

ADAPTAÇÃO DE MOTORES MONO-COMBUSTÍVEIS PARA BI-COMBUSTÍVEIS ÁLCOOL E GASOLINA

Valter Barragan Neto – Centro Universitário Anhanguera de São Paulo

RESUMO: Este documento relata o estudo de um método de adaptação de Motores Mono Combustível movidos a Álcool E100 ou Gasolina E23 para Bi Combustíveis Álcool e Gasolina com injeção eletrônica. Será explicado também basicamente o funcionamento e as diferenças dos motores para os dois tipos de combustíveis, mostrando passo a passo as alterações do veículo de estudo e posteriormente efetuada uma análise dos resultados obtidos de potência e de consumo.

ABSTRACT: This document report the study of one adaptation method of Electronic Fuel Injection Engines moved by one Combustible Alcohol or Gasoline to a Flex-Fuel Engine Alcohol E100 and Gasoline E23. Will be also explained basically how it works and its engine differences for each type of fuel, showing step-by-step the changes of the study vehicle and after this was made a result analysis of power and consumption.

PALAVRAS-CHAVE:
Adaptação. Motor Bi Combustível.
Álcool e Gasolina.

KEYWORDS:
Adaptation. Flex-Fuel Engine.
Alcohol and Gasoline.

Artigo Original
Recebido em: 30/06/2011
Avaliado em: 14/02/2012
Publicado em: 23/05/2014

Publicação
Anhanguera Educacional Ltda.

Coordenação
Instituto de Pesquisas Aplicadas e
Desenvolvimento Educacional - IPADE

Correspondência
Sistema Anhanguera de
Revistas Eletrônicas - SARE
rc.ipade@anhanguera.com

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento do preço do petróleo a partir dos anos 80 no Brasil e no mundo, vêm-se buscando formas de desenvolver um novo combustível para que possa substituir os derivados de petróleo, bem como um substituto para a Gasolina, pois esta é a que é a mais usada principalmente nos automóveis, já que é de uma eficiência moderada e de preço acessível na maioria dos países. Divulgados por noticiários de todo mundo, estudos mostram que o petróleo poderá se esgotar, e estima-se que o Petróleo durará de 70 a 80 anos, o Brasil se lançou na década de 80 com o Pró-Álcool com seu combustível derivado da cana de açúcar e renovável, foram então criados os primeiros motores a Álcool, que nada mais eram do que os próprios motores a Gasolina que passaram por algumas pequenas alterações devido ao baixo poder de fogo do Álcool em relação à Gasolina.

De acordo com fontes, nos Estados Unidos criou-se uma lei em 1988, denominada “Ato dos Combustíveis Automotivos Alternativos”, contribuiu para a desenvolvimento dos motores Bi-Combustíveis, que possibilitou o uso de misturas de álcool-gasolina até o limite de 85% de álcool, conhecido por E85, limite o qual foi estabelecido com o propósito de facilitar a partida do motor em condições extremas de frio que existem em algumas regiões dos EUA, tal limite foi estabelecido talvez por falta de criatividade, uma vez que quando o Brasil lançou o Pró-Álcool os engenheiros brasileiros pensaram num sistema de partida a frio.

A partir do ano de 2000 já é comum carros movidos a Álcool e a Gasolina, funcionando com ambos os combustíveis em qualquer proporção, assim sendo este estudo visa a alterar motores mono combustíveis que funcionem com Gasolina ou Álcool para que estes trabalhem com os dois combustíveis em qualquer proporção, visando as alterações necessárias e possíveis adaptações.

Foi apresentado uma técnica de adaptação que seja economicamente viáveis para que os proprietários de carros Mono-combustíveis possam optar por usar tanto com álcool ou gasolina em qualquer proporção.

O teste de potência e torque do carro foi realizado com um dinamômetro de roda da DYNOJET modelo 248C como mostra a Figura 1, que vem aferido de fábrica e não são previstas qualquer tipo de aferição, a menos que haja algum dano físico do equipamento, medindo o conjunto motor, câmbio e diferencial.



Figura 1: Dinamômetro Dynojet 248 C

(Fonte: <http://www.dynojet.com/>, 2007)

Foram realizados três testes, sendo que o primeiro foi com o carro sem nenhuma alteração no sistema de injeção, com gasolina comum E23 que é acrescida de 23% de Álcool Anidro estabelecido de acordo com a ANP, “Agência Nacional de Petróleo”; outro teste utilizando uma mistura de E23 com E100 resultando em 50% de gasolina pura, 35% de Álcool Etílico Combustível e 15% de Álcool Anidro proveniente dos 23% de Álcool que é acrescido à gasolina E23 e o último teste utilizando 100% de Álcool Etílico Combustível, o E100, ambos já utilizando o Módulo *FlexFuel*.

A análise de consumo foi feita através do sistema de computador de bordo do próprio carro, sendo que os valores foram coletados em nível do mar, com temperaturas variando entre 19°C a 25°C, e com os três tipos de combustível citados acima, sendo realizado todo em terceira marcha, tomando-se os valores com passo de 500 RPM e três medidas com cada combustível, onde foi gerada a curva de consumo comparativa de como o carro se comportou com a alteração efetuada, sendo assim analisados seus resultados.

2. MOTOR MOVIDO A ÁLCOOL

O motor movido à álcool consiste em um motor Ciclo OTTO de quatro tempos, muito parecido com um motor à gasolina, somente diferenciado pela taxa de compressão maior que a do motor à gasolina devido ao álcool ter um poder calorífico menor e o motor passar por alguns tratamentos devido ao álcool ser corrosivo e oxidar algumas partes vitais do carro. A mistura ideal de comburente e combustível de um motor movido a álcool na prática é da ordem de 9:1, ou seja, são necessárias nove partes de ar para uma parte de combustível para que a combustão seja completa, também conhecida como mistura estequiométrica.

2.1. ÁLCOOL COMBUSTÍVEL

O álcool é uma fonte renovável de energia, ao contrário da gasolina que provém do petróleo como uma de suas frações, pode ser produzido a partir de inúmeras plantas: cana-de-açúcar, beterraba, cevada, batata, mandioca, girassol, eucalipto etc. Além de ser usado em bebidas e como desinfetante, ele serve também como fonte de energia, podendo ser empregado como combustível em veículos automotores e também para produzir eletricidade. O primeiro uso (substituindo a gasolina) já vem ocorrendo desde os anos 70; o segundo, no entanto, ainda não foi experimentado em grande escala.

Segundo fontes pode-se destacar dois países em especial que preocupam-se em desenvolver o álcool como fonte de energia: o Brasil, com o etanol da cana-de-açúcar e a Rússia, com metanol do eucalipto. O uso do álcool como combustível em automóveis fez tanto sucesso pois além de eliminar parte da necessidade de petróleo, polui menos a atmosfera, podendo ainda ser misturado com a gasolina.

2.2. QUEIMA DO ÁLCOOL

O álcool, que segundo tem como fórmula química C_2H_5OH , quando adicionado ao ar, que possui a composição química $O_2 + 3,773.N_2$, produz como resultado da sua queima gás carbônico, água e nitrogênio como mostra o balanceamento da equação de queima abaixo:



Sendo assim, de acordo com a equação (1) a reação de combustão balanceada, nesse processo para cada mol de combustível são produzidos dois mols de CO_2 e três mols de H_2O e 11,32 mols de nitrogênio.

De acordo com o instituto *Alternative Fuels Data Center dos Estados Unidos* (<http://www.afdc.nrel.gov>) o uso do álcool como combustível reduz em 40% as emissões de monóxido de carbono, um gás tóxico e nocivo saúde à saúde humana, em 20% as emissões de particulados, em 10% óxidos de nitrogênio, e os hidrocarbonetos emitidos são de baixa reatividade, o que contribui e muito para a redução da poluição e o efeito estufa.

3. MOTOR MOVIDO A GASOLINA

A gasolina é um combustível fóssil derivado do petróleo e com alto poder de combustão. A octanagem é a forma de medir as propriedades de um combustível e descrever quando o combustível entra ou não em combustão espontânea, ou seja, octanas mede o quanto um combustível pode ser exposto à compressão e a temperatura.

O motor de ciclo Otto movido a gasolina funciona de forma bem simples, composto por quatro tempos. No primeiro tempo se admite ar e combustível, no segundo tempo

essa mistura ar+combustível é comprimida até que haja uma ignição por parte da vela de ignição ocasionando a combustão da mistura e o terceiro tempo do motor, que é a expansão e a geração de força, como mostram as setas em vermelho da figura, para obtenção de movimento e no quarto e último tempo os gases resultantes da queima de combustível são expelidos para a atmosfera.

A mistura ideal de comburente e combustível de um motor movido à gasolina na prática é da ordem de 13,3:1 ou seja, são necessárias 13 partes e três décimos de ar para uma única parte de combustível para que a combustão seja completa. Um motor funciona dentro de uma faixa de 6 a 25 de relação A/C, onde 6:1 seria uma mistura muito rica e 25:1 uma mistura muito pobre. Em alguns casos a relação de mistura de comburente e combustível é dada da forma contrária, ou seja, a massa de combustível pela massa de comburente, mas essa é uma forma pouco usada, pois gera números pequenos e fracionados.

3.1. GASOLINA

A gasolina compõe cerca de 19,5% do petróleo. O uso da gasolina como combustível é o meio mais eficaz, no que se diz de produção de energia dos derivados de petróleo, ela é a que gera menos poluentes depois do GLP, ou gás metano.

Tabela 3.1: Comparativo entre Gasolina e Álcool

Propriedade	Gasolina brasil.	Álcool hidratado
PCI (kJ/kg)	37000	23500
dens. (kg/m ³)	740	790
% Álcool anidro	25	95
A/C esteq.	13,3	8,3
Temp. ebulição (°C)	25 - 215	78
Octanagem RON	93	106
	≠ prop. corrosivas, detergentes lubrificantes,...	

(Fonte: <http://www.howstuffworks.com>, 2009)

3.2. QUEIMA DA GASOLINA

Segue uma estimativa da emissão de dióxido de carbono na condição estequiométrica na qual se considera apenas a quantidade de oxigênio necessária à combustão, e a quantidade de gás carbônico gerada.

Tomando a fórmula química aproximada da gasolina como C_8H_{18} , o balanço pode ser escrito como:



Assim, neste processo, de acordo com a equação (3) balanceada, para cada mol de C_8H_{18} são produzidos oito mols de O_2 , nove mols de H_2O mais 47,16 mols de nitrogênio.

A Tabela 3.2 mostra um comparativo sobre os níveis de emissões veiculares em relação

à aplicação de um dos dois combustíveis em estudo. Como se pode reparar, os níveis de emissões têm diminuído a cada ano, devido ao aprimoramento das técnicas de gerenciamento de consumo dos automóveis, entre outras palavras, o aumento de rendimento do motor; e com isso os governos de cidades com frota relativamente alta têm criado leis mais rigorosas e inspeções veiculares periódicas, afim de controlar e tentar reduzir as emissões dos gases causadores do efeito estufa.

Tabela 3.2: Níveis de Emissões de veículos Gasolina e Álcool

Ano Modelo	Combustível	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	RCHO (g/km)	Emissão Evaporativa de Combustível (g/teste)
PRÉ - 1980	Gasolina	54,0	4,7	1,2	0,05	nd
1980 - 1983	Gasolina C	33,0	3,0	1,4	0,05	nd
	Álcool	18,0	1,6	1,0	0,16	nd
1984 - 1985	Gasolina C	28,0	2,4	1,6	0,05	23
	Álcool	16,9	1,6	1,2	0,18	10
1986 - 1987	Gasolina C	22,0	2,0	1,9	0,04	23
	Álcool	16,0	1,6	1,8	0,11	10
1988	Gasolina C	18,5	1,7	1,8	0,04	23
	Álcool	13,3	1,7	1,4	0,11	10
1989	Gasolina C	15,2 (-46%)	1,6 (-33%)	1,6 (0%)	0,040 (-20%)	23,0 (0%)
	Álcool	12,8 (-24%)	1,6 (0%)	1,1 (-8%)	0,110 (-39%)	10,0 (0%)
1990	Gasolina C	13,3 (-53%)	1,4 (-42%)	1,4 (-13%)	0,040 (-20%)	2,7 (-88%)
	Álcool	10,8 (-36%)	1,3 (-19%)	1,2 (0%)	0,110 (-39%)	1,8 (-82%)
1991	Gasolina C	11,5 (-59%)	1,3 (-46%)	1,3 (-19%)	0,040 (-20%)	2,7 (-88%)
	Álcool	8,4 (-50%)	1,1 (-31%)	1,0 (-17%)	0,110 (-39%)	1,8 (-82%)
1992	Gasolina C	6,2 (-78%)	0,6 (-75%)	0,6 (-63%)	0,013 (-74%)	2,0 (-91%)
	Álcool	3,6 (-79%)	0,6 (-63%)	0,5 (-58%)	0,035 (-81%)	0,9 (-91%)

(Fonte: <http://www.cetesb.sp.gov.br>, 2007)

Tabela 3.2: Níveis de Emissões de veículos Gasolina e Álcool (ontinuação)

Ano Modelo	Combustível	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	RCHO (g/km)	Emissão Evaporativa de Combustível (g/ teste)
1993	Gasolina C	6,3 (-77%)	0,6 (-75%)	0,8 (-50%)	0,022 (-56%)	1,7 (-93%)
	Álcool	4,2 (-75%)	0,7 (-56%)	0,6 (-50%)	0,040(-78%)	1,1 (-89%)
1994	Gasolina C	6,0 (-79%)	0,6 (-75%)	0,7 (-56%)	0,036 (-28%)	1,6 (-93%)
	Álcool	4,6 (-73%)	0,7 (-56%)	0,7 (-42%)	0,042 (-77%)	0,9(-91%)
1995	Gasolina C	4,7 (-83%)	0,6 (-75%)	0,6 (-62%)	0,025 (-50%)	1,6 (-93%)
	Álcool	4,6 (-73%)	0,7 (-56%)	0,7 (-42%)	0,042 (-77%)	0,9 (-91%)
1996	Gasolina C	3,8 (-86%)	0,4 (-83%)	0,5 (-69%)	0,019 (-62%)	1,2 (-95%)
	Álcool	3,9 (-77%)	0,6 (-63%)	0,7 (-42%)	0,040 (-78%)	0,8 (-92%)
1997	Gasolina C	1,2 (-96%)	0,2 (-92%)	0,3 (-81%)	0,007 (-86%)	1,0 (-96%)
	Álcool	0,9 (-95%)	0,3 (-84%)	0,3 (-75%)	0,012 (-93%)	1,1(-82%)
1998	Gasolina C	0,79 (-97%)	0,14 (-94%)	0,23 (-86%)	0,004 (-92%)	0,81 (-96%)
	Álcool	0,67 (-96%)	0,19 (-88%)	0,24 (-80%)	0,014 (-92%)	1,33 (-87%)
1999	Gasolina C	0,74 (-97%)	0,14 (-94%)	0,23 (-86%)	0,004 (-92%)	0,79 (-96%)
	Álcool	0,60 (-96%)	0,17 (-88%)	0,22 (-80%)	0,013 (-92%)	1,64 (-84%)
2000	Gasolina C	0,73 (-97%)	0,13 (-95%)	0,21 (-87%)	0,004 (-92%)	0,73 (-97%)
	Álcool	0,63 (-96%)	0,18 (-89%)	0,21 (-83%)	0,014 (-92%)	1,35 (-87%)
2001	Gasolina C	0,48 (-98%)	0,11 (-95%)	0,14 (-91%)	0,004 (-92%)	0,68 (-97%)
	Álcool	0,66 (-96%)	0,15 (-91%)	0,08 (-93%)	0,017 (-91%)	1,31 (-87%)

(Fonte: <http://www.cetesb.sp.gov.br>, 2007)

4. ALTERAÇÕES

As alterações básicas para se transformar um motor mono-combustível em um motor bi-combustível são bem simples como será explicado neste tópico, devido aos motores terem praticamente as mesmas características. Uma das principais, mas não necessária seria alterar a taxa de compressão do motor, mediante a redução da câmara de combustão, ou com a troca do pistão ou com uma retifica no cabeçote do motor, rebaixando-o e reduzindo assim o volume da câmara de combustão.

Podem ser alteradas também peças como: velas de ignição, bobina de ignição (dependendo do modelo), mapear o chip da injeção eletrônica (no caso de ser um carro com injeção eletrônica) e troca de Giclês (no caso dos Carburados).

No estudo de caso foi aplicado um módulo em série com o modulo da injeção eletrônica do carro originalmente à gasolina. O módulo aplicado controla a abertura dos bicos injetores do carro, de acordo com a leitura feita através da sonda lambda, que mede a relação de Ar consumido por Ar requerido que é jogada ao escapamento, sendo seu valor ideal 1, pois o mesmo indicará que todo oxigênio e todo combustível foi queimado na câmara de combustão, caso seu valor seja maior que 1 isto indicará ao módulo que a relação A/C está pobre, ou seja, esta sendo injetado na câmara de combustão mais ar do que combustível; já

no caso do valor ser menor que 1 indica-se que a relação A/C está muito rica, ou seja, esta sendo injetado mais combustível do que ar na câmara de combustão.

Tomando como base a citação da página anterior, um carro flex em perfeita regulagem e como é de conhecimento que a combustão necessita de 9 e 13,3 partes de álcool e gasolina respectivamente para cada uma parte de ar temos:

$$\text{Valor Sonda Lambda Gasolina/Álcool} = \frac{13,3 \text{ Gasolina}}{9 \text{ Álcool}} = 1,4778 \quad (4)$$

Ou seja, a mistura está pobre, está entrando mais ar do que combustível na câmara de combustão, o módulo por sua vez irá atuar aumentando o tempo de abertura dos bicos injetores, o que fará com que entre mais combustível na câmara e a relação acima seja satisfeita com o valor 1.

No caso contrário, sendo inicialmente o motor utilizando álcool e depois colocado gasolina temos a seguinte leitura:

$$\text{Valor Sonda Lambda Álcool/Gasolina} = \frac{9 \text{ Álcool}}{13,3 \text{ Gasolina}} = 0,6767 \quad (5)$$

Ou seja, a mistura está rica, está entrando mais combustível do que ar na câmara de combustão, o módulo por sua vez irá atuar diminuindo o tempo de abertura dos bicos injetores, o que fará com que entre menos combustível na câmara e a relação acima seja satisfeita com o valor 1.

Com o valor obtido na equação (5) explica-se porque o motor à álcool consome mais que o motor à gasolina, ou seja, cerca de 32% a mais; com esse valor também podemos fazer uma relação de economia financeira em relação a se ter um carro flex ou mesmo um comparativo entre um carro a álcool e outro a gasolina, fazendo a relação entre o preço do álcool e o preço da gasolina:

$$\text{Economia Financeira} = \frac{R\$ \text{ Álcool}}{R\$ \text{ Gasolina}} \quad (6)$$

Se esse valor for superior a 0,6767 significa que é mais econômico ter um carro movido a álcool, ou utilizar álcool em um carro *flex* do que utilizar gasolina, ou ter um carro à gasolina. Se o valor da relação for igual, qualquer um dos dois irá proporcionar o mesmo consumo financeiro. Se o valor for menor, usar gasolina se torna mais econômico financeiramente.

5. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso do autor consistiu em utilizar seu próprio carro, um automóvel Ford Mondeo do ano 1997, equipado com um motor de 2000 cc³ de 16V movido à gasolina

originalmente equipado com um Sistema de Injeção Eletrônica Multiponto, que por motivos de experimento será modificado para Bi-Combustível com o Módulo da Empresa TechRace.

É detalhado no estudo de caso como deve ser o procedimento de instalação do módulo no carro e realizará algumas medições com três tipos de combustíveis, sendo uma E23, E50 e a última E100.

5.1. MÓDULO FLEX TECHRACE

A Figura 2, representa o módulo que atua aumentando ou diminuindo o tempo de abertura dos bicos injetores na ordem de milissegundos de acordo com a leitura efetuada pela sonda Lambda em tempo real.



Figura 2: Módulo Flex

Fonte: <http://www.techrace.com.br/>, 2008

5.2. PROCEDIMENTO DE INSTALAÇÃO

Foi separado todo ferramental necessário para efetuar a alteração, inclusive com a organização dos componentes do kit que foram empregados no carro, e aplicados cada um passo a passo.

5.3. TESTES

O primeiro teste efetuado foi o de potência e desempenho, este teste consistiu em levar o carro até um Dinamômetro de Roda, sendo testado com três tipos de combustível, 100% Álcool (E100), 100% Gasolina Comum (E23), e 50% de Álcool e 50% de Gasolina (E50), sendo levado em consideração os 23% de álcool que a gasolina comum possui, então a medida foi a seguinte:

$$1 \text{ L Gasolina} + 540 \text{ mL Álcool} = 770 \text{ mL Gasolina e } 770 \text{ mL Álcool} \quad (7)$$

Portanto, com base na equação (7) a quantidade de Álcool adicionada à gasolina foi da ordem de 35,06% mantendo assim a proporção desejada de 50% de gasolina e 50% de álcool.

O teste é realizado em uma cabine fechada, para que não haja tantas variações de pressão atmosférica, uma vez que a potência é medida a nível do mar e nas condições normais de temperatura e pressão, o fato do carro ser muito solicitado e ele estar parado é necessário um ventilador de grande vazão de ar localizado à frente do carro para que este direcione uma quantidade de ar para que o sistema de arrefecimento do motor não atinja temperaturas muito altas, podendo comprometer as partes que sofrem maior aquecimento, ou até mesmo a fusão dos materiais, como pistões e camisas; mancais e eixos entre outras partes móveis do motor.

Teste de Potência

A Figura 3 representa o gráfico que consta os três testes de combustíveis que foram feitos, com um fim explicativo e comparativo; no caso do teste da gasolina o sistema de injeção do carro foi mantido o original, e os testes de mistura e de álcool foram feitos com o módulo Flex instalado, o que permite tal alteração com tanta facilidade é que o módulo vem com um adaptador que é possível desligar o módulo Flex e assim usar o sistema de injeção eletrônica original do carro.

As cores Azul Escuro, Vermelha e Verde representam as curvas de potência de 100% Álcool, de 100% Gasolina e de 50% de mistura dos dois combustíveis respectivamente, associada a essas cores temos respectivamente as cores Azul Claro, Rosa e Preto para as curvas de torque, essas curvas foram levantadas em terceira marcha.

No eixo das ordenadas do lado esquerdo temos a potência corrigida em HP, ela é corrigida devido ao fato do equipamento de medida não se encontrar à nível do mar, daí é feita uma relação entre a pressão atmosférica absoluta ambiente com a pressão atmosférica absoluta à nível do mar que é dada pelo valor de 1013,25 mBar originando um coeficiente de correção dado pelo valor CF, então se adotarmos o valor da pressão medida no dia do teste e fizermos a seguinte conta temos:

$$|CF = \frac{1013,25 \text{ mBar}}{945,8 \text{ mBar}} = 1,07 \quad (8)$$

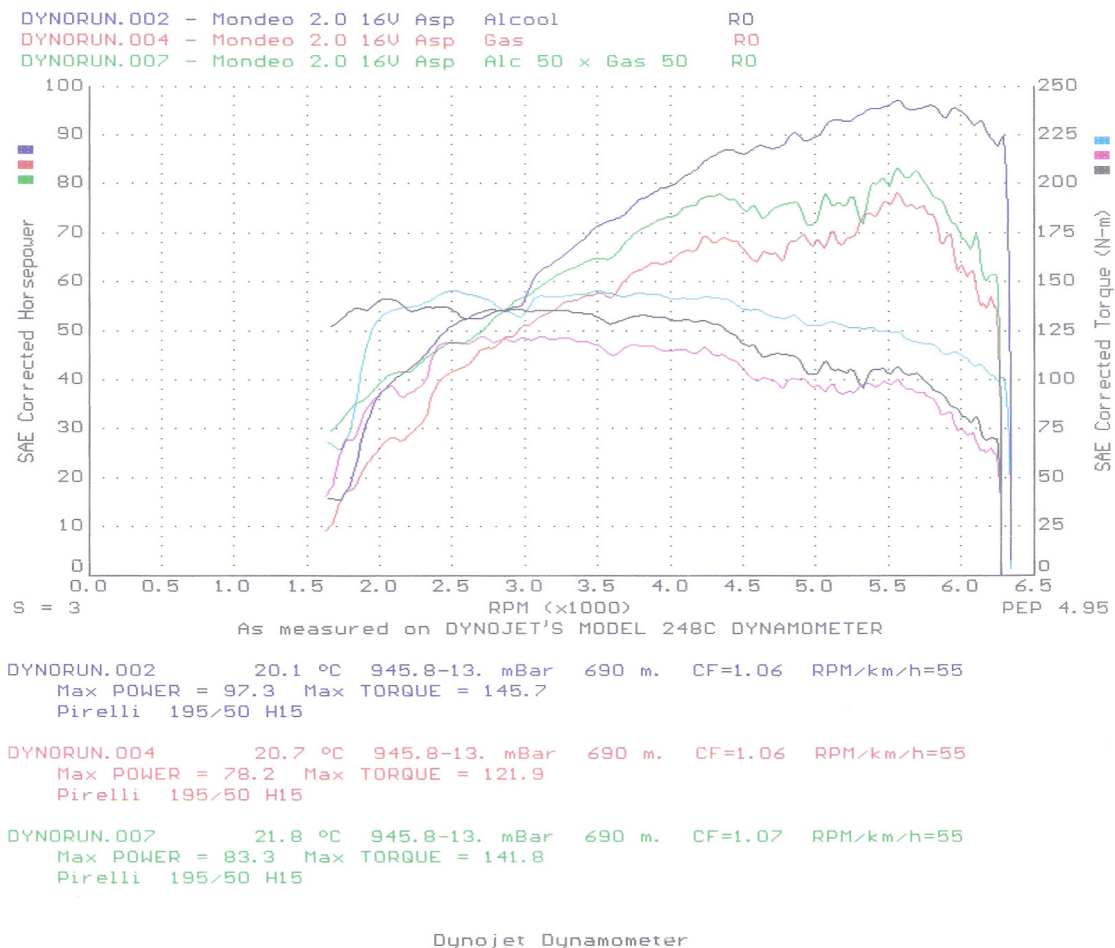


Figura 3: Gráfico de Potência Comparativo

Fonte: Fotos do Autor, 2007

A Ford, fabricante do Mondeo, estima a potência do motor em 130 CV e os resultados obtidos foram de 97,3; 83,3 e 78,2 HP para álcool, gasolina e mistura respectivamente, a conversão de HP para CV é:

$$\text{Potência (CV)} = \text{Potência (HP)} \times 1,013872 \quad (9)$$

Portanto as potências obtidas foram 98,6; 84,4 e 79,3 CV, esses valores são inferiores ao estipulado pela fábrica, pois essa potência está sendo medida no conjunto, ou seja têm-se perdas por escorregamento na embreagem, por atrito no câmbio, na junta homocinética, na roda por desbalanceamento ou desalinhamento e por fim, por atrito do pneu com o rolo do Dinamômetro.

Analisando-se os valores de potência do álcool e da gasolina e relacionando-os, além de se obter uma potência maior do álcool que já era esperado, houve um acréscimo na potência do carro que é dada graças ao módulo Flex, e o ganho pode ser dado pela relação abaixo:

$$\%ganho = 100 - \left(\frac{79,3 CV}{98,6 CV} \times 100 \right) = 19,57\% \quad (10)$$

Teste de Consumo

O teste de consumo do carro foi realizado tomando-se notas dos valores fornecidos pelo computador de bordo, sendo tomadas três medidas para cada combustível em terceira marcha com um passo de 500 em 500 RPM, com os dados obtidos foram calculadas as médias das três medidas e foi gerado um gráfico por curva de aproximação dos valores obtidos, como mostra a Tabela 1.

Tabela 5.1 Consumo dos Três Combustíveis em Km/L

RPM	100% Álcool				50% Álcool + 50% Gasolina				100% Gasolina			
	Med. 1	Med. 2	Med. 3	Média	Med. 1	Med. 2	Med. 3	Média	Med. 1	Med. 2	Med. 3	Média
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	8,5	9	8,5	8,6667	10,5	10	10	10,167	11,5	11,5	12	11,667
15	8,5	8,5	8	8,3333	10,5	10	10	10,167	11	11,5	12	11,5
20	8	8,5	8	8,1667	10	10	9,5	9,8333	11	11	11,5	11,167
25	7,5	8	7,5	7,6667	10	9,5	9	9,5	10,5	11	11,5	11
30	7	8	7,5	7,5	9,5	9,5	8,5	9,1667	10	10,5	10	10,167
35	6,5	7,5	7	7	9	9	8	8,6667	9,5	10	9,5	9,6667
40	6,5	7	6,5	6,6667	8,5	8	7,5	8	9	9,5	9	9,1667
45	6	6,5	6	6,1667	8	7,5	7	7,5	8	9,5	8,5	8,6667
50	5,5	6	5,5	5,6667	7	7	6,5	6,8333	7	8,5	8	7,8333
55	4	5	4,5	4,5	6	6,5	5	5,8333	6,5	7	7	6,8333

Com os valores das médias visto na Tabela 1 foi levantado um gráfico do consumo comparativo dos três combustíveis como mostra a Figura 4:

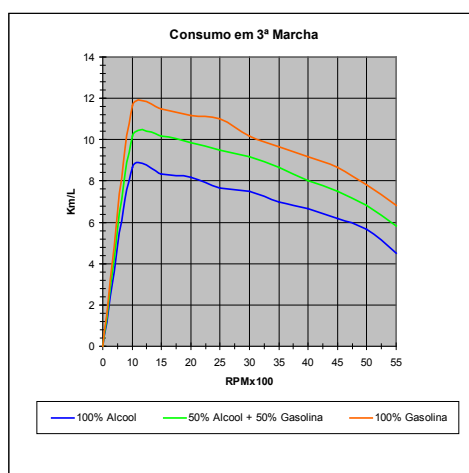


Figura 4: Gráfico de Consumo Comparativo

Fonte: Dados do Autor, 2007

O zero no gráfico irá representar o infinito para o consumo, pois os dados são muito variantes para se tomar, e quando o carro parte o consumo tende a ser máximo, mas se a RPM for nula o consumo também tende a ser nulo, portanto foi tomado como o consumo sendo nulo, pode-se notar o consumo maior com o carro utilizando álcool, mas se adotarmos os dados da Tabela1 e compararmos entre gasolina e álcool somente pode-se perceber que o carro com álcool consumiu cerca de 25% a mais que a gasolina, o que já é esperado também para um carro movido a álcool.

6. CONCLUSÃO

A aplicação deste método para se transformar um motor mono-combustível para bi-combustível é um meio simples e muito econômico, como foi mostrado no estudo de caso, e visto que o custo do equipamento aplicado foi de R\$ 250,00. O que torna a alteração acessível e de fácil aplicação.

REFERÊNCIAS

1. ARIAS-PAZ, Manuel. Manual de Automóveis. São Paulo: Ed. Mestre Jou, 1970.
2. ALMEIDA, Amauri F., Automóveis Nacionais. São Paulo: Ed. T&T, 1980.
3. RODRIGUES, Osmar. Sistemas de Alimentação. São Paulo: Ed. SENAI, 2002.
4. HEISLER, Heinz, Advanced Engine Technology. Michigan: SAE International, 1995.
5. PULKRABEK, Willard W., Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine. Michigan: Pearson Prentice Hall, 2004.
6. HEYWOOD, John B., Internal Combustion Engine Fundamentals. Estados Unidos: McGraw-Hill, 1988.
7. BARRAGAN, Valter. Fotos da adaptação. São Paulo, 2007.
8. VÁRIOS – Especificações, Dicas e Procedimentos. São Paulo: SENAI, 2005.
9. Ford do Brasil, Diagnóstico de Motores. São Bernardo do Campo: Ed Ford, 1987.