

FIRJAN

CIRJ

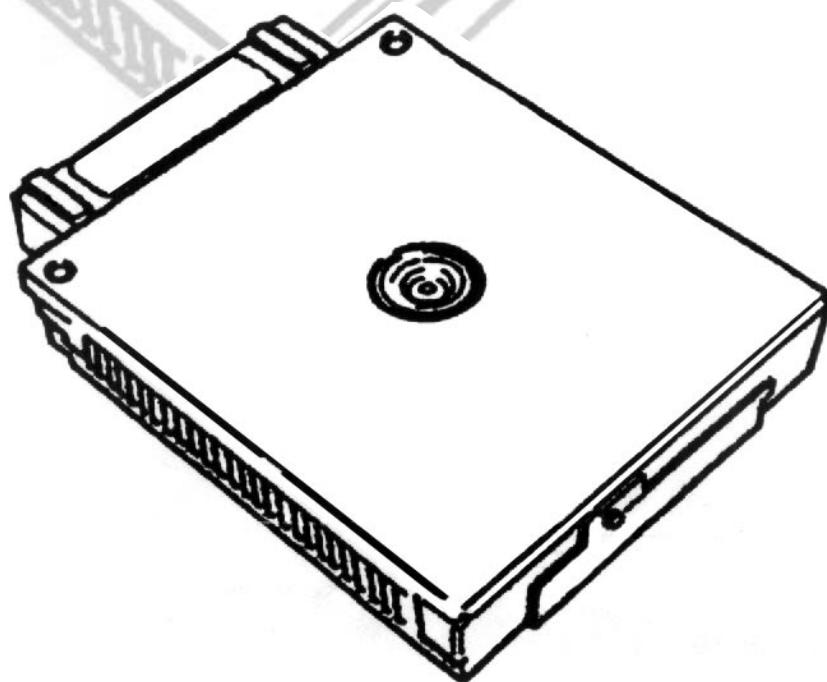
SESI

SENAI

IEL

APERFEIÇOAMENTO EM INJEÇÃO ELETRÔNICA FIC

versão preliminar



APERFEIÇOAMENTO EM INJEÇÃO ELETRÔNICA FIC

FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
Eduardo Eugenio Gouvêa Vieira
Presidente

Diretoria Corporativa Operacional
Augusto Cesar Franco de Alencar
Diretor

SENAI-Rio de Janeiro
Fernando Sampaio Alves Guimarães
Diretor Regional

Diretoria de Educação
Regina Maria de Fátima Torres
Diretora

APERFEIÇOAMENTO EM INJEÇÃO ELETRÔNICA FIC

versão preliminar



Aperfeiçoamento em Injeção Eletrônica FIC
2002

SENAI – Rio de Janeiro
Diretoria de Educação

Ficha Técnica

Gerência de Educação Profissional
Gerência de Produto Automotivo
Coordenação
Pesquisa e Conteúdo de Redação

Revisão Pedagógica
Revisão Gramatical e Editorial
Revisão Técnica

Projeto Gráfico

Luis Roberto Arruda
Darci Pereira Garios
Vera Regina Costa Abreu
Corpo Docente da Agência de Manutenção
Automotiva - Unidade Tijuca
Neise Freitas da Silva
Rita Godoy
Denver Brasil Pessoa Ramos
Sílvia Romero Soares de Souza
Artae Design & Criação

Compilação de trabalhos publicados pela Volkswagen do Brasil.

SENAI–Rio de Janeiro
GEP - Gerência de Educação Profissional
Rua Mariz e Barros, 678 - Tijuca
20270-002 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: (0xx21) 2587-1117
Fax: (0xx21) 2254-2884
<http://www.rj.senai.br>

Sumário

	APRESENTAÇÃO	9
	UMA PALAVRA INICIAL	11
1	DESCRIÇÃO FUNCIONAL DO SISTEMA CFI	15
2	SISTEMA DE IGNIÇÃO	31
3	SISTEMA DE COMBUSTÍVEL + MEDIÇÃO DO AR	39
4	CONTROLE DA MARCHA LENTA.....	47
5	FUNIONAMENTO DO SISTEMA CFI COM AR-CONDICIONADO E DIREÇÃO HIDRÁULICA	53
6	CONTROLE DE EMISSÕES EVAPORATIVAS	59
7	ESQUEMA ELÉTRICO CFI	63
8	DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DO SISTEMA CFI	67



Apresentação

A dinâmica social dos tempos de globalização exige dos profissionais atualização constante. Mesmo as áreas tecnológicas de ponta ficam obsoletas em ciclos cada vez mais curtos, trazendo desafios renovados a cada dia, e tendo como consequência para a educação a necessidade de encontrar novas e rápidas respostas.

Nesse cenário, impõe-se a educação continuada, exigindo que os profissionais busquem atualização constante durante toda a sua vida – e os docentes e alunos do SENAI/RJ incluem-se nessas novas demandas sociais.

É preciso, pois, promover, tanto para os docentes como para os alunos da educação profissional, as condições que propiciem o desenvolvimento de novas formas de ensinar e aprender, favorecendo o trabalho de equipe, a pesquisa, a iniciativa e a criatividade, entre outros aspectos, ampliando suas possibilidades de atuar com autonomia, de forma competente.

Considerando tais questões, este material apresenta o sistema de injeção eletrônica FIC, que é um novo modo de gerenciamento de alimentação e ignição do motor. Ele integra uma tecnologia inovadora que, em curto espaço de tempo, vem substituindo os sistemas convencionais de ignição e carburador.

Salientamos, no entanto, que os novos conceitos aqui tratados não eliminam os problemas de cunho mecânico que continuam existindo tanto quanto antes. Por este motivo, o bom profissional, além de dominar conhecimentos de injeção eletrônica, precisa conhecer também fundamentos de eletricidade, eletrônica, eletromagnetismo, mecânica e regulação de motores.

Esperamos que os conteúdos aqui abordados sejam úteis ao seu aprendizado e à sua atualização profissional. Mas, injeção eletrônica é um assunto vasto e interessante, sendo necessário que você busque constante aperfeiçoamento quanto a esta nova tecnologia. Assim, procure pesquisar outras fontes e consulte os Manuais de Uso e de Reparações que acompanham os modelos automotivos.



Uma palavra inicial

Meio ambiente...

Saúde e segurança no trabalho...

O que é que nós temos a ver com isso?

Antes de iniciarmos o estudo deste material, há dois pontos que merecem destaque: a relação entre o processo produtivo e o meio ambiente; e a questão da saúde e segurança no trabalho.

As indústrias e os negócios são a base da economia moderna. Produzem os bens e serviços necessários, e dão acesso a emprego e renda; mas, para atender a essas necessidades, precisam usar recursos e matérias-primas. Os impactos no meio ambiente muito freqüentemente decorrem do tipo de indústria existente no local, do que ela produz e, principalmente, de *como* produz.

É preciso entender que todas as atividades humanas transformam o ambiente. Estamos sempre retirando materiais da natureza, transformando-os e depois jogando o que “sobra” de volta ao ambiente natural. Ao retirar do meio ambiente os materiais necessários para produzir bens, altera-se o equilíbrio dos ecossistemas e arrisca-se ao esgotamento de diversos recursos naturais que não são renováveis ou, quando o são, têm sua renovação prejudicada pela velocidade da extração, superior à capacidade da natureza para se recompor. É necessário fazer planos de curto e longo prazo, para diminuir os impactos que o processo produtivo causa na natureza. Além disso, as indústrias precisam se preocupar com a recomposição da paisagem e ter em mente a saúde dos seus trabalhadores e da população que vive ao redor delas.

Com o crescimento da industrialização e a sua concentração em determinadas áreas, o problema da poluição aumentou e se intensificou. A questão da poluição do ar e da água é bastante complexa, pois as emissões poluentes se espalham de um ponto fixo para uma grande região, dependendo dos ventos, do curso da água e das demais condições ambientais, tornando difícil localizar, com precisão, a origem do problema. No entanto, é importante repetir que quando as indústrias depositam no solo os resíduos, quando lançam efluentes sem tratamento em rios, lagoas e demais corpos hídricos, causam danos ao meio ambiente.

O uso indiscriminado dos recursos naturais e a contínua acumulação de lixo mostram a falha básica de nosso sistema produtivo: ele opera em linha reta. Extraem-se as matérias-primas através de processos



de produção desperdiçadores e que produzem subprodutos tóxicos. Fabricam-se produtos de utilidade limitada que, finalmente, viram lixo, o qual se acumula nos aterros. Produzir, consumir e dispensar bens desta forma, obviamente, não é sustentável.

Enquanto os resíduos naturais (que não podem, propriamente, ser chamados de “lixo”) são absorvidos e reaproveitados pela natureza, a maioria dos resíduos deixados pelas indústrias não tem aproveitamento para qualquer espécie de organismo vivo e, para alguns, pode até ser fatal. O meio ambiente pode absorver resíduos, redistribuí-los e transformá-los. Mas, da mesma forma que a Terra possui uma capacidade limitada de produzir recursos renováveis, sua capacidade de receber resíduos também é restrita, e a de receber resíduos tóxicos praticamente não existe.

Ganha força, atualmente, a idéia de que as empresas devem ter procedimentos éticos que considerem a preservação do ambiente como uma parte de sua missão. Isto quer dizer que se devem adotar práticas com tal preocupação, introduzindo processos que reduzam o uso de matérias-primas e energia, diminuam os resíduos e impeçam a poluição.

Cada indústria tem suas próprias características. Mas já sabemos que a conservação de recursos é importante. Deve haver crescente preocupação com a qualidade, durabilidade, possibilidade de conserto e vida útil dos produtos.

As empresas precisam não só continuar reduzindo a poluição, como também buscar novas formas de economizar energia, melhorar os efluentes, reduzir a poluição, o lixo, o uso de matérias-primas. Reciclar e conservar energia são atitudes essenciais no mundo contemporâneo.

É difícil ter uma visão única que seja útil para todas as empresas. Cada uma enfrenta desafios diferentes e pode se beneficiar de sua própria visão de futuro. Ao olhar para o futuro, nós (o público, as empresas, as cidades e as nações) podemos decidir quais alternativas são mais desejáveis e trabalhar com elas.

Infelizmente, tanto os indivíduos quanto as instituições só mudarão as suas práticas quando acreditarem que seu novo comportamento lhes trará benefícios – sejam estes financeiros, para sua reputação ou para sua segurança.

A mudança nos hábitos não é uma coisa que possa ser imposta. Deve ser uma escolha de pessoas bem-informadas a favor de bens e serviços sustentáveis. A tarefa é criar condições que melhorem a capacidade de as pessoas escolherem, usarem e disporem de bens e serviços de forma sustentável.

Além dos impactos causados na natureza, diversos são os malefícios à saúde humana provocados pela poluição do ar, dos rios e mares, assim como são inerentes aos processos produtivos alguns riscos à saúde e segurança do trabalhador. Atualmente, acidente do trabalho é uma questão que preocupa os empregadores, empregados e governantes, e as consequências acabam afetando a todos.

De um lado, é necessário que os trabalhadores adotem um comportamento seguro no trabalho, usando os equipamentos de proteção individual e coletiva; de outro, cabe aos empregadores prover a empresa com esses equipamentos, orientar quanto ao seu uso, fiscalizar as condições da cadeia produtiva e a adequação dos equipamentos de proteção.

A redução do número de acidentes só será possível à medida que cada um – trabalhador, patrão e governo – assumam, em todas as situações, atitudes preventivas, capazes de resguardar a segurança de todos.

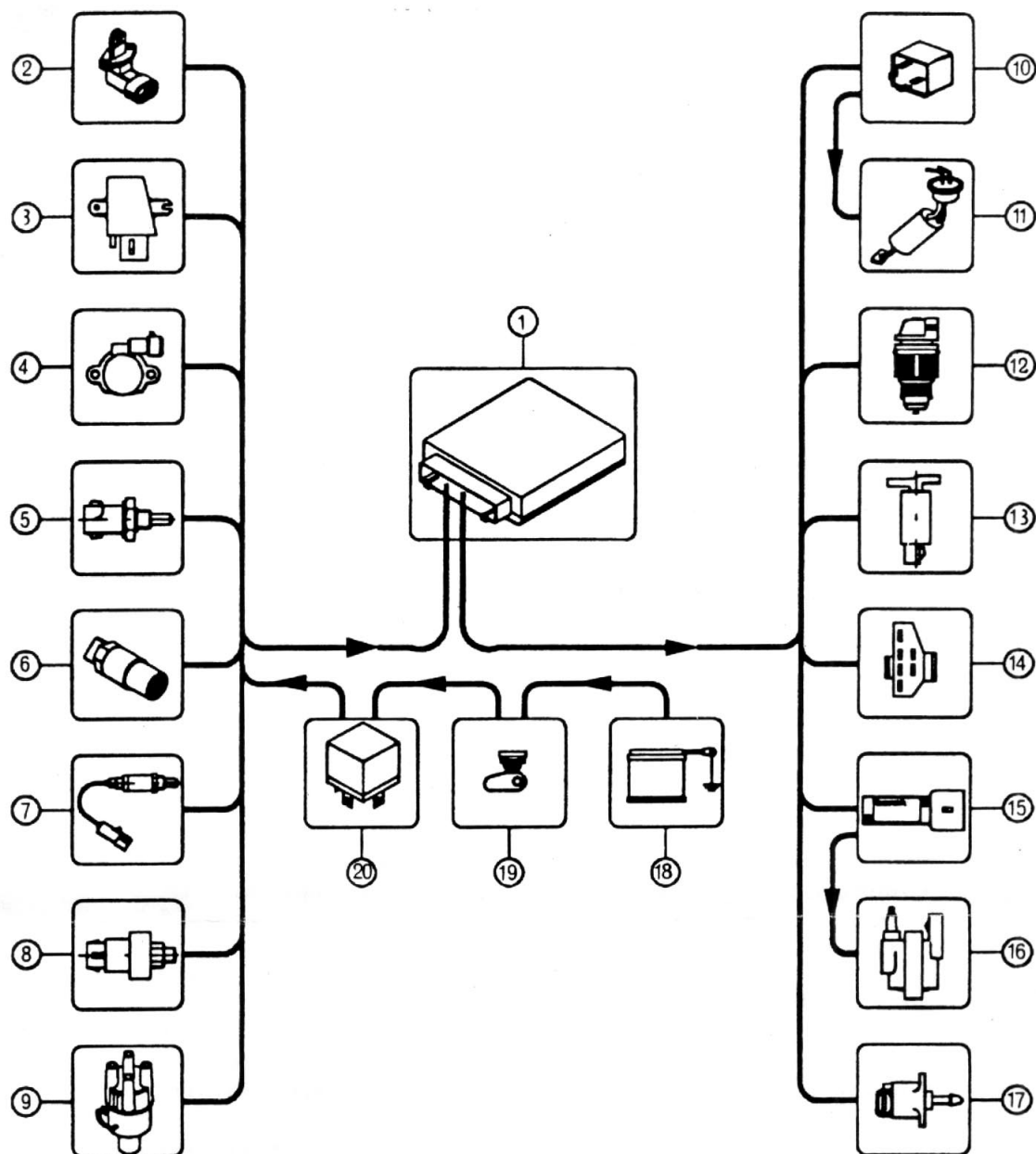


Deve-se considerar, também, que cada indústria possui um sistema produtivo próprio, e, portanto, é necessário analisá-lo em sua especificidade, para determinar seu impacto sobre o meio ambiente, sobre a saúde e os riscos que o sistema oferece à segurança dos trabalhadores, propondo alternativas que possam levar a melhores condições de vida para todos.

Da conscientização, partimos para a ação: cresce, cada vez mais, o número de países, empresas e indivíduos que, já estando conscientizados acerca dessas questões, vêm desenvolvendo ações que contribuem para proteger o meio ambiente e cuidar da nossa saúde. Mas, isso ainda não é suficiente... faz-se preciso ampliar tais ações, e a educação é um valioso recurso que pode e deve ser usado em tal direção. Assim, iniciamos este material conversando com você sobre o meio ambiente, a saúde e a segurança no trabalho, lembrando que, no exercício profissional diário, você deve agir de forma harmoniosa com o ambiente, zelando também pela segurança e saúde de todos no trabalho.

Tente responder à pergunta que inicia este texto: Meio ambiente, a saúde e a segurança no trabalho – o que é que eu tenho a ver com isso? Depois, é partir para a ação. Cada um de nós é responsável. Vamos fazer a nossa parte?

Descrição funcional do sistema CFI



1. unidade de comando CFI
2. sensor da temperatura do ar
3. sensor da pressão no coletor
4. sensor da borboleta do acelerador
5. sensor da temperatura do sistema de injeção
6. sensor do velocímetro
7. sonda lambda
8. interruptor da pressão da direção
9. distribuidor
10. relé da bomba de combustível

11. bomba de combustível
12. válvula de injeção
13. válvula do filtro de carvão ativado
14. conector de diagnóstico
15. unidade de comando de ignição
16. transformador de ignição
17. corretor da rotação da marcha lenta
18. bateria
19. chave de ignição
20. relé do sistema de injeção

Fig. 1 - Vista geral do sistema CFI



O ar aspirado pelo motor é controlado pela borboleta de aceleração. O combustível circula por uma válvula injetora eletromagnética, colocada no centro do corpo da borboleta.

As condições de funcionamento do motor são comandadas pelos sensores e transferidas para a unidade de comando CFI. O combustível sob pressão é injetado sobre a borboleta de aceleração e mistura-se com o ar, formando uma mistura homogênea de ar/combustível. A mistura é aspirada pelos cilindros, passando pelos coletores de admissão.

A unidade de comando CFI dosa o volume certo de combustível em função do volume de ar. Ela calcula o tempo de abertura da válvula injetora.

Vantagens

É um sistema simples e barato, com boa formação de mistura para motores de pequena capacidade com catalisador.

Características do sistema CFI

- Alta pressão na dosagem de combustível.
- Boa partida a frio e a quente.
- Corte de combustível durante a desaceleração.
- Controle de emissões de poluentes.

Unidade de comando CFI

A unidade de comando CFI é o coração do sistema de gerenciamento de motores e combina o sistema de injeção com o de ignição.

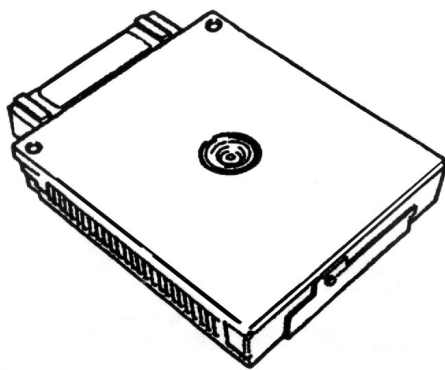


Fig. 2 - Unidade de comando



Construção

Placas de circuitos internos são utilizadas para fixar os componentes eletrônicos. Dentro da unidade são montados: o circuito digital, o circuito analógico e os geradores de potência (*drivers*). Os geradores de potência são montados junto à carcaça da unidade CFI para facilitar a dissipação de calor. Um conector de 60 pinos liga a unidade CFI aos sensores e atuadores.

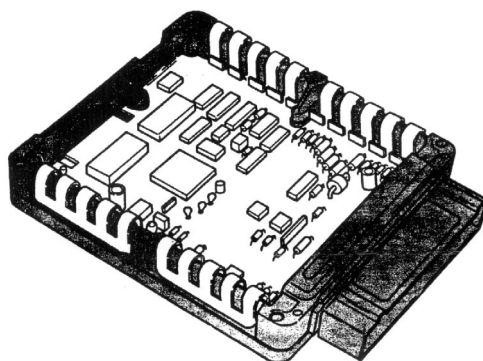


Fig. 3 - Unidade de comando

Princípio de funcionamento da unidade CFI

A unidade CFI caracteriza-se pelos seguintes componentes:

- microcomputador com:
 - microprocessador;
 - programa e conjunto de memórias;
 - unidades de entrada/saídas;
 - sistema de diagnóstico;
- conversor analógico/digital; e
- gerador de pulso.

Os sinais dos sensores são lidos pela unidade CFI. Como os sensores só fornecem sinais analógicos, o módulo converte estes sinais em digitais.

As tensões contínuas são convertidas por conversores analógicos/digitais (A/D), e as tensões alternadas são convertidas para frequência por geradores de pulso.



No caso do sensor da pressão no coletor, um circuito eletrônico integrado (gerador de pulsos) faz parte da sua construção, sendo o seu sinal lido pelo módulo já como sinal digital.

Partes do microcomputador

O microcomputador possui:

- unidade de entrada e saída de dados;
- microprocessador CPU;
- conjunto de memórias; e
- sistema de autoteste.

Os sinais dos sensores convertidos são lidos pela unidade de entrada por meio de dados em linha pelo microprocessador.

Conjunto de memórias

O conjunto de memórias tem três características principais:

- características do motor: neste bloco se encontram todos os valores relativos ao motor, como, por exemplo: mapa do ponto de ignição, cálculo do tempo de injeção, cálculo da massa de ar etc.;
- atualização de parâmetros: este bloco, durante o funcionamento do motor, atualiza os valores em função do desgaste mecânico do motor e da forma como o veículo é conduzido; e
- dados de manutenção: têm a função de armazenar informações sobre a pressão atmosférica e posição do corretor da marcha lenta, para usá-las como parâmetro nas próximas partidas. Além disso, gravam informações relativas apenas ao sistema, que são lidas através do equipamento VW EQ 7317 – Leitor de Falhas.



Uma tensão constante da bateria é necessária para armazenar informações na memória de manutenção. O seu conteúdo é apagado se a bateria for desnecessária.



Funcionamento de emergência

Se a unidade CFI falhar, o volume de combustível injetado será mantido constante, e a unidade de comando da ignição assume o comando do avanço da ignição, mantendo-o fixo.

Por meio da “Estratégia de Operação em Emergência”, o veículo pode ser conduzido até a oficina mais próxima, mas com substancial perda de potência e comprometimento da dirigibilidade.

Se um dos sensores falhar, a unidade CFI assume os valores padrões que se encontram armazenados como parte da estratégia de operação de emergência. Por exemplo, se falhar o sensor da temperatura do ar, a unidade CFI assume uma temperatura padrão, ou seja, uma temperatura normal de funcionamento do motor.

Caso ocorra uma falha na unidade CFI, tornando impossível o acesso às memórias, ela passa a trabalhar com valores prefixados, não possibilitando operações como cálculo da massa de ar e avanço do ponto de ignição.



Se a bomba de combustível trabalhar continuamente, com a chave de ignição apenas ligada, isto quer dizer que a unidade se encontra na Estratégia de Operação de Emergência.

Se a unidade CFI detectar que os sinais de determinado sensor são anormais, ela utiliza valores predeterminados para o sensor afetado. Isto permite um bom funcionamento do motor.

Nestes casos o erro é armazenado para que no futuro se possa diagnosticá-lo na concessionária.



A unidade CFI não deve ser aberta.

Todas as unidades CFI são idênticas exteriormente e não devem ser, em hipótese alguma, trocadas. O programa armazenado na unidade condiz com um determinado tipo de motor. Caso seja instalada num veículo uma unidade não adequada ao motor, o rendimento, a dirigibilidade e a economia estarão significativamente comprometidos.



Fornecimento de tensão e corrente

O fornecimento da tensão ao sistema se faz através do relé do sistema de injeção.

O relé é acionado com a ignição ligada e com uma ligação contínua à massa. O contato dele se fecha e liga o terminal positivo da bateria aos terminais 37 e 57 da unidade CFI. O relé da bomba de combustível e todos os outros elementos de comando são alimentados com uma tensão através do relé do sistema de injeção.

A ligação à massa dos atuadores é feita através dos terminais 20, 40 e 60 da unidade CFI.

Existem diferentes formas de abastecimento da tensão para a unidade CFI, tanto para os sensores como para os atuadores.

- A unidade CFI funciona com 12V.
- Para evitar flutuações de tensão, a unidade CFI fornece aos sensores uma tensão de 5V.
- O comando dos atuadores é feito pela unidade CFI através da abertura ou do fechamento da linha de massa do circuito.

Relé do sistema de injeção

A unidade CFI é energizada pelo relé do sistema de injeção.

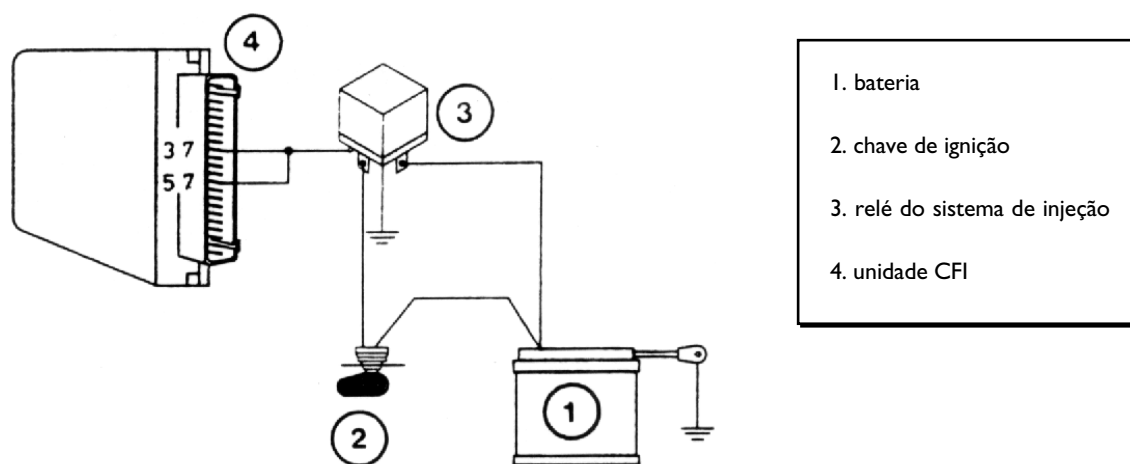


Fig. 4 - Fornecimento de energia para a unidade CFI

O relé é energizado após a ligação da ignição e uma ligação constante à massa. Ele possui um diodo ligado em série com o enrolamento para proteção do sistema.

O contato do relé liga o terminal positivo da bateria aos pinos 37 e 57 da unidade CFI. O relé da



bomba de combustível, a válvula injetora, a válvula do filtro de carvão ativado, bem como a unidade de comando da ignição, também recebem a tensão deste modo.

Após desligar a ignição, um temporizador garante que o relé do sistema de injeção permaneça ativado por mais de 6 segundos. Durante este período, a unidade CFI posiciona o corretor da rotação da marcha lenta e armazena o valor da pressão barométrica na memória de manutenção.

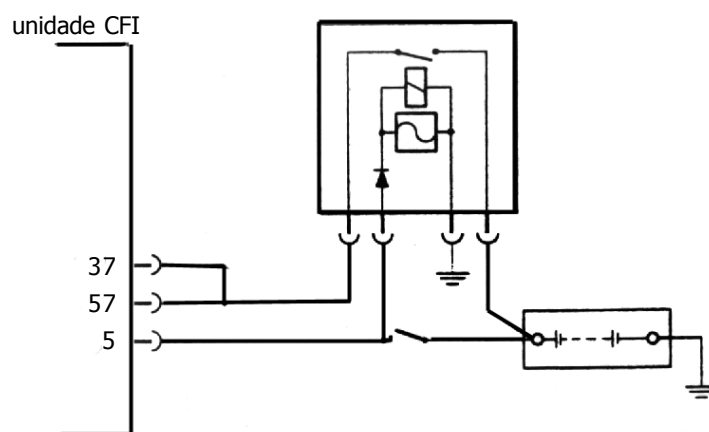
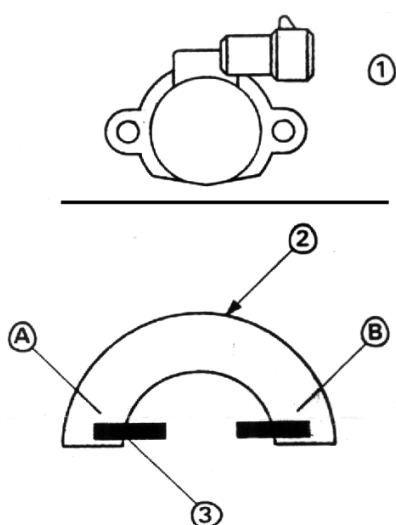


Fig. 5 - Diagrama do circuito

Sensor da borboleta do acelerador

O sensor da borboleta é um potenciômetro rotativo. Encontra-se ligado ao alojamento da borboleta por um dispositivo que o prende e comanda. A borboleta faz acionar um contato deslizante no sensor, que é deslocado ao longo de um trilho de resistência. A tensão de referência, que é de 5 volts, varia de acordo com a posição da borboleta.



1. sensor da borboleta do acelerador
2. trilho de resistência
3. contato deslizante
- A. resistência mínima
- B. resistência máxima

Fig. 6 - Sensor da borboleta e trilho da resistência do sensor da borboleta

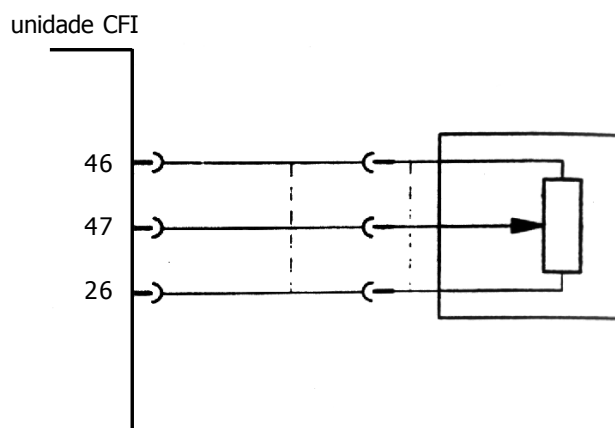


Fig. 7 - Diagrama do circuito

É necessário conhecer a posição da borboleta para se efetuarem os seguintes cálculos:

- rotação em marcha lenta;
- avanço do ponto de ignição; e
- quantidade do combustível.

A unidade CFI detecta a posição da borboleta em todo o seu percurso, que é dividido em três partes distintas:

- borboleta fechada (marcha lenta);
- borboleta parcialmente aberta; e
- borboleta totalmente aberta.

Durante o período em que a borboleta está totalmente fechada, a unidade CFI controla:

- marcha lenta; e
- desaceleração com corte de combustível.

A borboleta parcialmente aberta (5% a 70% de abertura):

- regula a razão ar/combustível; e
- efetua um controle rigoroso das emissões dos gases de escape (sistema em circuito fechado).



A borboleta totalmente aberta (70% a 100% de abertura) mantém o sistema de circuito aberto.

Os valores da tensão na posição podem variar de motor para motor.

Sensor de temperatura do ar

O sensor encontra-se localizado na parte superior do corpo da borboleta. A temperatura do ar é necessária para determinar o volume do combustível a ser injetado.

O sensor possui uma resistência com coeficiente negativo da temperatura (NTC). Com o aumento da temperatura, a sua resistência diminui. Este sensor é alimentado com 5 volts pela unidade CFI.

Ele é usado na partida a frio, na fase de aquecimento e durante todo o funcionamento do motor.

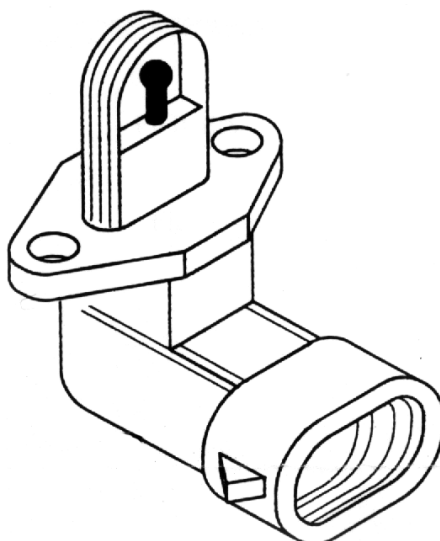


Fig. 8 - Sensor de temperatura do ar

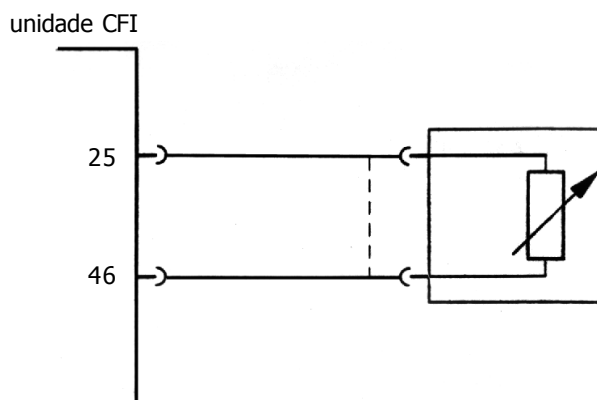


Fig. 9 - Diagrama do circuito



Sensor de temperatura do sistema de injeção

O sensor encontra-se localizado no bloco do motor e tem o mesmo princípio de funcionamento do sensor da temperatura do ar. A unidade CFI precisa desta informação para alterar as características dos mapas de funcionamento do motor nas fases fria e quente. A temperatura do líquido de arrefecimento do motor é necessária para efetuar os seguintes cálculos:

- rotação em marcha lenta;
- avanço do ponto de ignição; e
- volume de combustível a ser injetado.

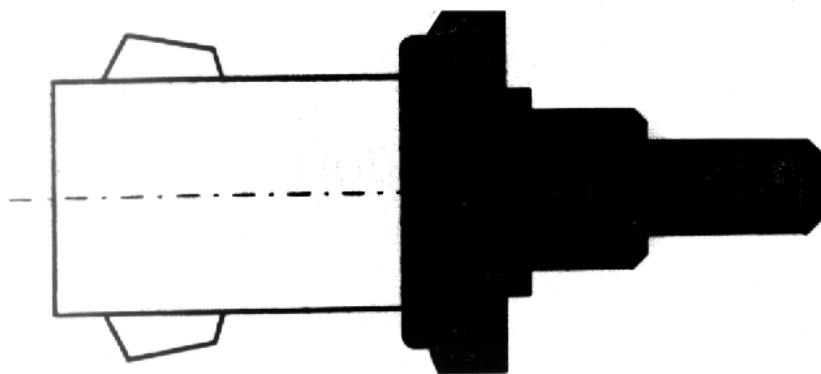


Fig. 10 - Sensor de temperatura do sistema de injeção

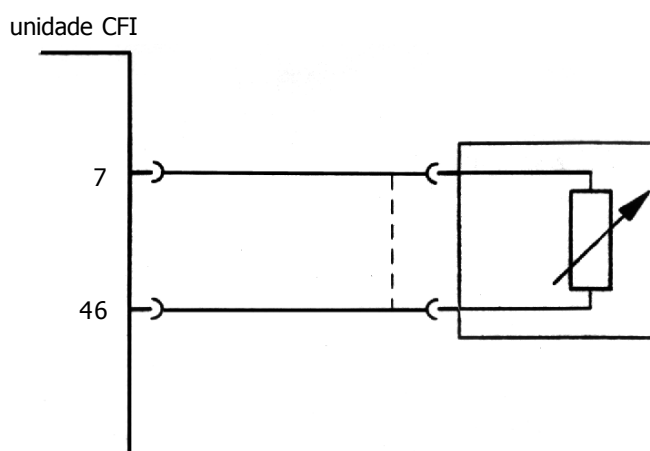


Fig. 11 - Diagrama do circuito



Distribuidor de ignição (Hall)

O distribuidor possui o emissor de impulsos Hall, que tem duas finalidades:

- transmitir o sinal da rotação do motor; e
- fornecer a referência da posição da árvore de manivelas.

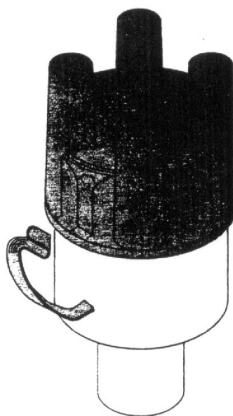


Fig. 12 - Distribuidor de ignição

Sensor de pressão no coletor

O sensor da pressão encontra-se ligado ao corpo da borboleta por um tubo. A unidade CFI fornece uma tensão de referência de 5 volts, proporcionalmente convertida em frequência, entre 80,9 e 162,4Hz, dependendo da pressão.

A partir dos sinais fornecidos pelos sensores da pressão no coletor e na temperatura do ar, a unidade CFI calcula a massa do fluxo do ar aspirada pelo motor.

Quando a borboleta está totalmente aberta ou quando se liga a ignição (motor parado), o sensor da pressão mede a pressão atmosférica, sendo esta imediatamente armazenada na memória de manutenção da unidade CFI. Esta unidade utiliza os valores dos sensores de pressão e temperatura do sistema de injeção para calcular o volume do combustível e o avanço do ponto de ignição.

Em borboleta totalmente aberta, o valor medido da pressão atmosférica é enviado à unidade CFI, em conjunto com a diferença na pressão atmosférica (mudança na altitude), para a memória de manutenção.

A unidade CFI necessita conhecer a pressão para efetuar os seguintes cálculos:

- rotação em marcha lenta;
- avanço do ponto de ignição; e
- volume do combustível a ser injetado.

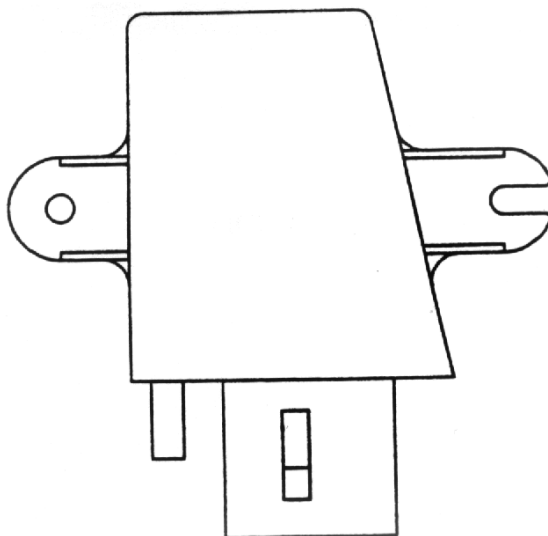


Fig. 13 - Sensor de pressão no coletor

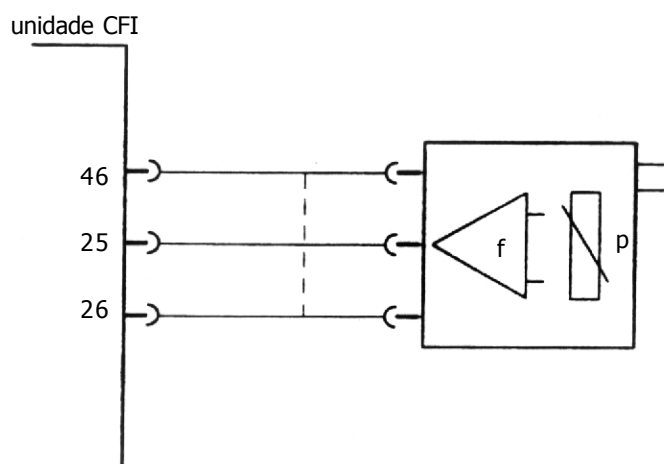


Fig. 14 - Diagrama do circuito

Sensor de velocímetro

O sensor do velocímetro é acionado pelo diferencial.

O sensor do tipo Hall transmite a frequência à unidade CFI correspondente à velocidade do veículo.

Esta informação é enviada à unidade CFI para se efetuarem os seguintes cálculos:

- rotação da marcha lenta;
- enriquecimento do combustível durante a aceleração; e
- corte de combustível durante a desaceleração.

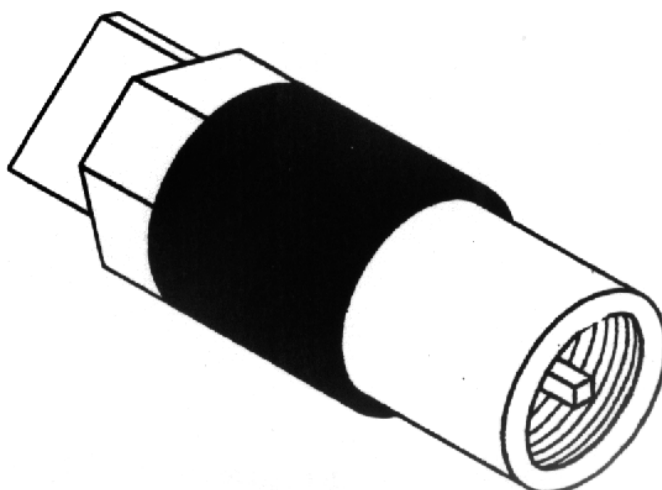


Fig. 15 - Sensor de velocímetro

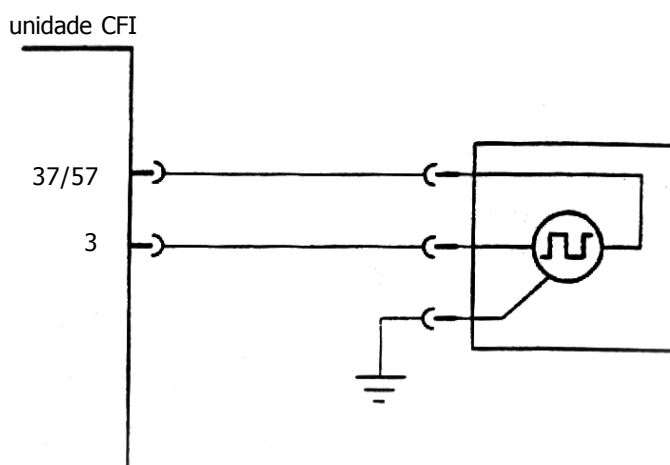


Fig. 16 - Diagrama do circuito

Funcionamento em circuito fechado (*close-loop*) com a sonda lambda

Na transição de uma mistura pobre para uma mistura rica, a tensão da sonda lambda dá um salto, que é utilizado para o controle da relação ar/combustível.

Durante o processo de controle, a unidade CFI compara continuamente a tensão da lambda com a tensão requerida no programa. A tensão requerida é escolhida de tal modo que a unidade CFI passe a controlar a mistura ar/combustível ao valor unitário da sonda lambda. A mistura controlada ar/combustível varia continuamente na sua composição entre “rica” e “pobre”, dentro de uma estreita faixa, próxima dos valores de lambda.

Devido à característica de a tensão da sonda lambda ter uma inclinação muito acentuada, a tensão da sonda muda de cerca de 200mV para cerca de 800mV.

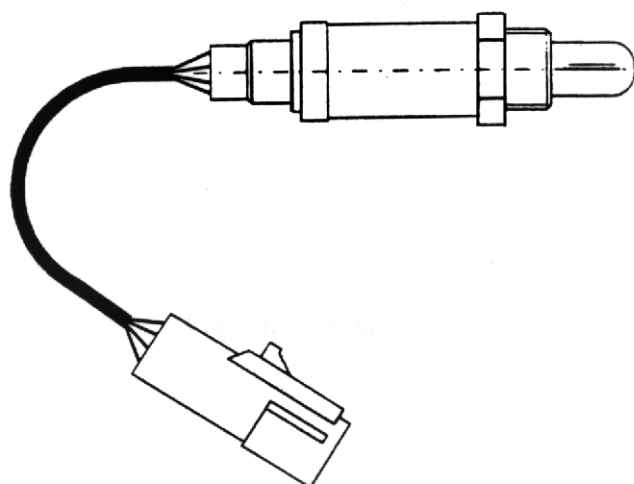


Fig. 17 - Sonda lambda

A sonda lambda é um sensor de medida que envolve pulsos de tensão à unidade CFI, que contém dados quanto à proporção residual do oxigênio nos gases de escape. Por isso, eles possuem informações instantâneas sobre a mistura ar/combustível. Se a mistura é rica, a tensão da sonda é maior que a tensão requerida pelo programa; neste caso, a unidade CFI reduz o tempo de injeção e, daí, a massa de combustível. Quando a mistura muda para pobre, a tensão da sonda é menor que a tensão do programa, e a unidade CFI aumenta o período de injeção de forma a tornar a mistura rica. Este processo de controle repete-se enquanto o motor está em circuito fechado.

A sonda é monitorizada pela unidade CFI, que verifica se a sonda está funcionando corretamente. Se a temperatura da ponta cerâmica da sonda for menor do que 300°C (motor frio), a mistura ar/combustível torna-se “pobre”, embora neste caso se faça necessária uma mistura rica, para a fase de aquecimento da sonda. A fase de aquecimento evita que a sonda monitorize os gases de escape; desta forma, o motor não funcionará em circuito fechado.

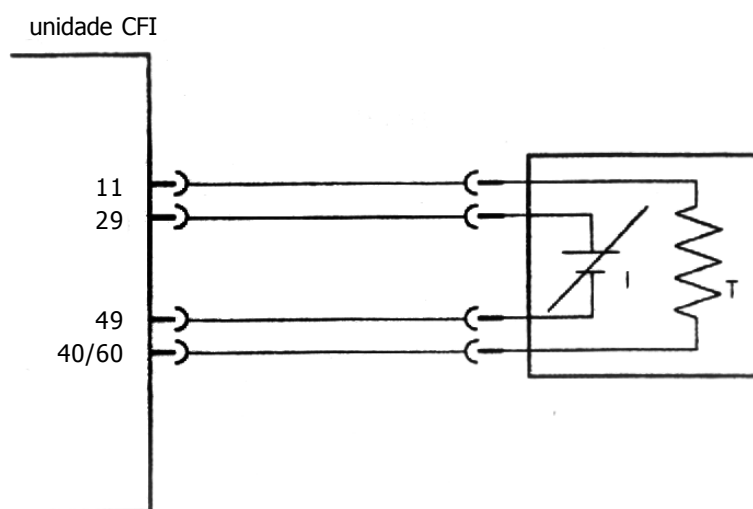


Fig. 18 - Diagrama do circuito

Sistema de ignição

2



Nos últimos anos, devido à eficiência, níveis de rendimento de emissão, resistência à detonação e manutenção, os sistemas de ignição foram submetidos a grandes modificações e melhoramentos.

Como uma dessas inovações, surgiu o sistema de ignição TFI.

O sistema de ignição TFI é designado como sistema de ignição integrada. Isto significa que o tempo de ignição e o de injeção são controlados por um microprocessador comum na unidade CFI.

O coração do sistema de ignição é a unidade CFI. O tempo de ignição é determinado pelo microprocessador, utilizando-se os seguintes sensores, que fornecem sinais necessários para este fim:

- rotação do motor;
- pressão no coletor de admissão;
- temperatura do líquido de arrefecimento;
- temperatura do ar;
- posição da borboleta;
- sonda lambda.

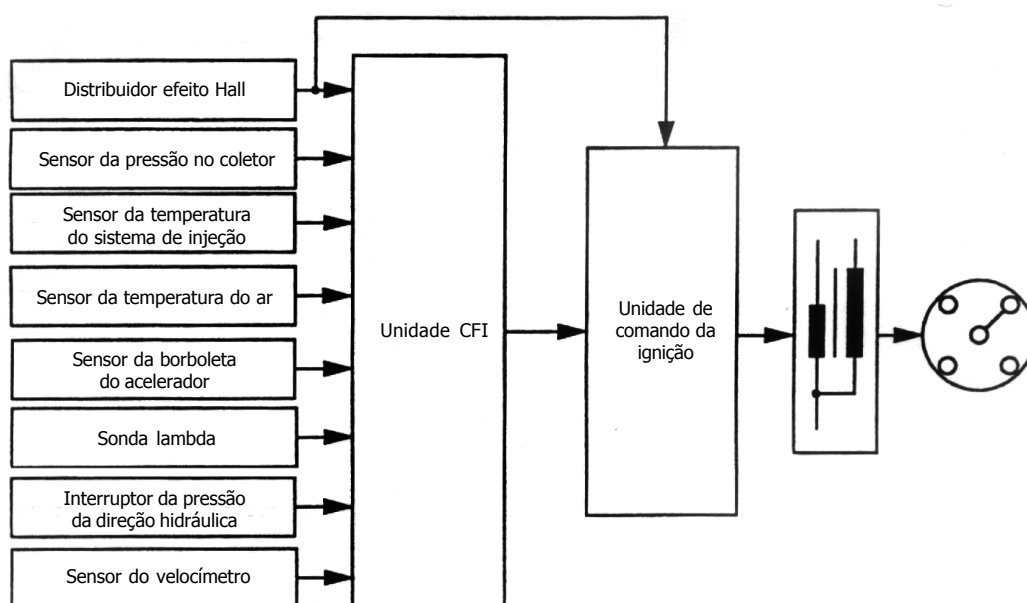


Fig. 1 - Diagrama de injeção/ignição



Sistema de ignição TFI

O “Sistema de Ignição TFI” refere-se a um sistema de ignição mapeada, com a distribuição da tensão de ignição por um distribuidor.

A abreviatura “TFI” deriva do termo Ignição por Película de Filme Espesso. Esta designação descreve a criação do processo da unidade de comando de ignição, chamada tecnologia da película espessa.

A tecnologia da película espessa descreve um processo no qual condutores, resistências elétricas e condensadores de um circuito são inicialmente impressos numa tela por meio de gravação, com o auxílio de uma pasta condutiva, correspondendo a estruturas necessárias e subsequente tornadas indelévels.

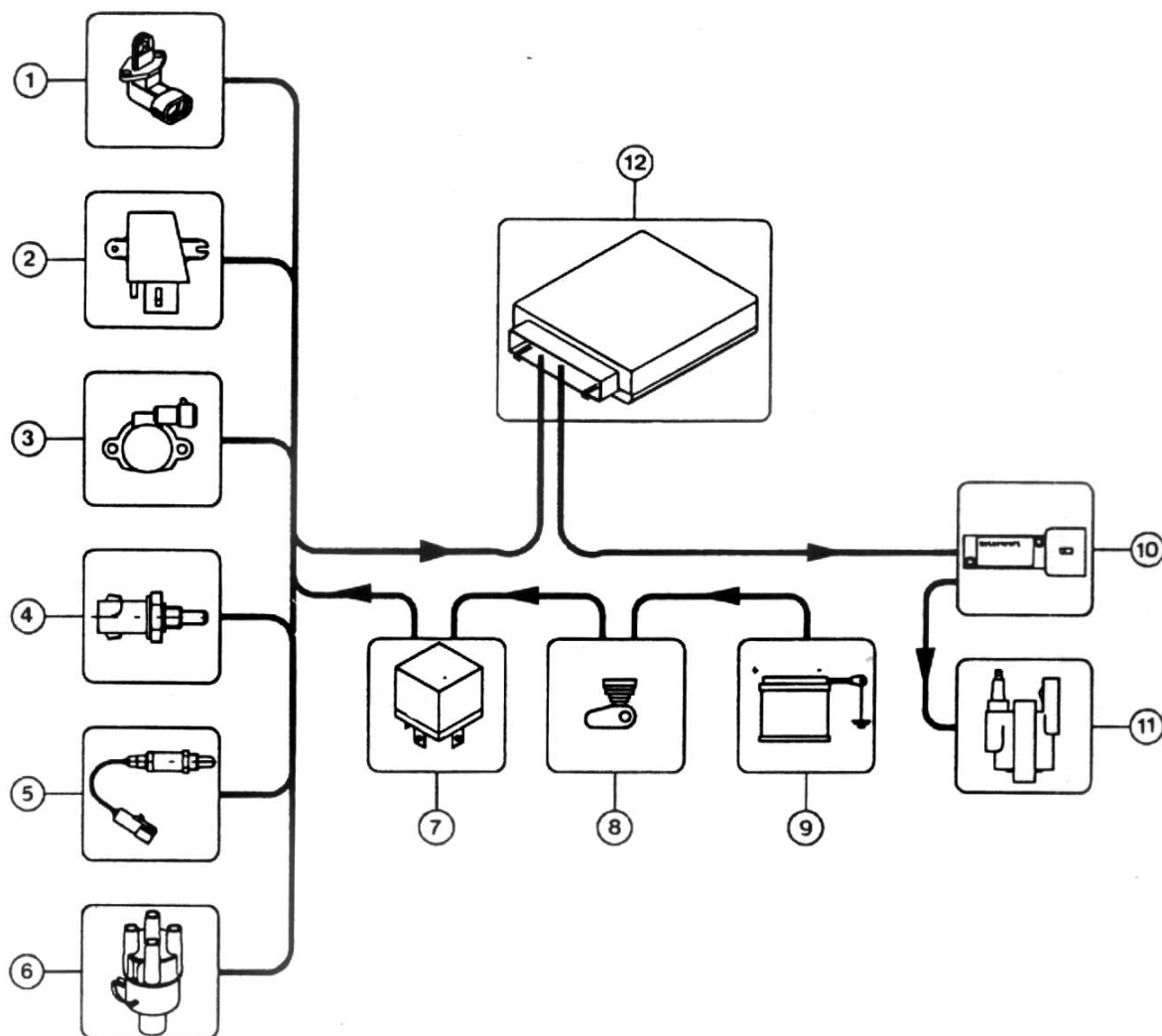
Os elementos dos circuitos produzidos deste modo são depois ligados em conjunto, para formar um “circuito híbrido”.

Este processo oferece as seguintes vantagens:

- alta pressão dos componentes (baixas tolerâncias), logo adequada para circuitos em sistemas de medição; e
- grande força isoladora (aplicações para circuitos de alto rendimento).



Sistema de ignição TFI com sensor Hall



- 1. sensor da temperatura do ar
- 2. sensor de pressão no coletor
- 3. sensor da borboleta do acelerador
- 4. sensor da temperatura do sistema de injeção
- 5. sonda lambda
- 6. distribuidor

- 7. relé do sistema de injeção
- 8. chave de ignição
- 9. bateria
- 10. unidade de comando da ignição
- 11. transformador de ignição
- 12. unidade de comando CFI

Fig. 2 - Vista geral do sistema de ignição



Funcionamento do sistema de ignição

Todas as informações recebidas dos sensores são utilizadas pela unidade CFI para calcular, dentro de mapas e diagramas, o ponto de ignição.

Comportamento do motor na partida

O ângulo de ignição não é calculado durante a partida. Estando a rotação do motor abaixo de 500rpm, a unidade CFI estabelece o ponto de ignição a 9° em relação ao girabrequim.

Comportamento do motor após a partida

O ponto de ignição é calculado assim que o motor começa a trabalhar. Inicialmente os sinais analógicos dos sensores são transformados por um conversor analógico/digital (A/D) ou pulsador (IF) e posteriormente utilizados para cálculos do ponto de ignição.

Os sensores no diagrama esquemático a seguir são apresentados somente como exemplos de sinais fornecidos à unidade CFI. Os sinais dos sensores analógicos são convertidos em um sinal digital na unidade CFI. No caso do sensor de pressão, a frequência é convertida num sinal digital por circuito integrado (pulsador) incorporado ao sensor.

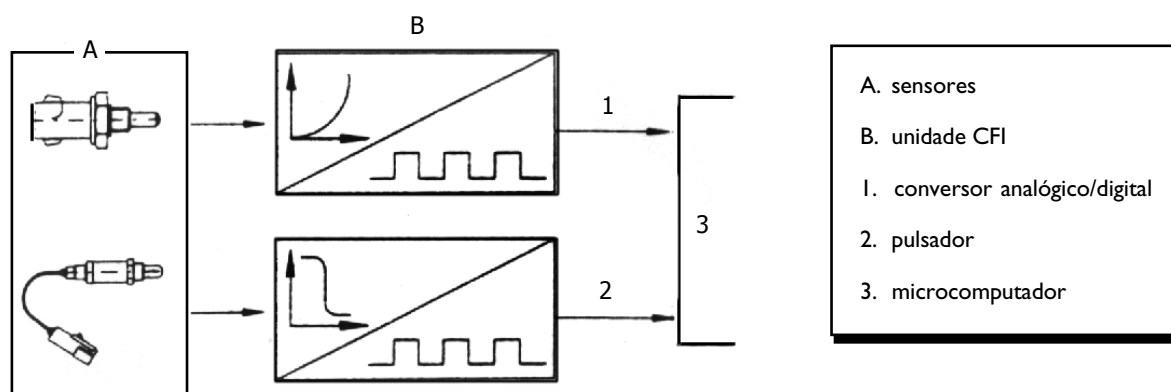


Fig. 3 - Diagrama do ponto de ignição

Cálculo do ponto de ignição

O microprocessador na unidade CFI utiliza mapas de ignição característicos para determinar o ponto de ignição. Estes mapas de ignição compõem-se de tabelas múltiplas, permanentemente armazenadas, que determinam o ponto de ignição, dependendo de diferentes condições de funcionamento, como, por exemplo: carga e rotação do motor, ou temperatura do líquido de arrefecimento. Os dados de determinado ponto de ignição são armazenados em forma de dígitos na memória da unidade CFI.



O microprocessador avalia os sinais de entrada (rotação do motor e carga) e seleciona no mapa o ponto de ignição ideal.

O ponto base de ignição é calculado de acordo com as características do mapa de ignição e serve como um valor inicial, que pode ser ajustado (se necessário) por meio de correções variáveis, tais como:

- posição da borboleta;
- temperaturas: água e ar; e
- pressão atmosférica.

Por exemplo, o mapa inteiro das características de ignição pode ser ajustado para “atrasar” ou “adiantar”, dependendo da leitura de outros sensores.

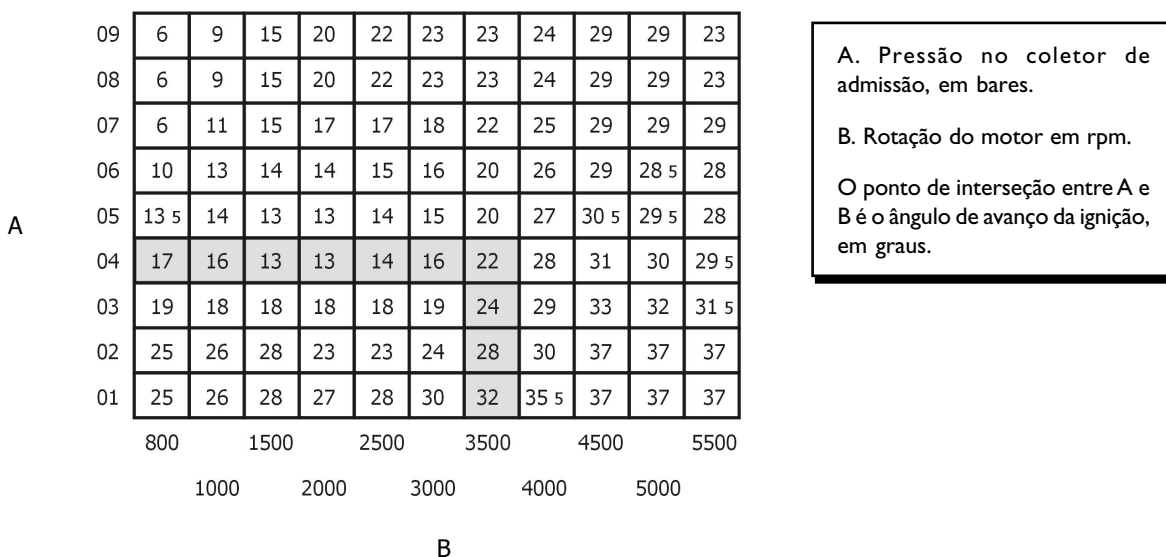


Fig. 4 - Mapa de ignição (exemplo)

A corrente do circuito primário da bobina fecha-se pelo pólo negativo da mesma, através da unidade de comando da ignição.

A alta tensão obtida é aplicada, por intermediário do distribuidor, ao cilindro correspondente e na correta seqüência da ignição.



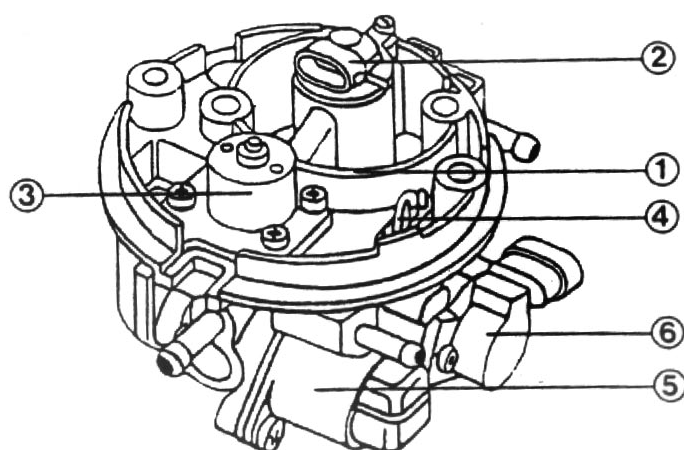
Corpo da borboleta

O corpo da borboleta encontra-se montado no coletor de admissão e fazem parte dele:

- regulador da pressão de combustível;
- válvula injetora;
- sensor da temperatura do ar;
- borboleta de aceleração;
- sensor da borboleta do acelerador; e
- corretor da rotação da marcha lenta.

Na sua composição o corpo da borboleta é idêntico a um sistema de carburador. O sistema de jato de um carburador convencional de secção transversal constante foi substituído por uma válvula injetora, que funciona eletromagneticamente, com um cone de injeção posicionado de forma a dirigir a pulverização de combustível para a borda da borboleta de aceleração. O resultado é uma mistura efetiva por causa de um forte vácuo feito pela borboleta de aceleração, possibilitando eficiente distribuição da mistura para cada cilindro.

Obtém-se, também, uma distribuição de mistura melhorada devido à atomização do combustível, produzido pela válvula injetora, que funciona a uma pressão constante de 1 bar. As aberturas do injetor são disparadas pela unidade CFI, garantindo que prevaleça a mesma proporção de mistura no coletor de admissão, para cada cilindro, durante o seu percurso de admissão.



1. corpo da borboleta
2. válvula injetora
3. regulador da pressão de combustível
4. sensor da temperatura do ar
5. corretor da rotação da marcha lenta
6. sensor da borboleta do acelerador

Fig. 5 - Corpo da borboleta

Sistema de combustível + medição do ar

3



Cálculo do fluxo de ar

No sistema CFI o fluxo de ar é calculado pela unidade CFI, com base nos sensores de temperatura do ar, pressão do coletor e rotação do motor. O sinal de rotação é gerado pelo sensor de efeito Hall montado sobre o distribuidor.

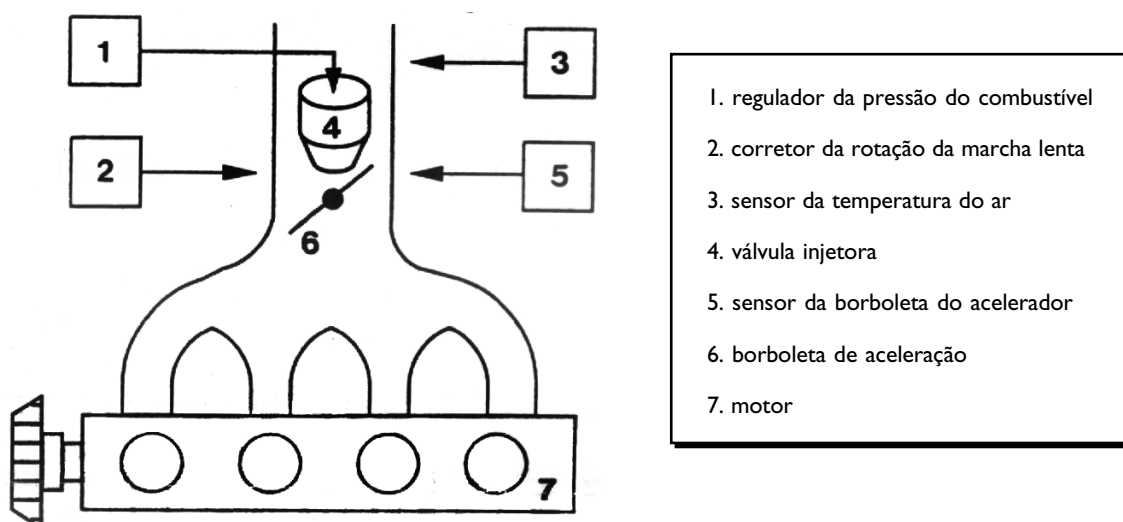


Fig. 1 - Injeção central de combustível

Fornecimento de combustível

O fornecimento de combustível é idêntico ao sistema *multipoint*. O combustível é puxado por uma bomba elétrica que se localiza no interior do tanque de combustível. Antes de chegar ao corpo da borboleta, o combustível passa por um filtro. A pressão do sistema de combustível é controlada pelo regulador de pressão e, neste caso, sem a ligação ao vácuo do coletor.

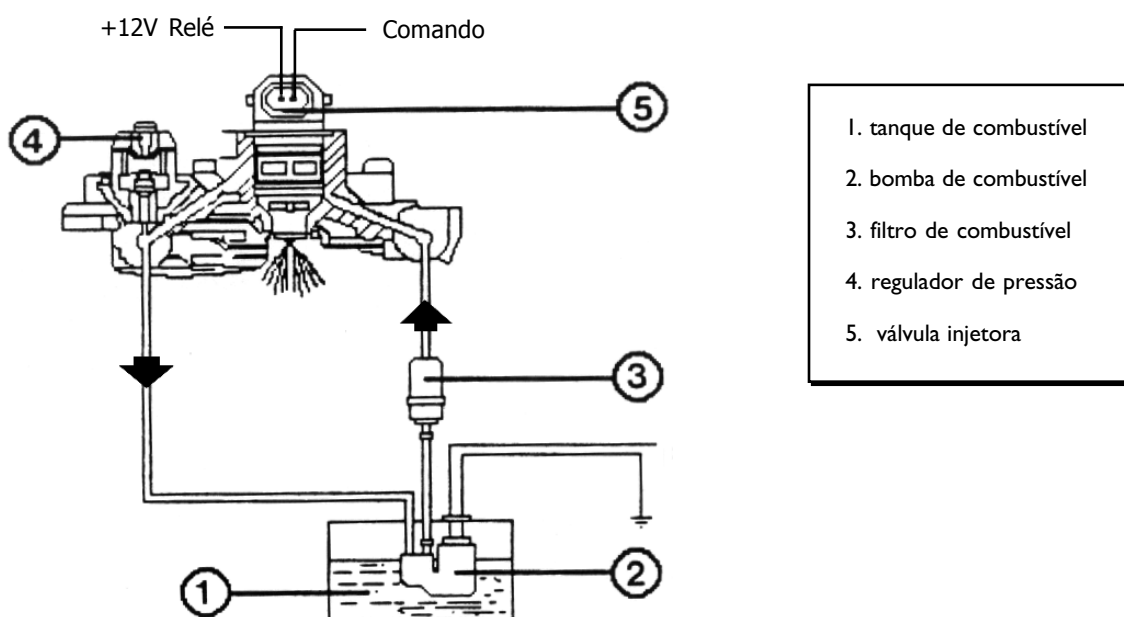


Fig. 2 - Fluxograma do combustível

Relé da bomba de combustível

O relé da bomba de combustível é controlado pela unidade CFI, que a abastece eletricamente. Quando se liga a ignição, o relé é energizado por um segundo. Conseqüentemente, a bomba de combustível trabalha por este período, criando uma pressão no sistema de combustível. Enquanto o motor estiver em funcionamento, o relé da bomba de combustível permanecerá ativado. Assim que o motor parar de funcionar, o relé será desenergizado. O pino 22 da unidade CFI controla o relé da bomba de combustível.

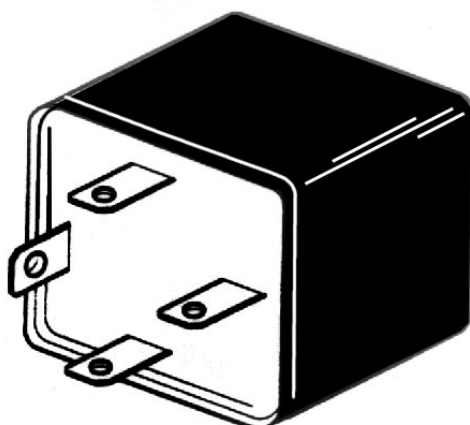


Fig. 3 - Relé da bomba de combustível

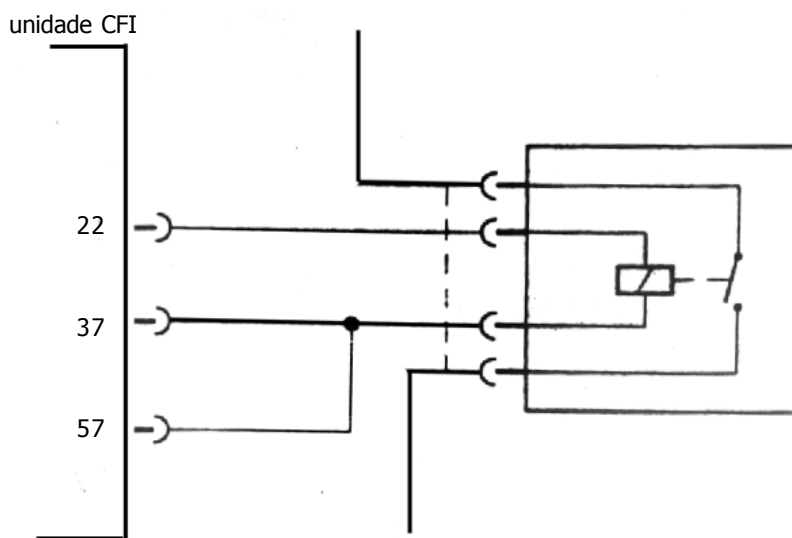


Fig. 4 - Diagrama do circuito

Filtro de combustível

O filtro de combustível encontra-se instalado entre o tanque de combustível e o corpo da borboleta, impedindo que as impurezas do combustível cheguem à válvula injetora. O filtro contém um elemento de papel com poros de largura média de 4 microns e deve ser substituído em intervalos recomendados pelo plano de manutenção. A direção da seta do fluxo deve ser cumprida quando da instalação.

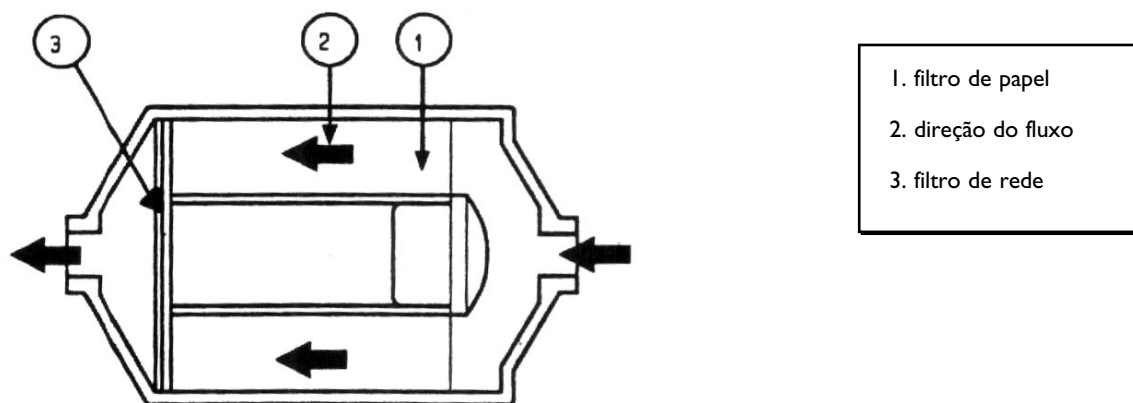


Fig. 5 - Fluxograma do combustível

Válvula injetora

A válvula injetora tem como finalidade a distribuição e a atomização do combustível. Está localizada no centro do corpo da borboleta, por cima, para que sua agulha injetora possa lançar o combustível para baixo.



O relé do sistema de injeção é alimentado pela bateria, fornecendo ao solenóide da válvula injetora a potência necessária para seu funcionamento, após a ligação da ignição. A unidade CFI chaveia a válvula injetora através do pino 59, assim como calcula o tempo de injeção após a leitura de vários sinais vindos dos sensores, e transmitindo para a válvula sinais que possibilitem abri-la ou fechá-la.

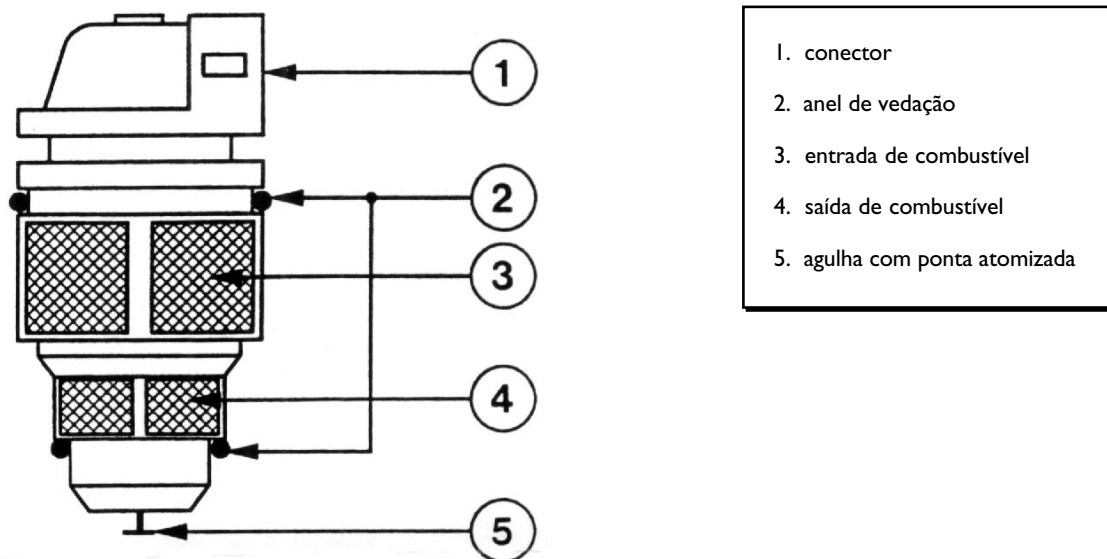


Fig. 6 - Diagrama da válvula injetora

Regulador da pressão de combustível

O regulador de pressão é um diafragma regulador, sob pressão, de uma mola. Encontra-se integrado ao corpo da borboleta e controla a pressão de combustível, mantendo-se constante.

A compensação da pressão é desnecessária, pois a válvula injetora encontra-se localizada sobre a borboleta de aceleração.

O diafragma sob pressão da mola controla a pressão de combustível, mantendo-se constante (1 bar), antes da válvula injetora. O excesso de combustível retorna para o tanque, virtualmente sem pressão.

Este controle de pressão é necessário, pois o volume de combustível é calculado pela unidade CFI, só com base no tempo de abertura da válvula injetora.

A pressão de combustível pode ser regulada por um parafuso de 4mm localizado no topo do regulador de pressão.

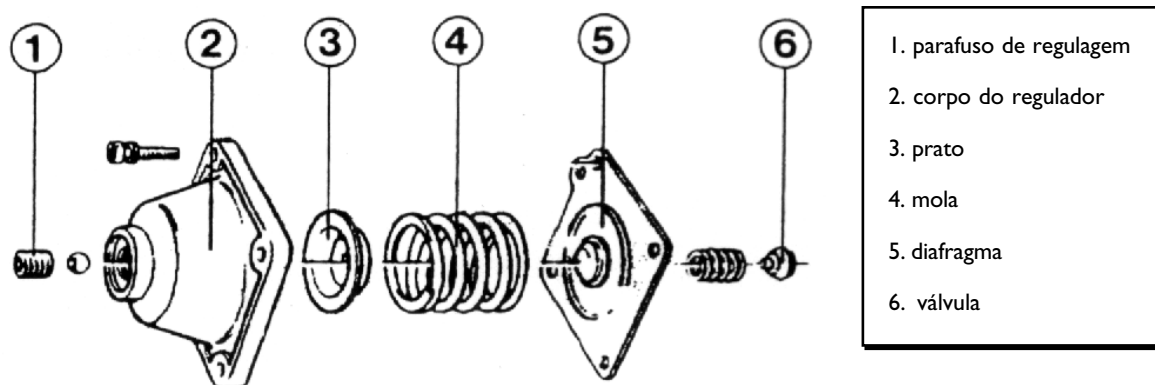


Fig. 7 - Regulador de pressão do combustível

Controle da marcha lenta



A rotação em marcha lenta é controlada pela unidade CFI, em quaisquer circunstâncias, tais como:

- motor frio;
- cargas de consumidores; e
- direção hidráulica e ar-condicionado.

A unidade CFI mantém constante a rotação do motor através de:

- avanço a uma carga baixa do motor; e
- mistura a uma carga alta do motor.

À medida que a rotação da marcha lenta diminui, aumenta o avanço, com base na informação de vários sensores. Deste modo, a rotação da marcha lenta é estabilizada.

De acordo com os pontos antes mencionados, a unidade CFI também controla o corretor da rotação da marcha lenta. O fluxo de ar é regulado, abrindo ou fechando a passagem de ar do corpo da borboleta, através de um furo que interliga os lados superior e inferior da borboleta de aceleração, formando assim um *by-pass*. O tempo de injeção é também regulado de acordo com a mudança do fluxo de ar; a razão da mistura ar/combustível estabiliza a marcha lenta que, por sua vez, é monitorizada pela unidade CFI.

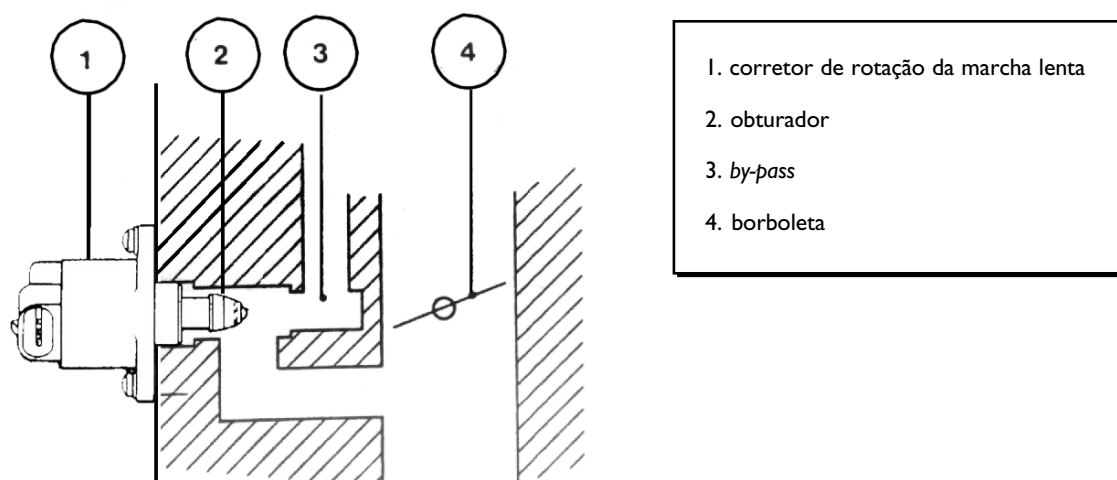


Fig. 1 - Razão da mistura ar/combustível

Corretor de rotação da marcha lenta

O corretor de rotação é controlado pela unidade CFI e encontra-se localizado no corpo da borboleta.

A regulação de marcha lenta é feita através de um *by-pass*. O controle da passagem de ar pelo *by-pass* é realizado por um obturador localizado na extremidade do corretor da rotação. Dentro desse corretor um sistema de engrenagens transforma a rotação do motor num movimento linear, fazendo com que o obturador controle a passagem de ar.

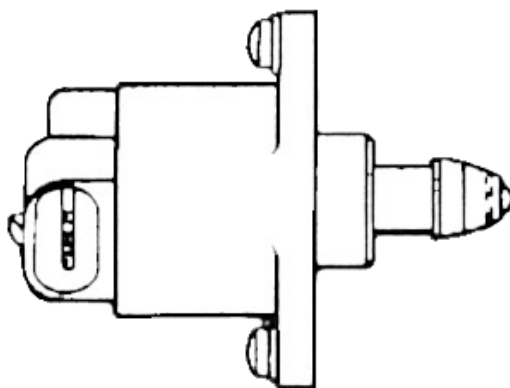


Fig. 2 - Corretor de rotação da marcha lenta

Condições prévias:

- motor a temperatura normal de funcionamento e ventoinha ligada;
- o avanço da ignição e o teor de CO devem corresponder aos dados técnicos especificados; e
- todos os equipamentos adicionais que consomem corrente devem estar desligados.



No valor da rotação da marcha lenta especificada nos dados técnicos, já estão considerados todos os equipamentos com consumo de corrente para o funcionamento normal.

Quando se ajusta o valor da marcha lenta normalmente, apenas a quantidade de mistura é alterada. Isto é obtido alternando-se o volume de ar que é aspirado através da passagem em um by-pass. Este método de regulagem aumenta ou diminui o volume de ar aspirado, alternando inevitavelmente a mistura e, deste modo, a rotação de marcha lenta.

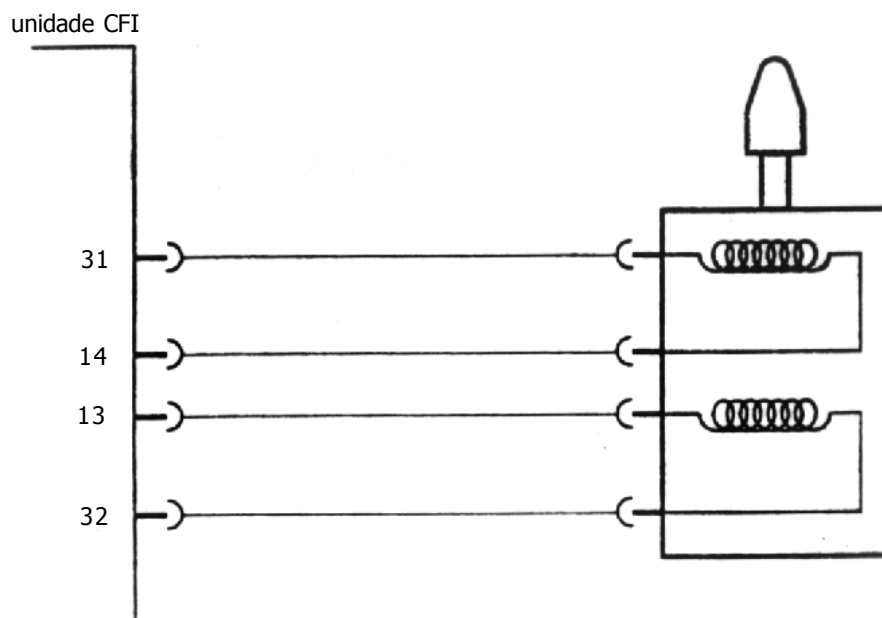


Fig. 3 - Diagrama do circuito

Funcionamento do sistema CFI com ar-condicionado e direção hidráulica



Interruptor do ar-condicionado

O interruptor do ar-condicionado informa quando entra em funcionamento o sistema. A tensão de 0 volt que chega ao pino 10 da unidade CFI indica que o ar-condicionado encontra-se desligado, e a tensão de 12 volts mostra que o mesmo se encontra ligado.

Quando o ar-condicionado está ligado, a embreagem eletromagnética encontra-se engatada. A carga sobre o motor aumenta porque o compressor começa a funcionar, e a unidade CFI inicia o controle da rotação na marcha lenta.

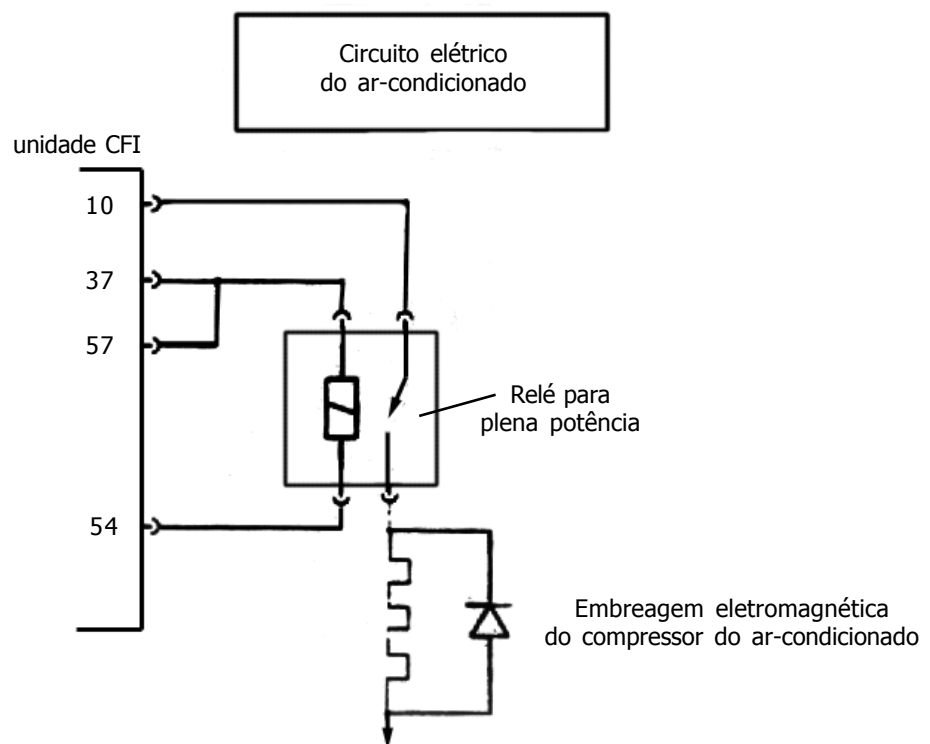


Fig. 1 - Diagrama do circuito



Relé para plena potência

O relé de potência é do tipo convencional. O circuito da corrente fornece uma tensão à embreagem eletromagnética do compressor do ar-condicionado, sendo o controle desse circuito feito pela unidade CFI.

Depois que o sistema de ar-condicionado estiver ligado, uma tensão (de 12 volts) é fornecida ao pino 10, o que faz com que o pino 54 na unidade CFI seja ligado ao terra (pino 20). Esta ligação aciona o relé para plena potência.

O sistema de ar-condicionado pode ser desligado pela unidade CFI somente em carga máxima, a fim de manter a total potência do motor para a aceleração.

A condição necessária para que este evento ocorra é o recebimento pela unidade CFI da informação de “borboleta totalmente aberta”, enviada pelo sensor da borboleta.

Interruptor de pressão da direção hidráulica

O interruptor de pressão da direção hidráulica é um simples comutador liga/desliga e encontra-se instalado no tubo de pressão da bomba da direção hidráulica ao mecanismo da direção.

Quando o veículo está sendo conduzido, o interruptor pode se fechar ou abrir. Dependendo da pressão do óleo, o sensor fornece um sinal à unidade CFI para controlar a rotação da marcha lenta.

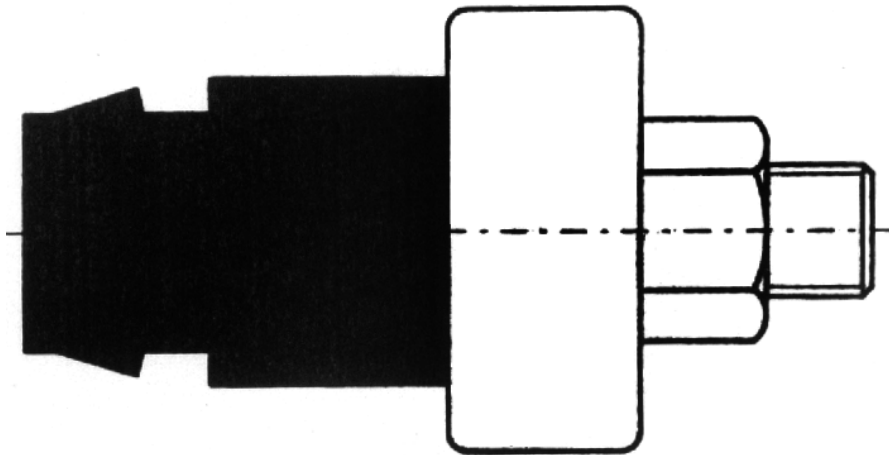


Fig. 2 - Interruptor de pressão da direção hidráulica

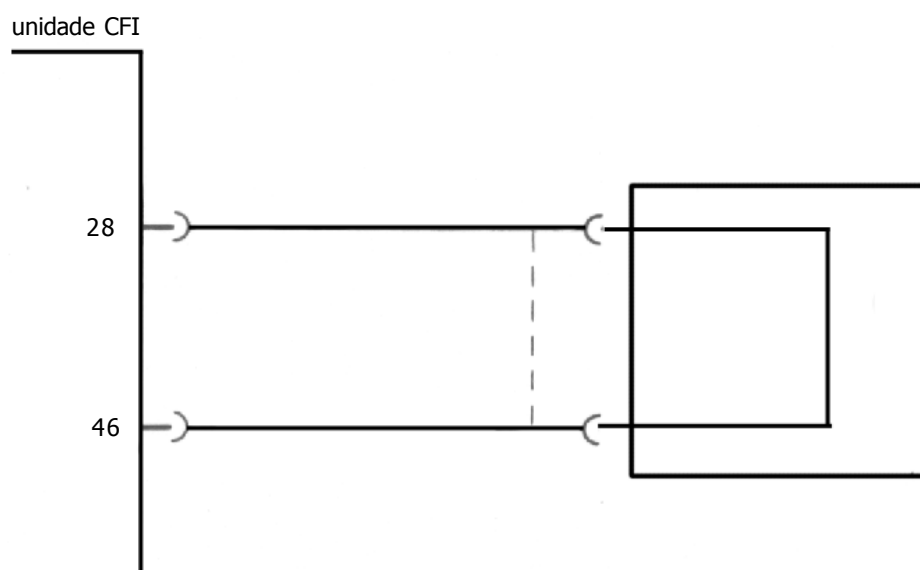


Fig. 3 - Diagrama do circuito

Controle de emissões evaporativas



O filtro de carvão ativado é utilizado para armazenar os vapores de combustível provenientes do tanque de combustível.

Nos motores equipados com injeção de combustível, durante o seu funcionamento os vapores procedentes do filtro de carvão são aspirados para o corpo da borboleta.

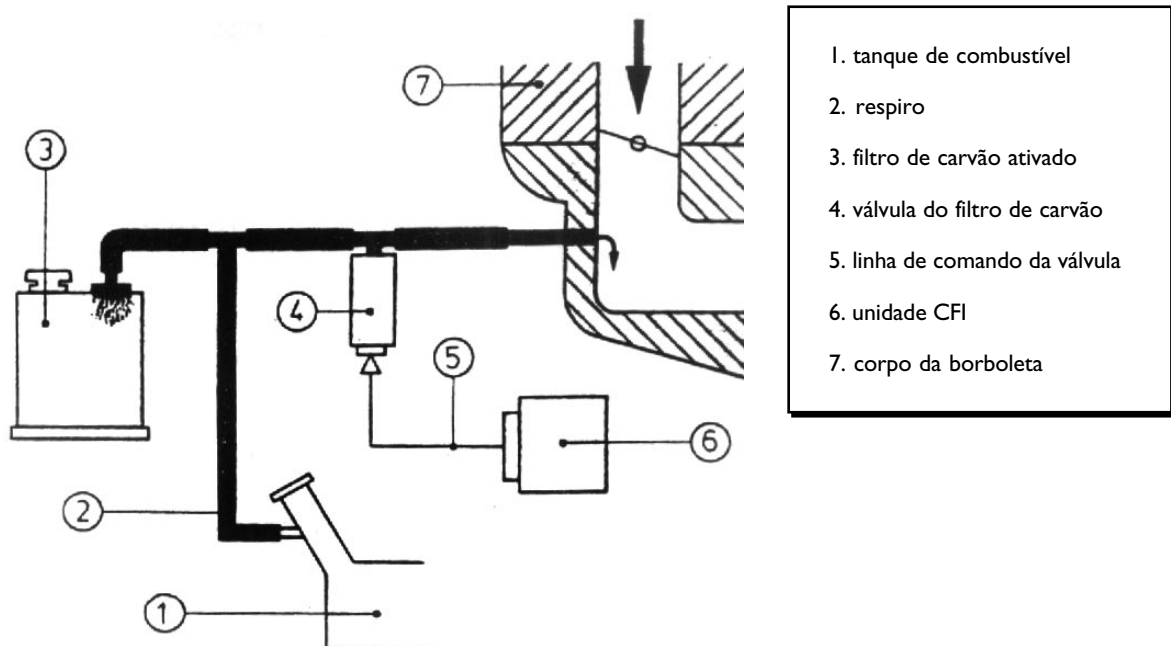


Fig. 1 - Diagrama de controle de emissões evaporativas



Válvula do filtro de carvão ativado

A válvula do filtro de carvão ativado é uma válvula solenóide, normalmente fechada, montada entre a linha do filtro e o corpo da borboleta. Quando a válvula é energizada pela unidade CFI, o solenóide se abre e permite que o vácuo formado abaixo da borboleta aspire os vapores de combustível do filtro, para que sejam queimados juntamente com o combustível injetado, dentro dos cilindros. Quando a unidade CFI desenergiza o solenóide, a válvula se fecha, fazendo com que os vapores de combustível fiquem armazenados no filtro.

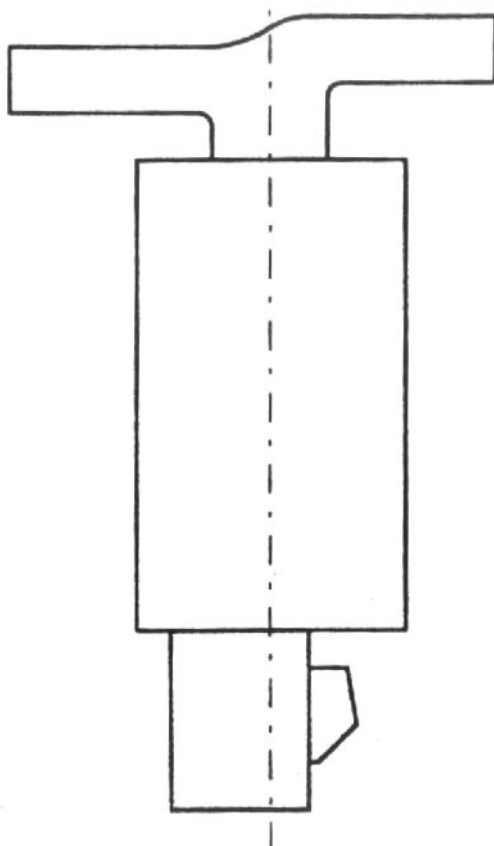


Fig. 2 - Válvula do filtro de carvão ativado

Esquema elétrico CFI

Diagrama esquemático do sistema CFI



FIRJAN
*Federação
das Indústrias
do Estado do
Rio de Janeiro*

SENAI
*Serviço Nacional
de Aprendizagem
Industrial do
Rio de Janeiro*

Av. Graça Aranha, 1
Centro – CEP 20030-002
Rio de Janeiro – RJ
Tel.: (0xx21) 2563-4526
Central de Atendimento:
0800-231231