CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ – FAG

WELLITON MELEK ALVES DE OLIVEIRA

ANÁLISE DO AUMENTO DA RAZÃO DE COMPRESSÃO EM MOTOR FLEXÍVEL, VISANDO A MELHORIA DE DESEMPENHO

CASCAVEL – PR

2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ – FAG

WELLITON MELEK ALVES DE OLIVEIRA

ANÁLISE DO AUMENTO DA RAZÃO DE COMPRESSÃO EM MOTOR FLEXÍVEL, VISANDO A MELHORIA DE DESEMPENHO

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso I, do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz - FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Carlos Alberto Breda.

CASCAVEL – PR

2017

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação (1)..... 13
Equação (2)..... 18
Equação (3)..... 19
Equação (4)..... 19
Equação (5)..... 19
Equação (6)..... 20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Partes de um motor de combustão interna. 11
Figura 2 - Funcionamento de um motor 4 tempos. 12
Figura 3 - Cilindros com o pistão no PMS a esquerda e no PMI a direita. 13
Figura 4 - Influência da razão de compressão na PME e na eficiência efetiva do motor.....14
Figura 5 - Efeito do avanço de ignição no torque com a rotação constante e plena carga. 15

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 6
1.1. OBJETIVO 7
1.1.1. Objetivo Geral 7
1.1.2. Objetivos Específicos 7
1.2. JUSTIFICATIVA 8
1.3. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA 9
1.4. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA 9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 10
2.1. MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA 10
2.2. RAZÃO DE COMPRESSÃO E NÚMERO DE OCTANOS 13
2.3. COMBUSTÃO E DETONAÇÃO NOS MOTORES 14
2.4. EFICIÊNCIA VOLUMÉTRICA 16
2.5. COMBUSTÍVEIS 17
2.5.1. Gasolina 17
2.5.2. Álcool Etílico 19
2.6. SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA NO MOTOR 21
2.7. OS MOTORES FLEXÍVEIS NO BRASIL 21
3 METODOLOGIA 23
3.1 TIPO DE ESTUDO E LOCAL DO ENSAIO 23
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA 23
3.3 COLETA DE DADOS 24
3.4 ANÁLISE DOS DADOS 24
4 RESULTADOS ESPERADOS 25
5 CRONOGRAMA DA PESQUISA 25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 27

1 INTRODUÇÃO

Segundo Rodrigues Filho (2014), os motores de combustão interna são equipamentos que aplicam a combustão para a conversão de energia química obtida em um combustível em energia mecânica. Por sua naturalidade, energia e ressaltada razão de potência/peso, esta máquina térmica é responsável por fornecer uma grande porção de geração de energia necessária do nosso dia a dia da nossa população. Este motor tem sido aproveitado de fôrma global e intensa como motores automotivos, aeronáuticos, de embarcações, trens e também como geradores de potência industrial e rural para diversas aplicações.

Na atualidade, o uso de combustíveis alternativos em veículos são umas das peças mais discutidas quando se referem a automóveis. A gasolina é um dos primeiros combustíveis a serem utilizados em veículos no brasil e no mundo.

Os combustíveis recíprocos são desenvolvidos e estimados com sugestão de substituir a gasolina. Além da gasolina os álcoois é outro combustível mais usado no Brasil, sendo ele um dos mais regulares no país, que desde a década de 70 é oferecida como opção. Alguns países são utilizados o uso de metanol ou etanol acrescentado a gasolina com a função de ser antidetonante e a amenizar a demanda do petróleo (NOVACANA, 2017).

Veículos flex é desenvolvido e equipado em um motor de combustão interna a quatro tempo (Ciclo Otto) onde tem o intuito de ser abastecido e seu funcionamento com mais de um tipo de combustível, onde é realizado a mistura no mesmo tanque e queimado na câmara de combustão.

O motor de combustível flexível mais comum utilizado no mercado mundial é o etanol como o secundário combustível no automóvel. Para detectar a mistura do combustível no motor é usado um sensor que ajusta a injeção conforme a mistura. Assim é utilizado tanto o álcool quanto a gasolina, ou a mistura dos dois em qualquer circunstância. No brasil o ajuste da injeção é constituído por um software automotivo aperfeiçoado pelos próprios engenheiros brasileiros (HYPER MOTOR, 2013).

O álcool utilizado no Brasil, é também conhecido com etanol hidrato ou álcool etílico hidratado, onde é extraído da cana de açúcar e é constituído de 94% de etanol e 6 % de água.

Em 2003, a Volkswagen lançou no Brasil o primeiro automóvel com o motor flexível bicombustível. Este veículo é capaz de funcionar com a gasolina brasileira (adicionada com álcool etílico) pura, com álcool etílico hidratado puro ou com a mistura destes dois combustíveis em qualquer proporção (GLOBO, 2015).

A elevação da razão de compressão de um motor altera várias características em seu funcionamento. A princípio, teoricamente, a sua eficiência térmica aumenta, porém, deve-se considerar também o combustível que está sendo usado para se aproveitar melhor a energia que pode ser fornecida ao motor. O número de octanos do combustível, que é a sua capacidade de resistir à auto-ignição, limita a razão de compressão do motor. O número de octanos é uma das mais importantes propriedades de um combustível. Com um baixo número de octanos, ele queimará explosivamente e não progressivamente, podendo causar superaquecimento e severos danos ao motor devido ao surgimento de gradientes bruscos de pressão dentro dos cilindros (GARRET, 1991).

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo desse trabalho é avaliar um motor de combustão interna ciclo Otto analisando diferentes tipos de combustíveis, visando a melhoria de desempenho.

1.1.2 Objetivos Específicos

-Medir o desempenho do motor flexível com a mistura do etanol e a gasolina;

-Averiguar dados de temperaturas e consumo de combustível;

-Verificar as eficiências energética e exergética, consumo específico de combustível, desempenho e emissões do motor utilizando cada um dos combustíveis;

-Desenvolver uma análise graficamente do consumo especifico dos combustíveis (g/KWh).

1.2 JUSTIFICATIVA

Motores flexíveis deram seus primeiros passos de pesquisa e desenvolvimento realizados no EUA, em países da Europa e no Japão com o objetivo de resolver a falta de infraestrutura de reabastecimento e dificuldade sobre expandir o uso do combustível. Esta tecnologia usada no EUA se identifica no reconhecimento do combustível por meio de sensores que determinam o teor do álcool etílico anidro na gasolina. Entretanto, a tecnologia apresentada no brasil resultou em uma concepção superior a desenvolvido no EUA, pois, não utiliza novos sensores externos para identificar o combustível. Os fatores que determinam a mistura são a eficiência e a qualidade do combustível. Com estas informações determinadas da sonda lambda, desenvolve uma adaptação automática do sistema as novas condições de funcionamento. (NOTÍCIAS DA OFICINA, 2003).

De acordo com o site Hyper Motor (2010) nos dias de hoje, somente são fabricados automóveis e veículos comerciais leves para serem utilizados com motor flex de etanol. Em 2008 já circulava no mundo quase 13 milhões de veículos flex usando etanol e como combustível, principalmente nos Estados Unidos (6,8 milhões), no Brasil (6 milhões), e na Europa liderada pela Suécia (116 mil).

A tecnologia do motor flexível seria perfeitamente adequada para motores de razão de compressão variável, pois neste caso, cada um dos combustíveis seria utilizado com a sua razão de compressão adequada. No entanto, o motor com a razão de compressão variável não é, atualmente, economicamente viável, impossibilitando a sua aplicação para veículos comerciais. A razão de compressão é uma característica criadora do motor que tem grande influência em sua eficiência térmica, sendo determinada como era o quociente entre os volumes do motor quando o pistão está no PMS, ponto morto elevado, e no PMI, ponto morto inferior.

Uma forma de alterar as temperaturas e pressões ao final da combustão, obtendo-se o mesmo efeito da variação da razão de compressão, é aumentar a pressão de entrada do fluido de trabalho, através de um sobre alimentador, como um turbo compressor. Dessa forma, um turbo compressor controlado eletronicamente permitiria otimizar o seu desempenho para cada combustível ou mistura utilizadas (AMORIN, 2005).

Este trabalho visa analisar o comportamento da gasolina, do álcool etílico com o aumento da razão de compressão, que permita obter parâmetros de referência que possibilitem a otimização de um motor flexível.

1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

É possível diminuir o consumo de um automóvel utilizando os combustíveis álcool etílico e a gasolina com um aumento da razão de compreensão em um motor flexível através da mudança de outros parâmetros, de funcionamento do motor?

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Neste trabalho será realizado pesquisas e análises em um motor flexível, visando a melhoria do desempenho e verificando o consumo do automóvel tanto com o álcool quanto a gasolina.

Para essas verificações será realizado alguns cálculos e comparação sobre um motor da marca Volkswagen, modelo GOL 1.6 onde será averiguado seu consumo.

Por tanto, uma vez que o estudo será focado em uma melhoria na razão de compreensão de um motor flexível, averiguando suas necessidades com o uso de uma mistura de combustível como o álcool e a gasolina.

Limitando o processo de análise dos combustíveis consumidos no automóvel e visando sua melhor eficiência, buscando obter melhor economia no consumo do combustível utilizado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Motor é um equipamento que converte uma energia em outra. Um motor térmico é um equipamento que transforma energia química de um combustível para energia mecânica. (GANESAN, 1995).

Nos motores de combustão interna são máquinas que convertem energia química em energia térmica com objetivo de uma mistura ignescente de ar e combustível e parte dessa energia é a transformação em energia mecânica. (BASSHUYSEN e SHÄFER, 2002).

O intuito de um motor de combustão interna é produzir força mecânica vinda de uma energia química que contem no combustível. Esta energia ocorre no motor de combustão interna devido a energia liberar queima do combustível dentro do motor. (HEYWOOD, 1988).

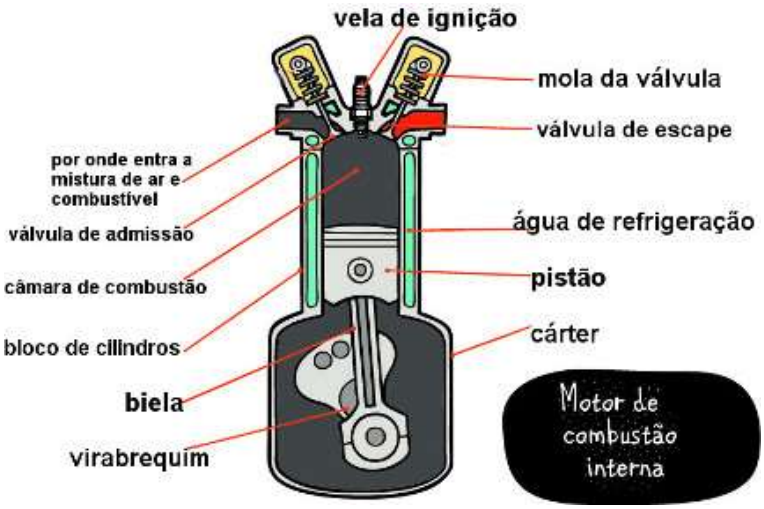
No século XIX, várias pesquisas aconteceram para o desenvolvimento de motores de combustão interna. Os principais motores de ignição por centelha de quatro tempos são creditados a Nicholas A. O primeiro protótipo foi construído em 1886 por Otto. Rudolf Diesel em 1892 aprimorou seu modelo de motor de ignição por compreensão nos moldes usado e existente até o dia de hoje. (PULKRABEK, 1997).

O mecanismo composto por pistão, biela e virabrequim é o que converte a energia térmica (calorífica) em energia mecânica.

Os Termos combustão e explosão e utilizado no nome desse motor pelo princípio de funcionar e se basear aproveitando a energia liberada na reação de combustão de uma mistura de ar e combustível ocorrida dentro do cilindro do automóvel. Este tipo de motor é também chamado de motor quatro tempos pelo motivo de ocorrer em quatro estágios ou tempo diferente.

Para melhor entendimento sobre esses estágios de funcionamento do motor de combustão interna é importante a compreensão de como funciona para usar gasolinas de qualidade com alto índice de octanagem. Na Figura 1, repara-se quais os principais nomes das partes do motor:

Figura 1 – Partes de um motor de combustão interna.

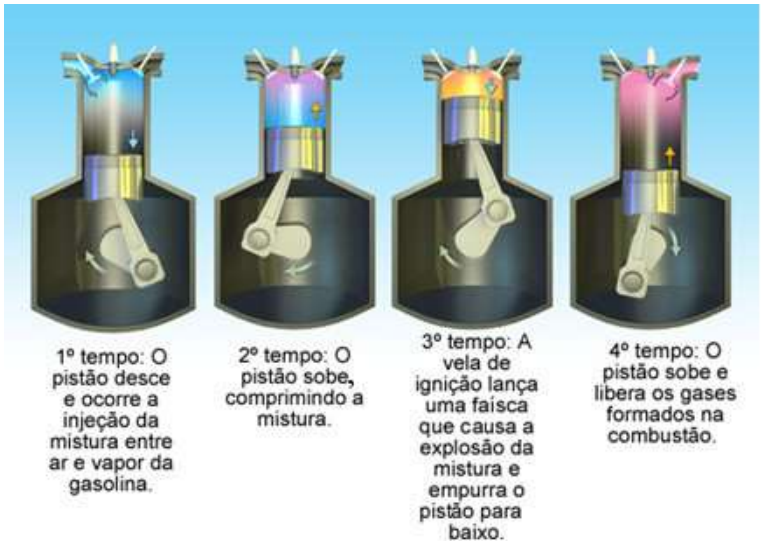


Fonte: Mundo da educação (2017).

Para funcionamento do motor de um carro temos os 4 tempos de como ocorre em cada tempo (Figura 2). Que são eles:

a) 1° tempo: Admissão - No início, o pistão está em cima, sendo chamado de ponto morto superior. Este primeiro estágio, a válvula de admissão abre e o pistão desce, onde é puxado pelo eixo virabrequim. Uma mistura entre dois componentes sendo o ar e vapor de gasolina entra sobre a válvula para ser aspirada para dentro da câmara de combustão, onde está em baixa pressão. O pistão atingi o ponto morto inferior e a válvula de admissão fecha, finalizando o primeiro tempo do motor;
b) 2° tempo: Compreensão - O pistão sobe comprimi a mistura do ar e do vapor de gasolina. O tempo de compreensão fecha no momento que o pistão sobe totalmente;
c) 3° tempo: Explosão ou combustão - Para iniciar a combustão da mistura combustível que está comprimida, solta-se uma descarga elétrica sobre dois pontos da vela de ignição. Esta faísca da vela detona a mistura e empurra o pistão para baixo, de modo que ele atinja o ponto morto inferior;
d) 4° tempo: Escape - A mistura de ar e combustível foi queimada, mas ficaram alguns resíduos dessa combustão que precisam ser retirados de dentro do motor. Isso é feito quando o pistão sobe, a válvula de escape abre, e os gases residuais são expulsos (SEARS e ZEMANSKY, 1973).

Figura 2 - Funcionamento de um motor 4 tempos.



Fonte: Mundo da educação (2017).

Esse processo inicia-se novamente, e os quatro tempos ocorrem de modo sucessivo. Os pistões (carros de passeio costumam ter de quatro a seis pistões), que ficam subindo e descendo, movem um eixo de manivela, chamado virabrequim, que está ligado às rodas por motores, fazendo-as girar e, consequentemente, o carro andar (CARLOSFM, 2009).

Uma analogia que pode ajudar no entendimento desse processo é pensar em como fazemos uma bicicleta movimentar-se. Fazemos com as pernas movimentos de sobe e desce, assim como os pistões do carro. As manivelas presas aos pedais da bicicleta estão conectadas à corrente, que se movimenta e faz as rodas girarem. Algo parecido ocorre no carro: o movimento de cima para baixo dos pistões gira o virabrequim, que leva a energia mecânica até o sistema de transmissão, que, por sua vez, distribui essa energia para as rodas.

Essa demonstração de energia química (da reação química de combustão) é transformada em energia mecânica, que, por sua vez, faz as rodas do carro movimentarem-se. A energia que faz o combustível explodir vem da bateria do automóvel. Essa corrente elétrica é amplificada pela bobina, e um distribuidor faz a sua divisão entre as velas em cada cilindro.

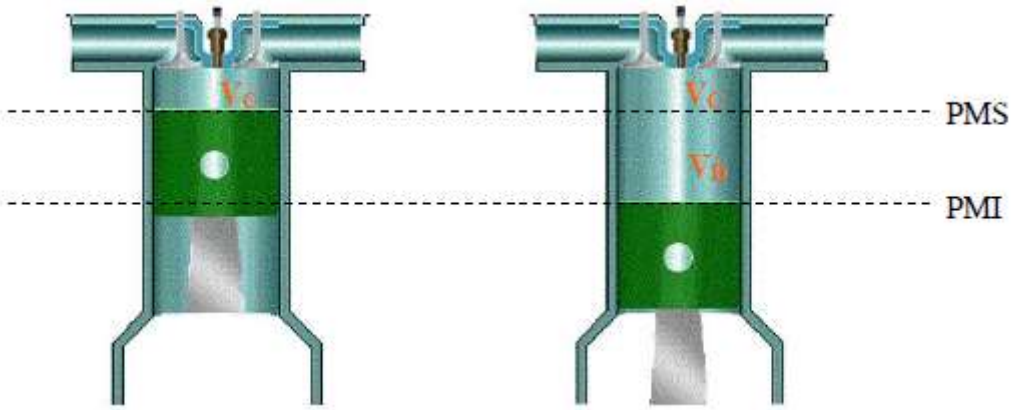
Além disso, a combustão é uma reação exotérmica, liberando grande quantidade de calor. Assim, é preciso que o radiador use água para resfriar o motor e garantir que ele continue funcionando (MAGNANI, s. d.).

Observe que, no 2º tempo, se a gasolina for de baixa qualidade, os seus componentes não aguentarão tamanha pressão e poderão estourar antes da hora, antes da faísca soltar da vela, que é o que acontece no próximo estágio. Isso resulta em um menor desempenho do motor, que começa a bater pino, pois a explosão ocorre de forma tumultuada.

2.2 RAZÃO DE COMPRESSÃO E NÚMERO DE OCTANOS.

A razão de compressão é uma característica criadora do motor que tem grande influência em sua eficiência térmica, sendo determinada como era o quociente entre os volumes do motor quando o pistão está no PMS, ponto morto elevado, e no PMI, ponto morto inferior. Conforme a Figura 3, o volume do cilindro quando o pistão está no PMS é o volume da câmara de combustão, VC , e o volume quando o pistão está no PMI é o volume da câmara de combustão mais o volume deslocado, VD. O volume deslocado é o volume que o pistão varre quando o pistão desloca do PMI para o PMS ou inversamente (PULKRABEK, 1997).

Figura 3 - Cilindros com o pistão no PMS a esquerda e no PMI a direita.



Fonte: Pulkrabek (1997).

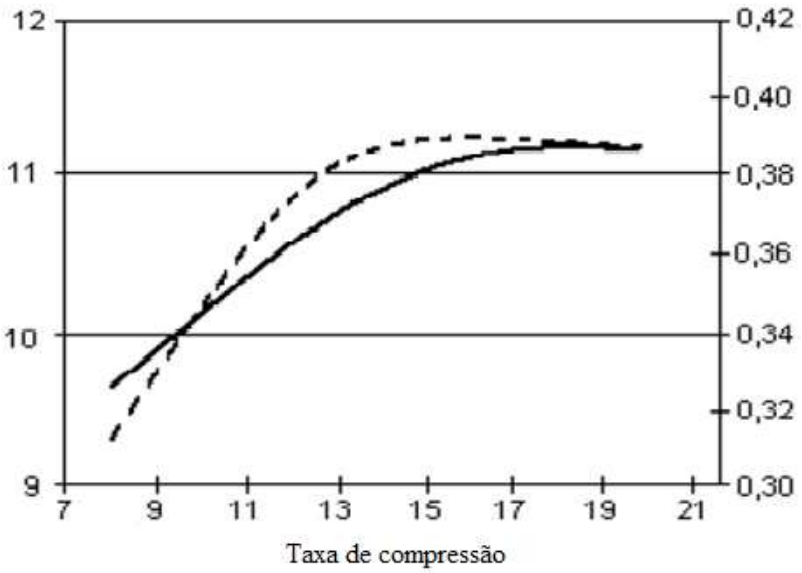
A razão de compreensão pode ser resolvida pela equação 1.

$$TC = \frac{(Cilindrada\ do\ motor + Volume\ da\ Câmara\ de\ combustão)}{Volume\ da\ Câmara\ de\ combustão} \quad (1)$$

A Figura 4 demostra a influência da razão de compressão na eficiência efetiva e na pressão média efetiva em um motor SI a plena carga. O avanço foi calibrado para o torque máximo. A eficiência cresce até a razão de compressão de 17:1 e depois começa a baixar devido ao aumento das forças de fricção (BASSHUYSEN e SCHÄFFER, 2004).

Entretanto, o aumento da razão de compressão há o aumento da emissão de óxidos nitrosos e hidrocarbonetos (BASSHUYSEN e SCHÄFFER, 2004).

Figura 4 - Influência da razão de compressão na PME e na eficiência efetiva do motor.



Fonte: Basshuysen e Schäffer (2004).

A numeração de octanos, ou octanagem, significa uma medida prática da resistência de um combustível à explosão (HEYWOOD, 1995). Este número de octanos de um combustível é a propriedade que descreve como o combustível decorre em relação à autoignição.

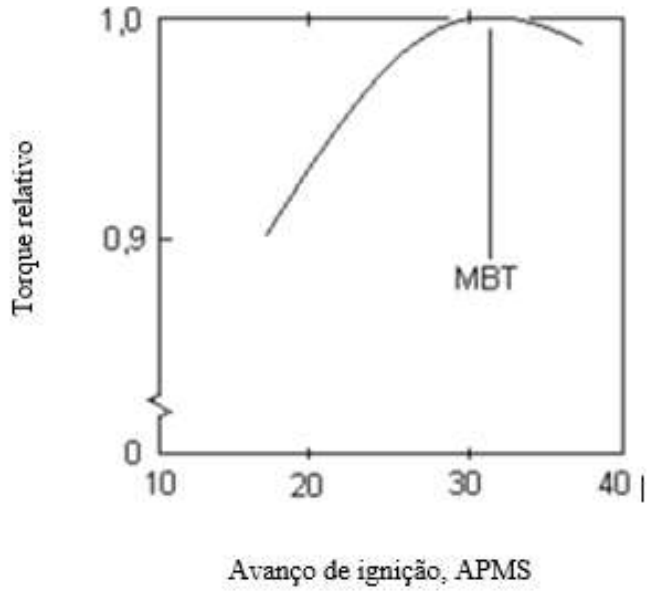
Para se obter um bom resultado, é realizado alguns cálculos através de meios práticos que relacionam a mistura de n-heptano, considerando com o número de octanos igual a zero, e isooctano sendo que considerando os seus números iguais a 100 (PULKRABEK, 1997).

2.3 COMBUSTÃO E DETONAÇÃO NOS MOTORES

Um motor de combustão interna normal, sua chama é iniciada pela centelha e cruza sua câmara de combustão de um modo uniforme. O tempo de duração em um motor de combustão é infinita, o processo da combustão inicia antes que o pistão atinja o PMS no fim da compressão, assim a razão do aumento de pressão é agrupada com a combustão anterior a do PMS e um aumento no trabalho de compressão. Um elevado avanço de ignição causa este efeito, onde aumentando as pressões dentro do cilindro e no trabalho de ciclo de expansão. Se a progressão de ignição for muito alta, a pressão máxima acontecerá bem antes do pistão alcançar o PMS, assim seu trabalho compressão será excessivo. Outro meio, o avanço de ignição for muito atrasado, sua pressão máxima será demorada, diminuindo trabalho de

expansão, diversas vezes, crescendo em exagero a temperatura dos gases na descarga. Evidentemente haverá um avanço de ignição que exibe uma melhor relação entre os dois trabalhos, desenvolvendo um maior torque para um determinado regime de efeito no motor. Seu avanço é conhecido pela abreviação MBT, do inglês " *minimum for best torque*" ou "*maximum break torque*". A Figura 5 demonstra a atuação do torque em relação ao avanço de ignição. Ignição atrasada ou adiantada em relação ao MBT causa perda em seu desempenho. (STONE, 1993 e HEYWOOD, 1995).

Figura 5 - Efeito do avanço de ignição no torque com a rotação constante e plena carga.



Fonte: Stone (1993) e Heywood (1995).

Na queima, a liberação de calor ocorre um aumento de temperatura e pressão da parte dentro do cilindro. Equilibrando a pressão, o local queimado e mistura aumenta e comprime a parte não-queimada, assim eleva a sua temperatura. O procedimento ocorrerá no final do da combustão, assim elevando gradativamente a pressão e a temperatura da mistura não-queimada (GANESAN, 1995). Enquanto a temperatura da mistura não-queimada excede a temperatura de autoignição do combustível, outra ignição espontânea começa na região de mistura não queimada. Se a reação for rapidamente necessária, tendo uma quantidade de mistura muito excessiva, esta ignição causa uma elevada pressão local, provocando a criação de ondas de pressão e o choque dessas mesmas com as paredes do cilindro e com a frente das chamas. Este fato dá o nome de detonação (TAYLOR, 1964).

Outros parâmetros no trabalho e na operação de um motor que tendem a reduzir a temperatura da mistura não queimada podendo diminuir a possibilidade de acontecer a

detonação. Alguns procedimentos de parâmetros são descritos abaixo.

Razão de compreensão: Elemento importante onde determina a temperatura e pressão no começo e final da combustão. Um acréscimo na razão de compressão aumenta a pressão e a temperatura dos gases no final da compressão, o que pode provocar o surgimento da detonação. O aumento de tender a detonação do motor com a razão de compressão é o principal motivo de restringir a valores pré-estabelecidos para os combustíveis.

Quantidade de mistura ou combustíveis admitidos: Reduzindo a massa admitida no interior do cilindro abrindo a borboleta ou pela redução na sobre alimentação reduz a temperatura e a densidade da carga no momento da ignição, diminuindo a possibilidade de causar detonação.

Temperatura da mistura admitida: Quando a temperatura de mistura aumenta faz com que a temperatura de compressão fica maior, assim sendo, faz com que esse aumento tenda a detonar. Este aumento muito elevado acaba afetando negativamente a eficiência volumétrica. Dessa forma, e mais preferido uma temperatura mínima para admissão, tendo menor temperatura assim podendo causar defeitos na partida do motor.

Temperatura da parede da câmara de combustão: Essa temperatura da parede da câmara de combustão tem a função de detonação. Onde pontos quentes na parede da câmara fornecem a autoignição.

Atraso da ignição: O retardamento na centelha tem com que o inicio da ignição desenvolva mais próximo do PMS, faz com que suas pressões máximas aconteçam mais tarde na expansão, diminuindo a sua intensidade. Assim comprimi a detonação, e também diminui o torque, onde o tempo que ocorre a ignição se distancia do MBT (GANESAN, 1995).

2.4 EFICIÊNCIA VOLUMÉTRICA

Eficiência volumétrica significa medida da eficiência do sistema de bombeamento do ar. Isso se define como sendo a massa de mistura fresca que passa pelo cilindro, num curso de aspiração, onde é dividida pela massa desta mistura que enche o espaço correspondente ao movimento do pistão, em densidade de admissão (Taylor, 1998). Eficiência volumétrica é um padrão dos mais usados como característica de controle em um motor de combustão interna de quatro tempos. Deseja-se que se tenha o máximo de eficiência volumétrica no motor, onde a quantidade de combustível que poderá ser queimada no motor é a potência produzida para um certo deslocamento que são maximizadas (Ferguson, 1986). Vários fatores podem influenciar

na eficiência volumétrica, entre eles a velocidade do pistão, as pressões de admissão e exaustão, taxa de compressão do motor, transferência de calor, geometria do sistema de admissão e a exaustão, e variáveis de operação do motor (Heywood,1988).

Conforme Silva (2004), a disposição do coletor de admissão pode influenciar forte no desempenho da eficiência volumétrica, e por efeito, o motor. O entendimento de alguns parâmetros que não são disponíveis comumente nas condições habituais de operação do motor é preciso para os modelos físicos da eficiência volumétrica. Segundo Ferguson (1986) demostra modelos de simular computacional no FORTRAN que desenvolve o cálculo as perdas de calor no motor, e as características termodinâmicas dos gases de combustão, onde ocorre o enchimento e esvaziamento do cilindro, onde ajuda a calcular a eficiência volumétrica em um motor de quatro tempo.

2.5 COMBUSTÍVEIS

Os combustíveis que são mais utilizados nos veículos passeio é a gasolina. O óleo diesel é o segundo mais usado, sem os dois combustíveis derivados do petróleo. Os combustíveis alternativos que são derivados do petróleo, temos os álcoois, onde são o etanol e o metanol, gás natural, hidrogênio e o biodiesel. Cada combustível tem suas próprias características físicas e químicas, onde seus métodos de obtenção e os níveis de emissão de poluentes diretos e indiretos que os fazem uma melhor alternativa para diferentes situações. Estes combustíveis alternativos, que expõe o uso mais comum e espalhado no Brasil e no mundo são o etanol, ou álcool etílico, e o gás natural.

2.5.1 Gasolina

O combustível mais utilizado em motores SI é a gasolina, que são várias misturas de hidrocarbonetos e é extraído do petróleo. Este petróleo e obtido quase inteiro de carbono e hidrogênio com alguns outros componentes químicos, que variam de 83 % a 87% de carbono e de 11% a 14% de hidrogênio em conteúdo mássico. Carbono e o hidrogênio convencionam várias formas e desenvolvem muitos tipos de hidrocarbonetos diversos. (PULKRABEK, 1997).

O petróleo é extraído dos poços e é separado em muitos produtos por destilação usufruindo de processos térmicos e catalíticos. A maior ou menor produção para cada derivado é estabelecido pela exigência do mercado consumidor. Com a utilização de muitos veículos automotivos ocorreu um grande aumento na produção da gasolina. Isto aperfeiçoou as técnicas de refino. (SILVA, E.R. e SILVA, R.R.H, 1997).

Aproximando a gasolina com o hidrocarboneto é o combustível que possui apenas um único componente, onde a sua estrutura molecular seria C8H15 tendo um peso molecular igual a 111. Podemos fazer também uma aproximação da gasolina com o hidrocarboneto real isoctano C8H18 sendo o componente real que mais aproxima as especificações estruturais e termodinâmicas e ser o componente químico mais volumoso na composição química. Alguns componentes químicos do isoctano tem características diferentes, onde temos por exemplo, o número de octanos, que na gasolina tem cerca de 90 e no isoctano de 100, e a relação ar mais combustível que para a gasolina é próximo de 14,6 e no isoctano é 15,1. Para uma melhor aproximação e métodos de números de octanos e relação de ar mais combustível são feitas com C8H15 (PULKRABEK, 1995).

A gasolina tem uma combustão que considera os componentes fornecidos abaixo:

$C_2H_{15}+11{,}75O_2 \longrightarrow 8CO_2+7{,}5H_2O;$

A queima no motor é desenvolvida através de uma mistura entre o combustível e o ar ambiente, considerando que o ar é mistura de gases. Simplificando os cálculos da equação de equilíbrio, o ar que não é oxigênio é considerado sendo nitrogênio, que para cada mol de oxigênio tem 3,76 moles de nitrogênio. Assim é apresentado uma nova equação como: (PULKRABEK,1995):

$C_8H_{15}+11{,}75O_2+44{,}18N_2 \longrightarrow 8CO_2+7{,}5H_2O+44{,}18N_2;$

Para cada massa molecular do ar, Mar, é de 29kg/mol, e a gasolina, Mgás, em 111kg/mol, tem-se na equação 2.

$$AF_{gas}=\frac{m_a}{m_c}=\frac{N_{ar}\cdot M_{ar}}{N_{gas}\cdot M_{gas}}=\frac{(55{,}93)(29)}{(1)(111)}\approx 14{,}6\,{kg_{ar}}/{kg_c}\,. \qquad (2)$$

Na gasolina brasileira, é adicionado 25% de álcool etílico, tendo uma razão ar mais combustível média que pode ser desenvolvida conforme a equação 3.

$$AF_{gasohol} = (0{,}75 \cdot AF_{gas}) + (0{,}25 \cdot AF_{et}) = (0{,}75 \cdot 14{,}6) + (0{,}25 \cdot 9{,}0) \approx 13{,}2\ {}^{kg_{ar}}/_{kg_c} \quad (3)$$

Onde é a razão ar mais combustível estequiométrica demostrada por Pulkrabek (1997).

2.5.2 Álcool Etílico

Álcool etílico é composto químico que é da família álcoois contendo em sua formula química dois átomos de carbono e um OH, que caracteriza como álcool. Esta formula é C_2H_5OH. Ela pode ser desenvolvida através de vegetais ricos em açúcar, como a cana de açúcar no Brasil. O álcool combustível brasileiro é chamado de E94 por ser hidratado e ter 94% de álcool etílico e cerca de 6% de água.

A fabricação de álcool etílico da cana de açúcar e utilizada parte dos seus próprios rejeitos gerando energia para sua produção, exemplo, bagaço da cana. Para realizar a fabricação desenvolve dois métodos sendo um deles a fermentação através dos microrganismos, o açúcar que está no melaço é transformado em álcool e destilação, assim usado para dividir o álcool do mosto de fermentação. Uns dos grandes problemas na fabricação são os resíduos que são lançados em rios e lagos através da proliferação descontrolada das bactérias diminuídas rapidamente a quantidade de oxigênio dissolvida na água. Para isso a secretaria do meio ambiente faz duras restrições no projeto de destilaria e obriga o processo adequado do seu vinhoto (SILVA, E.R e SILVA, R.R.H, 1997).

A combustão do etanol pode ser descrita conforme a equação 4.

$$C_2H_5OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O\,, \quad (4)$$

A queima no motor e desenvolvida através da mistura do combustível com o ar ambiente, sendo que o ar é a mistura de gases. Simplificando os cálculos da equação de equilíbrio, onde parte do ar que não é oxigênio é considerado como nitrogênio, tendo cada mol de oxigênio em 3,76 moles de nitrogênio. Apresentando uma nova equação (equação 5).

$$C_2H_5OH + 3O_2 + 11{,}28N_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O + 11{,}28N_2\,. \quad (5)$$

Considera-se que cada massa molecular do ar, Mar, é de 29kg/mol, e do álcool etílico, Met, em 46kg/mol (equação 6).

$$AF_{et} = \frac{m_a}{m_c} = \frac{N_{ar} \cdot M_{ar}}{N_{et} \cdot M_{et}} = \frac{(14,28)(29)}{(1)(46)} \approx 9,0 \, {}^{kg_{ar}}\!/_{kg_c}, \quad (6)$$

Onde é a razão apresentada por Pulkrabek (1997).

O poder calorifico no álcool etílico é inferior ao da gasolina, entretanto, a razão ar mais combustível é inferior também precisando de menos quantidade de ar para combustão completa, pois já possui oxigênio em sua composição, a mistura ar mais combustível do álcool etílico contem maior quantidade de energia disposta para a mesma massa de ar.

Pulkrabek (1997) ressalta diversas vantagens e desvantagem do uso do álcool etílico:

a) Combustível renovável que pode ser obtido de diversas fontes, naturais ou manufaturadas;
b) Possui alta octanagem com alta resistência a detonação. Motores que funcionam com combustíveis de alta octanagem podem funcionar mais eficientemente com razões de compressão maiores;
c) Apresentam menores índices de emissão de poluentes que a gasolina e são combustíveis com menores teores de enxofre;
d) Alguns motores flexíveis funcionam com gasolina, álcool etílico, ou mistura desses em qualquer proporção sem necessidade de adaptação;
e) Baixo conteúdo energético. Isso significa que quase 1,5 vez mais combustível é necessário para gerar a mesma potência. Com a mesma eficiência térmica e motores similares, a autonomia do veículo é diminuída na mesma proporção;
f) Álcool etílico é muito mais corrosível a cobre, bronze, alumínio, borracha e plásticos. O uso de álcool etílico deve ser levado em consideração nos projetos de automóveis porque acarreta algumas restrições na escolha dos materiais;
g) Devido à baixa pressão de vapor e evaporação, geralmente os motores a álcool etílico apresentam dificuldade de partida com temperaturas mais baixas. Então, o veículo deve ser equipado com um sistema de partida a frio que injeta uma pequena quantidade de gasolina para facilitar o início do funcionamento;
h) É um combustível que, por ser facilmente inflamável, apresenta algum problema no armazenamento. Também possui forte odor que causa dores de cabeça e tonteira

2.6 SISTEMA DE INJEÇÃO ELETRÔNICA NO MOTOR

Os primeiros sistemas de injeção de combustíveis eram completamente mecânicos e não permitiam que houvesse o controle do motor para os diversos regimes de funcionamento. Com a introdução de regulamentos de emissões mais rigorosos, ficou claro que o grau de precisão necessário só poderia ser atingido através de controles eletrônicos de ciclo fechado.

O controle eletrônico é feito por uma unidade central eletrônica (UCE), que é o cérebro de todo o sistema. Através de um *software* instalado na UCE, o sistema de injeção e o sistema de ignição são controlados. A UCE faz a leitura dos sinais dos sensores instalados no motor e calcula qual a quantidade exata de combustível deve ser injetada e quando será a ignição da mistura no interior do cilindro.

Com o auxílio dos sensores de rotação, de pressão do ar no coletor de admissão e da abertura da válvula borboleta, a UCE consegue saber em que regime está funcionando o motor em tempo real. Assim, a UCE consulta os mapas de combustível e avanço de ignição obtidos durante a calibração, e obtém a quantidade de combustível a ser injetada e o avanço de ignição que deve ser aplicado. Já os sensores de temperatura e pressão do coletor de admissão, temperatura da água do motor e são usados para cálculos de fatores para corrigirem os mapas de combustível e avanço de ignição. Há outro tipo de sistema de controle eletrônico que usa as leituras dos sensores de rotação, temperatura do ar e pressão do ar no coletor para calcular diretamente a quantidade de ar admitida e, consequentemente, a quantidade de combustível que deve ser injetada.

A sonda lambda, ou sensor de oxigênio, é um dos sensores do sistema de controle. A sonda lambda detecta desvios no conteúdo de oxigênio dos gases de exaustão, indicando se a mistura está estequiométrica, rica ou pobre. Com esta informação, a UCE pode corrigir a quantidade de combustível injetada para manter a mistura estequiométrica ou com a razão ar/combustível desejada. (GARRETT, 1991).

2.7 OS MOTORES FLEXÍVEIS NO BRASIL

Apesar do conceito de motores flexíveis não ter surgido no Brasil, hoje o maior mercado para esse tipo de motor está no Brasil. O primeiro tipo de sistema flexível, desenvolvido nos Estados Unidos, faz uso de sensores para detectar o teor de metanol na

gasolina. Contudo, a concepção tecnológica desenvolvida no Brasil utiliza a sonda lambda e o software da UCE para essa identificação. Entretanto, o motor flexível tem como base os motores a gasolina, porém algumas modificações mecânicas foram feitas para um melhor aproveitamento dos dois combustíveis. Os motores movidos a álcool etílico foram desenvolvidos no Brasil, o que facilitou a adaptação dos motores flexíveis para ser usado tanto para a gasolina quanto para o álcool etílico.

Os motores flexíveis sofreram algumas alterações em relação aos motores originalmente movidos a gasolina. O eixo comando de válvulas é diferenciado, não sendo usado o original do motor a gasolina. As velas de ignição possuem grau térmico intermediário entre a gasolina e o álcool etílico. Além disso, esses motores possuem dois sistemas herdados das versões a gasolina e a álcool etílico: o sistema de acúmulo de vapores de gasolina através de filtro de carvão ativado e o sistema de partida a frio dos motores a álcool etílico.

O combustível usado no motor é identificado pela UCE para que o motor trabalhe corretamente, já que cada combustível possui características diferentes. Durante a calibração da UCE, são feitos mapas para a gasolina e para o álcool etílico e é calculada a diferença entre esses mapas. Juntamente com os mapas base elaborados durante a calibração, os mapas com as diferenças entre os combustíveis são gravados na UCE. Quando a UCE, através do desvio do sinal da sonda lambda, diagnostica que a concentração de álcool etílico na gasolina foi alterada, o software entra em funcionamento para detectar esta alteração. O sinal da sonda é lido para se identificar e calcular a nova razão ar/combustível. A proporção entre a nova razão ar/combustível e a diferença entre a razão ar/combustível estequiométrica da gasolina e do álcool etílico é determinada para ser usada nos mapas da UCE. Com isso, a UCE pode novamente injetar a quantidade de combustível ideal e dar o avanço de ignição certo para a nova mistura (NOTÍCIAS DA OFICINA, 2003).

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DE ESTUDO E LOCAL DO ENSAIO

Trata-se de uma análise em um motor de combustão interna onde será averiguado em um motor flexível com a mistura do etanol e a gasolina. Será verificado as possibilidades de consumo e gastos dos combustíveis em um respectivo carro.

O desenvolvimento de pesquisa será verificado em um carro da marca Volkswagen, modelo GOL 1.6, onde este trabalho faz parte do incremento de um novo conceito de motores de multicombustível. A escolha dos combustíveis envolveu a disponibilidade de motores para estes combustíveis e a facilidade de aquisição dos mesmos. Os combustíveis líquidos mais usados no Brasil e já utilizados em motores de combustão interna flexíveis são a gasolina e o álcool etílico, que operam em faixas de razão de compressão próximas.

Como a análise experimental envolveria mais de um combustível em um mesmo motor, a escolha por um motor multicombustível, que funciona com gasolina, álcool etílico ou qualquer mistura entre eles, foi imediata devido ao fato de o motor já estar totalmente preparado para ser usado pelos combustíveis líquidos.

O ensaio será realizado em uma Mecânica na Rua José, Bonifácio, n° 211, Bairro São Cristóvão na cidade de Cascavel-PR.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Será utilizado para o ensaio dois tipos de combustíveis, sendo eles Álcool etílico e a gasolina, onde será pego 3 tipos de combustíveis em determinados postos, sendo eles da marca Petrobras, Ipiranga e Shell, onde o Álcool etílico será o normal utilizado em todos os veículos que se obtém o uso do mesmo. A gasolina será feita o teste com a aplicação da gasolina comum e da gasolina aditivada, onde será visto qual dos combustíveis duram mais tempo com o motor em funcionamento.

O Álcool etílico utilizado para teste do consumo será o de teor alcoólico do etanol, onde o produto deve ter entre 92,5% e 95,4%, onde os postos que serão coletados os combustíveis terão que mostrar o produto como sua porcentagem obrigatória de uso.

3.3 COLETA DE DADOS

Os dados serão coletados em uma proveta onde serão realizados ensaio com o motor do automóvel em funcionamento, visto que serão feitos teste em 3 tipos de marcas de gasolina e o Álcool etílico.

Na proveta será inserida uma quantidade de 1000ml de cada combustível que com o automóvel ligado verificará quanto tempo demorara para que o carro consuma todo o combustível inserido na proveta.

Para avaliar o consumo devido a velocidade de rotação será aplicado 3 tipos de rotação onde são elas de 3000 rpm, 3500 rpm e 4000 rpm onde desenvolverá no motor qual rotação demostra menos consumo. Verificaremos no combustível qual a temperatura que causara utilizando o Álcool etílico e gasolina e ver como varia a temperatura utilizando os dois combustíveis misturados, para isso será baseado conforme a temperatura demonstrada no painel do veículo.

Na verificação será visto se os testes terão efeitos e mudanças de comportamento no tempo de cada combustível utilizado.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

Após a realização dos ensaios nos combustíveis mencionados será feito um levantamento de dados gerando tabelas e gráficos no *software Microsoft Office Excel* 2010. Será comparado cada combustível a quanto tempo demorará para chegar ao fim que estava inserida na proveta e gerar outro gráfico referente as suas temperaturas citadas.

4 RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que com este trabalho seja esclarecido o desempenho do motor flexível utilizando dois tipos de combustíveis, sendo eles gasolina e o etanol. Será desenvolvido uma medição onde terá uma certa quantidade de combustível no motor onde ficara ligado em um determinado tempo para descobrir o seu real consumo.

5 CRONOGRAMA DA PESQUISA

ATIVIDADE	JUL 2017	AGO 2017	SET 2017	OUT 2017	NOV 2017	DEZ 2017
Pesquisa bibliográfica	X					
Redação da Revisão Bibliográfica	X	X	X	X	X	
Métodos da Pesquisa	X	X	X	X	X	
Resultados esperados e Cronograma da pesquisa	X					
Confecção dos testes nos combustíveis	X	X				
Análise dos resultados			X	X		
Resultados e Discussões				X	X	
Conclusão do trabalho					X	
Revisão Final/formatação final					X	
Entrega do TCCII					X	
Defesa em banca					X	
Entrega da versão final						X

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, R. J.; BAETA, J. G. C.; VALLE, R. M.; BARROS, J. E. M.; CARVALHO, R. D. B. **Experimental Analyses of Flexible Fuel Systems in Spark Ignition Engine**. In: FUELS & LUBRICANTS MEETING AND EXPOSITION 2005, 11 a 13 de maio de 2005, Rio de Janeiro, R. J. SAE Technical Paper Series. Paper nº 2005-01-2183.

ANP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DO PETRÓLEO. **Gás natural veicular: Mercado em expansão.** Rio de Janeiro, 1 de agosto de 2003. Disponível em <http://www.anp.gov.br/> Acesso em: 11 de abril de 2017.

BASSHUISEN, R. V.; SCHÄFER, F. **Internal combustion engine handbook: basics, components, systems, and perspectives**. Warrendale, PA: SAE International, INC., 2004.

Colégio Espirito Santo. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. **Motores 4 Tempos**. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/motores4t_etapas.htm>. Acesso em: 28 de abril de 2017.

EFEITO DE MAIS ETANOL NA GASOLINA AINDA É ESTUDADO POR MONTADORAS. Disponível em: <http://g1.globo.com/carros/noticia/2015/03/efeito-de-mais-etanol-na-gasolina-ainda-e-estudado-por-montadoras.html>. Acesso em: 16 de maio de 2017.

FUNCIONAMENTO DO MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA. Disponível em: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/funcionamento-motocombustaointerna.html> Acesso em: 10 de abril de 2017.

GARRET, T. K. **Automotive fuels and fuel systems: fuels, tanks, delivery, metering, mixing and combustion, and environmental considerations**. Warrendale, PA: SAE Internacional , INC., 1991. v.1 gasoline.

GLOBO CIÊNCIA. **Há dez anos, Brasil lançava o seu primeiro carro bicombustível.** Disponível em: http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2013/06/ha-dez-anos-brasil-lancava-o-seu-primeiro-carro-bicombustivel.html. Acesso em: 08 de abril de 2017.

HEYWOOD, J. B. Internal combustion engine fundamentals. New York McGraw-Hill, Inc., 1995.

HISTÓRIA DO ETANOL. Disponível em: <www.novacana.com/estudos/contextualizacao-historica-do-etanol-120913/> Acesso em: 05 de maio de 2017.

MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA. Disponível em: <https://carlosfm1987.wordpres .com/2009/09/04/motores-de-combustao-interna-4-tempos/>. Acesso em: 05 de maio de 2017.

NOTICIAS DA OFICINA. A tecnologia Total Flex: 1ª parte. São Paulo, v. 196, ano XXV, p 4-5, mai/jun. 2003a. Disponível em:<http://noticiasdaoficina.com.br/ noticiasOficina.asp>. Acesso em: 20 de maio de 2017.

NOTICIAS DA OFICINA. A tecnologia Total Flex: 2ª parte. São Paulo, v. 197, ano XXV, p. 4-5, jun/jul. 2003b. Disponível em:<http://noticiasdaoficina.com.br/ noticiasOficina.asp>. Acesso em: 22 de maio de 2017.

PULKRABEK, W. W. **Engineering fundamentals of the internal combustion engine**. Upper Saddle River, N.J.: Prentice-Hall, Inc., 1997. 411 p.

RIBEIRO, S. Y.; SILVA, J. A.; PAU, F. S. **Modelo de previsão da eficiência volumétrica em motores de combustão interna, movidos a gasolina e álcool**. Disponível em: http://www.fipai.org.br/Minerva%2006(03)%2002.pdf>. Acesso em: 05 de maio de 2017.

SILVA, E. R.; SILVA, R. R. H. **Álcool e gasolina: combustíveis do Brasil**. São Paulo: Scipione, 1997.

TAYLOR, C. F. **Análise dos motores de combustão interna**. São Paulo: Edgard Blücher, 1968.

ÚNICA – UNIÃO DA AGROINDUSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO. Álcool: o álcool combustível. Disponível em <http://www.unica.com.br/pages/alcool_alcool combustivel.asp>. Acesso em: 11 de abril de 2017.

VICENTINI, P. C.; KRONBERGER, S. **Rating the performance of Brazilian flex fuel vehicles**. Rio de Janeiro, R.J. SAE Technical Paper Series. Paper nº 2005-01-2206.

ZAREH, A. **Motores a gás. Revista Lubrificação: uma publicação técnica dedicada à escolha e uso de lubrificantes**. Rio de Janeiro, 1998.