MARCEL ESTURARI TRUOSOLO

SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA MULTIPONTO

São Caetano do Sul

2013

MARCEL ESTURARI TRUOSOLO

SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA MULTIPONTO

Monografia apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Automotiva, da Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. MSc. Fernando Fusco Rovai

São Caetano do Sul

2013

Truosolo , Marcel Esturari
Sistema de injeção eletrônica multiponto desenvolvido para automóveis comerciais: um estudo baseado na tecnologia disponível no mercado automotivo brasileiro / Marcel Esturari Truosolo. São Caetano do Sul, SP: CEUN-CECEA, 2013.
41p.

Monografia – Especialização em Engenharia Automotiva. Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP, 2013.
Orientador: Prof. MSc. Fernando Fusco Rovai

1. Injeção Eletrônica 2. Sistema Carburado 3.Sensores Elétricos I. Truosolo, Marcel Esturari. II. Instituto Mauá de Tecnologia. Centro Universitário. Centro de Educação Continuada. III. Título.

RESUMO

Este trabalho tem como finalidade apresentar um guia de estudo prático de montagem experimental que consiste na substituição de uma tecnologia utilizada durante décadas na aplicação automotiva, o carburador, por uma outra tecnologia recente e inovadora, o sistema de injeção eletrônica de combustível. Todo desenvolvimento foi embasado em reproduzir com total fidelidade e utilizar componentes, interfaces e centrais de comando eletrônica do sistema de injeção eletrônica. O sistema de alimentação através de aspiração descendente é conhecido como carburador, o qual trabalha com pressão atmosférica e tubos de venturi controlados conforme o calibre e configuração do motor. O sistema de alimentação controlado eletronicamente trabalha sob pressurização controlada da linha de combustível e com dispersão independente de cada câmara de combustão, supervisionado através de sensores elétricos e eletrônicos separadamente.

Palavras-chave: Injeção multiponto. Sistema carburado. Sensores elétricos. Chicotes elétricos.

ABSTRACT

This article is to present a study about an experimental setup which consists change an old technology used for decades in automotive application by another new one innovative technology. All development was based on play in complete fidelity to use components, interfaces and central electronic control system. The feeding system by aspiration downward is known as carburetor, which works with atmospheric pressure and controlled venture tube as the size and configuration of the motor. The electronically controlled power system works under controlled pressurization of the fuel line and spread independent of each combustion chamber, supervised by electrical sensors and electronics separately.

Keywords: **Multipoint injection. Carbureted system. Electrical Sensors. Harnesses.**

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Carburador 11
Figura 2 – Conceito do Carburador 13
Figura 3 – Ligações Externas do Carburador 15
Figura 4 – Vazão de Ar X Combustível 16
Figura 5 – Componentes Externos do Carburador 17
Figura 6 – Componentes Internos do Carburador 18
Fotografia 1 - Unidade de Comando Eletrônico 20
Fotografia 2 - Coletor de admissão completo 21
Fotografia 3 - Corpo de Borboleta: 22
Fotografia 4 - Sensor de Posição do Corpo de Borboletas 23
Fotografia 5 - Motor de Passo da Marcha Lenta 24
Fotografia 6 - Sensor de Pressão Absoluta e Temperatura de Ar 25
Fotografia 7 - Regulador de pressão de combustível 26
Fotografia 8 - Sensor de Temperatura de Água 27
Fotografia 9 - Sensor de Detonação 28
Fotografia 10 - Distribuidor com sistema Hall Eletrônico 29
Fotografia 11 - Bico Injetor 31
Fotografia 12 - Flauta com os Bicos Injetores Fixados ao Coletor 31
Fotografia 13 - Parafuso para fixação coletor Mi 34
Fotografia 14 - Válvula Solenoide da Partida Frio 35
Fotografia 15 - Reservatório da Partida a Frio 35
Fotografia 16 - Regulador da Pressão de Combustível 37
Fotografia 17 - Sistema Multi Ponto Montado 38
Tabela 1 – Comparativo de Evolução 40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ECU	Módulo de Controle Eletrônico
TPS	Sensor de Posição da Borboleta
MAP	Sensor de Pressão Absoluta

SUMÁRIO

1.1 INTRODUÇÃO 09
1.1 CARBURADORES..... 09
1.2 INJEÇÃO ELETRÔNICA..... 12
2 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO 13
2.1. FUNCIONAMENTO DO CARBURADOR 13
2.1.1 Sistema de Alimentação de Combustível..... 14
2.1.2 Sistema Principal 16
2.1.3 Sistema de Marcha Lenta 17
2.1.4 Sistema Suplementar..... 18
2.1.5 Sistema Suplementar com Pistão de Vácuo 19
2.1.6 Sistema Afogador 19
2.2 FUNCIONAMENTO DA INJEÇÃO ELETRÔNICA MULTIPONTO 20
2.2.1 Corpo de Borboletas..... 21
2.2.2 Sensor de Posição do Corpo de Borboletas (TPS)..... 23
2.2.3 Motor de Passo da Marcha Lenta 24
2.2.4 Sensor de Pressão Absoluta e Temperatura de Ar (MAP) 25
2.2.5 Regulador de pressão de combustível..... 26
2.2.6 Sensor de Temperatura de Água 27
2.2.7 Sensor de Detonação (Knock Sensor) 28
2.2.8 Bobina de Ignição..... 28
2.2.9 Distribuidor com sistema Hall Eletrônico 29
2.2.10 Sensor de Oxigênio 29
2.2.11 Bomba Elétrica de Combustível..... 30
2.2.12 Chicote Elétrico..... 30
2.2.13 Bicos Injetores 31
3 MÉTODO..... 32
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS..... 37
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES..... 39
REFERÊNCIAS..... 41

1 INTRODUÇÃO

A pesquisa dessa monografia deve-se ao estudo de dois sistemas de alimentação de combustível na aplicação automotiva, mostrando as suas diferenças e os seus pontos favoráveis e desfavoráveis levando em consideração quesitos de manutenção, montagem, performance, vida útil, confiabilidade para o consumidor e emissões, item no qual se destaca a maior preocupação.

1.1 – CARBURADORES

O carburador é um conjunto de acionamentos mecânicos responsáveis por promover a mistura ar/ combustível utilizada na câmara de combustão.

“O carburador é um componente mecânico responsável pela alimentação de um motor a combustão. Ele é responsável pela preparação da mistura ar/combustível em sua correta proporção para os motores de combustão interna, sendo seu funcionamento básico totalmente mecânico. O ar admitido pela depressão decorrente do movimento do pistão passa em alta velocidade pelo difusor (um estreitamento de passagem) arrastando uma porção de combustível de um reservatório denominado "Cuba". A borboleta (instalada na base do carburador) ligada diretamente ao pedal do acelerador controla de acordo com sua abertura a quantidade de mistura admitida pelo motor. O combustível é alimentado por uma bomba de funcionamento mecânico diretamente conectada do eixo do virabrequim. Na posição de marcha lenta a borboleta permanece fechada e toda mistura necessária para o funcionamento do motor é controlada por agulhas e giclês específicos para marcha lenta. (wikipedia http://pt.wikipedia.org/wiki/Carburador).

A depressão originada nos cilindros, quando os pistões descem no tempo de admissão, aspira o ar para os cilindros. Este atravessa o carburador, sendo a sua quantidade regulada por uma válvula rotativa, denominada borboleta, que varia a abertura conforme a pressão exercida sobre o acelerador.

A quantidade de ar aspirado depende da rotação do motor e da posição da borboleta. A função do carburador consiste em assegurar que à corrente de ar se junte a uma determinada massa de combustível para que chegue aos cilindros uma mistura adequada.

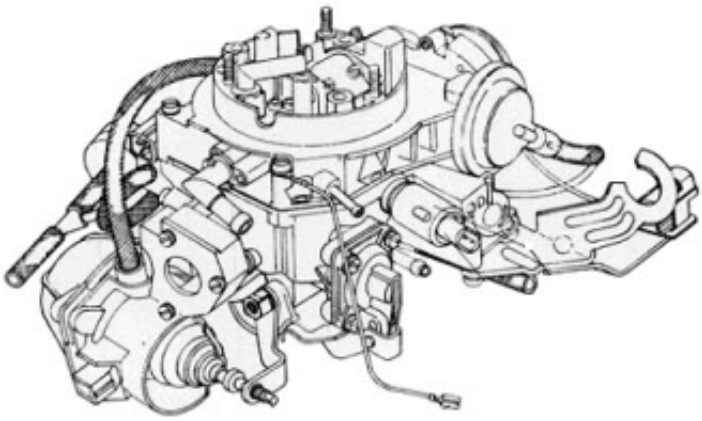
O Combustível, proveniente da cuba de nível constante, junta-se à corrente de ar numa passagem estreita denominada difusor, ou cone de Venturi, cujo funcionamento se baseia no princípio de que a pressão de uma corrente de ar diminui quando a sua velocidade aumenta. Quando o ar passa através do estrangulamento do difusor, a sua velocidade aumenta, sendo precisamente nessa zona de baixas pressões que a gasolina é aspirada pela corrente de ar.

O fluxo do ar será o máximo quando o motor trabalhar à velocidade máxima, com a borboleta completamente aberta. Quanto maior for a velocidade do ar que passa pelo difusor, maior será a aspiração de gasolina.

Na prática, um carburador, tão simples como o acima descrito, não seria satisfatório pois a gasolina e o ar não têm as mesmas características de fluxo. Enquanto a densidade do ar diminui à medida que a velocidade do seu fluxo aumenta, a densidade da gasolina se mantém constante qualquer que seja a velocidade do seu fluxo. Como a mistura gasosa, para ter uma combustão eficiente, deve se formar em relação à massa, numa proporção aproximada de 15:1 e, dado que aumentando a velocidade do ar, diminuiria a sua densidade, a mistura iria enriquecendo progressivamente, podendo tornar-se tão rica que não chegaria a inflamar. Existem dois processos para solucionar este problema; num carburador de difusor e jatos fixos, um certo volume de ar mistura-se com a gasolina antes de esta passar para o difusor através de um conjunto de tubos emulsionadores ou de compensadores. Já num carburador de difusor e jatos variáveis, podem variar-se a quantidade de gasolina debitada pelo pulverizador, bem como as dimensões do difusor para manter as corretas proporções de ar e gasolina. A gasolina na cuba de nível constante do carburador mantém-se sempre ao mesmo nível, graças a uma válvula acionada pela bóia. A extremidade do condutor de gasolina que desemboca no difusor deve ficar mais alta que o nível da gasolina na cuba de nível constante para evitar a saída de combustível quando o automóvel se inclina, como acontece, por exemplo, numa subida ou descida. Isto quer dizer que a gasolina tem de subir ligeiramente – cerca de 6mm – antes de se misturar com o fluxo do ar no difusor. A sucção criada pela depressão é suficiente para elevar a gasolina acima do pulverizador e para introduzi-la no difusor sob forma de pequenas gotas. Além de aspirar a gasolina e o ar, o sistema de carburação deve também pulverizar a gasolina, misturá-la perfeitamente com o ar e distribuir a mistura de maneira uniforme pelos cilindros. A gasolina apresenta-se já sob a forma de pequenas gotas quando entra no difusor. Num carburador de difusor e jatos fixos é prévia e parcialmente emulsionada com o ar; já num carburador de difusor e jatos variáveis a divisão em pequenas gotas ocorre no difusor e é provocada pela velocidade da corrente de ar. Quando a mistura gasosa passa pela borboleta, penetra no coletor por influência da depressão resultante da sucção do pistão, tendo início a vaporização das gotículas de gasolina. A velocidade da vaporização depende do valor da depressão no coletor de admissão que, por si, depende da rotação do motor e da posição da borboleta. À alta velocidade do fluxo de ar de admissão, quando a borboleta se encontra totalmente aberta, a depressão poderá ser de valor tão baixo que grande parte da gasolina permanecerá em estado líquido e será transportada pelo ar ou escorrerá ao longo das paredes do coletor. Em carga parcial, com a borboleta parcialmente fechada, a depressão

aumenta, pelo que a maior parte da gasolina ficará vaporizada. Nos motores em que existe um carburador para cada cilindro, o fato da mistura se encontrar parcialmente no estado líquido é irrelevante, pois esta irá vaporizar-se na câmara de combustão pela ação do calor. Porém, quando só um carburador alimenta vários cilindros, a distribuição uniforme é fundamental, mas difícil se a mistura estiver úmida. Elevando a temperatura do coletor de admissão por meio de um “ponto quente”, aquecido pelos gases de escapamento ou por água, consegue-se uma melhor vaporização da gasolina e, portanto, uma distribuição mais uniforme da mistura.

Figura 1 – Carburador:



FONTE: http://www.google.com.br/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&docid=VcPbeKs-st-WWM&tbnid=Oao03SVmhQysHM:&ved=0CAcQjB0wADgq&url=http%3A%2F%2Fml45303.br.ofertopia.com%2Fa%2FCarburador_Weber_Brosol_Alcool_E_Gasolina_Uno_Fusca_Chevete-1e3ovi.html&ei=ZeGnUaDaAYna8wTly4GgCQ&psig=AFQjCNHUDHNIyujK3HucPkLblno996WeyQ&ust=1370043109070958

1.2 – INJEÇÃO ELETRÔNICA

Surgiu em nosso mercado com sistema monoponto de injeção, onde colocou-se um bico injetor de combustível controlado eletronicamente por sensores analógicos e atuadores em uma base de carburador. O controlador eletrônico monitora *inputs* (entradas de sinais) de funções para mapear o tempo de abertura do bico injetor no coletor de admissão. No coletor de admissão o leque de combustível se mistura com o ar sob pressão atmosférica, segue para a câmara de combustão.

O sistema eletrônico foi aperfeiçoado com o progresso da tecnologia digital embarcada e aplicada ao nosso mercado brasileiro, exatamente no momento onde maior rendimento de potência dos automóveis, menores índices de consumo e poluição passaram a ter destaque na tratativa global, ou seja, uma queima ideal conhecida como queima estequiométrica.

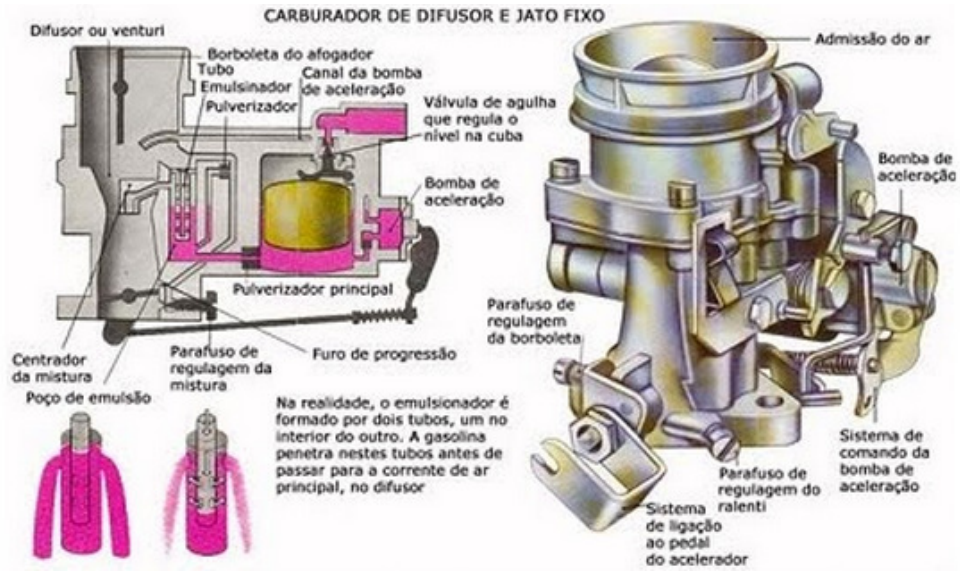
Durante essa evolução da engenharia eletrônica em conjunto com a engenharia de motores, entrou o sistema multiponto de injeção com atuadores eletrônicos e analógicos. O sistema multiponto consiste em maior controle do leque de combustível por cilindro aplicado, propiciando uma distribuição mais homogênea no coletor de admissão. Para este avanço tecnológico exigiu-se um maior desenvolvimento de engenharia para o processo de calibração do motor para as diversas rotações e condições de funcionamento.

2 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

2.1. FUNCIONAMENTO DO CARBURADOR

O carburador é acionado através do cabo do acelerador ligado ao eixo da borboleta principal na parte interna do carburador dentro do tubo de venturi. Esse tubo é responsável pela passagem de ar, mistura de combustível e entrada de combustível para o coletor de admissão. No tubo de venturi estão interligados além da válvula de aceleração (borboleta), a borboleta de marcha lenta que funciona obstruindo a entrada de ar durante o aquecimento do motor durante a partida, difusor da marcha lenta que regula a quantidade de combustível necessária para manter o carro em funcionamento enquanto não está sendo acelerado e por fim os difusores injetores de combustível que são comandados sob a pressão atmosférica e pela aspiração no momento da aceleração.

Figura 2 – Conceito do Carburador



Fonte: http://mecanicacaseira.blogspot.com.br/2010/06/como-funciona-o-carburador.html

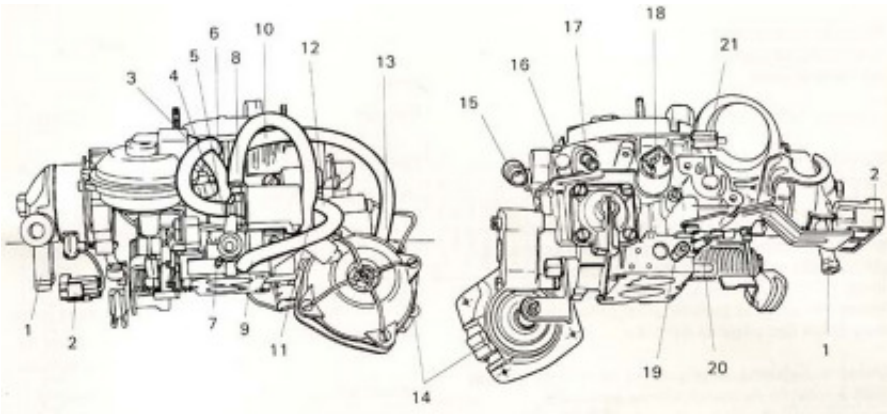
O fluxo do injetor é acionado através da depressão de combustível e do vácuo formado durante o processo de descompressão na câmara de combustão, durante a aceleração do pedal, tal fluxo é regulado conforme a calibração do carburador com ajuda de giclês, cada calibração de giclê possui diâmetros especificos e padronizados para serem substituídos conforme tipo de combustível e necessidade do motor.

O combustível entra no carburador sob pressão controlada. É armazenado em uma cuba na qual possui um controlador de nível calibrado, conhecido como bóia e válvula agulha. À medida que o combustivel enche a cuba, a bóia sobe e empurrando a agulha, até que em um certo ponto a agulha fecha a passagem e impede a entrada de mais combustível.

2.1.1 Sistema de Alimentação de Combustível

A função desse sistema é manter o nivel de combustivel dentro da cuba para todas as condições de funcionamento do motor. O combustivel chega ao carburador sob pressão, enviado por uma bomba mecânica e entra na cuba através de uma válvula agulha. Quando o nivel de combustivel desce devido ao consumo do motor, a bóia também descendo libera a agulha que abre passagem e permite que entre mais combustivel, a fim de manter o nivel constante na cuba.

Figura 3 – Ligações Externas do Carburador



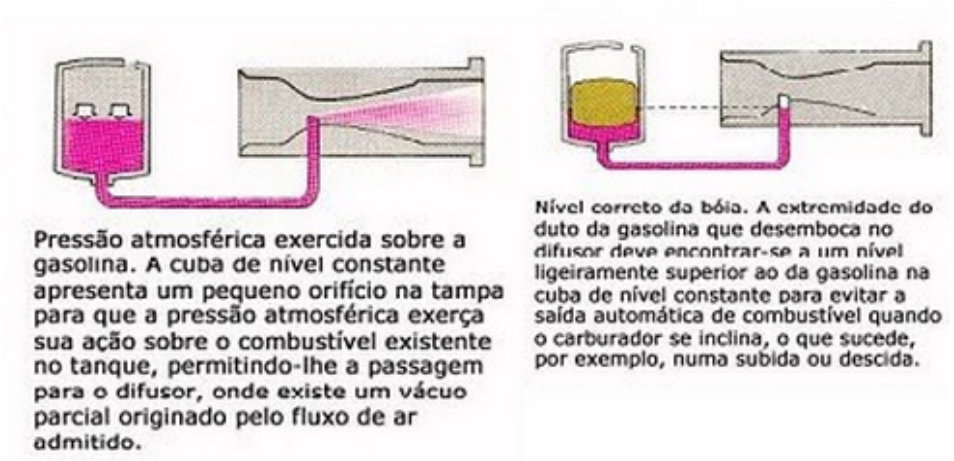
Fonte:http://www.volkspage.net/vwsantana/mecanica/carburadores/carb2e3ece/esquemaconexoes.htm

Posição	Componente
1	Duto de circulação de líquido de arrefecimento
2	Conector elétrico do resistor do afogador
3	Mangueira de depressão - entrada do dispositivo do 2ª estágio
4	Mangueira de depressão - tomada no carburador
5	Mangueira de aeração - entrada na válvula corretora
6	Mangueira de aeração - tomada no carburador
7	Mangueira de depressão - tomada no carburador - válvulas reguladoras duplas do filtro de ar e do filtro de carvão ativo
8	Mangueira de depressão / aeração - saída da válvula corretora
9	Mangueira de depressão - tomada no carburador
10	Mangueira de aeração - tomada no carburador
11	Mangueira de depressão / aeração - entrada no corretor da rotação
12	Mangueira de depressão - entrada na válvula corretora
13	Mangueira de aeração - entrada na câmara anterior do corretor
14	Conector elétrico do interruptor de marcha-lenta
15	Mangueira de respiro da cuba
16	Fixação do cabo massa do carburador
17	Mangueira de alimentação de combustível
18	Conector elétrico da válvula eletromagnética
19	Mangueira da válvula do filtro de carvão ativado
20	Mangueira de depressão da válvula termopneumática
21	Mangueira de depressão - entrada no desafogador

2.1.2 Sistema Principal

Para alimentar o motor nas rotações mais altas, a quantidade de combustivel que o sistema de marcha lenta pode oferecer não é o suficiente. Nesta situação passa a funcionar o sistema principal cujo funcionamento consiste: o ar ao passar pelos difusores suga o combustivel da cuba através do tubo misturador. O combustível depois de sair da cuba atravessa o gargulante principal que controla a quantidade que deve passar, subindo pelo tubo misturador onde se mistura com o ar que vem do respiro de alta, descarregando no fluxo principal onde se faz a mistura final ar-combustivel que então segue para o cilindro do motor através do coletor de admissão.

Figura 4 – Vazão de Ar X Combustível

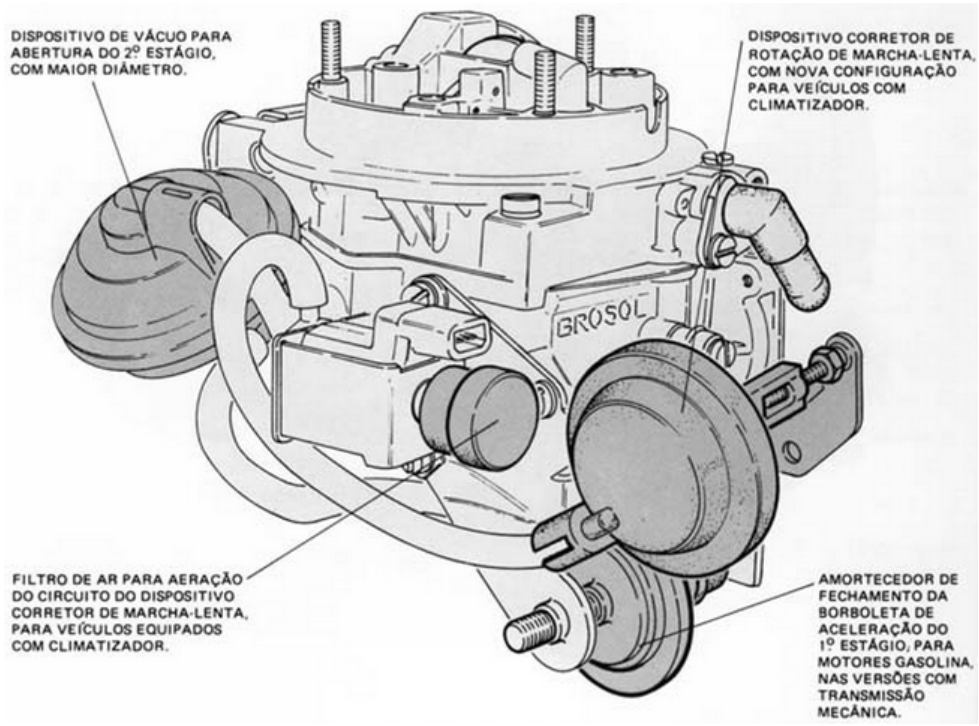


Fonte: http://mecanicacaseira.blogspot.com.br/2010/06/como-funciona-o-carburador.html

2.1.3 Sistema de Marcha Lenta

A função desse sistema é alimentar o motor nas rotações mais baixas, quando a borboleta de aceleração está pouco aberta. Nessa situação o vácuo produzido pelo motor abaixo da borboleta de aceleração puxa o combustível da cuba através das restrições calibradas da Marcha Lenta. O combustível depois que sai da cuba, atravessa o gargulante principal e sobe para o gargulante de marcha lenta, que controla a quantidade que deve passar, e onde recebe o ar que vem do respiro da marcha lenta. Nesse ponto o ar e a gasolina formam uma mistura, que desce em direção à base do carburador, passa pela agulha de regulagem que controla a quantidade que deve passar e se descarrega no fluxo principal, onde se faz a mistura final ar-combustivel. Para suavizar a passagem da marcha lenta para as marchas mais altas, existem os furos de progressão que são restrições calibradas que descarregam a mistura para o fluxo principal à medida que a borboleta de aceleração vai se abrindo e descobrindo esses furos.

Figura 5 – Componentes externos do Carburador

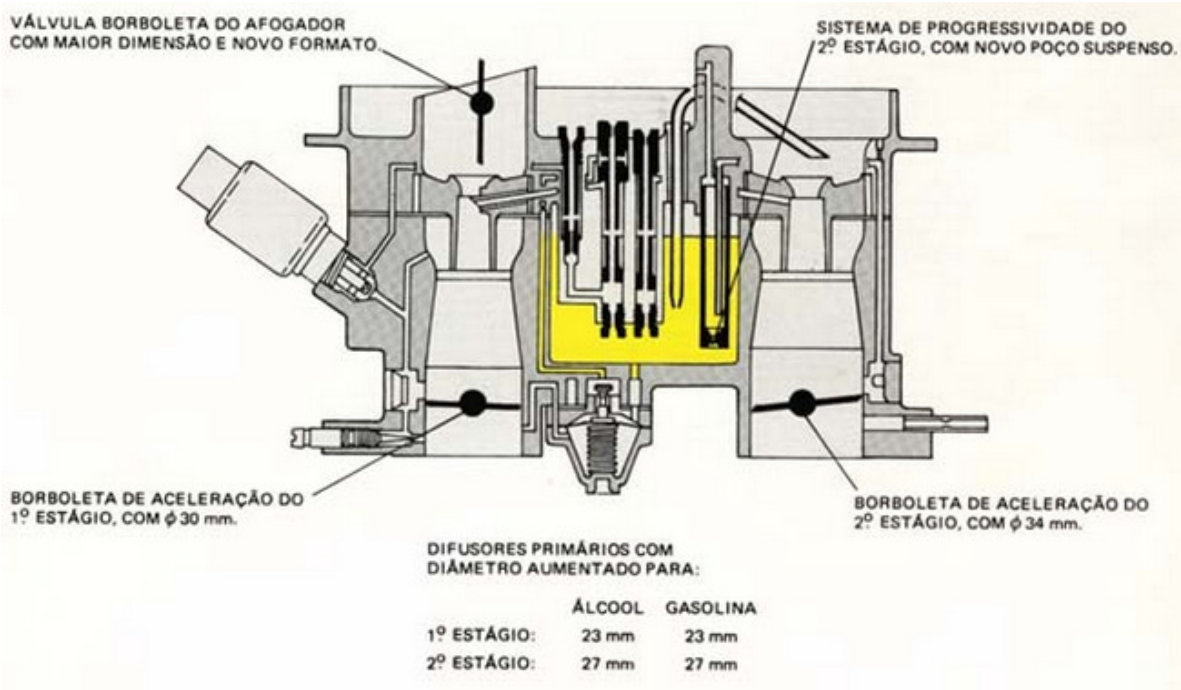


Fonte: http://www.volkspage.net/vwsantana/mecanica/carburadores/Carb3E.jpg

2.1.4 Sistema Suplementar

Este sistema tem como função bico suplementar o sistema principal, pois quando o motor precisa produzir a sua potência máxima há necessidade de se aumentar a quantidade de gasolina na mistura ar-gasolina. Como o sistema principal não pode fornecer este aumento, entra em funcionamento o sistema suplementar juntamente com o sistema principal.

Figura 6 – Componentes Internos do Carburador



Fonte: http://www.volkspage.net/vwsantana/mecanica/carburadores/Carb3E-3.jpg

2.1.5 Sistema Suplementar com Pistão a Vácuo

Este sistema tem como componentes principais um pistão que é acionado pelo vácuo do motor e um gargulante dotado de uma válvula. Quando o vácuo é elevado (borboleta de aleceração quase totalmente fechada) ele se transmite através de canais, da base do carburador para o cilindro onde está o pistão de vácuo. O vácuo elevado consegue vencer a tensão da mola e fazer com que o pistão suba, deixando a válvula do gargulante suplementar fechada. Quando porém, o vácuo abaixo da borboleta de aceleração se torna insuficiente (borboleta de aceleração quase ou totalmente aberta) a força da mola empurra a haste do pistão contra a válvula do gargulante suplementar abrindo-a e permitindo que passe gasolina diretamente da cuba para o tubo misturador, sem passar pelo gargulante principal, aumentando dessa maneira a quantidade de gasolina na mistura.

2.1.6 Sistema Afogador

A finalidade desde sistema é aumentar a quantidade de gasolina na mistura para facilitar a partida do motor a frio, principalmente em dias muito frios. Obtém-se esse aumento, diminuindo-se a quantidade de ar que entra no carburador através de uma válvula de borboleta, e forçando dessa maneira que o sistemas de marcha lenta e principal, simultaneamente, descarreguem a mistura no fluxo principal, tornando dessa maneira a mistura muito mais rica.

Logo que o motor começa a funcionar há necessidade de se aumentar a quantidade de ar na mistura para que o motor não pare por falta de ar. Como este momento pode passar desapercebido pela pessoa que está ligando o motor e ela não abrir a borboleta afogada, existe um sistema que abre automaticamente a borboleta, evitando que o motor pare por falta de ar. Este sistema se baseia no fato que quando o motor começa a funcionar o vácuo produzido pelos cilindros do motor se torna capaz de acionar um sistema. Consiste em uma válvula montada sobre a própria borboleta afogadora que se abre dependendo do vácuo sob a borboleta. Naturalmente quando o motor já estiver bem aquecido a borboleta afogadora deve ser totalmente aberta.

2.2 FUNCIONAMENTO DA INJEÇÃO ELETRÔNICA MULTIPONTO

A injeção digital multiponto de combustível controla e monitora a qualidade da queima de combustível. Dentro desse controle a principal função é garantir a queima mais próxima da estequiométrica possível variando a quantidade de combustível fornecido na câmara de combustão, para esse ajuste fino necessita de diversos sensores e atuadores no motor do veículo, conectados por chicotes elétricos e relés dimensionados para os diversos tipos de carga e sinais a serem coletados e comandados. O controle do sistema atua desde a quantidade de combustível injetado até o gás emitido após a combustão no escapamento, produto da queima da mistura.

Todo o comando é emitido de uma Unidade de Comando Eletrônica (ECU), na qual todos os circuitos elétricos estão interligados com um chicote dimensionado. Dentro dessa ECU existe um micro eletrônica embarcada, capaz de realizar comandos específicos para todas as rotações do motor, com todos os regimes de temperatura e condições de uso. Esta central não possui componentes agregados para chavear circuitos que requerem potência diretamente, devido às limitações das trilhas da sua placa eletrônica. Quando isso ocorre, são dimensionados relés de acionamento externo, adicionado a uma caixa de relés e fusíveis especiais ao sistema. Os fusíveis protegem sobre uma sobre corrente na sua linha de carga e alimentação.

Fotografia 1 – Unidade de Comando Eletrônico 325906021.28 – Magneti Marelli Modelo 1AVB

Fonte: O Autor.

O sistema de injeção multiponto necessita de uma preparação especial desde a linha de combustível, instalações de sensores, instalações de atuadores, módulo, relés, fusíveis, chicotes, bobina de ignição, coletor de admissão, cabeçote com tucho hidráulico das válvulas, bomba elétrica, corpo de borboletas, filtro de combustível, filtro de ar e preparação no escapamento para recebimento de sensor de oxigênio.

Fotografia 2 – Coletor de admissão completo

Fonte: O Autor.

2.2.1 Corpo de Borboletas

Responsável por acomodar sensor de posição do corpo de borboleta (TPS) e do motor de passo da marcha lenta. Esse componente é o responsável pela quantidade de massa de ar que estará entrando no sistema de admissão. É fixado no coletor de admissão que faz o transporte da mistura ar combustível até a câmara de combustão. Na extremidade do eixo que movimenta a borboleta de admissão, está o cabo do acelerador, à medida que o acelerador é pressionado a borboleta abre e o sensor TPS envia este dado para a ECU.

Fotografia 3 – Corpo de Borboleta

Fonte: O Autor.

Existe sistema disponível no mercado com controle eletrônico de acionamento desta função, em conjunto de um acelerador eletrônico, este tipo de comando costuma não ter a resposta ágil como um sistema com cabo. Indústrias automobilísticas calibram todo o sistema com intuito de controlar uma partida brusca, condição de melhor queima ou limitar a potência do veículo. Em carros esportivos, as empresas disponibilizam *setups* com modo econômico ou esportivo e neste *setup* atua-se direto na forma de resposta do carro quanto a torque e aceleração (outros sensores fazem parte desse setup). Todo esse leque de uso é possível com o acelerador eletrônico e comando eletrônico do corpo de borboletas.

2.2.2 Sensor de Posição do Corpo de Borboletas (TPS)

Trata-se de um sensor potenciômetro analógico o qual está fixado no eixo da borboleta de admissão no sistema de corpo de borboletas. O *setup* desse sensor é interpretado pela ECU de comando a qual recebe os dados de posição e parametriza dentro da sua calibração para a resposta do sistema de injeção. Fica responsável diretamente pela interpretação real de quanto o motorista está acelerando o veículo.

Fotografia 4 – Sensor de Posição do Corpo de Borboletas

Fonte: O Autor.

2.2.3 Motor de Passo da Marcha Lenta

Componente elétrico utilizado para regular a abertura de ar na marcha lenta, está fixo no corpo de borboletas e atua controlando um orifício *by-pass e*ntre a entrada de ar e o ambiente que está após a borboleta de admissão. O controle desse motor elétrico é feito através da ECU.

Fotografia 5 – Motor de Passo da Marcha Lenta

Fonte: O Autor.

2.2.4 Sensor de Pressão Absoluta e Temperatura de Ar (MAP)

Está fixo no coletor de admissão e atua monitorando a densidade e massa de ar utilizado no sistema, os dados são inputs enviados para a ECU e trabalha com informações analógicas. Com as informações desse sensor em conjunto com o TPS determina-se a massa de ar em trabalho e consegue-se controlar a quantidade de combustível a ser injetada na câmara de combustão. Este sensor trabalha sob pressão atmosférica e a altitude de utilização irá influenciar nos seus dados a serem contornados e equalizados na calibração do motor.

Fotografia 6 – Sensor de Pressão Absoluta e Temperatura de Ar

Fonte: O Autor.

2.2.5 Regulador de pressão de combustível

Válvula de abertura para controle da pressão na linha de pressurização da injeção eletrônica. A injeção eletrônica requer um sistema pressurizado com funcionamento entre 2 e 3 bar nos bicos injetores. O regulador de pressão está ligado na flauta de alimentação e é comandado conforme a variação do vácuo do coletor de admissão, esta conexão é feita através de mangueira e não tem controle eletrônico. Com o aumento do vácuo, aumenta-se a pressão na linha de combustão. Essa válvula retorna o combustível diretamente para o tanque do veículo através da linha de retorno.

Fotografia 7 - Regulador de pressão de combustível

Fonte: O Autor.

2.2.6 Sensor de Temperatura de Água

Fixo na saída de água de refrigeração do cabeçote e tem por função informar a ECU da temperatura do regime de trabalho do sistema de arrefecimento. Fornece uma informação analógica não linear e parâmetros para o controle das velocidades do motor da ventoinha do radiador. A ECU recebe a informação da temperatura e atua diretamente na sua parametrização e no controle dessa informação conforme os parâmetros da calibração do motor. A atuação da partida a frio, avanço da ignição e avanço da marcha lenta depende deste parâmetro. Com o aumento da temperatura do sistema após a partida a frio o motor de passo da marcha lenta é comandado através da ECU para diminuir a rotação do motor, garantindo que o motor chegou à temperatura de trabalho e fique estável na marcha lenta.

Fotografia 8 - Sensor de Temperatura de Água

Fonte: O Autor.

2.2.7 Sensor de Detonação (*Knock* Sensor)

O sensor de detonação é fixo no bloco do motor por intermédio de um parafuso passante no seu centro. É um sensor acelerômetro analógico e envia um sinal para a ECU quanto ao ruído produzido durante a detonação da combustão, ou seja, detecta vibração estrutural do motor, esta informação serve de parâmetro para o módulo eletrônico controlar o nível de avanço do ponto de ignição para se controlar o nível de compressão. A pressão oscila dentro do cilindro de combustão durante a detonação, neste momento gera-se um ruído capturado pelo sensor em uma determinada faixa de frequência a ser calibrada na ECU.

Fotografia 9 - Sensor de Detonação

Fonte: O Autor.

2.2.8 Bobina de Ignição

Para o sistema de injeção multiponto passou a ser utilizada bobina de estado sólido, na qual se obtém um regime de operação indutivo de melhor desempenho quando comparado à tecnologia anterior durante o período de uso do sistema carburado. Ela é controlada pela ECU conforme os mapas de ignição calibrados e possibilita o controle da ignição como avanço ou atraso.

2.2.9 Distribuidor com sistema Hall Eletrônico

Mecanicamente o distribuidor não difere dos modelos com avanço a vácuo (sistema aranha), exceto pelo comando de avanço via sistema sensor de posição Hall localizado dentro do distribuidor. A ECU recebe o sinal do sensor Hall para determinar a rotação do motor através do eixo ligado à árvore do virabrequim.

Fotografia 10 - Distribuidor com sistema Hall Eletrônico

Fonte: O Autor.

2.2.10 Sensor de Oxigênio

É instalada no escapamento e trabalha sob regime de alta temperatura. Fundamental para medição da qualidade dos gases de escape (CO, H_2 e Hidrocarbonetos) após a câmara de combustão assim prover todos os dados para a ECU. A mistura é detectada sensor analógico que varia conforme os gases liberados da queima, podendo ser mistura pobre (pouco combustível e muito oxigênio) e mistura rica (muito combustível e pouco oxigênio). Os níveis desses parâmetros são determinados na calibração específica do motor em todos os seus níveis de rotação. Durante a partida a frio enquanto o sistema de exaustão não está aquecido, o sensor de oxigênio utiliza uma resistência elétrica comandada pela ECU para chegar a sua temperatura de trabalho e fornecer o sinal de saída correto para a interpretação do regime de trabalho tendo como ideal a mistura estequiométrica.

2.2.11 Bomba Elétrica de Combustível

Responsável por pressurizar o sistema de alimentação de combustível e fornecer fluxo suficiente na galeria de injetores. Existem modelos de bombas que são instaladas submersas dentro do tanque de combustível e modelos externos. Ambos os modelos são comandados através de relés de potência ligados ao output da ECM.

2.2.12 Chicote Elétrico

Conjunto de cabos elétricos que possuem início e fim, tendo como principal função transferir energia elétrica ou sinal. Cada circuito possui uma função, dimensionado para sua determinada potência, com o seu determinado acabamento de proteção devido a determinada região e temperatura a ser utilizada. Em cada extremidade existe um terminal ou Splice (emenda), sendo os terminais específicos para os seus conectores, terminal específico para a bitola de cabo a ser utilizado. Em conexões externas se faz mandatória conexões seladas para não serem corroídas por ferrugem e atacadas pelos diversos fluídos utilizados no motor e intempéries que fica contato na região. Os selos dos cabos são determinados pelos alojamentos dos conectores e específicos para cada bitola de circuito. Toda essa complexibilidade se aplica em cada componente elétrico ou eletrônico do sistema. Para circuitos de sinais, faz-se necessária a utilização de cabos blindados devido trabalharem com baixa corrente e serem susceptíveis a interferências eletromagnéticas de outros componentes, os cabos blindados possuem uma trama de malha externa ao cabo somada por outra proteção de PVC. Sensor de detonação, sonda de oxigênio, sensor MAP e sensor Hall necessitam dessa blindagem especial devidamente projetada para garantir os principais inputs da ECM.

Os chicotes elétricos possuem acabamentos externos determinantes para a sua vida útil e rota adequada a fim de evitar fadiga e ficar inoperante. As proteções aplicadas na região são tubos corrugados específicos para alta temperatura, fita acrílica e fita de tecido. A passagem do chicote da parte interna para a externa do veículo é feita através de um furo no painel corta fogo (*Dash painel*) e neste furo deve-se obrigatoriamente instalar uma borracha de vedação denominada *grommet* (passa muro), sendo este componente parte do chicote e que deve estar devidamente na posição correta e vedado.

2.2.13 Bicos Injetores

São responsáveis por injetar combustível no coletor de admissão e são comandados eletricamente por pulsos enviados da ECM. Atuam em ambiente pressurizado e alimentado através da flauta de combustível. São utilizados 04 injetores, um para cada cilindro do motor.

Fotografia 11 – Bico Injetor

Fonte: O Autor.

Fotografia 12 – Flauta com os Bicos Injetores Fixados ao Coletor

Fonte: O Autor.

3 MÉTODO

Um veículo Gol LS com um motor 2.0 a álcool e sistema carburado foi utilizado para passar por uma transformação que surgiria 13 anos após a sua data de fabricação, a instalação de um sistema de injeção multiponto, controlada eletronicamente.

O corrente sistema em perfeito funcionamento no veículo consistia no uso de um carburador modelo Brosol 3e com acionamento do segundo estágio a vácuo, sistema de partida a frio via botão no painel, coletor de admissão com aquecimento a água, cabeçote com tucho mecânico das válvulas, bomba mecânica original fixada no eixo virabrequim, filtro de combustível, bobina eletrolítica, caixa de ignição, distribuidor mecânico com sistema aranha comandado a vácuo, chicote elétrico convencional e original.

No novo projeto foi necessário reformular todos os itens apresentados no item 2 e ter o conceito de funcionamento de cada peça para que sejam montas nos seus devidos locais de função.

O sistema a ser instalado consiste na utilização dos novos componentes: ECU Magneti Marelli 325906021.28 modelo 1AVB 1.8 (sem immobilizer), bomba de combustível externa Bosch, Sensor de detonação O&M, Sensor de temperatura de água O&M, Coletor de admissão Magneti Marelli, quatro bicos injetores IWP024 Magneti Marelli, flauta Magneti Marelli, Corpo de Borboletas Magneti Marelli, MAP sensor Magneti Marelli, Sensor de Posição do Corpo de Borboletas Magneti Marelli, Motor de Passo Magneti Marelli, Distribuidor Bosch, Bobina de Ignição Bosch, Sensor de Oxigênio NGK com aquecimento (4 fios), cabo de acelerador para sistema Mi, tampa de válvulas com bracket para o cabo do acelerador, novos parafusos para fixação do coletor de admissão Mi, válvula solenóide para partida a frio automática, mangueiras para linha de vácuo e mangueiras para linhas de combustível. O chicote elétrico foi desenvolvido com componentes originais e montados artesanalmente assim como todo o sistema de comando via relés e proteções primárias

De início foi feita toda a linha de combustível com mangueiras flexíveis desenvolvidas para trabalhar com a pressão necessária para o sistema de injeção eletrônica. A linha de alimentação e retorno foram alteradas com adição de um novo filtro de combustível e nova bomba de combustível do veículo Bosch externa, instalada próxima ao tanque de combustível. A bomba de combustível mecânica foi removida e um tampão metálico foi instalado no seu local de funcionamento.

O cabeçote do motor possuia um orifício para circulação de água auxiliar no pré aquecimento do coletor de admissão durante a partida frio carburada, sistema conhecido como chápeu chines. Este orifício precisou ser devidamente tampado assim como inibida a

mangueira de alimentação que era conectada ao coletor do carburador, que desta vez foi removido.

Novo furo no painel corta fogo foi necessário para passar o novo chicote elétrico da injeção eletrônica e toda a rota reformulada para a nova aplicação.

Bobina de ignição e distribuidor foram trocados e permaneceram nos mesmos locais das peças antigas do sistema carburado. Para a instalação do sensor de oxigênio precisou ser instalado um pre-pack no escapamento para a sua fixação.

Tampa de válvulas e cabo do acelerador precisaram ser alterados para poderem acionar o novo corpo de borboletas do sistema multiponto.

O corpo de borboletas recebeu o sensor TPS e o motor de passo. O corpo de borboletas foi montado no novo coletor de admissão o qual recebeu também o sensor MAP, os bicos injetores, a flauta com o regulador de pressão montado e o chicote dos bicos injetores.

O coletor de admissão foi totalmente removido juntamente com o carburador e substituído pelo coletor de admissão novo juntamente com todos os demais componentes montados. Para montar o novo coletor foi necessário trocar os parafusos originais do sistema carburado que eram curtos.

Fotografia 13 – Parafuso para fixação coletor Mi

Fonte: O Autor.

O sensor de temperatura da água foi montado em um niple não utilizado na saída de água do cabeçote, não alterando o sensor original que informa a temperatura no painel de instrumentos.

Foi instalado o sensor de detonação no bloco do motor entre o segundo e terceiro cilindro conforme o requisito original.

Para o sistema de partida a frio, o módulo ECU possui um output especial para o comando automático da injeção da gasolina do reservatório auxiliar. Para esse output foi necessário agregar um novo relé para chavear a potência necessária para ativar a válvula solenóide e motor do reservatório auxiliar. Nova tubulação da partida a frio foi desenvolvida e a solenóide instalada no local onde outrora estava a caixa de ignição eletrônica a qual foi removida.

As instalações do módulo ECU e dos relés foram feitas na coluna A lado passageiro. Os relés novos instalados foram para o controle da partida a frio, controle da bomba de combustível, comando da potência dos bicos injetores. Novos fusíveis de proteção foram instalados para proteger cada função de potência: alimentação do módulo, alimentação da bomba de combustível e do conector do diagnóstico.

Fotografia 14 – Válvula Solenóide da Partida Frio

Fonte: O Autor.

Fotografia 15 – Reservatório da Partida a Frio

Fonte: O Autor.

Após a montagem do coletor a nova linha combustível foi instalada na flauta de combustível juntamente com o retorno do sistema.

O chicote elétrico foi colocado na sua rota de instalação no cofre do motor e foram ligados todos os sensores.

A regulagem do ponto de ignição “OT” precisou ser revista e o spark plug desligado para uma correta interpretação do módulo. Todo sistema de pressurização foi testado e um regulador re pressão foi instalado na linha de retorno do sistema de combustível.

Na saída de sinal da sonda de oxigênio foi deixado um circuito adicional para monitoramento das respostas lidas pela ECU com o veículo em funcionamento.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Após a montagem verificou-se a necessidade de refinar a pressão na linha de combustível, uma vez que foi utilizado um módulo calibrado para um motor 1.8 e um veículo 2.0. Essa falta de combustível era perceptível em medias e altas rotações e também detectável no circuito de leitura do sensor de oxigênio através do uso de um multímetro.

Este refino foi feito manualmente com o aumento da pressão na linha de combustível através do dosador na linha de retorno. Tal refino durou 2 semanas com o carro em uso diário e por meio de tentativa e erros.

Fotografia 16 – Regulador da Pressão de Combustível

Fonte: O Autor.

O desempenho do veículo assim como o rendimento ficaram explicidamente notórios, primeiramente o carro em altas rotações não evoluia gradativamente sem solavancos e a regulagem da marcha lenta ficou estável.

Fotografia 17 – Sistema Multi Ponto Montado

Fonte: O Autor.

O sistema de partida a frio outrora manual funcionou perfeitamente em dias frios com o acionamento automático via ECM, a válvula solenóide acabou com um problema crônico que o carro possuía que era o sistema de vácuo sugar o combustível do reservatório indevidamente.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

No sistema carburado periodicamente era necessário se fazer manutenções corretivas quando se observava demasiado aumento consumo de combustível. Esse aumento de consumo estava sempre atrelado a vazamentos no carburador devido ao desgaste e uso de mais de 20 anos de trabalho em regime de operação. Sem peças de reposição era necessário sempre estar fazendo adaptações cada vez menos confiáveis e menos duráveis. O carro possuía um sério problema para a regulagem da marcha lenta e toda vez era necessário segurar o seu funcionamento no acelerador para o carro não morrer numa parada em farol

O sistema Mi pode ser perfeitamente instalado em qualquer veículo com a mesma mecânica e garantir o perfeito funcionamento em toda as rotações. A marcha lenta ficou perfeita e pode-se perceber a atuação do motor de passo na sua correção quando necessária. O sistema ficou confiável e estável. Todos os vazamentos de combustível deixaram de existir assim como todas visitas periódicas na oficina mecânica para regulagem do carburador. Recomendo que todos os veículos passem por essa atualização.

Existem outros sistemas disponíveis no mercado que possuem arquitetura similar e controle de hardware idênticos ao sistema original da Magneti Marelli. Tais sistemas possuem ECUs com pré-programação e são abertos para uma calibração manual do usuário. Quanto ao apelo de funcionabilidade se mostram ser mais simples para instalação e programação em carros modificados. Não existe disponível nenhum comparativo técnico com dados confiáveis entre o uso de um módulo programável contra um módulo de produção. Dentre revistas especializadas são encontradas matérias fazendo menção aos módulos reprogramáveis e não aos módulos originais sendo utilizados para uma adaptação e modernização nos motores carburados. O material desse trabalho serve de base para qualquer entusiasta no assunto pela forma simples e clara na linguagem coloquial descritiva.

A introdução do sistema de injeção eletrônica no motor utilizado para a montagem descrita foi feita em meados de 1989 com melhorias e aprimoramentos visando autonomia e rendimento.

Tabela 1 – Comparativo de Evolução

	Santana	Gol Gti (1º geração)	Logus Wolfsburg	Gol Gti (2º geração)	Parati GLSi
Motor	AP 8 válvulas	AP 8 válvulas	AP 8 válvulas	AP 8 válvulas	AP 8 válvulas
Marchas	5	5	5	5	5
Refrigeração	água	água	água	água	água
Cilindrada (cm3)	1984	1984	1984	1984	1984
Potência Máxima (cv)	110cv a 5200rpm	120cv a 5600rpm	116cv a 5500rpm	109cv a 5250rpm	109cv a 5250rpm
Torque Máximo (mkgf)	17,3 a 3400rpm	18,35 a 3200rpm	17,4 a 3500rpm	17,0 a 3000rpm	17,0 a 3000rpm
Alimentação	Carburador corpo duplo	Injeção eletrônica	Injeção eletrônica	Injeção eletrônica	Injeção eletrônica
Combustível	álcool	gasolina	gasolina	gasolina	gasolina
Aceleração 0-100km/h (s)	11,37	10,37	10,28	11,23	12,30
Velocidade Máxima (km/h)	167,2	177,2	194,2	185,1	187,1
Consumo médio cidade (km/l)	7,31	8,51	-	9.23	11,12
Consumo médio estrada vazio (km/l)	9,22	13,33	11,29	12.91	12,18
Ano	1988	1989	1994	1994	1996
Fonte de dados - Revista	Quatro rodas maio/88	Quatro Rodas jan89	Quatro Rodas ago94	Quatro Rodas nov94	Quatro Rodas jan96

Fonte: Revista Quatro Santana Edição 334 Maio/88 , Gol GTi Edição 342 Janeiro/89, Logus Wolfsburg Edição 409 Agosto/94, Gol GTi Edição 412 Novembro/94, Parati GLSi Edição 426 Janeiro/95

REFERÊNCIAS

APPOLINÁRIO, Fabio. **Metodologia da Ciência**: Filosofia e Prática da Pesquisa. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 226 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520:** Informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002. 7p.

_____. **NBR 6023:** Informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 24 p.

_____. **NBR 14724:** Informação e documentação: trabalhos acadêmicos: Apresentação. Rio de Janeiro, 2011. 11 p.

STONE, Richard, Ball, Jeffrey K. **Fundamentos da Engenharia Automotiva**. SAE No R-199, 2004.