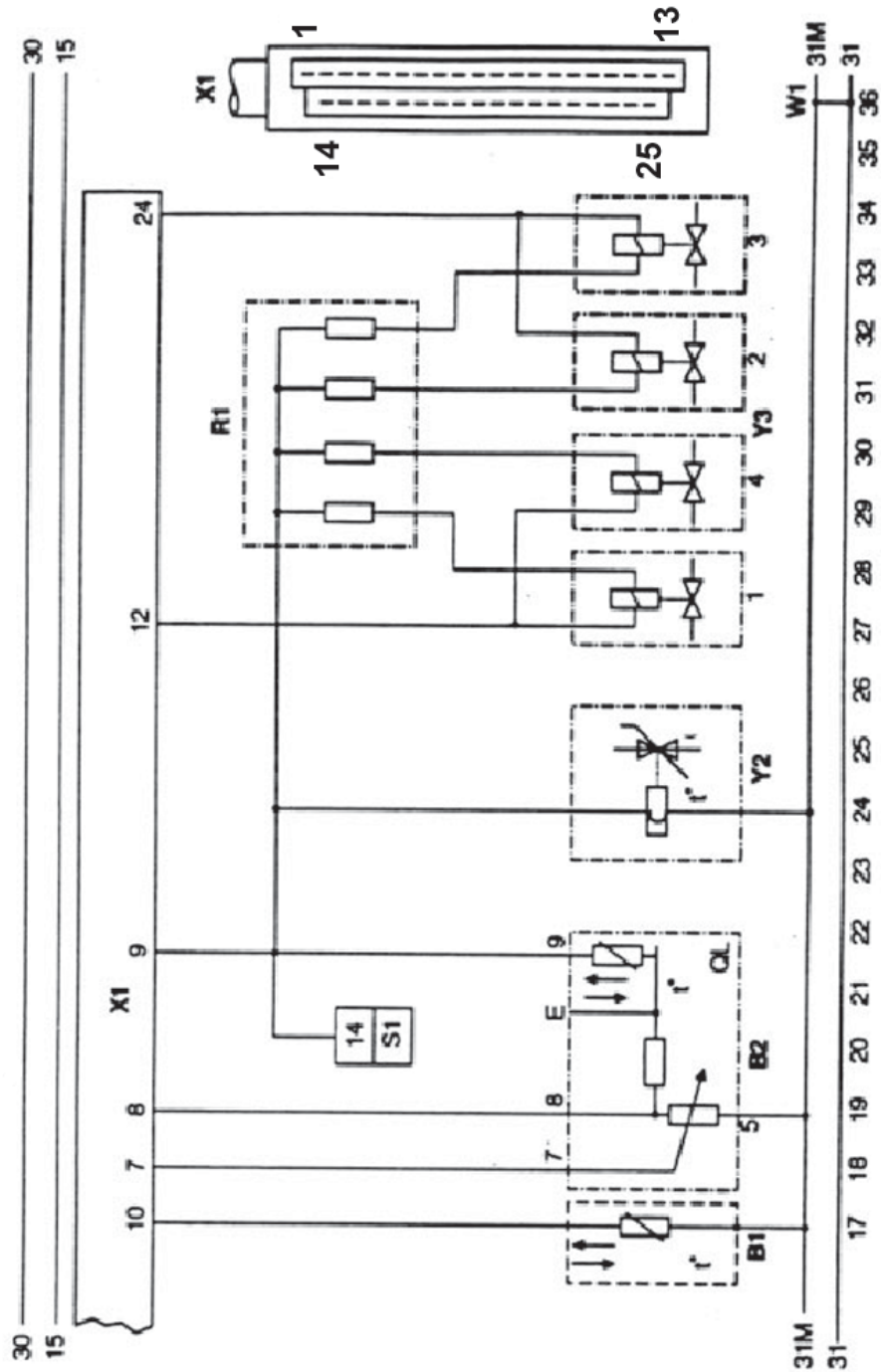
- | | | | |
|----|--|----|---|
| B1 | Sensor de temperatura duplo (motor) | X3 | Conexão intermediária |
| F1 | Fusível das bombas de combustível | X4 | Conector dos interruptores da borboleta |
| K1 | Relé de comando | X5 | Conexão intermediária |
| K2 | Relé de partida a quente | Y1 | Bomba elétrica de combustível |
| S1 | Interruptor da borboleta – marcha-lenta | Y2 | Bomba auxiliar de combustível |
| S2 | Interruptor da borboleta – plena carga | B2 | Medidor de fluxo de ar |
| S3 | Interruptor térmico | R1 | Pré-resistores |
| T1 | Bobina de ignição | W1 | Conexão à massa (motor) |
| X1 | Conector da unidade de comando – LE Jetronic | Y3 | Adicionador de ar |
| X2 | Conector da unidade de comando – EZ-K | Y4 | Válvulas de injeção |

Santana Executivo



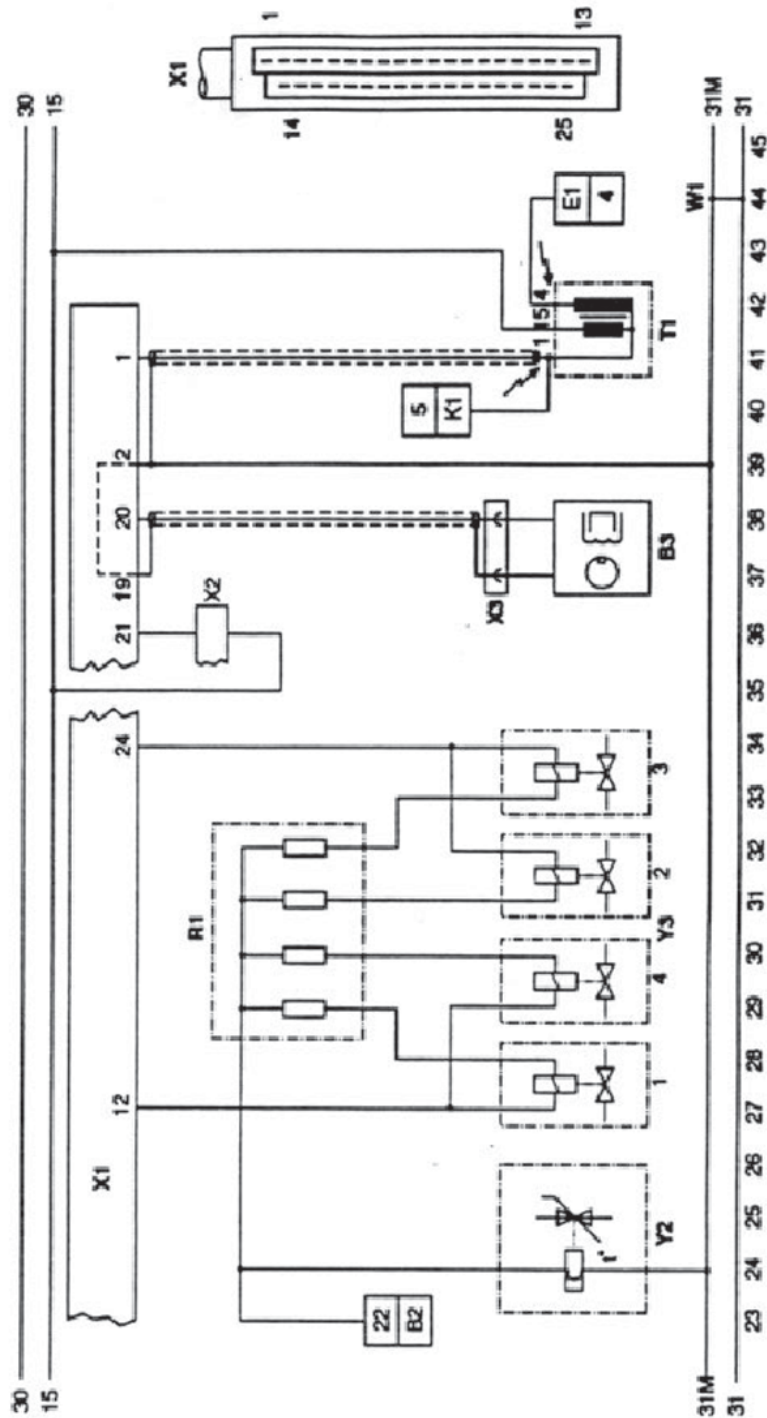
- | | | | |
|----|--|----|---|
| B1 | Sensor de temperatura duplo (motor) | X3 | Conexão intermediária |
| F1 | Fusível das bombas de combustível | X4 | Conector dos interruptores da borboleta |
| K1 | Relé de comando | X5 | Conexão intermediária |
| K2 | Relé de partida a quente | Y1 | Bomba elétrica de combustível |
| S1 | Interruptor da borboleta – marcha-lenta | Y2 | Bomba auxiliar de combustível |
| S2 | Interruptor da borboleta – plena carga | B2 | Medidor de fluxo de ar |
| S3 | Interruptor térmico | R1 | Pré-resistores |
| T1 | Bobina de ignição | W1 | Conexão à massa (motor) |
| X1 | Conector da unidade de comando – LE Jetronic | Y3 | Adicionador de ar |
| X2 | Conector da unidade de comando – EZ-K | Y4 | Válvulas de injeção |

Monza Classic 500 EF



- | | | | |
|----|--|----|--|
| F1 | Fusível da bomba de combustível | B1 | Sensor de temperatura do motor |
| K1 | Relé de comando | B2 | Medidor de fluxo de ar com sensor de temperatura do ar |
| S1 | Interruptor da borboleta | R1 | Pré-resistores |
| T1 | Bobina de ignição | W1 | Conexão à massa (motor) |
| X1 | Conector da unidade de comando LE Jetronic | X1 | Conector da unidade de comando LE Jetronic |
| X2 | Conexão intermediária | Y2 | Adicionador de ar |
| Y1 | Bomba elétrica de combustível | Y3 | Válvulas de injeção |

Monza Classic 91 – Mini TSZi



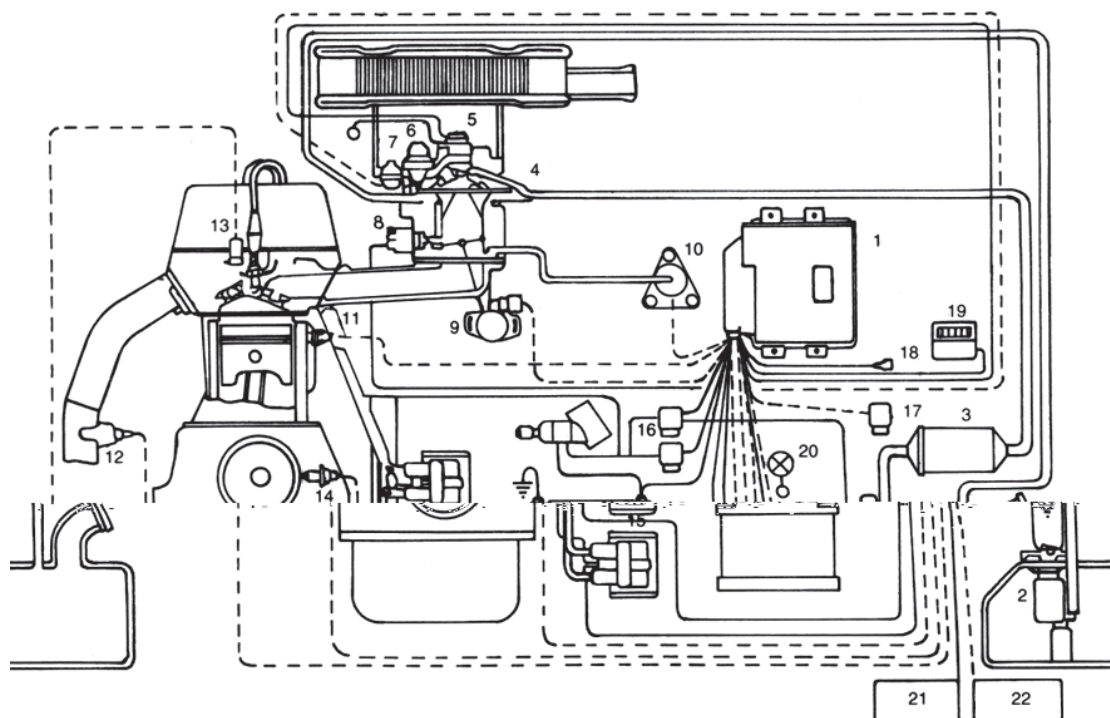
- | | | | |
|----|---------------------------------|----|-------------------------------|
| B1 | Sensor de temperatura (motor) | T1 | Bobina de ignição |
| B2 | Medidor de fluxo de ar | W1 | Conexão à massa |
| B3 | Sensor indutivo | X1 | Unidade de comando |
| E1 | Distribuidor de ignição | X2 | Conexão intermediária |
| F1 | Fusível da bomba de combustível | X3 | Conector do sensor indutivo |
| K1 | Relé de comando | Y1 | Bomba elétrica de combustível |
| P1 | Computador de bordo | Y2 | Adicionador de ar |
| R1 | Pré-resistores | Y3 | Válvulas de injeção |
| S1 | Interruptor da borboleta | | |

SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA DIGITAL - MAGNETI MARELLI - G7

A injeção eletrônica G7 é um sistema digital do tipo “*Speed Density*” (rotação - densidade) que determina a quantidade de ar admitida pelo motor em função da sua rotação e densidade do ar. A partir disso, calcula e dosa a quantidade de combustível fornecida ao motor.

Esse sistema também controla o sistema de ignição, que é do tipo estática (não utiliza distribuidor, onde a centelha é produzida por duas bobinas controladas por um módulo de potência interno à unidade de controle eletrônico).

Visão geral do sistema



- | | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| 1 Unidade de comando eletrônico | 12 Sonda lambda |
| 2 Bomba de combustível | 13 Sensor de detonação |
| 3 Filtro de combustível | 14 Sensor de rotação |
| 4 Corpo de borboleta | 15 Bobinas de ignição |
| 5 Injetor eletromagnético | 16 Relés |
| 6 Regulador de pressão | 17 Conexão equipamento diagnose |
| 7 Sensor de temperatura de ar | 18 Conector de diagnose |
| 8 Motor de passo | 19 Econômetro |
| 9 Sensor da posição de borboleta | 20 Lâmpada diagnose |
| 10 Sensor de pressão absoluta | 21 Canister |
| 11 Sensor de temperatura da água | 22 Ar condicionado |

VALORES DE MEDIDAS DO SISTEMA MAGNETI MARELLI - G7

Sensor de temperatura do líquido de arrefecimento

Temperatura °C	100	80	60	30
Resistência Ω	200	300	600	2500

Sensor de oxigênio

- Resistência - 4,3Ω a 4,7Ω a 20°C
- Tensão - com o motor funcionando, deve oscilar entre 0,1V e 0,9 V

Sensor de rotação e PMS

- Resistência - 680Ω ± 15%
- Distância entre o sensor e a roda dentada - 0,4mm a 1,0mm

Sensor de posição da borboleta

- Tensão de alimentação - 5V ± 5%
- Curso mecânico - 0 a 105 graus
- Tensão de saída
 - borboleta fechada - 0,4V a 0,7V
 - borboleta totalmente aberta - 4,0V a 5,0V
- Resistência a 20°C
 - mínima - 900Ω
 - máxima - 1500Ω

Sensor de temperatura do ar

Temperatura °C	80	60	50	30	20
Resistência Ω	200	300	600	2500	4000

Sensor de pressão absoluta

Conecte a bomba de vácuo no sensor MAP, aplique vácuo conforme a tabela a seguir e confira as respectivas tensões.

Vácuo mmHg	100	200	300	400	500
Tensão V	3,4	2,7	2,0	1,4	0,5

Sensor de detonação

- Sem valores especificados pelo fabricante.

Eletroválvulas de injeção

- Resistência - 13Ω a 21Ω
- Tempo de injeção - 2,0 ms a 5,0 ms

Atuador de marcha lenta (motor de passo)

- Resistência de 20°C a 30°C
 - mínima - 40Ω
 - máxima - 70Ω

Bobinas de ignição

- Resistência
 - primário - 0,49Ω a 0,60Ω
 - secundário - 7.400Ω ± 1000

Eletrobomba de combustível

SISTEMA	PRESSÃO DA LINHA EM MARCHA LENTA (bar)	VAZÃO - L/h
Monoponto a gasolina	1,0	80
Monoponto a álcool	1,5	80
Multiponto	2,5	120

Filtro de combustível

- Pressão máxima de trabalho - 4 bar
 - trocar a cada - 30.000 km

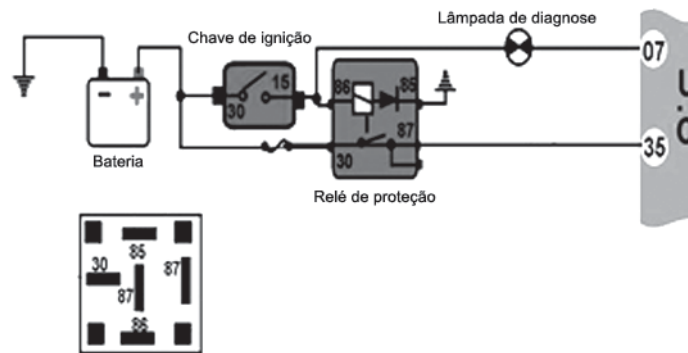
Eletroválvula do cânister

- Resistência - 26Ω ± 20% a 20°C

Aquecedor do corpo de borboleta

- Resistência - 26Ω ± 20% a 20°C

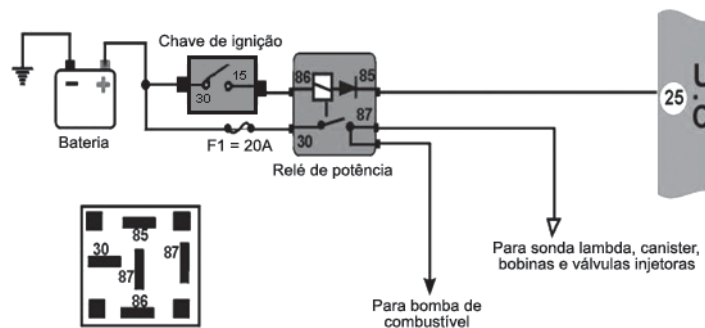
TESTE DO RELÉ DE PROTEÇÃO



1. Com a ignição ligada, coloque a ponta de prova no fio vermelho e branco (pino 87) do relé. Deverá acender o positivo (+) da ponta de prova.
2. Retire o relé e coloque a ponta de prova no conector do relé nos terminais:
 - 85 - deverá acender o negativo (-)
 - 86 - deverá acender o positivo (+)
 - 30 - deverá acender o positivo (+)

TESTE DO RELÉ DE POTÊNCIA

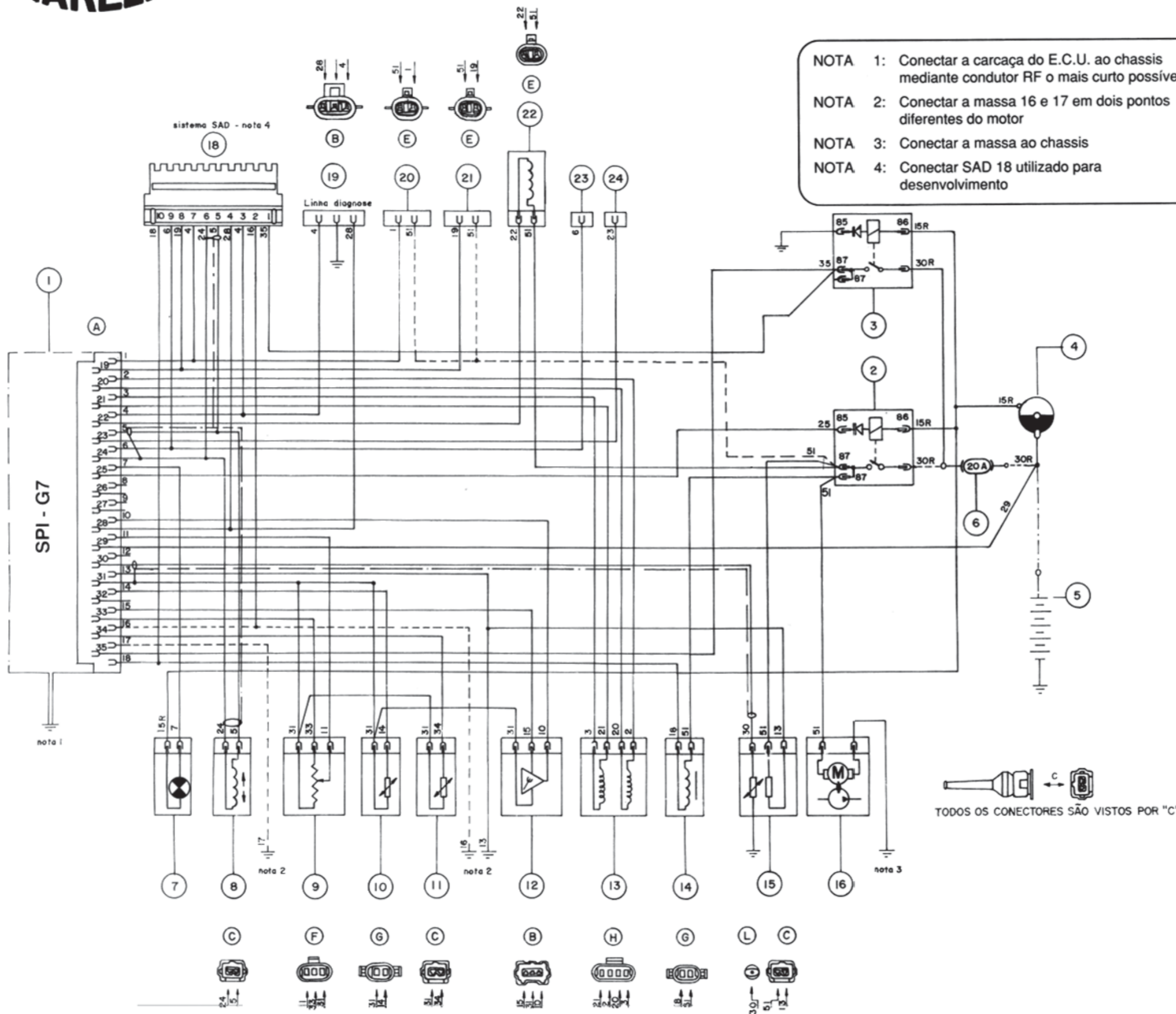
O relé de potência é acionado pelo módulo através de um sinal negativo do terminal 25 aplicado no terminal 85 do relé. É acionado por alguns segundos quando a ignição é ligada ou quando existir sinal de rotação.



1. Coloque a ponta de prova no fio do terminal 87 do relé. Durante a partida, na ponta de prova deverá acender o positivo (+). Caso isso não ocorra, passe para os próximos passos.
2. Retire o relé e coloque a ponta de prova no conector do relé no terminal 30, o positivo (+) deverá acender.
3. Coloque a ponta de prova no fio do terminal 86 do conector do relé. Com a chave ligada, na ponta de prova deverá acender o positivo (+).
4. Recoloque o relé no conector e coloque a ponta de prova no fio do terminal 85 do relé. Durante a partida, na ponta de prova deverá acender o negativo (-).



ESQUEMA ELÉTRICO MAGNETI MARELLI - G7



NOTA 1: Conectar a carcaça do E.C.U. ao chassis mediante condutor RF o mais curto possível
 NOTA 2: Conectar a massa 16 e 17 em dois pontos diferentes do motor
 NOTA 3: Conectar a massa ao chassis
 NOTA 4: Conectar SAD 18 utilizado para desenvolvimento

- CONECTOR A: Tipo AMP Mini Timer de 35 vias 825257/3
- CONECTOR B: Tipo AMP Mini Timer de 3 vias 827576/1
- CONECTOR C: Tipo AMP Mini Timer de 2 vias 827551/1/5
- CONECTOR D:
- CONECTOR E: Tipo METRI PACK de 2 vias série AK 7207
- CONECTOR F: Tipo METRI PACK de 3 vias série PI2047909
- CONECTOR G: Tipo METRI PACK de 2 vias série AK 7274
- CONECTOR H: Tipo METRI PACK de 4 vias série PI2040754
- CONECTOR I:
- CONECTOR L: Terminal macho para sonda Lâmbda Bosch

- 1 - Centralina G7
 - 2 - Relê comando de potência
 - 3 - Relê de proteção
 - 4 - Chave de ignição
 - 5 - Bateria
 - 6 - Fusível
 - 7 - Spia diagnose
 - 8 - Sensor de rotação do motor
 - 9 - Potenciômetro da borboleta
 - 10 - Sensor temperatura de ar
 - 11 - Sensor temperatura de água
 - 12 - Sensor de pressão absoluta
 - 13 - Motor passo a passo
 - 14 - Injetor
 - 15 - Sonda O₂ (Óxido de zirconio) aquecida
 - 16 - Bomba de combustível
 - 17 -
 - 18 - Conector SAD (desonv.)
 - 19 - Linha diagnose (produção)
 - 20 - Bobina 1 - (cilindros 1-4)
 - 21 - Bobina 2 - (cilindros 2-3)
 - 22 - Eletroválvula canister
 - 23 - Contagiro
 - 24 - Medidor de consumo
- 2,5 mm²
 _____ 1,5 mm²
 _____ 1,0 mm²

RECOMENDAÇÕES GERAIS

Em veículos equipados com sistemas eletrônicos, alguns cuidados devem ser tomados, tais como:

- Havendo necessidade de efetuar reparos com solda elétrica no veículo, deve-se desligar o alternador e a unidade de comando.
- Nas medições de compressão do motor deve-se retirar o relé do sistema para evitar a injeção de combustível.
- Verificar se todos os cabos ligados à massa, conectores dos sensores e unidades de comando estão firmemente conectados.
- Retirar a unidade de comando LE quando o veículo for colocado em estufa de secagem (acima de 80°C).
- Não dar partida no motor sem que os cabos da bateria estejam firmemente conectados e na polaridade correta.
- Não conectar qualquer fonte de tensão, seja bateria ou carregador, com valor de tensão superior a 16 V, como auxiliar da partida.
- Não retirar ou colocar os conectores das unidades de comando com o comutador de ignição ligado.
- Não desligar a bateria com o motor em funcionamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOSCH. *Gerenciamento de Motor MOTRONIC*. Apostila Técnica. Ed. 98/99. Campinas-SP.

FIAT. *Injeção/Ignição Eletrônica BOSCH*. Especificações Técnicas. Treinamento Assistencial. Novembro/98.

———. *Injeção/Ignição Eletrônica MARELLI*. Especificações Técnicas. Treinamento Assistencial. s.d.

MAGNETI MARELLI. *Sistema de Ignição/Injeção Eletrônica SPI G7.11 LC*. São Paulo, s.d.

———. *Sistema "SPEED DENSITY" G7*. Carburadores/Injeção Eletrônica. Controle do Motor - WEBER. São Paulo. Ago/92.

PEUGEOT. *Anti-Poluição EURO 3 e EOBD*. França, 2000.

———. *Injeção Gasolina*. França, 1999.

FIESP
SESI
SENAI
IRS

Sistema
FIESP