



**SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL
FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA INDUSTRIAL**

**ESTUDO DO CONTROLE DA PARTIDA A FRIO EM MOTORES DE
COMBUSTÃO INTERNA CICLO OTTO FLEXÍVEIS**

MAURÍCIO LERINA BONIFATI

Salvador
2008

MAURÍCIO LERINA BONIFATI

**ESTUDO DO CONTROLE DA PARTIDA A FRIO EM MOTORES DE
COMBUSTÃO INTERNA CICLO OTTO FLEXÍVEIS**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Faculdade de Tecnologia
SENAI CIMATEC como requisito final
para obtenção do título de Tecnólogo em
Mecatrônica Industrial.

Orientador: Júlio César Chaves
Câmara

Salvador
2008

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Faculdade de Tecnologia
SENAI Cimatec

Bonifati, Maurício B. M.

Estudo do controle da partida a frio em motores de combustão interna
ciclo otto flexíveis / Maurício Lerina Bonifati. -Salvador, 2008.
48f.

1. Partida a frio 2. Motores de combustão interna. I. título

CDD 629.2504

RESUMO

O uso do etanol como combustível alternativo na indústria automobilística, com a finalidade de redução de emissões e economia financeira, já é bastante difundido. Entretanto, ainda existe o inconveniente da partida do motor a frio utilizando combustíveis com altas taxas de concentração de etanol. Esse inconveniente tem sua raiz no fato de que o etanol precisa de um alto calor latente para vaporizar. Este trabalho tem o intuito de realizar um estudo detalhado dos sistemas de controle de partida a frio em motores flexíveis. Foi realizado um levantamento dos sistemas existentes destinados a fazer tal controle, observando as características dos sistemas propostos por algumas montadoras. Além disso, foi observada a influência da injeção de gasolina no controle da mistura. Estes dados foram obtidos através de testes a serem realizados no laboratório de automotiva do SENAI CIMATEC.

Palavras-Chaves: Partida a frio, motores flexíveis, injeção eletrônica.

ABSTRACT

The use of ethanol as an alternative fuel in the automobile industry, with the aim of reducing emissions and economy, is already quite widespread. However, there is the disadvantage of the engine cold-start using fuels with high rates of concentration of ethanol. This inconvenience has its root in the fact that the ethanol needs a high latent heat to vaporize. This work intends to undertake a detailed study of control systems of cold-start in a flexible engines. It will be conducted a survey of existing systems wich implements this control, observing the characteristics of the systems proposed by some automakers. Moreover will be observed the influence of injection of gasoline in control of the mixture. These data will be obtained through tests to be conducted in the automotive laboratory of the SENAI CIMATEC.

Key words: Cold-Start, flexible engines, electronic injection.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa conceitual do projeto.....	8
Figura 2 – Ciclo de trabalho de um motor ciclo Otto a 4 tempos.....	12
Figura 3 – Bloco de um motor	14
Figura 4 – Cabeçote de um motor	14
Figura 5 – Virabrequim, pistão, biela e válvulas.....	15
Figura 6 – Eixo de comando de válvulas.....	15
Figura 7 – Mapa do avanço de ignição em função da carga do motor.....	17
Figura 8 – Sistema de injeção central de combustível.....	18
Figura 9 – Sistema individual de injeção	19
Figura 10 - Mercado brasileiro de veículos leves (1979-2002).....	24
Figura 11 - Mercado brasileiro de veículos leves (2003-2007).....	25
Figura 12 – Diagrama de funcionamento de uma ECU convencional.....	27
Figura 13 – Diagrama simplificado de funcionamento da ECU com sistema SFS	28
Figura 14 – Relação custo álcool x gasolina.....	29
Figura 15 - Exemplo de sistema de partida a frio.....	31
Figura 16 – Sistema simplificado do funcionamento da partida a frio	32
Figura 17 - Potenciômetro e entrada do sensor de temperatura.....	33
Figura 18 - Tela do programa de diagnóstico	34
Figura 19 - Simulação de 100 % de álcool.....	35
Figura 20 - Problema com combustão	36
Figura 21 - Scanner de diagnóstico.....	37
Figura 22 - Tanque de combustível externo.....	38
Figura 23 - Sistema inovador Honda.....	40

LISTA DE TERMOS, ABREVIATURAS E SIGLAS

ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
CIMATEC – Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia
ECU – *Electronic control unit* (Unidade de controle eletrônica)
ECS – *Ethanol Cold System*
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
ICE – Ignição por Centelha Elétrica
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
PMI – Ponto Morto inferior
PMS – Ponto Morto Superior
SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SUMÁRIO

1. Introdução	7
1.1. Justificativa	8
1.2. Objetivo geral	9
2. Motores de combustão interna Ciclo Otto	10
2.1. Histórico.....	10
2.2. Princípio de funcionamento.....	11
2.3. Principais componentes.....	13
2.3.1. Bloco	13
2.3.2. Cabeçote	14
2.3.3. Cáster	14
2.3.4. Conjunto móvel	15
2.3.5. Eixo do comando de válvulas	15
2.3.6. Sistema de lubrificação.....	16
2.3.7. Sistema de arrefecimento.....	16
2.3.8. Sistema de alimentação	16
2.3.9. Sistema de ignição	16
2.4. Controle eletrônico dos motores	16
2.4.1. Sistema de injeção eletrônica de combustível.....	18
2.4.2. Sistema do controle da ignição	20
2.4.3. Sistema de controle da recirculação dos gases	20
3. Motores flexíveis	21
3.1. Histórico.....	22
3.2. Panorama mercadológico	23
3.3. Princípio de funcionamento.....	26
3.4. Formas de controle / Gerenciamento da mistura	27
3.5. Análise de custo e desempenho	29
4. Partida a frio	30
5. Estudos de caso	33
5.1. Fiat (Idea).....	34
5.2. GM (Vectra)	37
5.3. Honda	39

6. Têndencias.....	Erro! Indicador não definido.
CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS.....	45

1. Introdução

A tecnologia de motores flexíveis (aqueles que possuem a capacidade de gerar trabalho com mais de um tipo de combustível) já é realidade no mercado automobilístico. Ela gera um impacto econômico/social considerável, já que libera os consumidores da dependência exclusiva de produtos derivados do petróleo ou do álcool (etanol), proporcionando opção de escolha no momento do abastecimento do veículo, o que acarreta em economia financeira, visto que, de acordo com o preço do combustível, pode-se verificar qual deles será mais econômico. Essa relação encontra-se mais detalhada na seção 3.5.

Essa difusão do uso do álcool (etanol) como combustível alternativo na indústria automobilística tem como finalidade a redução de emissões de gases poluentes e conseqüente economia financeira. Os carros que incorporam esta tecnologia ao seu sistema de funcionamento diferenciam-se dos demais automóveis, pelo fato de que possuem a capacidade de identificar o combustível ou mistura utilizada para a realização da combustão no motor e ajustar seu sistema de injeção e ignição adequadamente a estes. Todo o controle é realizado pela ECU (Unidade de Controle Eletrônico - *Electronic Control Unit*) em conjunto com diversos sensores espalhados por todo o automóvel.

Entretanto, ainda existe um inconveniente quando se trata de partida do motor a frio utilizando misturas de combustíveis com altas taxas de concentração de etanol. Esse inconveniente tem sua raiz na necessidade do etanol precisar de um alto calor latente para vaporizar. Esse problema acarreta no mau funcionamento do motor em situações de baixa temperatura, fazendo com que ele não realize a partida da forma adequada. É justamente esse inconveniente o foco de estudos de especialistas nesta área (e.g. W. Davis, 2001; T. Tsunooka, 2007; K. Nakata, 2006).

Observando, então, o contexto da necessidade de melhoria nesse tipo de sistema, este trabalho possui o intuito de estudar o controle da partida a frio em motores de combustão interna ciclo Otto flexíveis. Tal trabalho será realizado através do estudo dos sistemas propostos por diversas montadoras, realizando testes e levantando dados referentes ao funcionamento e capacidade de partida

de um motor a frio. Na Figura 01 observa-se o contexto em que este trabalho está inserido.

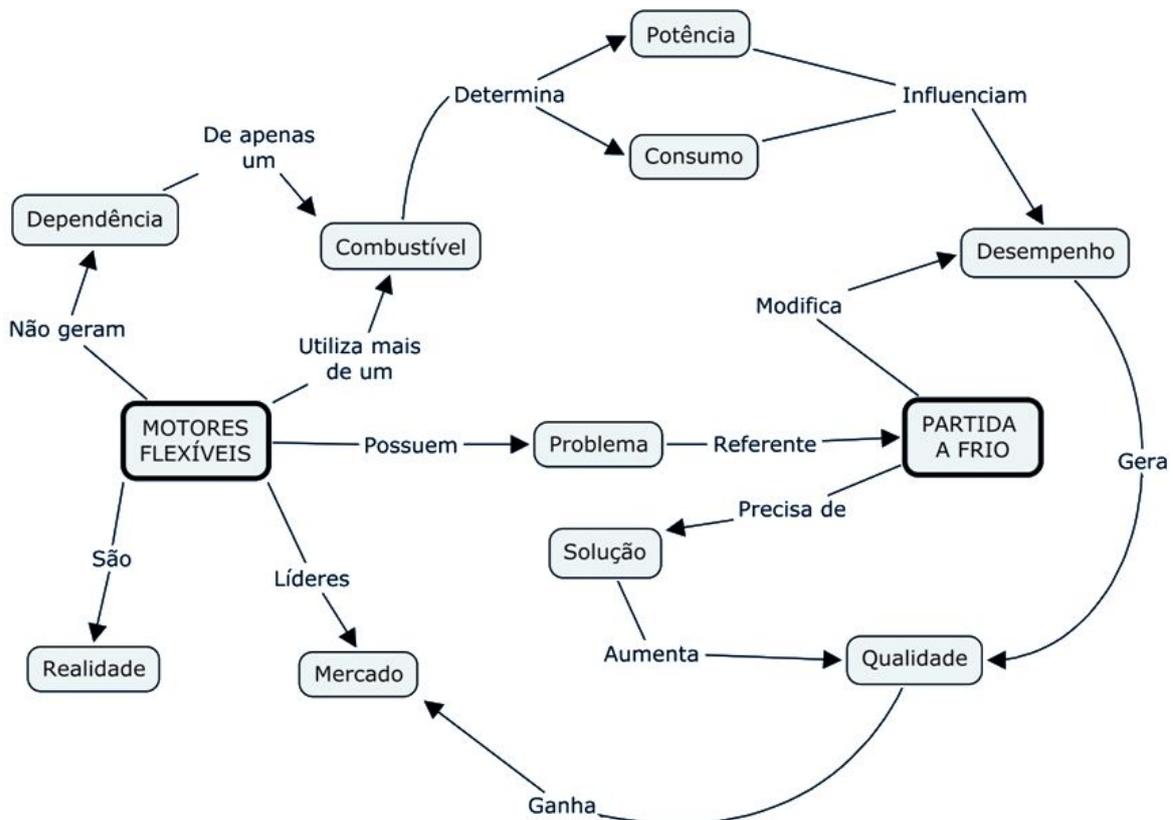


Figura 1 – Mapa conceitual do projeto

1.1. Justificativa

Partindo-se do conhecimento de que a tecnologia de motores flexíveis já foi incorporada no mercado automotivo, tornando-se líder de vendas e que ainda assim possui problemas no que se diz respeito a partida a frio desse tipo de motores, verifica-se a necessidade da realização de um estudo mais aprofundado sobre os problemas referentes à esta tecnologia.

O principal problema deste sistema é percebido ao tentar realizar a partida do motor quando a mistura de combustível utilizada possui alta concentração de álcool e a temperaturas ambiente abaixo de um valor predeterminado. Nessas condições, o veículo apresenta dificuldades para realizar a partida, e quando o faz, apresenta problemas de desempenho durante o aquecimento do motor. Para solucionar esse problema, é colocado um tanque reserva, com gasolina, que é

acionado no momento da partida, enriquecendo a mistura com esse combustível, facilitando assim a partida e o período de aquecimento natural do motor.

Tal problema gera desconforto ao consumidor, já que este se vê obrigado a observar o nível desse tanque de gasolina sobressalente e abastecê-lo de forma periódica. Este reabastecimento deve ser de preferência com gasolina aditivada, para evitar problemas no armazenamento, já que este combustível é utilizado apenas no momento da partida em condições especiais. Além da preocupação com o reabastecimento do tanque extra, existe ainda o inconveniente de, às vezes, não se conseguir ligar o carro na primeira tentativa, ou caso consiga, ter que esperar certo tempo de acomodação do motor até alcançar seu rendimento máximo.

Observa-se, então, a importância deste trabalho que possui a intenção de proporcionar a obtenção de diagnósticos referentes a soluções nesse gargalo presente no ramo de motores flexíveis.

1.2. Objetivo geral

Estudar o controle da partida a frio em motores de combustão interna ciclo Otto flexíveis, analisando os sistemas presentes e tendências para o futuro além de gerar possíveis soluções para o problema existente.

Este projeto possui os seguintes objetivos específicos:

- Estudar os sistemas propostos pelas diversas montadoras;
- Verificar as tendências da tecnologia existente;
- Realizar coleta de dados referentes ao problema;

2. Motores de combustão interna Ciclo Otto

Considera-se motor qualquer dispositivo que tem condições de transformar uma energia, seja ela qual for, em energia mecânica (CHOLLET, 1981). São tipos de motores: motores a ar, motores a água, motores elétricos, motores térmicos e motores nucleares.

Os motores de combustão interna são máquinas alternativas que transformam a energia térmica, gerada pela combustão da mistura ar/combustível em energia mecânica. São compostos por um mecanismo capaz de transformar o movimento alternativo dos pistões em movimentos rotativos da árvore de manivela, que transmite a energia mecânica aos equipamentos a serem acionados. Quando empregado em veículos, o motor é o responsável pela movimentação do mesmo.

2.1. Histórico

Alguns autores consideram Christian Huygens e Denis Papin os precursores dos motores de combustão interna. Apesar de limitar-se apenas em experimentos, a criação dotada de cilindro e pistão construído por Huygens, por volta de 1680, e depois refeito por Papin, em 1690, para demonstrar o poder da pressão atmosférica, usava pólvora que era inflamada dentro do cilindro para produzir massa de ar quente. Essa massa de ar no cilindro produzia o trabalho gerado pelo motor. Esses experimentos não produziam trabalho prático e nem tinham funcionamento cíclico, mas os seus conceitos básicos serviram de inspiração para trabalhos posteriores.

A evolução se deu com a utilização de água para geração de vapor. Surgia assim a idéia do motor a vapor, sugerido por Denis Papin, evoluída por Thomas Savery, Thomas Newcomen e James Watt. A máquina a vapor proporcionou a Revolução Industrial da segunda metade do século XVIII (CÂMARA, 2006).

O uso de combustível líquido se deu com o início da exploração do petróleo de forma comercial em 1859. Essa inovação facilitou o armazenamento e contribuiu de forma decisiva para o desenvolvimento dos motores de combustão interna.

A concepção do motor de combustão interna surgiu em 1862 com o físico francês Alphonse Beau de Rochas. Ele propôs as condições necessárias para que um motor a quatro tempos funcionasse na condição máxima de economia. Descreveu quais seriam as seqüências de funcionamento para obter o nível de eficiência e economia pretendido. Entretanto não chegou a construir nenhum motor. Apenas em 1876, Nikolaus Otto construiu de forma prática o primeiro motor de combustão interna nos moldes que se conhece atualmente. Ele determinou também o ciclo teórico sob qual trabalha o motor de Ignição por Centelha Elétrica (ICE) (MILHOR, 2002).

2.2. Princípio de funcionamento

No motor de combustão interna, o combustível proveniente do tanque de armazenamento é misturado ao ar coletado pelo sistema de admissão e introduzido no interior do motor pelos bicos injetores e a combustão é realizada na câmara de combustão diretamente nos elementos mecânicos destinados a geração de movimento. Tal combustão acontece devido à introdução de uma centelha a essa mistura, a vela é o elemento responsável por esse fenômeno.

O motor é composto de um ou vários cilindros nos quais se movem os pistões. O pistão é conectado ao virabrequim através de uma biela. Este elemento é responsável por transformar o movimento alternativo do pistão em movimento circular contínuo no volante do motor, que por sua vez é o responsável em transmitir o movimento gerado pelo motor ao sistema de transmissão; esse, por sua vez, traciona as rodas e gera o movimento que se deseja do veículo.

Esses movimentos alternados no motor de combustão interna ciclo Otto geram um ciclo de trabalho definido em quatro tempos, que se completam com duas voltas completas da árvore de manivelas. Existem ainda os motores de dois tempos, muito utilizados em motocicletas. Entretanto eles não serão estudados nesse trabalho.

De acordo com (CHOLLET, 1981) os quatro tempos são assim divididos (Figura 02):

- 1º Tempo: Admissão - Esta etapa do ciclo caracteriza-se pela movimentação do pistão do Ponto Morto Superior (PMS) ao Ponto Morto Inferior (PMI) gerando um vácuo na câmara de combustão que provoca a entrada da mistura ar/combustível pela válvula de admissão, esta válvula permanece aberta durante todo o ciclo ao contrario da de escape.
- 2º Tempo: Compressão – Partindo do PMI, o pistão sobe até o PMS com as válvulas fechadas. Nesse instante acontece uma compressão nos gases presentes no interior do cilindro.
- 3º Tempo: Explosão – No final do 2º ciclo, milímetros antes do PMS uma vela de ignição promove uma centelha elétrica que provoca a inflamação do combustível na câmara de combustão. Essa inflamação provocará um considerável aumento de pressão que promove o deslocamento do pistão para o PMI, realizando trabalho. É o tempo motor.
- 4º Tempo: Escape – No instante final do 3º tempo a válvula de escape se abre e permite a saída dos gases queimados. Essa saída é durante o retorno do pistão ao PMS. Ao chegar ao PMS inicia-se um novo ciclo, se forma que duas voltas completas do virabrequim são necessárias para completar um ciclo de trabalho. O ciclo completo pode ser visualizado na Figura 2.

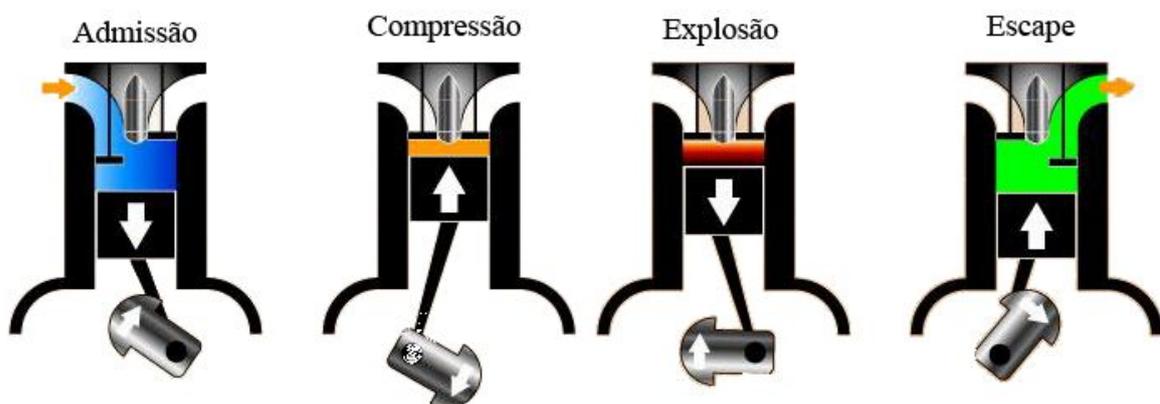


Figura 2 – Ciclo de trabalho de um motor ciclo Otto a 4 tempos

2.3. Principais componentes

Os componentes dos motores alternativos, quanto a sua característica de funcionamento se dividem em três partes: componentes fixos, móveis e auxiliares.

Os principais componentes fixos são:

- Bloco;
- Cilindro;
- Cáster;
- Cabeçote;

Os principais componentes móveis são:

- Pistão;
- Biela;
- Virabrequim (árvore de manivelas);
- Volante;
- Válvulas;
- Eixo do comando de válvulas.

2.3.1. Bloco

O bloco representa o corpo do motor (Figura 3), onde são usinados os cilindros. Na sua parte inferior, estão alojados os mancais centrais, onde se apóia o virabrequim; na parte superior, localiza-se o cabeçote. O bloco serve ainda de suporte para alguns componentes auxiliares como a bomba de água, alternador e distribuidor, além de possuir passagem de água para a refrigeração e óleo para lubrificação.

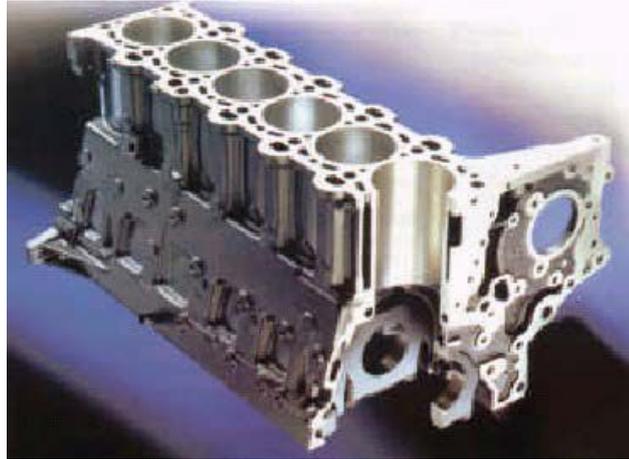


Figura 3 – Bloco de um motor

2.3.2. Cabeçote

O cabeçote é a parte superior do motor (Figura 4), onde se localizam as válvulas, câmaras de combustão e velas. Alguns motores apresentam o eixo do comando de válvulas no cabeçote, que passa então a incorporar todo o sistema de válvulas. O cabeçote apresenta galerias em seu interior, em torno das câmaras de combustão, por onde circula a água de refrigeração, já que é na câmara de combustão que ocorre a queima da mistura ar combustível atingindo elevadas temperaturas.



Figura 4 – Cabeçote de um motor

2.3.3. Cárter

O cárter é localizado na parte inferior do veículo e possui a função de captar e armazenar o óleo de lubrificação.

2.3.4. Conjunto móvel

O conjunto móvel é composto pelos pistões, bielas, eixo virabrequim e volante (Figura 5). Possui a função de transformar o movimento alternativo linear dos pistões em movimento rotativo no eixo virabrequim, que possui na sua extremidade um disco de inércia, denominado volante do motor.

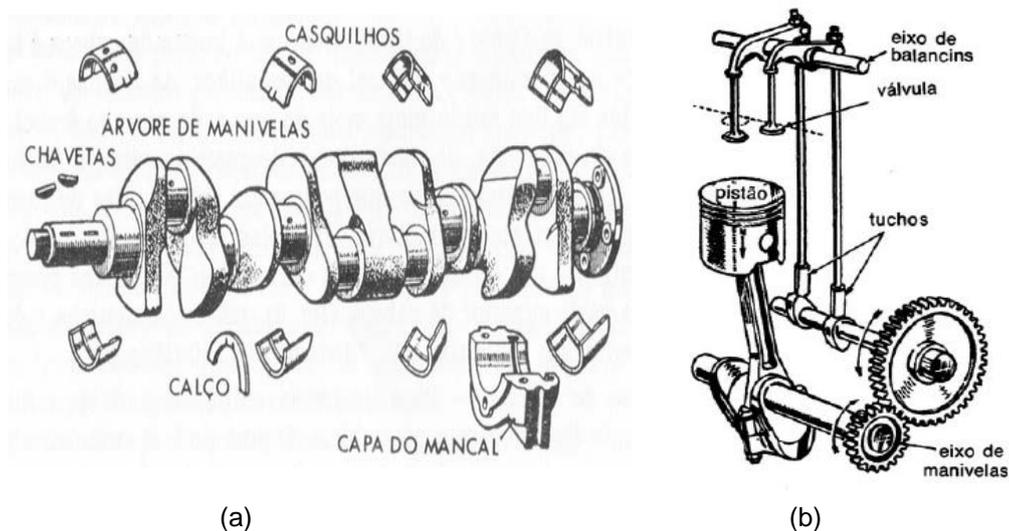


Figura 5 – (a) Virabrequim (b) Pistão, biela e válvulas.

2.3.5. Eixo do comando de válvulas

Os componentes auxiliares são essenciais para o funcionamento do motor. Os principais são: velas, coletores de admissão e de escape, motor de arranque, alternador, carburador, bicos injetores, filtros de ar, de óleo e de combustível, bombas de água e de combustível, distribuidor, etc (Figura 6).

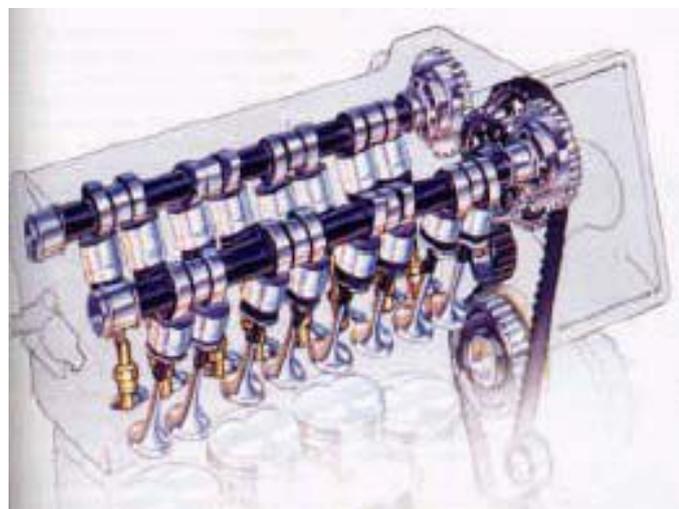


Figura 6 – Eixo de comando de válvulas.

2.3.6. Sistema de lubrificação

É composto por uma bomba que está acoplada diretamente ao motor, tendo assim seu acionamento realizado pelo próprio motor. Ela bombeia o óleo lubrificante aos diversos pontos do motor, gerando refrigeração, lubrificação, limpeza e contribuindo para vedação da compressão dos pistões.

2.3.7. Sistema de arrefecimento

É o responsável por fazer circular um fluido refrigerante (geralmente uma mistura de água e aditivos) para manter a temperatura do motor dentro dos limites estabelecidos pelo fabricante

2.3.8. Sistema de alimentação

Esse sistema possui sensores e atuadores, de forma a determinar a quantidade ideal de combustível que deve ser fornecida ao motor em cada instante de seu funcionamento.

2.3.9. Sistema de ignição

Sistema que promove centelhamentos elétricos nos cilindros dos motores ciclo Otto, de forma a inflamar a mistura ar combustível comprimida pelos pistões no momento correto.

2.4. Controle eletrônico dos motores

O sistema de controle de motores consiste em um conjunto de subsistemas que atuam de maneira integrada, gerenciando o seu funcionamento, de forma que opere de maneira otimizada, ou seja, minimizando o consumo de combustível e as emissões de poluentes e maximizando o desempenho, dirigibilidade e vida útil do carro. O principal subsistema é o de injeção eletrônica de combustível. Ele é o responsável por controlar a quantidade de combustível a ser injetada no motor em cada condição de operação. Além desse, existem também os sistemas de ignição e o de recirculação de gases.

O desenvolvimento da tecnologia de controle dos motores ocorreu através do desenvolvimento da eletrônica, que possibilitou o uso de microcontroladores para a realização das tarefas.

O sistema de controle funciona recebendo sinais de diversos sensores espalhados em pontos estratégicos no motor do veículo e os analisando para reenviá-los corrigidos aos atuadores que farão a ação necessária para o correto funcionamento do motor.

Para a realização deste controle se faz necessário do completo conhecimento do sistema a ser controlado. Falando-se de motores de combustão interna esse conhecimento é gerado através do mapeamento (calibração) do motor a ser instrumentado. Essa calibração é realizada em laboratórios com o uso de equipamentos especiais como um dinamômetro, e a partir das curvas de torque do motor, potencia, consumo específico e emissões atmosféricas são geradas tabelas que são gravadas na memória da unidade de controle para serem resgatadas ponto a ponto de acordo com as condições de funcionamento do motor. A Figura 7 representa um mapa do avanço de ignição em função da carga do motor.

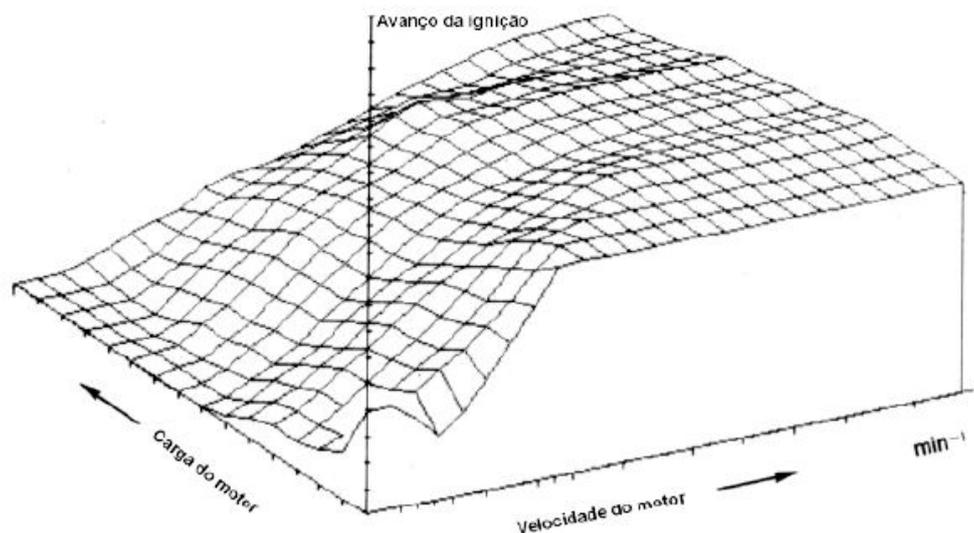


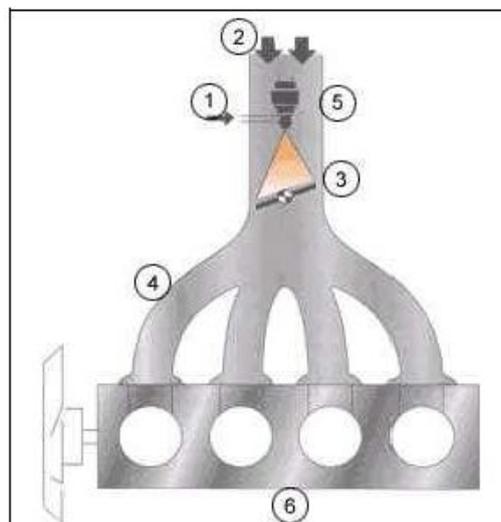
Figura 7 – Mapa do avanço de ignição em função da carga do motor

Para cada condição de operação do motor, define-se um modo de controle. Para cada modo de controle, existe uma rotina de comando, que é acionada a partir dos sinais recebidos pelos sensores. A seguir, serão apresentados os principais subsistemas do sistema de controle que trabalham de forma integrada.

2.4.1. Sistema de injeção eletrônica de combustível

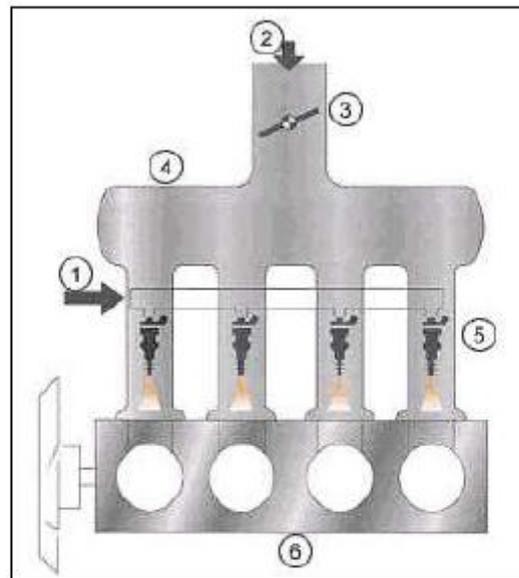
O sistema de injeção de combustível tem a função de determinar a quantidade de combustível que será injetada na câmara de combustão de acordo com as condições de funcionamento do motor. A variação deste volume de combustível injetado determinará o funcionamento do motor, ou seja, juntamente com o sistema de ignição, ela determinará a forma como o motor responderá às modificações de carga. Para realizar este controle, a ECU observa o funcionamento do motor através dos sinais dos diversos sensores espalhados pelo motor e determina assim a quantidade de combustível a ser inserido e modifica o tempo de abertura da válvula de injeção de combustível.

A disposição destas válvulas de injeção varia de sistema para sistema. Nos sistemas mais simples, utilizados nos primeiros sistemas de controle, existia apenas uma válvula injetora instalada antes ou após a borboleta de aceleração. Tal disposição é denominada de monoponto ou sistema de injeção central de combustível (Figura 8). No sistema de injeção individual ou multiponto, utiliza-se uma válvula de injeção de combustível para cada cilindro (Figura 9).



1	Entrada de combustível	4	Coletor de Admissão
2	Ar	5	Válvulas de Injeção
3	Borboleta de Aceleração	6	Motor

Figura 8 – Sistema de injeção central de combustível



1	Galeria de Distribuição (entrada de combustível)	4	Coletor de Admissão
2	Ar	5	Válvulas de Injeção
3	Borboleta de Aceleração	6	Motor

Figura 9 – Sistema individual de injeção

Nesta configuração, o tempo de acionamento das válvulas pode ser dividido em três formas. Na primeira, todas as válvulas injetam combustível de forma simultânea, enquanto na segunda, as válvulas são divididas em dois grupos e o intervalo de tempo de acionamento é determinado pelo giro da árvore de manivelas e na última. Isto permite maior grau de liberdade pois a injeção é controlada de forma independente e pode ser adaptada aos respectivos critérios de otimização.

As vantagens de se ter um sistema de injeção controlado eletronicamente são:

- Menor consumo de combustível;
- Maior potência;
- Aceleração sem atraso;
- Melhoria da partida a frio e fase de aquecimento;
- Baixo teor de poluentes nos gases de escape.

2.4.2. Sistema do controle da ignição

O sistema de controle da ignição é responsável por garantir que a combustão seja realizada no melhor momento, de forma a aproveitar ao máximo o rendimento do combustível sem causar prejuízo à vida útil do motor. Este sistema realiza a sua função a partir do mapa de avanço de ignição gerado na calibração do motor. Uma vez detectada a condição de funcionamento do motor, as informações armazenadas nesse mapa são traduzidas e aplicadas com o intuito de corrigir o ponto de ignição que é função da rotação do motor, pressão no coletor de admissão e temperatura do motor.

Além deste controle da ignição, este sistema controla também o acontecimento do fenômeno de detonação na câmara de combustão. Esse fenômeno é caracterizado pela inflamação espontânea da mistura sem a necessidade da centelha de ignição. É um fenômeno indesejável, já que danifica a estrutura física do motor, diminuindo assim a sua vida útil. O controle é realizado através do monitoramento deste acontecimento, variando o avanço de ignição de forma a evitá-lo, já que tal modificação implicará na variação da pressão interna na câmara de combustão, alterando assim um dos principais fatores que provocam a detonação.

O torque produzido pelo motor também é influenciado pela modificação do avanço de ignição. Com o aumento do ângulo de ignição, o torque aumenta até certo ponto, onde passa a diminuir com o adiantamento do ângulo.

2.4.3. Sistema de controle da recirculação dos gases

Esse sistema tem a função de desviar parte dos gases gerados pela combustão da tubulação de exaustão de volta para a admissão do motor, com o objetivo de diminuir a emissão de poluentes. Atuando como um gás inerte, o gás de escape diminui a temperatura na câmara de combustão, que por sua vez faz com que diminua a emissão de poluentes. A quantidade de gás recirculado varia de acordo com a rotação do motor, pressão no coletor de admissão e temperatura do motor.

3. Motores flexíveis

Sílvio de Andrade Figueiredo - Chefe do Agrupamento de Motores da Divisão de Mecânica do Instituto de Pesquisa e Tecnologia (IPT) define: “veículos a combustível flexível (ou ainda *flexible fuel vehicles* ou veículos “*flexfuel*”) são tipicamente automóveis ou utilitários leves, que operam com gasolina, álcool ou quaisquer misturas destes combustíveis no mesmo tanque de armazenamento.” Trata-se de uma tecnologia inovadora, criada com o intuito de adequar os motores de combustão interna às normas de emissões veiculares geradas pelos órgãos regulamentadores, como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), que são cada vez mais rigorosos.

Esses motores bi-combustíveis já dominam o mercado nacional de veículos de quatro rodas praticamente em sua totalidade e já estão entrando no ramo das motocicletas. Segundo a ANFAVEA, as vendas de veículos “*flexfuel*” já correspondem a cerca de 80% da produção nacional. Uma melhor abordagem sobre essa questão mercadológica será dada na seção 3.2. Sua forte aceitação ocorre pelo fato de que esse tipo de motor gera total flexibilidade de escolha de qual tipo de combustível o motorista vai abastecer o seu carro, gerando assim a opção de escolha pela proporção que lhe acarretará em menor consumo e conseqüente maior economia ou maior potência do seu veículo.

O sucesso do veículo “*flexfuel*” no Brasil é inédito no mundo, e tem sido citado com um exemplo de substituição do combustível fóssil por fontes renováveis de energia, ao mesmo tempo em que reduz o dano de emissões de gases ao meio ambiente. Parte deste sucesso se deve às vantagens competitivas da agricultura brasileira e à maior eficiência da produção de álcool a partir da cana de açúcar do que de outras fontes, como por exemplo, o etanol de milho produzido nos EUA (ALVES, 2007).

Tendo em vista esse sucesso gerado pela difusão do veículo equipado com motor flexível, surge a disputa pela paternidade. Duas grandes empresas do setor de autopeças foram as pioneiras no desenvolvimento desta tecnologia: a Bosch e a Magneti Marelli. A seção 3.1 abordará de forma mais aprofundada o processo e os fatores que levaram ao desenvolvimento desta tecnologia.

3.1. Histórico

O surgimento da tecnologia *flex fuel* aconteceu ao final da década de 80, através de pesquisas realizadas nos Estados Unidos, Japão e Europa. Nos Estados Unidos, em 1988, o governo aprovou uma lei intitulada de Ato dos Combustíveis Automotivos Alternativos, que estimulou o desenvolvimento desta tecnologia, possibilitando o uso de misturas álcool/gasolina em proporções de até 85% de álcool. Tal limite foi estabelecido embasado no problema da partida do motor em temperaturas baixas.

Sistemas de injeção eletrônica para veículos com combustível vegetal já vinham sendo estudados desde 1985. Foram os estudos da filial norte-americana Robert Bosch, que visavam a utilização do metanol e etanol, que serviram como base para o surgimento da tecnologia *flex*.

Durante a década de 80, já existia uma pressão para que esse tipo de veículo fosse lançado. Além da questão ambiental, existia o interesse comercial, pois o mercado estava abalado com a crise de 70. E foi em 1992 que a *General Motors* introduziu o primeiro veículo com a tecnologia *flex fuel* no mercado norte americano, sendo logo seguida por outros fabricantes que também disponibilizaram veículos capazes de funcionar com dois tipos de combustível.

Até aquele momento, o consumidor só poderia escolher entre um carro a gasolina ou a álcool, sabendo que esta escolha seria levada até o final da vida útil do veículo. Com o surgimento dessa linha de combustível, o consumidor passava a optar pelo tipo de combustível na hora do abastecimento, podendo levar em conta fatores como desempenho e consumo. Esses argumentos fizeram com que o mercado norte-americano aceitasse e passasse a usar esses veículos.

A Bosch também já pesquisava os veículos a álcool aqui no Brasil desde a década de 80. Foi então, com a patente da filial americana que a filial brasileira passou a investir em pesquisas para o desenvolvimento de tecnologia de motores flexíveis. Surge assim o primeiro protótipo brasileiro com esta tecnologia, uma versão do Omega 2.0 da General Motors. Entretanto, por mais que a invenção brasileira tenha sido depois da americana, a única idéia igual que ela trazia era a de que o veículo poderia utilizar dois tipos de combustível.

A Bosch apresentou sua idéia para diversas montadoras, as quais se interessaram. Porém não houve uma grande motivação para a comercialização em escala, já que os vestígios da crise do álcool ainda assustavam os vendedores e consumidores, e o veículo ainda não estava com um custo competitivo.

Foi a empresa italiana Magnetti Marelli que iniciou as pesquisas para o barateamento do veículo flexível. O principal fator que elevava o custo do veículo era a utilização de um sensor físico que identificava a porcentagem de combustível. Pensando em eliminá-lo, a Magnetti Marelli lançou o *Software Flex Fuel Sensor (SFS)*. Desenvolvida em laboratórios brasileiros essa tecnologia eliminava o sensor físico e utilizava apenas os sensores já presentes no controle dos motores a gasolina, consistindo de um *software* que foi diretamente inserido no módulo de controle do motor. Entretanto, a aceitação também foi baixa.

Apenas em 2003, após redução do Imposto sobre Produtos Industrializados e parcerias com as montadoras, surgiu o primeiro veículo equipado com motor flexível: o Gol Total Flex 1.6, em comemoração ao 50º aniversário da companhia no Brasil. O desenvolvimento foi realizado em parceria com a empresa italiana.

Desde então, os veículos *flex* já fazem parte da grande maioria do mercado nacional de veículos leves. A aceitação foi muito grande e esse assunto será tratado na seção 3.2.

3.2. Panorama mercadológico

O setor rodoviário é o principal meio de transporte de mercadorias e pessoas no Brasil, o que faz com que sofra com as variações constantes nos preços dos combustíveis. Por esse fato, a primeira crise do petróleo, em 1973, afetou fortemente a economia brasileira. Nessa época eram produzidos 170 mil barris/dia de petróleo, cerca de 20% do consumo nacional, e em um ano as despesas com importação de combustíveis saltaram de US\$ 600 milhões para mais de US\$ 2 bilhões (ÚNICA,2004).

Com o intuito de se proteger desse problema, o governo lançou em 1975 o Programa Nacional do Álcool (Proálcool). A sua primeira fase tinha o objetivo de tornar obrigatória a adição de álcool anidro na gasolina e estimular a conversão

de veículos para álcool hidratado (Decreto Federal nº. 76.593 (1975)). A segunda fase do Proálcool foi criada a partir da segunda crise do petróleo em 1979 como a adoção de incentivos fiscais e tributários para aumentar a produção de álcool e de veículos movidos exclusivamente a álcool (Decreto Federal nº. 83.700 (1979)). Em 1985 e 1986, atinge-se o auge da produção de veículos movidos a álcool, correspondendo a 96% dos veículos produzidos no Brasil.

Entretanto, no final dos anos 80 ocorreram diversos fatores simultaneamente, resultando na crise do Proálcool:

- O preço do barril de petróleo diminuiu;
- Por dificuldades econômicas, o governo cortou subsídios do etanol e o seu preço se aproximou do da gasolina;
- Os empréstimos aos produtores foram suspensos ou reduzidos;
- O preço internacional do açúcar aumentou e alguns produtores decidiram a exportar açúcar, diminuindo a produção de álcool;
- As reservas estratégicas de álcool foram rapidamente consumidas e não repostas; gerando escassez de álcool.

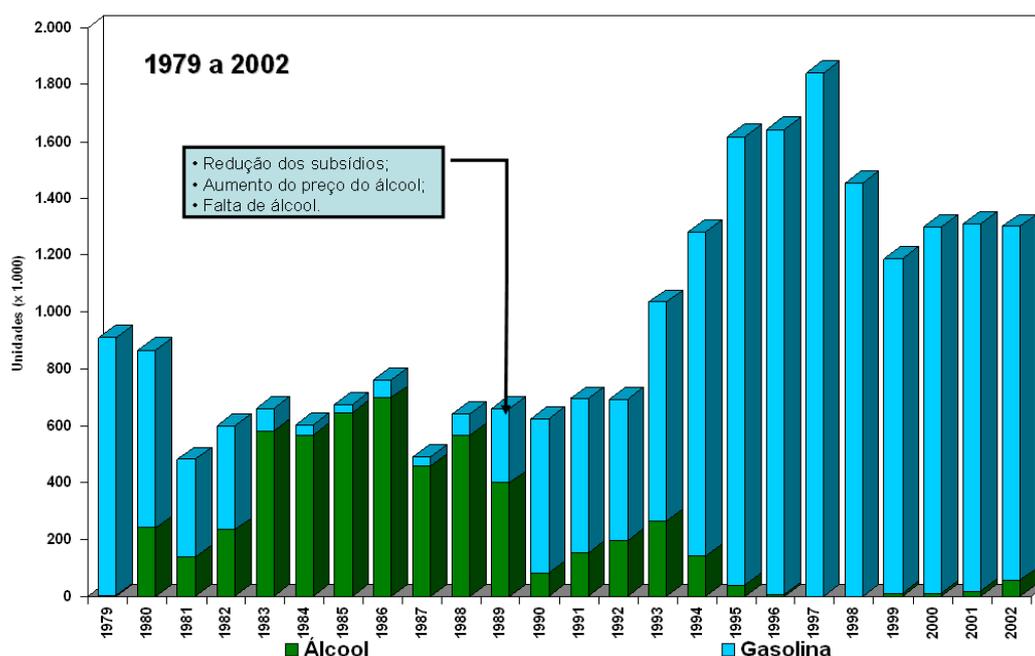


Figura 10 - Mercado brasileiro de veículos leves (1979-2002)

Fonte: ANFAVEA

Esses fatores geraram uma descrença generalizada sobre o produto, provocando queda acentuada do número de vendas de veículos movidos a álcool, chegando a cerca de 13% da produção total do país. A Figura 10 demonstra essa fase do mercado brasileiro.

Após a crise, por volta da segunda metade dos anos 90, o abastecimento de álcool volta a se estabilizar e seu preço fica em cerca de 50% do valor da gasolina. A partir disso a imprensa internacional passa a valorizar os combustíveis renováveis e é assinado o Protocolo de Quioto. Esses fatores fizeram com que o álcool iniciasse o seu retorno ao mercado automotivo. Tal retorno se deu com a aplicação da tecnologia de motores flexíveis. Em março de 2003 foi lançado o primeiro automóvel com esta tecnologia, o Volkswagen Gol Total Flex.

Após o lançamento, o mercado brasileiro de vendas de automóvel sofreu drástica modificação. A aceitação dos veículos *flexfuel* foi grande e é crescente. Segundo a ANFAVEA, as vendas de veículos “*flexfuel*” já correspondem a cerca de 80% da produção nacional. As montadoras estão praticamente substituindo a sua frota por veículos flexíveis. A Figura 11 demonstra essa tendência.

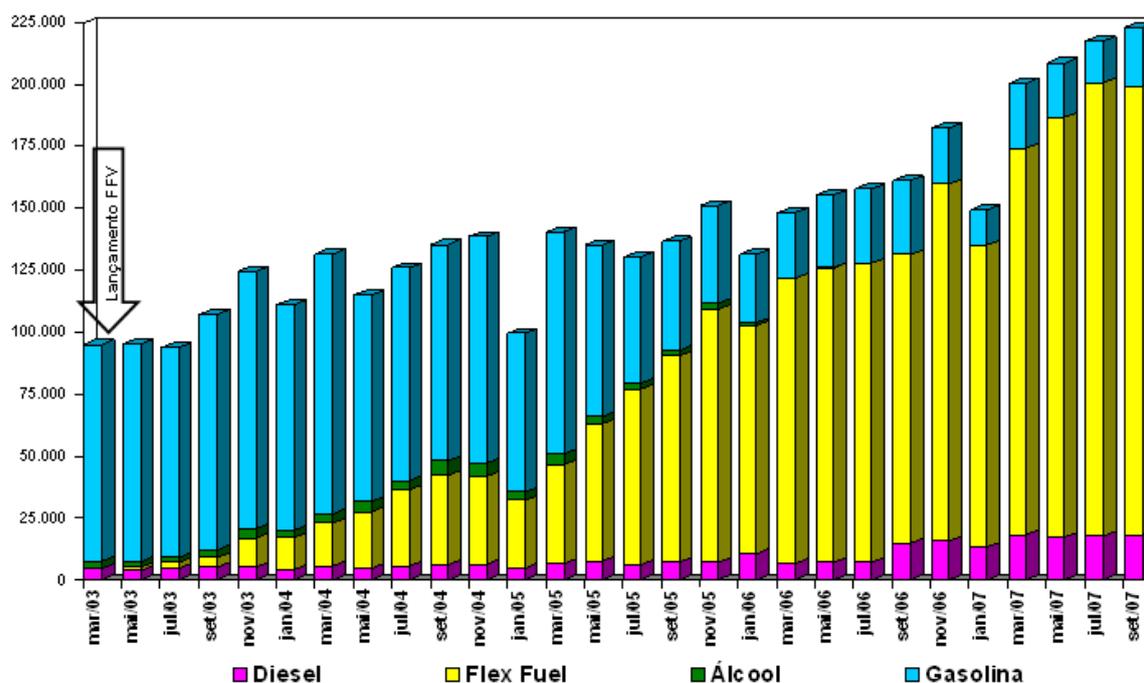


Figura 11 - Mercado brasileiro de veículos leves (2003-2007)

Fonte: ANFAVEA

3.3. Princípio de funcionamento

O sistema SFS consiste em um sistema capaz de detectar o combustível utilizado (gasolina ou álcool) e a proporção de mistura entre eles através da sonda lambda. Desta forma, o sistema é capaz de reconhecer a razão ar combustível ideal para o funcionamento do motor, controlando eficazmente a quantidade de combustível injetada e o avanço de ignição. Para reconhecer corretamente o combustível utilizado, o sistema possui uma estratégia que habilita o reconhecimento do combustível somente em condições propícias.

Seu funcionamento é realizado por meio do módulo do controle de injeção, responsável por definir a quantidade de gasolina injetada no motor, de acordo com a proporção de álcool acumulada no tanque. Um sistema de gerenciamento convencional utiliza os parâmetros de massa de ar para determinar o tempo de injeção de combustível. São os sensores da pressão no coletor, temperatura do ar e de rotações que proporcionam os dados básicos para o cálculo da massa de ar que determinará a massa de combustível a ser injetado. O resultado da combustão é analisado pela sonda lambda, que apresentará para a unidade de comando do motor como está a qualidade da mistura e, conseqüentemente, a eficiência da combustão dessa mistura. Com este parâmetro, a unidade corrige o parâmetro de injeção, com a intenção de trabalhar próximo da razão estequiométrica ideal. Em todos os momentos, a sonda informa para o sistema o que está acontecendo.

A posição da sonda lambda no veículo desempenha um papel fundamental no sistema SFS. A localização deve ser a mais próxima possível do motor, de forma que a resposta da mesma seja rápida, sem a necessidade de aumento da sua potência de aquecimento.

O fator lambda é definido como relação (A/F) real pela relação (A/F) teórica. Quando esta relação é igual, ou seja, o lambda é igual a 1, obtêm-se a melhor conversão de CO, NOx e HC. Para que o motor atinja os índices de emissões, ele deve trabalhar o mais próximo possível da condição de lambda igual a 1. Para auxiliar este controle, é colocado um sensor lambda no escapamento que fornece informações para a Unidade de Controle Eletrônica (UCE) da injeção. Ela analisa a qualidade da queima, medindo o conteúdo de oxigênio nos gases de escape. Uma vez aquecido, para uma mistura rica, a sonda lambda fornece um sinal de

tensão de 600-850 mV e para uma pobre inferior a 30-100 mV. A transição abrupta do sinal ocorre em λ igual a 1. A partir deste sinal, calcula-se um coeficiente (K_{O2}) que será usado pela UCE para corrigir o volume de combustível injetado e manter o sistema com a mistura A/F próxima da estequiométrica.

Esse sistema também modifica parâmetros como o mapa de ignição, já que os combustíveis possuem características completamente distintas através do mesmo sinal de resposta do sensor de oxigênio. Essas modificações levam ao veículo, mesmo operando em marcha lenta, a se adaptar em questões de segundos ao tipo de combustível que está sendo utilizado no instante.

3.4. Formas de controle / Gerenciamento da mistura

O sistema de controle convencional trabalha segundo o diagrama da Figura 12. De acordo com os sinais de sensores, é medida a quantidade de ar admitida pelo motor. Esses dados são enviados para a central de controle, onde serão tratados e utilizados para cálculo da quantidade de combustível a ser injetada no motor, de acordo com a mistura correta (razão estequiométrica) e determinação do ponto ideal da aplicação da centelha de ignição. Com esses parâmetros definidos, a ECU manda sinais para atuação do comando de injeção e ignição do motor. A combustão é avaliada e retorna um parâmetro para a correção do sistema pela ECU.

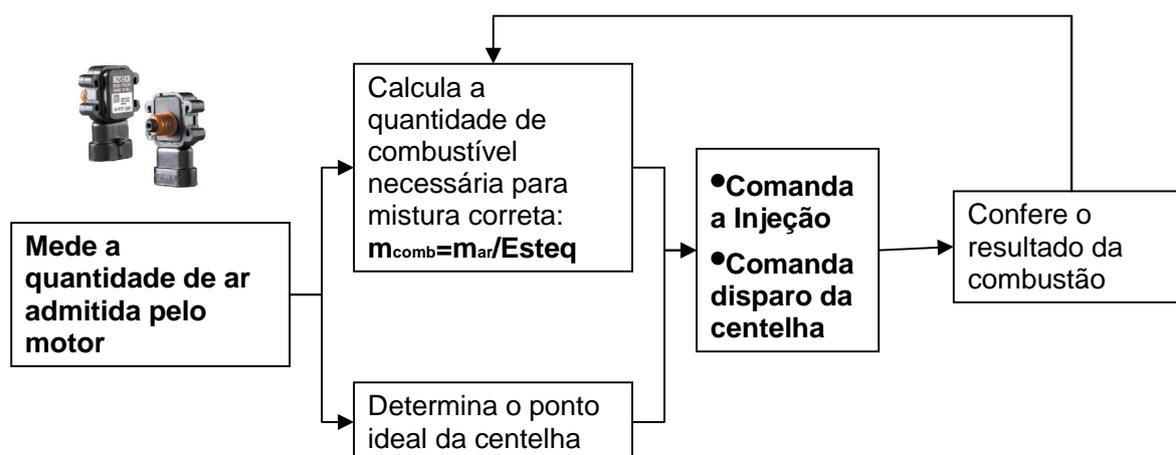


Figura 12 – Diagrama de funcionamento de uma ECU convencional

Fonte: Volkswagen do Brasil Engenharia de *Powertrain*

Caso um carro com esse sistema de gerenciamento tenha o seu combustível modificado, o controle do motor estará totalmente comprometido, uma vez que a relação estequiométrica será perdida e o ponto de ignição será mal determinado até por que o combustível terá octanagem diferente do previsto.

Para que seja possível a modificação de combustível sem a necessidade de informar manualmente ao módulo de controle e para não prejudicar também o funcionamento do motor, é acrescentado mais um bloco ao diagrama (Figura 13). Esse bloco tem a função de determinar o combustível utilizado e enviar as correções necessárias para o tempo de injeção e modificação do mapa de ignição. Essa identificação permite a adaptação desses parâmetros através do conhecimento das características inerentes a cada combustível. Os dados necessários para a correção e determinação do combustível são provenientes do SFS, rotina que envia as informações à ECU que realizara tais correções.

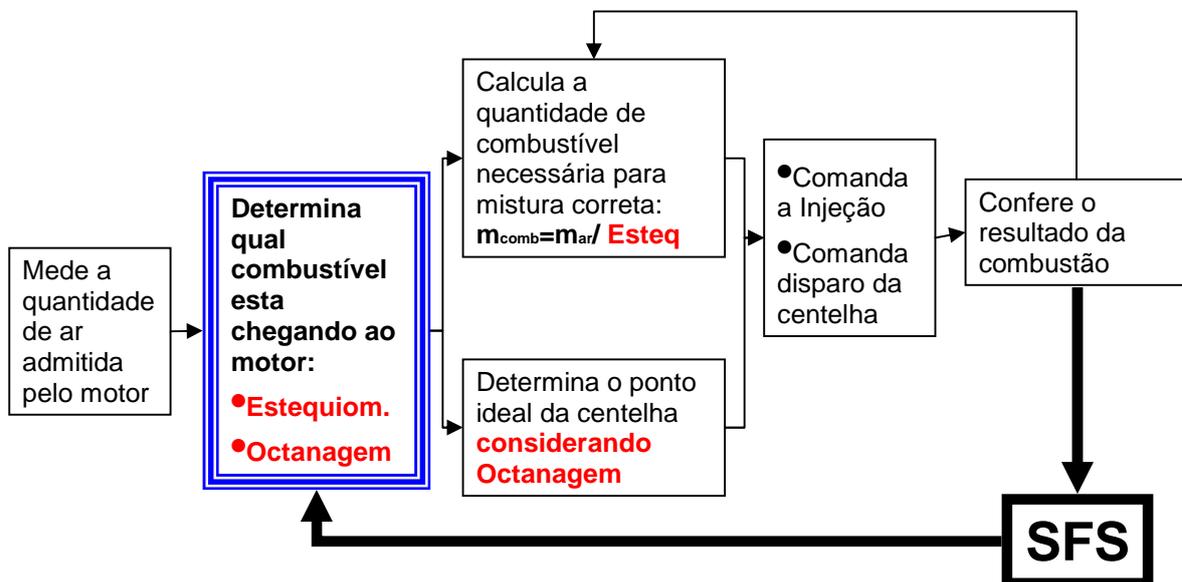


Figura 13 – Diagrama simplificado de funcionamento da ECU com sistema SFS

Fonte: Volkswagen do Brasil Eng^a de Powertrain

3.5. Análise de custo e desempenho

A flexibilidade do motor com sistema *flex fuel* foi fundamental para o domínio do mercado dos veículos equipados com esse sistema, uma vez que o cliente possuía o controle de suprir sua necessidade de escolha entre autonomia desejada x desempenho x custo por quilômetro.

Sabendo-se das oscilações existentes no preço dos combustíveis aqui no mercado brasileiro e das características específicas dos combustíveis utilizados, pode-se apresentar uma forma de melhor escolha na hora do abastecimento, aproveitando assim a idéia principal da flexibilidade.

Como o álcool é mais barato do que a gasolina, mas em compensação um veículo rodando a álcool consome mais combustível, deve-se atentar para a relação existente entre custo x consumo para poder assim escolher da maneira mais vantajosa o tipo de combustível que se vai abastecer o veículo. No momento em que o consumidor resolver abastecer, ele deve observar o preço da gasolina e compara-lo com o do álcool. De acordo com a Volkswagen, a vantagem do tipo de combustível está representada na Figura 14. Verifica-se que, se o álcool estiver a até um valor de 70% do valor de gasolina, a escolha pelo primeiro combustível é mais vantajosa.

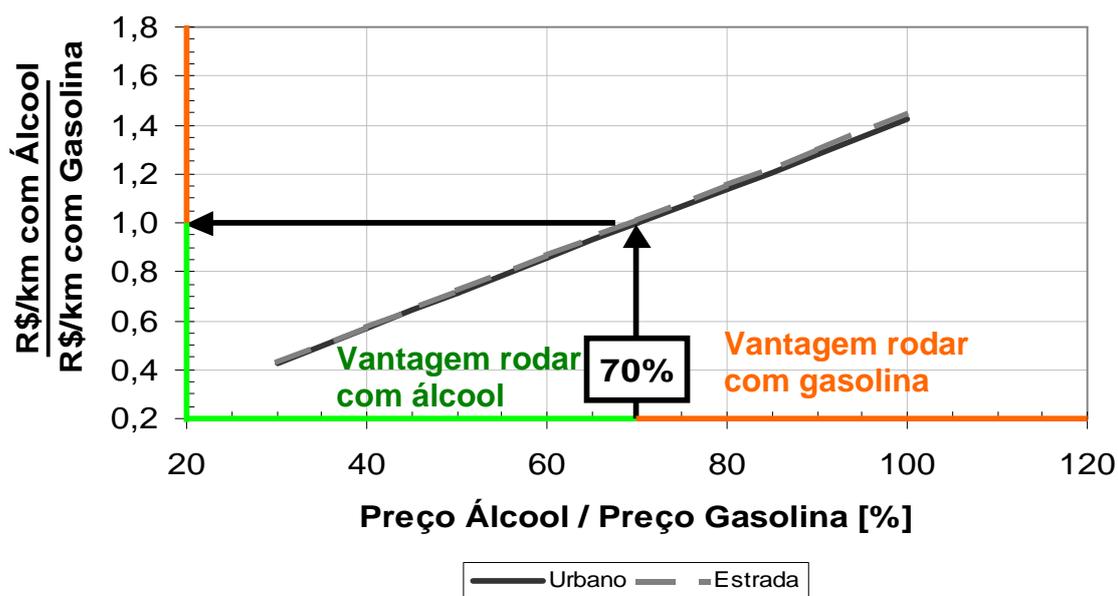


Figura 14 – Relação custo álcool x gasolina

Fonte: Volkswagen do Brasil Engenharia de *Powertrain*

4. Partida a frio

Realizar a partida a frio em um motor consiste em ligá-lo com sua temperatura igual à temperatura ambiente. Nesta condição, ocorre um empobrecimento natural da mistura, devido à baixa evaporação do combustível em função da baixa temperatura e baixa turbulência das partículas de combustível. Observa-se também uma condensação do combustível nas paredes internas do coletor de admissão, fazendo com que apenas uma parte do combustível injetado efetivamente faça parte do processo de queima. É notado também um ligeiro aumento de viscosidade do óleo de lubrificação, o que dificulta a rotação dos componentes móveis do motor (FIAT, 2006).

A fim de evitar que o motor trabalhe em situação como esta, geradora de problemas de rendimento e emissões de poluentes, existe um controle do tempo de injeção do combustível. Tal tempo é corrigido em função dos sinais enviados pelos sensores de temperatura do líquido de arrefecimento, tensão da bateria e número de rotações do motor (FIAT, 2006).

Os motores flexíveis, por utilizarem o álcool como combustível, apresentam um problema relacionado com a partida a frio do motor. Esse problema é gerado por conta das características do álcool. Tal combustível possui baixo calor latente e baixa pressão de vaporização, ou seja, é um combustível frio, e depende de vários fatores para obter o melhor desempenho na câmara de combustão. Dentre estes fatores, está a temperatura do motor, que deverá ficar em torno de 90 graus Celsius para a perfeita combustão. Estes fatores fazem com que ele tenha dificuldade de entrar em combustão a temperaturas baixas. Nestes casos o álcool não consegue manter a combustão em níveis aceitáveis nessa temperatura, causando o afogamento do motor ou mesmo a variação brusca de rotação. Isto gera inconvenientes ao consumidor, que quando se encontra nesta situação não consegue partir o próprio carro e ao conseguir, tem problemas de desempenho até o aquecimento do motor.

Para resolver este problema, as montadoras utilizam um sistema de partida a frio semelhante ao sistema utilizado em motores a álcool. A solução encontrada foi a adição de gasolina à câmara de combustão, o que facilita a partida, já que a mistura ficará enriquecida com um combustível de menos calor de vaporização.

Para isso, faz-se necessário a instalação de componentes extras ao veículo. O conjunto de partida a frio consiste em: reservatório de gasolina, tampa do reservatório (controla os vapores da gasolina), suporte do reservatório, bomba injetora, tubulação, solenóide de fluxo, sensor de nível, bico injetor e fiação. Um exemplo de sistema de partida a frio é demonstrado na Figura 15.

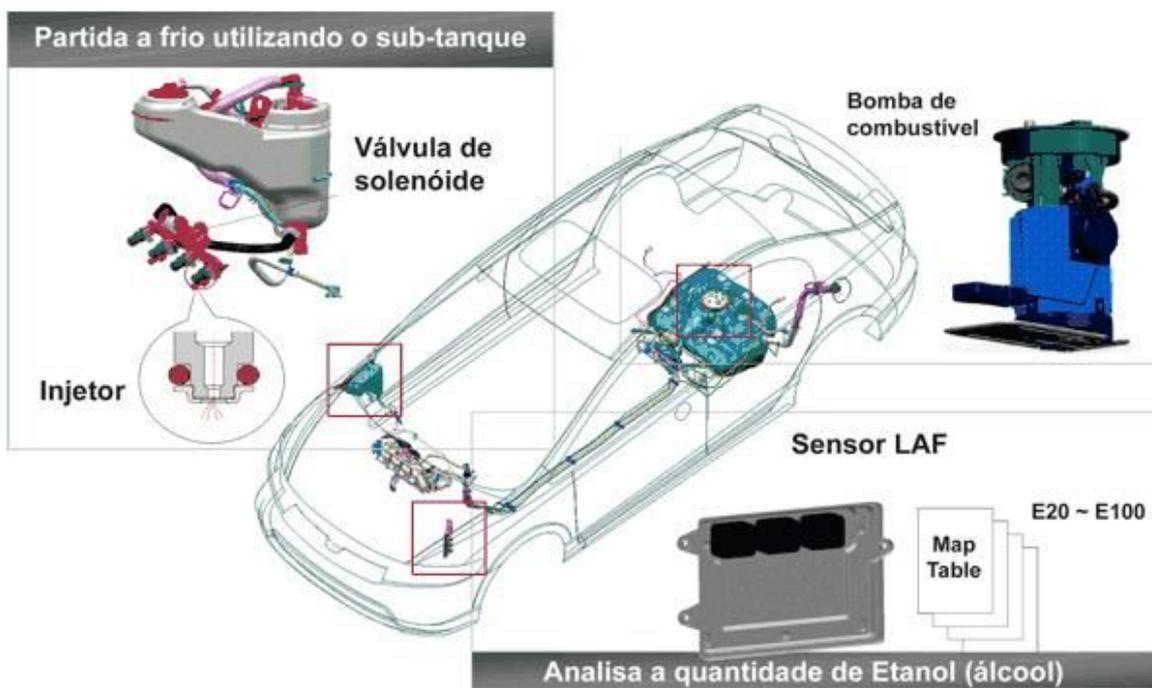


Figura 15 - Exemplo de sistema de partida a frio

O reservatório deve ser de material resistente à gasolina e ao álcool presente nesta. A tampa deve ser própria para o uso, com controle de vapores de combustível, pois estes podem explodir o reservatório. O suporte deve ser confiável de material inoxidável ou revestido de tal material, evitando enferrujar o local de fixação ou mesmo se enferrujar e soltar o reservatório, causando um acidente. Devem ser utilizados parafusos de fixação com arruelas de pressão. A válvula solenóide serve como anti-refluxo, evitando que o motor “sugue” combustível desnecessariamente, o que secaria o reservatório em pouco tempo.

De uma forma geral, o sistema de partida a frio entra em funcionamento quando a ECU verifica que existe alta concentração de álcool foi queimado no combustível presente na última utilização do veículo e que a temperatura do motor esta abaixo de um limite estabelecido. Esses limites são diferenciados de

montadora para montadora. Assim que esta condição torna-se verdadeira, o modulo aciona a bomba do tanque reserva que por sua vez transfere a gasolina extra para o sistema de admissão que será direcionado a câmara de combustão para facilitar a partida a frio. O diagrama da Figura 16 representa o funcionamento básico de um sistema proposto pela Volkswagen.

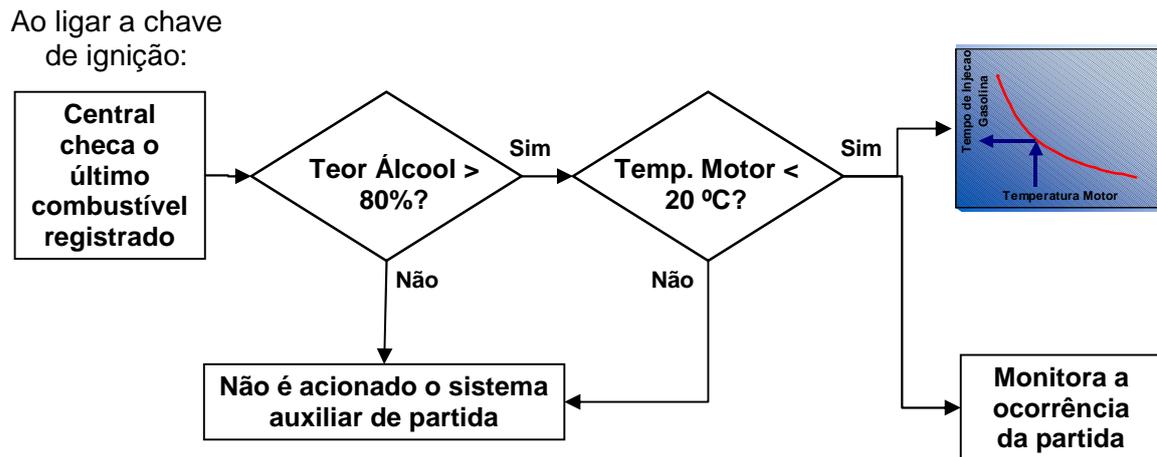


Figura 16 – Sistema simplificado do funcionamento da partida a frio

Fonte: Volkswagen do Brasil Eng^a de Powertrain

Além disso, há o fato de que muitas vezes esse sistema não atua de forma a evitar completamente o problema da partida a frio, acarretando em desconforto ao usuário e perda de rendimento ao motor, existe outro problema que está relacionado diretamente ao tanque reserva e o armazenamento da gasolina. Em lugares em que a temperatura não costuma chegar a menos de 20°C, por conta do controle programado, a bomba do tanque de partida a frio não é acionada e acarreta na não utilização da gasolina extra, gerando assim oxidação e perda das características da gasolina. Isso faz com que o consumidor tenha que verificar sempre o nível deste tanque e abastecê-lo de preferência com gasolina aditivada, já que os aditivos ajudarão na conservação por mais tempo.

Existem ainda reclamações de consumidores em relação a cheiro de gasolina dentro do veículo. Isso ocorre porque muitas vezes o tanque de gasolina da partida a frio não possui um sistema adequado de absorção da evaporação do combustível, fazendo com que o odor de gasolina passe para o interior do veículo.

5. Estudos de caso

Os estudos que serão relatados a seguir foram realizados no laboratório de automotiva do SENAI – CIMATEC. Para a sua realização, foram utilizados recursos do próprio SENAI e acompanhamento do professor orientador Júlio Câmara. O objetivo final dos testes é analisar a que temperatura o sistema de partida a frio é acionado pela ECU, observando assim diferenças de estratégia entre as montadoras e assim gerar um conhecimento mais aprofundado no que diz respeito ao sistema de injeção de combustível.

Para a realização dos testes experimentais, foram utilizados dois veículos disponíveis no laboratório de automotiva, um Vectra da GM e um Idea da Fiat. A forma ideal para a determinação da temperatura de partida a frio consiste em submeter os veículos a diferentes temperaturas ambientes e realizar a partida a cada mudança de temperatura. Entretanto, para isso o veículo deveria estar em uma câmara fria que proporcionasse tal variação de temperatura. Como não existia esse recurso, a mudança de temperatura foi feita de forma simulada, ou seja, foi colocado um resistor variável na entrada da ECU que corresponde ao sensor de temperatura do motor. Assim, é possível informar diferentes valores de resistência ao módulo, simulando, então, diferentes valores de temperatura (Figura 17).

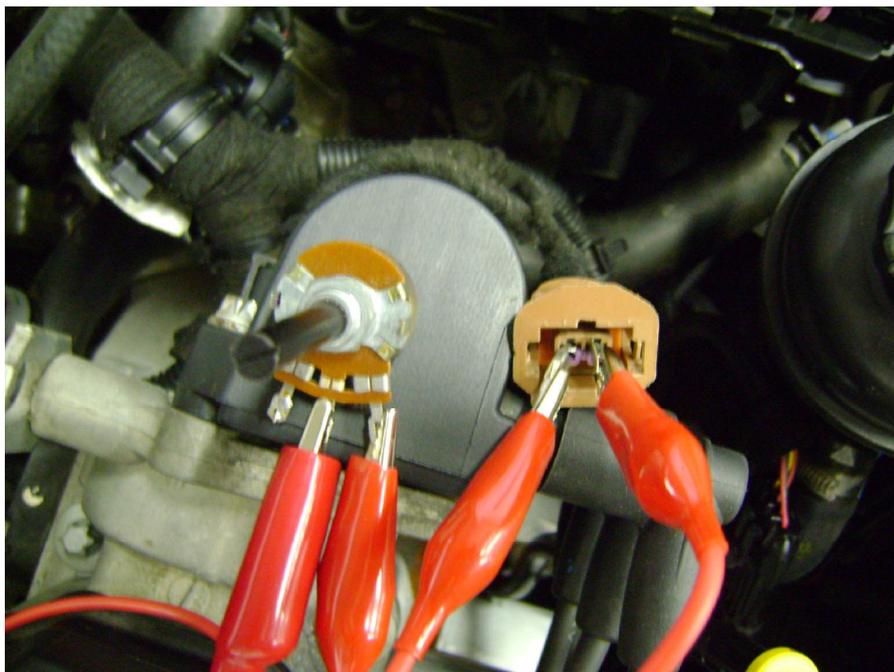


Figura 17 - Potenciômetro e entrada do sensor de temperatura

Na primeira simulação, a relação de álcool/gasolina se encontrava em 54%. Isso fez com que o sistema de partida a frio não atuasse mesmo em temperaturas baixas. Esse experimento comprovou que o módulo faz primeiro a verificação da mistura, observando a concentração de álcool para depois verificar a temperatura e assim determinar a necessidade de acionamento da partida a frio.

Para que o módulo pudesse realizar o acionamento da partida a frio, foi utilizado um recurso do programa de diagnóstico, esse recurso permite a simulação da relação de álcool/gasolina presente no tanque de combustível (Figura 19). Mesmo sabendo que no motor não existia 100% de álcool, simulamos tal situação para perceber a que temperatura o sistema seria acionado.

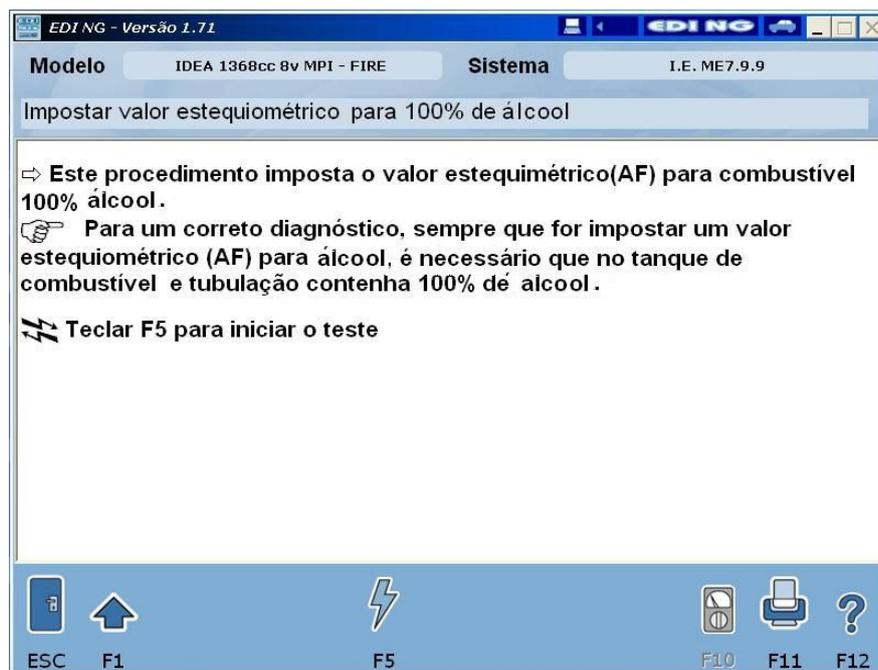


Figura 19 - Simulação de 100 % de álcool

Com a simulação da temperatura realizada, foi possível determinar a temperatura em que o sistema de partida a frio foi acionado. Observou-se que neste caso o sistema é acionado para temperaturas abaixo de 17 °C, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Temperatura de acionamento partida a frio Idea

Temperatura simulada (°C)	5	10	15	16,5	17	18	19	20	25
Acionamento da partida a frio	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO

Um fato observado durante esse experimento foi a reação do motor em relação a simulação de 100 % de álcool no tanque. Visto que não existia 100% de álcool no tanque do veículo, a ECU fez com que o motor trabalhasse como se estivesse queimando álcool apenas, o que na verdade não estava. Isso fez com que o motor tivesse problemas durante a combustão, já que quanto maior é a quantidade de álcool, maior deve ser a quantidade de combustível injetado para uma mesma quantidade de ar injetada. Como existia gasolina na mistura, a relação estequiométrica não estava correta, fazendo com que a mistura ficasse bastante rica, causando saída de água e combustível não queimado pelo escapamento (Figura 20).



Figura 20 - Problema com combustão

5.2. GM (Vectra)

Da mesma forma que foi realizado no Idea, para que fosse possível avaliar os parâmetros da ECU do veículo, conectou-se ao veículo o scanner de diagnóstico (Figura 21). Através deste, foi possível verificar os parâmetros relacionados ao motor, como temperatura do líquido de arrefecimento, relação álcool/gasolina, tensão da bateria e pressão no coletor de admissão.



Figura 21 - Scanner de diagnóstico

Com o scanner devidamente conectado foi iniciado o processo de simulação da variação de temperatura para verificar a partida a frio. A variação da temperatura obedeceu ao mesmo critério demonstrado na Tabela 1.

Neste caso, a relação álcool/gasolina era de 95%, ou seja, já satisfazia a condição de acionamento do sistema de partida a frio, pois a concentração de álcool já estava alta. Sendo assim pode-se realizar a simulação da variação de temperatura através da variação de resistência na entrada da ECU. O Vectra apresentou acionamento do sistema de partida a frio para temperaturas abaixo de 18 °C, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Temperatura de acionamento partida a frio Vectra

Temperatura simulada (°C)	5	10	15	16,5	17	18	19	20	25
Acionamento da partida a frio	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO

Um fato interessante que pode ser retirado desse experimento foi o problema apresentado no reconhecimento da mudança de combustível pela ECU. Esse problema se apresentou quando se tentou descobrir com qual porcentagem de álcool o sistema entraria em funcionamento. Para tal, utilizou-se um sistema de alimentação de combustível externo, onde poderia ser feita a mudança da proporção de álcool que seria consumida pelo motor (Figura 22).

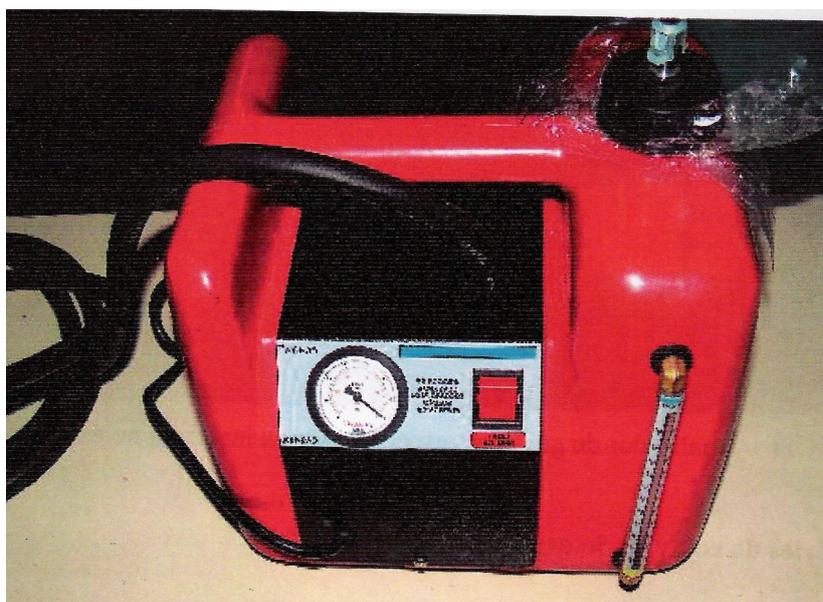


Figura 22 - Tanque de combustível externo

Entretanto, independente da quantidade de gasolina que injetava-se no motor, o scanner sempre indicava uma relação de álcool/gasolina de 97%. Tentou-se variar o nível de combustível do tanque interno, para colocar a ECU no processo de aprendizagem, mas não houve efeito.

5.3. Honda

Observando esses pequenos problemas, mas que geram grandes incômodos aos consumidores, que a Honda apresenta-se com um maior avanço no sistema de partida a frio. A principal diferença está no acionamento do sistema e na forma como a gasolina é injetada na câmara de combustão.

Enquanto que as outras montadoras acionam o sistema somente em condições específicas de baixa temperatura e alta concentração de gasolina, o sistema da Honda faz com que a gasolina do tanque de partida a frio seja sempre usada. Nesse sistema, a bomba de gasolina do tanque extra é acionada em todas as partidas, mas, quando se encontra nas condições normais de temperatura, a quantidade de gasolina injetada é reduzida. Essa estratégia faz com que não exista o problema da não utilização da gasolina evitando assim a oxidação da gasolina por falta de uso.

Já em relação à forma de injeção do combustível, o sistema da Honda possui quatro bicos injetores extras de combustível, específicos para o sistema de partida a frio. Essa concepção acarreta melhor controle do volume de combustível injetado na câmara de combustão de acordo com a necessidade, ou seja, de acordo com as condições de temperatura e porcentagem de álcool no tanque de combustível.

Outras vantagens apresentadas pela Honda dizem respeito ao posicionamento do tanque de combustível extra. Nos veículos com esta tecnologia, o tanque não se encontra dentro do compartimento junto ao motor, e seu acesso pode ser realizado externamente, sem a necessidade da abertura do capô. Isso promove um melhor isolamento do tanque em relação ao motor, prevenindo assim problemas com altas temperaturas causadas pela proximidade ao motor e confusão com algum outro tipo de compartimento (o de água, por exemplo). Outra vantagem desse posicionamento está relacionada com a evaporação do combustível desse tanque. Nesse caso, o problema de cheiro de combustível dentro do habitáculo não existe mais.

Inovações:

- Subtanque de partida a frio isolado. **Benefício:** Segurança e comodidade.
- Injetores de combustível específicos. **Benefício:** Melhor desempenho e armazenamento da gasolina.

**Honda Civic Flex****Honda Fit Flex****Reservatório de partida a frio**

Figura 23 - Sistema inovador Honda

6. Tendências

Visto que os problemas existentes no sistema de partida a frio estão diretamente ligados ao tanque de gasolina extra e a sua inserção na câmara de combustão, a tendência para esse sistema é deixar de utilizar tais tanques. A Bosch e a Magneti Marelli já apresentaram soluções sobre o assunto.

A proposta da Bosch é a nova tecnologia Flex-Start, que consiste em um sistema de gerenciamento do combustível durante o processo de partida do veículo, acionado eletronicamente a partir da identificação das condições de operação do motor e de temperatura ambiente. A solução engloba alterações em diferentes componentes do sistema de ignição e injeção como, por exemplo, a válvula injetora, a vela de ignição e materiais especiais para a operação com álcool. Adicionalmente, um *software* na unidade de comando otimiza todo o conceito de partida do veículo.

O objetivo é trazer mais conforto e economia para os motoristas, a partir da eliminação do uso da injeção de gasolina para partida dos veículos abastecidos com álcool em temperaturas abaixo de 18° C. Outro objetivo do novo sistema é a menor emissão de poluentes durante a partida do veículo - já preparando o atendimento de futuras exigências do Proconve (Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores).

O desenvolvimento desta nova tecnologia está sendo realizado pela equipe de engenharia do Centro de Competência Mundial para Desenvolvimento e Aplicação de Sistemas para Combustíveis Convencionais e Oxigenados, na sede da Bosch em Campinas (SP). O Centro tornou-se conhecido nacional e internacionalmente por desenvolver componentes específicos para uso de álcool em 1983, lançando em 1993 o primeiro sistema de injeção de combustível multiponto a álcool do mundo.

O novo sistema de partida a frio dosa a quantidade exata de calor necessário para aquecer o combustível antes de ele ser injetado. Com isso é obtido uma melhor queima do álcool, gasolina ou qualquer mistura dos dois e são reduzidas também as emissões de poluentes em torno de 18%. Prevista para equipar os carros brasileiros a partir de 2009, a nova partida a frio é uma das promessas de carros menos poluidores. Em simulações de laboratório, os

técnicos da empresa chegaram a obter uma redução de até 40% nas emissões de poluentes. Além disso, ela trará mais segurança ao eliminar o tanque de gasolina.

A Magneti Marelli também está trabalhando com essa solução. O sistema proposto pela montadora é batizado de ECS (Ethanol Cold System). Melhor controle de emissões durante a partida e a fase de aquecimento do motor de modo a atender aos novos limites do Proconve PL5, norma que entra em vigor a partir de 2009. Significativa redução da complexidade do sistema, já que é o substituto do tradicional reservatório de partida a frio com gasolina e outros diversos componentes envolvidos, entre 25 e 30. Melhoria de partida e dirigibilidade a frio. Possibilidade de comercialização em qualquer país que venha a adotar o etanol como combustível em alternativa ao petróleo. Estas são as principais evoluções proporcionadas pelo ECS, tecnologia que permite a realização da partida do motor com 100% de álcool a baixas temperaturas, dispensando o reservatório adicional de gasolina encontrado nos carros flexfuel atualmente à disposição no mercado brasileiro.

O princípio de funcionamento é baseado no aquecimento controlado de uma parte de combustível que, injetada na câmara de combustão, garante a partida do motor com 100% de álcool mesmo com temperaturas de até 5°C negativos. De modo a atender características como layout, desempenho e geometria do coletor e cabeçote do motor, o ECS conta com três versões: *Flauto Mágico*, *Auxiliary Fuel Rail with 5th Injector* e *Mixture Preparation System* (para carros E85 utilizados na Europa). Cada uma é adequada a um tipo de motor específico, e pode ser adaptada a uma configuração de injeção *flex* existente, sem a necessidade de mudanças radicais de produto por parte das montadoras. Outro fator importante é que ao ser desenvolvido para uma determinada família de motores, o ECS necessita somente de calibração para os novos veículos que utilizarem o mesmo propulsor.

O sistema ECS poderá também ser utilizado no segmento bicomcombustível de veículos de duas rodas, pois as mesmas considerações gerais do dispositivo são válidas para a tecnologia SFS SIM – Sistema de Injeção Eletrônica para motocicletas com tecnologia flex. Será preciso apenas adaptá-lo a configuração do motor da moto.

Conclusão

Observa-se então que os sistemas de partida a frio, na concepção que existem hoje, encontram-se obsoletos. Isso se justifica quando analisamos os problemas que esta configuração tem trazido. O próprio desenvolvimento deste componente do automóvel é conturbado, uma vez que a maioria dos carros não foi projetada para tal função (*flex fuel*) o compartimento do motor quase nunca apresenta um espaço adequado para a inclusão do reservatório de partida a frio, fazendo com que o desenvolvedor de produto seja travado por diversos requerimentos de desenvolvimento automotivo ao tentar criar alguma geometria de tanque, muitas vezes inadequada, que “encaixe” compartimento do motor já existente.

Isso resulta em diversos problemas como espaçamento mínimo entre os componentes do motor, problemas com questão de segurança e problemas de odor de gasolina dentro do veículo. A questão de espaçamento do motor está diretamente relacionada à geometria do tanque e determinada muitas vezes por requerimentos da empresa. Por uma questão de *package* todos os componentes do veículo que possuem movimento relativo entre si devem possuir uma distancia mínima entre eles a fim de garantir que não haja desgastes por interferência. No caso do reservatório de partida a frio isto se torna mais crítico, já que se trata de um sistema que armazena combustível líquido dentro do compartimento do motor e não deve permitir vazamento. Este problema faz com que as geometrias dos tanques de partida a frio sejam tão divergentes de um carro para outro, não permitindo a utilização de peças em comum.

Em relação a segurança, o problema está quando realiza-se o *crash test*. Este é um teste que utiliza um veículo de linha para uma batida em um bloco de alumínio a em média 50Km/h. Ele determina o nível de segurança para os ocupantes do veículo, o que nos leva ao requisito de não vazamento de combustível. Sendo assim o reservatório de partida a frio deve ser alocado em um local suficientemente espaçoso e protegido afim de que, em alguma colisão, não exista vazamento de combustível no compartimento do motor. Esse é um dos principais problemas na incorporação do sistema de partida a frio com tanque de Gasolina extra.

Sendo assim, a utilização do sistema de partida a frio com pré-aquecimento da mistura antes do bico injetor deve solucionar todos estes problemas. É uma tecnologia recente e deve ser incorporada em 2009 pela Fiat. É provável que as concorrentes também a utilizem, já que o controle deste sistema é mais fácil e provavelmente solucionará os problemas já existentes. Entretanto, a questão custo ainda fala mais alto, e talvez por isso nem todas as montadoras passem a utilizar tal sistema agora em 2009.

Referência

ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores Assessoria de Planejamento Econômico e Estatístico, **Tabela 08 - Vendas Atacado Mercado Interno por Tipo e Empresa - Combustível Flex Fuel – 2007**

ALVES, M. L. **Carro Flex Fuel: Uma Avaliação por Opções Reais**, Rio de Janeiro. PUC, 2007.

API – Suporte ao produto, Produção de Volkswagen, vídeo digital.

CAMARA, J. **Monitoramento eletrônico da mistura ar/combustível em motores de combustão interna ciclo Otto**. Salvador. Dissertação apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Bahia, 2006.

CHOLLET, H. M. **Mecânico de Automoveis, O Motor e seus Acessórios**. Hemus, São Paulo 1981.

FIAT TREINAMENTO DA REDE. **Eletroeletrônica, Sistema Ve.N.I.C.E Plus i**, 2006.

JOSEPH, H. **Etanol: do Proálcool ao Flex Fuel**. Instituto de Estudos Avançados – USP São Paulo, 2006.

MILHOR, C. E. **Sistema de desenvolvimento para controle eletrônico dos motores de combustão interna ciclo Otto**. São Carlos. Dissertação apresentada à escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2002.

MONNERAT, P.; GAVIOLI, V.; DAMASCENO, F.; BUCCI, A.; POGGIO, L.; GELMETTI, A., CECCARINI, D. **Software Flex-fuel Sensor(SFS) – Sensor lógico aplicado ao controle do motor utilizando variável percentagem de álcool**. SAE: 1998.

TEIXEIRA, E. **O desenvolvimento da tecnologia Flex-fuel no Brasil**. São Paulo, 2005.

TSUNOOKA, T.; HOSOKAWA, Y.; UTSUMI, S.; KAWAI, T.; SONODA, Y.. **High Concentration Ethanol Effect on SI Engine Cold Startability**. Japão: SAE 2007-01-2036