

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Leandro Costa Rodrigues da Matta

Mateus Henrique Cardoso

**Motores Lean & Green de alto desempenho – um estudo
sobre a nova geração de motores e os benefícios que
acompanham as novas tecnologias.**

Taubaté – SP

2018

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Leandro Costa Rodrigues da Matta

Mateus Henrique Cardoso

**Motores Lean & Green de alto desempenho – um estudo
sobre a nova geração de motores e os benefícios que
acompanham as novas tecnologias.**

Trabalho de Graduação apresentado para
obtenção do Título de Bacharel em Engenharia
Mecânica do Departamento de Engenharia
Mecânica da Universidade de Taubaté.

Orientadora: Profa. Maria Regina Hidalgo de
Oliveira Lindgren

Co-orientador: Prof. Paulo Cesar Corrêa Lindgren

Taubaté – SP

2018

SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU

C268m Cardoso, Mateus Henrique
Motores Lean & Green de alto desempenho – um estudo sobre a nova geração de motores e os benefícios que acompanham as novas tecnologias / Mateus Henrique Cardoso; Leandro Costa Rodrigues da Matta. – 2018.
60 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica, 2018.
Orientação: Prof. Me. Paulo Cesar Correa Lindgren, Departamento de Engenharia Mecânica.
Coorientação: Profa. Ma. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren, Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Eficiência energética. 2. Emissões. 3. Evolução tecnológica.
4. Motores a combustão interna. 5. Motores de ciclo Otto I. Título. II. Matta, Madeira, Leandro Costa Rodrigues da. III. Graduação em Engenharia Mecânica.

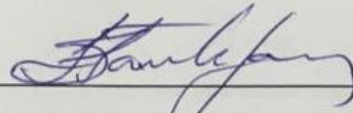
CDD – 658.5

Leandro Costa Rodrigues da Matta
Mateus Henrique Cardoso

**MOTORES LEAN & GREEN DE ALTO DESEMPENHO – UM ESTUDO
SOBRE A NOVA GERAÇÃO DE MOTORES E OS BENEFÍCIOS QUE
ACOMPANHAM AS NOVAS TECNOLOGIAS.**

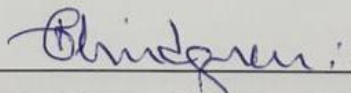
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO APROVADO COMO PARTE
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE “**GRADUADO EM
ENGENHARIA MECANICA**”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO COORDENADOR DE CURSO DE
GRADUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



Prof. Me. Fabio Henrique Fonseca Santejani
Coordenador de Trabalho de Graduação

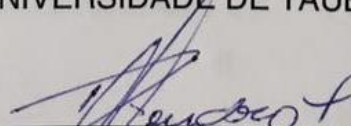
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Me. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. Me. Antônio Ricardo Mendrot
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

07/12/2018

Dedicamos este trabalho de graduação aos nossos queridos Orientadores Professora Me. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren e Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren, aos professores do Curso de Engenharia, aos nossos familiares, amigos e todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por nos dar saúde e sabedoria para trilhar o caminho até chegarmos ao final da graduação.

Aos nossos pais Maria Luiza Batista Cardoso, Mariano José Cardoso, Angela Maria da Costa Matta, Sebastião Carlos Rodrigues da Matta e também a todos os outros familiares por nos encorajar, incentivar e apoiar em todos os momentos, bons e ruins, a estudar e buscar uma carreira para nossas vidas.

Aos professores e todos os docentes que compartilharam de seus ensinamentos não só profissional e técnico, como também os de vida, ressaltando nossa orientadora e grande amiga Prof. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren e também nosso co-orientador Prof. Paulo Cesar Corrêa Lindgren, que dispuseram do seu tempo e paciência para obter o devido resultado neste trabalho.

Agradecemos também aos nossos amigos e profissionais que estiveram conosco durante toda a jornada de nossas vidas, que de alguma forma nos ajudaram a sermos pessoas melhores e contribuirmos de alguma maneira para o mundo.

“O homem erudito é um descobridor de fatos que já existem, mas o homem sábio é um criador de valores que não existem e que ele faz existir.”

Albert Einstein

RESUMO

Este trabalho de graduação tem como objetivo demonstrar bibliograficamente a evolução dos motores a combustão interna (M.C.I), realizando um estudo comparativo entre as primeiras gerações com a nova geração que foca em motores com menores dimensões e maior desempenho, tendo em vista a redução de emissões e uma melhor autonomia, utilizando tecnologias como: eletrônica embarcada e sistemas de hibridização. Uma nova geração de motores que se diferencia da anterior por apresentar componentes, como por exemplo: o mapeamento e dimensionamento do bloco do motor de maneira estratégica, onde é possível substituir componentes mecânicos de ferro fundido por algo mais leve e barato, um processo que está agora sendo incorporado por diversas montadoras em nível global, com a massificação do motor por componentes de plástico e alumínio, e pode-se garantir uma melhor eficiência com a diminuição no consumo de combustível dos veículos, além de outros fatores que auxiliam na manutenção, operação e segurança dos automóveis.

Palavras-chave: Eficiência energética, emissões, evolução tecnológica , motores a combustão interna, motores de ciclo Otto.

ABSTRACT

This graduation work has as main objective to demonstrate bibliographically the evolution of internal combustion engines, making a comparison study between the first generations with the new generation, which focuses on engines with smaller dimensions and higher performance, looking forward on reducing emissions and increasing autonomy, using technologies such as embedded electronics and hybridization systems. A new generation of motors that differs from the previous one by the present components such as: the mapping and dimensioning of the engine block in a strategic way, where it is possible to replace mechanical components of cast iron with something lighter and cheaper, a process that is now being incorporated by several automakers on a global level, with the massification of the engine by plastic and aluminum components, it can ensure a better efficiency with the decreasing in fuel consumption of vehicles, as well as other factors that help in the maintenance, operation safety.

Keywords: Inside combustion engine, Otto cycle engines, Gas reductions, technological change.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

M.C.I – Motor a Combustão Interna

PMS – Ponto Morto Superior

PMI – Ponto Morto Inferior

FCA – Fiat Chrysler Automóveis

ECU – Engine Control Unit (Unidade de Controle do Motor)

CO – Monóxido de Carbono

HC – Hidrocarbonetos

NO_x – Óxidos de Nitrogênio

SO₂ – Dióxido de enxofre

RHCO – Aldeídos

O³ – Ozônio

PROCONVE – Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

IIBAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

TSI – Turbocharged Stratified Injection (Injeção Estratificada Turboalimentada)

G.M – General Motors

HEV – Hybrid Electric Vehicle (Veículo Elétrico Híbrido)

PHEV – Plug-in Hybrid Electric Vehicle (Veículo Elétrico Híbrido Conectável)

BEV – Battery Electric Vehicle (Veículo Elétrico à Bateria)

FCV – Fuel Cell Vehicle (Veículo à Célula de Combustível)

GNV – Gás Natural Veicular

NSU – Neckarsulm Strickmaschinen Union (Fábrica de Máquinas de Costura de Neckarsulm)

ANP – Agência Nacional de Petróleo

SPCCI – Spark Controlled Compression Ignition (Ignição por compressão, controlada por faísca)

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Consumo	51
Gráfico 2 – Potência.....	51
Gráfico 3 – Torque	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tipos de combustíveis e suas características gerais.	32
Quadro 2 – Comparativo de ganhos Ford Ka.	42
Quadro 3 – Comparativo de ganhos Volkswagen Gol e Up.	42
Quadro 4 – Comparativo de ganhos Chevrolet Celta e Onix.	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo de Wankel	18
Figura 3 - Componentes do motor de ciclo Otto.....	20
Figura 4 - Motor Mercedes-Benz Sechszylinder.....	21
Figura 5 - Admissão.....	22
Figura 6 - Compressão.....	23
Figura 7 - Explosão.....	23
Figura 8- Exaustão.....	24
Figura 9 - Rendimento energético de um automóvel.....	25
Figura 10 - Ganhos de consumo Fiat Uno.....	26
Figura 11 - Sistema de Injeção eletrônica.....	28
Figura 12 - Modelo de injeções Monoponto e Multiponto.....	29
Figura 13 - Óleo lubrificante do motor.....	31
Figura 14 - Fases “L” Implantação PROCONVE no Brasil.....	37
Figura 15 - Antiga e nova geração Ford Ka (2008 e 2018).....	41
Figura 16 - Volkswagen Gol e UP Tsi (2009 e 2019).....	42
Figura 17 - Chevrolet Celta e Onix (2007 e 2019).....	43
Figura 18 - Árvore Genealógica de Motores.....	44
Figura 19 – Motor Mazda SkyActiv-X.....	46
Figura 20 - Protótipo Mazda Skyactiv-x.....	47
Figura 21 – Redução de partículas por poluentes durante fases “L”.....	48
Figura 22 – Aplicações de melhorias nos componentes do motor.....	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVO GERAL	15
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	15
1.3 JUSTIFICATIVA	15
1.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	15
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	16
2 REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 ORIGEM E EVOLUÇÃO DOS MOTORES	17
2.1.1 História	17
2.1.2 Motor a combustão interna	18
2.1.3 Evolução dos motores a combustão interna	19
2.2 OS MOTORES DE COMBUSTÃO PARA USO AUTOMOBILÍSTICO	19
2.2.1 Componentes aplicados à nova geração de motores	21
2.2.2 Escala evolutiva	22
2.2.3 Funcionamento de um M.C.I	22
2.3 CARACTERÍSTICAS DETERMINANTES DA ECONOMIA DE COMBUSTÍVEL NOS MOTORES	24
2.4 O DESEMPENHO DOS MOTORES E SEUS FATORES DETERMINANTES	26
2.4.1 Injeção eletrônica	27
2.4.2 Óleo lubrificante	29
2.4.3 Combustíveis	31
2.4.4 Taxa de compressão	33
2.5 AS EMISSÕES DE POLUENTES NOS MOTORES A COMBUSTÃO INTERNA	34
2.6 AS NOVAS LEGISLAÇÕES SOBRE EMISSÕES DE POLUENTES	35
2.6.1 PROCONVE	35
3 METODOLOGIA	38
3.1 METODOLOGIA DA PESQUISA	38
4 DESENVOLVIMENTO	40
4.1 AS PESQUISAS SOBRE AS NOVAS GERAÇÕES DE MOTORES A COMBUSTÃO INTERNA	40
4.1.1 Modelos de entrada: Antiga geração x Nova geração	41
4.1.2 TIPOLOGIA DOS MOTORES	43
4.1.3 Motor Mazda Sky Active-X	45

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
5 CONCLUSÃO	53
6 REFERÊNCIAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, obteve-se um crescimento em massa na produção de veículos a combustão para atender o mercado capitalista. Com isso gerou diversos problemas em relação ao meio ambiente no que se diz respeito a poluição e saúde, que fez órgãos ambientais tomarem medidas administrativas que fizessem mudanças na indústria automobilística que transformou o mercado mundial. Nesse sentido, o motor de ciclo Otto enfrenta uma onda de diversas alterações tecnológicas, utilizando-se novos componentes que evoluíram ao longo dos anos para atender as leis que foram regidas, com o foco em diminuir seus níveis de emissões de gases na atmosfera, aumentar sua autonomia e performance.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é expor a importância e o desenvolvimento das novas tecnologias nos motores a combustão interna e seus componentes para melhorar seu desempenho com sustentabilidade.

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Serão estudados, detalhadamente, o funcionamento e a evolução dos motores, de grande eficiência energética (potência, desempenho, otimização de custos, autonomia e sustentabilidade) equiparando aos demais tipos de motores, visando suas vantagens e desvantagens.

1.3 JUSTIFICATIVA

Este trabalho tem como justificativa comprovar o desempenho e eficiência dos motores Lean & Green.

1.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Este trabalho, apesar de oferecer uma visão geral sobre um projeto de motores de alto desempenho, não irá abordar cálculos detalhados sobre o mesmo,

apenas apresentando estudos bibliográficos já existentes para averiguação de métodos comparativos.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em seis capítulos, sendo que no capítulo um encontram-se a Introdução, Objetivos, Justificativa, e Delimitação do estudo realizado.

No segundo capítulo, denominado de Revisão Bibliográfica, é retratado num contexto geral da origem e evolução dos motores a combustão interna, focando em seu uso na indústria automobilística com suas características que são determinantes para sua economia, no seu desempenho e nas emissões, seguindo das novas legislações que foram implantadas para que essa nova geração fosse criada.

No capítulo três tem-se a Metodologia aplicada para o desenvolvimento deste trabalho.

No quarto, quinto e sexto capítulos são abordados o Desenvolvimento, os Resultados, a Discussão e a Conclusão do trabalho, respectivamente, encerrando-se com as necessárias referências.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ORIGEM E EVOLUÇÃO DOS MOTORES

2.1.1 História

Segundo BARGER et. al (1966), os primeiros motores a combustão externa foram descobertos no século XVIII e o combustível utilizado era a lenha, naquela época abundante e de baixo custo. Estes motores a vapor eram geralmente utilizados em máquinas estacionárias. No século XIX apareceram os primeiros motores a combustão interna. Nestes, o combustível é queimado dentro do próprio motor e seu aparecimento provocou um rápido desenvolvimento mecânico. Estes motores levaram vantagem sobre as máquinas a vapor pela sua versatilidade, eficiência, menor peso por cavalo vapor, funcionamento inicial rápido e possibilidade de adaptação a diversos tipos de máquinas.

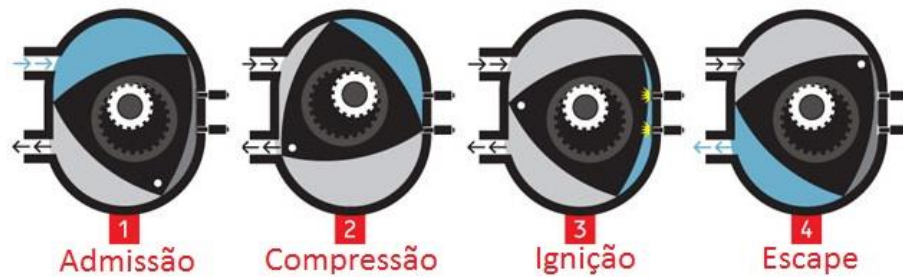
Otto e Langen, em 1861, construíram um motor que, tendo por base a máquina de Lenoir, realizava a compressão da mistura de gás de iluminação e ar atmosférico, tendo a sua ignição realizada por uma centelha elétrica. (LUZ, 2013)

Ainda conforme LUZ (2013), em 1889 foi feita a primeira aplicação, em veículos, do motor de ciclo Otto, empregando-se a gasolina como combustível.

Rudolf Diesel, engenheiro, em 1893 na Alemanha, criou o motor que se deu por ignição por compressão da mistura ar combustível, ou seja, a combustão não dependia por necessário a aplicação de centelha. Este motor, foi batizado com seu sobrenome e também ficou conhecido como “motor térmico racional”. (LUZ, 2013)

Segundo LUZ (2013), em 1951, o também alemão Felix Wankel, se propôs a estudar as deficiências de vedação nos motores da época, onde buscou parceria, contatando engenheiros da fabricante NSU Motorenwerke AG. Sendo assim, eles obtiveram análises estudadas e desenvolvidas para que o motor também chamado pelo sobrenome do criador “Wankel”, visto que o mesmo partia de um princípio diferente de um motor de ciclo Otto 4 tempos convencional da época, por ser de um pistão de ciclo triangular e rotativo, com menor dimensão e peso conforme mostra a figura 1.

Figura 1 – Ciclo de Wankel



Fonte: FOGAÇA, 2016.

2.1.2 Motor a combustão interna

Segundo TAYLOR (1995), pode-se definir motor a combustão uma máquina projetada para converter energia química em energia mecânica utilizando-se da queima de combustível para gerar calor e converter em força. Na combustão interna a queima ocorre em uma câmara de alta temperatura e alta pressão. A queima pode ser contínua ou intermitente:

Contínua, como em foguetes, turbinas a gás (aviões), turbinas a vapor (navios de grande porte, geração de eletricidade).

Intermitente, em grande variedade de tipos já inventados, mas os de alguma relevância em termos de projeto ou de aplicação comercial são: motores de 4 tempos, 2 tempos, e rotativo Wankel.

Ainda segundo TAYLOR (1995), os motores modernos são derivados do ciclo Otto e Diesel, tendo como fonte de alimentação, combustíveis fósseis e de fontes renováveis como gasolina, etanol e óleo diesel e suas características básicas são:

- a) Gasolina e Etanol são combustíveis de baixa volatilidade e de baixa taxa de compressão (6 a 12) comparados ao Diesel. Para ignição necessitam de centelha produzida pelo sistema elétrico.
- b) Diesel: Utilizam como combustível o óleo diesel. A combustão do combustível injetado sob alta pressão (12 a 22) na câmara de combustão que ocorre pela compressão de ar e conseqüente elevação da temperatura.

2.1.3 Evolução dos motores a combustão interna

Segundo as publicações de LUZ (2013), BARGER et al. (1966) e TAYLOR (1995), a evolução dos motores pode ser dada por diversos fatores que surgiram da necessidade de atender um mercado competitivo, onde se destacaram as produções em massa do Fordismo (1914) e Toyotismo (1970). Porém, após grandes períodos de produções em larga escala, percebeu-se que estes veículos produziam substâncias nocivas ao meio ambiente.

Segundo IBAMA (2013), foram criados vários órgãos com o intuito de minimizar estes índices de poluição e, a partir disto, os motores tiveram a evolução em nível exponencial, onde os motores atualmente conseguem ter menores dimensões e fornecer uma grande eficiência energética comparada aos robustos motores da década de 1980.

Isso somente foi alcançado pelas novas tecnologias que foram implantadas ao longo do tempo, onde muitas empresas obtiveram sucesso com seus variados modelos que se destacaram por inovar o mercado com alguns diferenciais que foram cruciais para a importância destes. (SCHAEFFLER, 2018)

Ainda segundo informações da SCHAEFFLER (2018), também se podem citar como pontos importantes da evolução a utilização de sistemas que se iniciaram a partir da década de 1990, sendo eles: a injeção, a ignição, a sobre-alimentação e a utilização de mais de um combustível (Bicombustíveis). Cada sistema evoluiu à sua maneira contribuindo trazendo inúmeros benefícios ao conjunto.

2.2 OS MOTORES DE COMBUSTÃO PARA USO AUTOMOBILÍSTICO

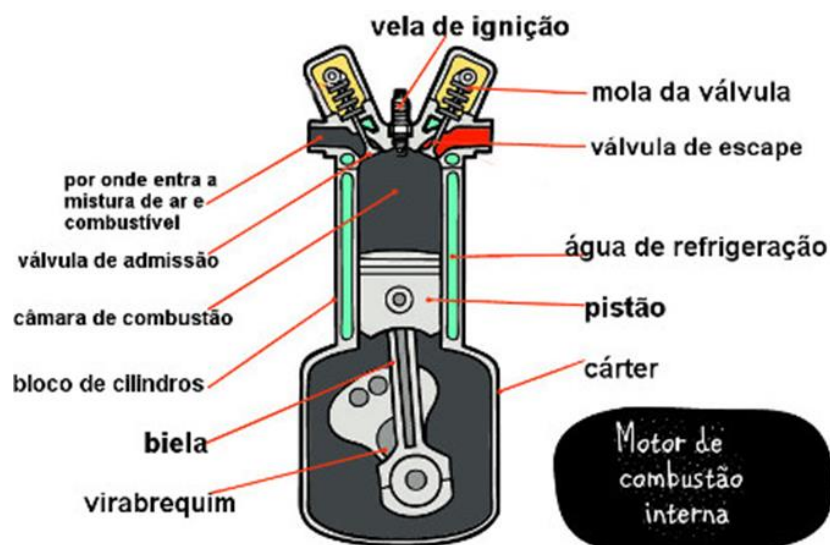
No setor automotivo temos que os motores de ciclo Otto trabalham através de da mistura ar/ combustível dentro da câmara de combustão, sendo assim após a queima da mistura, o conjunto do motor realiza a conversão de energia química em energia mecânica, denominada como torque. (BOSCH *apud* LIMA, 2017)

Ainda segundo BOSCH *apud* LIMA,(2017) complementa que as partes de todo o sistema do conjunto do motor são necessárias para sua performance, podendo variar de fabricante para fabricante. Dentre estes componentes podem ser citados: bloco do motor, o qual dá forma ao motor e onde são acoplados vários outros componentes, tais como:

- a) Cilindros: Um dos principais itens responsáveis pela combustão e é através do mesmo que o pistão desliza para que ocorra o movimento do eixo de manivelas, são montados no bloco.
- b) Pistão ou êmbolo: São responsáveis por transferir a energia da reação química gerada pela combustão para biela.
- c) Biela: componente que conecta o pistão ao virabrequim, responsável por converter o movimento retilíneo do pistão em movimento rotacional para o virabrequim.
- d) Virabrequim: recebe o trabalho gerado pelo motor e transforma essa força em movimento.
- e) Cabeçote: fixado em cima do bloco, responsável por selar a câmara de combustão é composto pelos dutos de admissão e escape, válvulas de admissão e escape, pelas molas de retorno das válvulas, balancins que acionam as válvulas e podem acomodar o comando de válvulas.
- f) Comando de válvulas: é um eixo com pequenos ressaltos o qual realiza a abertura das válvulas no tempo certo para admissão e exaustão.

Todos estes componentes encontram-se ilustrados conforme figura 2 a seguir.

Figura 2 - Componentes do motor de ciclo Otto.



Fonte: FOGAÇA, 2016

2.2.1 Componentes aplicados à nova geração de motores

Segundo pesquisas citadas por GRANDE (2018), em um artigo publicado na revista especializada, online, Quatro Rodas, o futuro da mobilidade passa pela eletrificação, o que realmente tem se revelado verídico, porém isso não significa o fim dos motores a combustão interna.

Figura 3 - Motor Mercedes-Benz Sechszylinder



Fonte: GRANDE, 2018.

A figura 3, acima, ilustra um motor a combustão interna considerado em estágio evolutivo, pois, inspirando-se em GRANDE (2018), percebe-se que os países emergentes hoje mostram que a realidade não compactua tanto com o previsto pelas indústrias automobilísticas tendo em vista que para aplicação de motores elétricos em todo o mundo será necessário toda uma reestruturação de diversos setores e adaptação de mercado dessa nova geração.

Ainda baseando-se em GRANDE (2018), tem-se que, visando o tempo de implementação desta nova tecnologia, as indústrias resolveram voltar os olhos aos motores de combustão interna fazendo melhorias em seus componentes, alterando seu consumo, autonomia e sustentabilidade fazendo com que estes por sua vez venham a se aproximar cada vez mais dos motores elétricos.

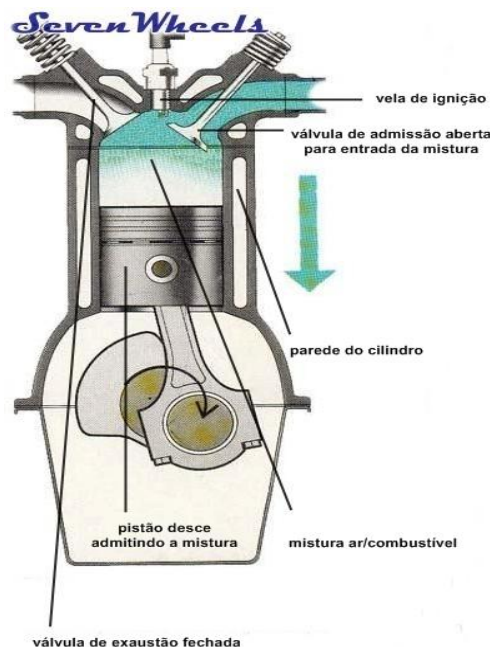
2.2.2 Escala evolutiva

Segundo LIMA (2017) e JUNIOR; BARBOSA (2012), as pesquisas e análises que, individualmente ou combinadas, mostram técnicas inovadoras que irão tornar os motores a combustão interna ainda mais limpos e eficientes comparados aos padrões atuais, prolongando assim sua aplicação nos diferentes tipos de veículos, com o auxílio de novas tecnologias e materiais de engenharia será possível otimizar diversos componentes dos motores.

2.2.3 Funcionamento de um M.C.I

De acordo com VARELLA (2010), os motores a combustão interna operam em quatro tempos, sendo o primeiro tempo o de admissão: O pistão desloca-se do PMS (Ponto morto superior) ao PMI (Ponto morto inferior). Quando o pistão desce, ele gera uma sucção (depressão) que causa um fluxo de gases pela válvula de admissão que se encontra aberta, conforme se apresenta à figura 4:

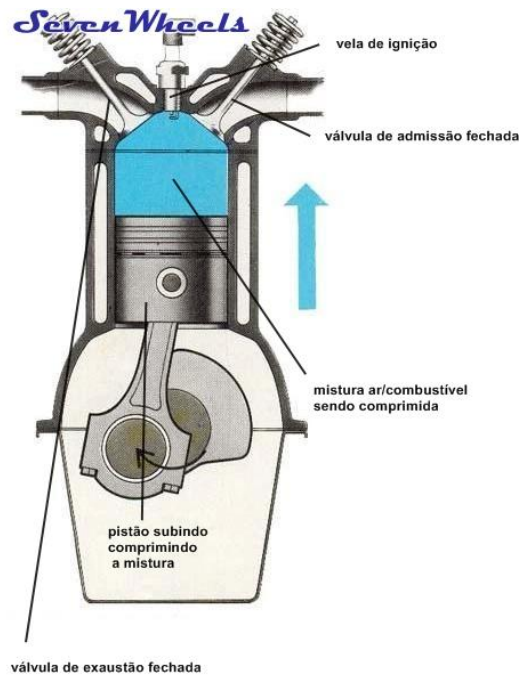
Figura 4 - Admissão.



Fonte: SEVEN WHEELS, 2011.

No segundo tempo, de compressão: A válvula de admissão é fechada e o pistão desloca-se do PMI ao PMS, comprimindo a mistura conforme a figura 5 abaixo:

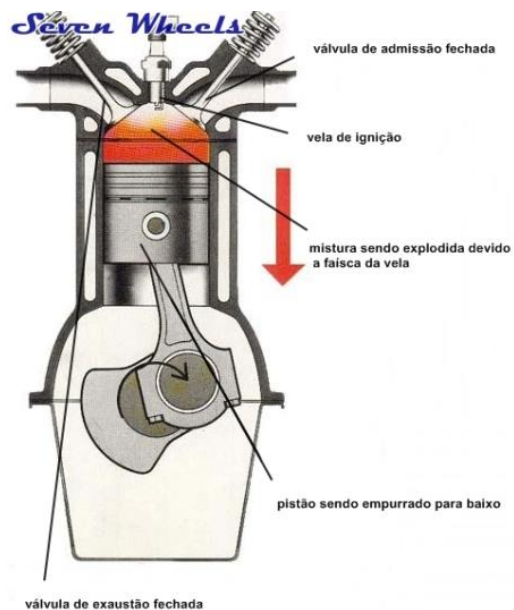
Figura 5 - Compressão.



Fonte: SEVEN WHEELS, 2011.

O terceiro tempo, de explosão, dá-se quando o pistão está próximo do PMS, ocorrendo a faísca, que provoca a ignição da mistura. A combustão gera um grande aumento da pressão, que expande os gases, empurrando o pistão para o PMI, gerando trabalho positivo do motor como se pode observar na figura 6 a seguir:

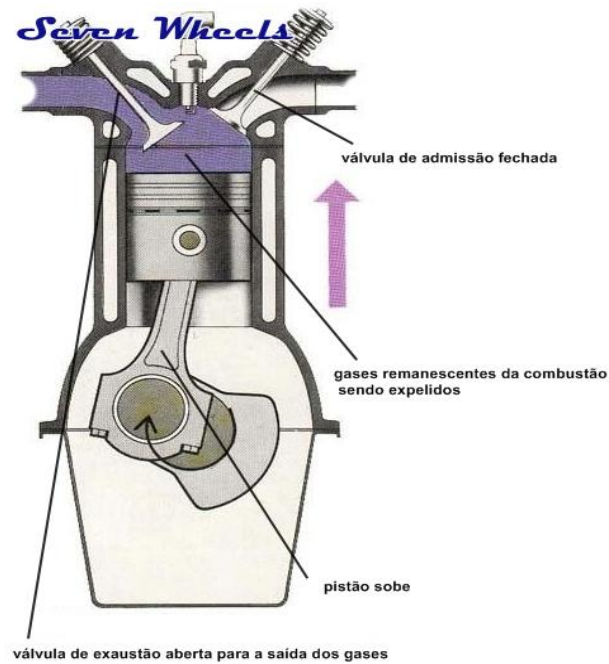
Figura 6 - Explosão.



Fonte: SEVEN WHEELS, 2011.

No quarto tempo, de exaustão: Com a válvula de escape aberta, o pistão desloca-se do PMI para o PMS, empurrando os gases gerados pela combustão para fora do cilindro, reiniciando o ciclo em seguida, assim como se mostra à figura 7, a seguir:

Figura 7- Exaustão.

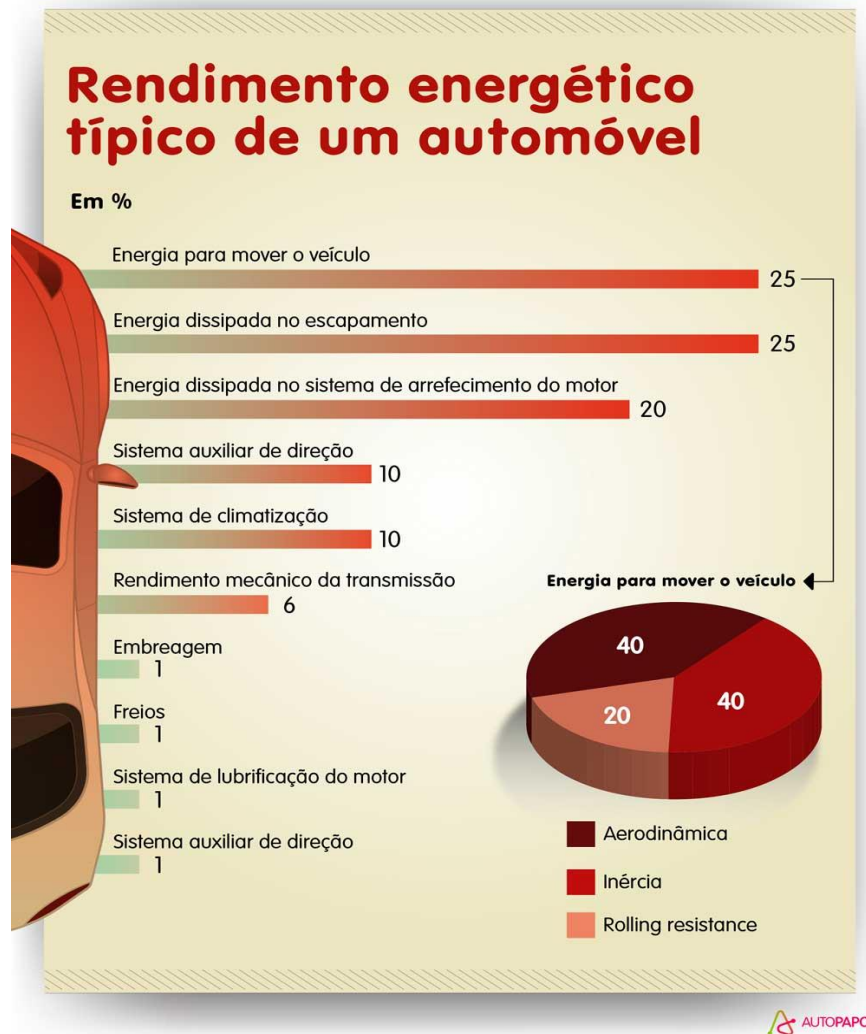


Fonte: SEVEN WHEELS, 2011.

2.3 CARACTERÍSTICAS DETERMINANTES DA ECONOMIA DE COMBUSTÍVEL NOS MOTORES

Segundo VIDAL; PASSOS (2017), para que um motor possa dar o seu máximo de desempenho, ele não depende somente de si, mas sim de todo um conjunto do veículo. Conforme a figura 8, pode se analisar os fatores determinantes, em porcentagem.

Figura 8 - Rendimento energético de um automóvel.



Fonte: VIDAL; PASSOS, 2017.

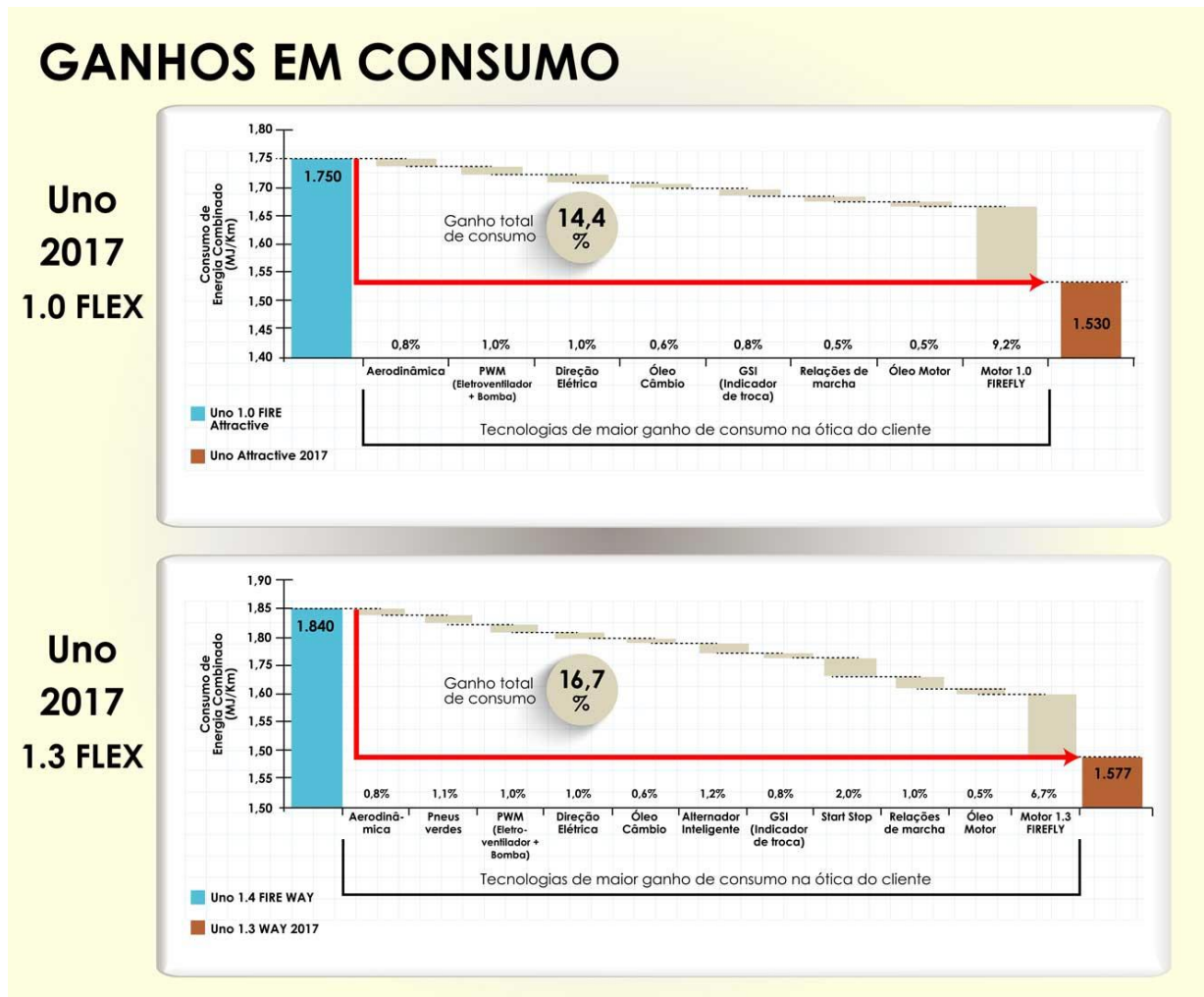
VIDAL e PASSOS (2017) analisam os dados segundo a afirmação do Engenheiro de Produto da Fiat Chrysler Automóveis (FCA), Sandro Soares, que diz:

“Não adianta uma área trabalhar isolada e chegar a uma economia de 4% com o uso de uma nova peça ou tecnologia. Como todos os sistemas do carro trabalham em conjunto, tem que se observar qual será o gasto de outros componentes para ver se a conta fecha”.

Ainda segundo VIDAL; PASSOS (2017), o estudo para que os ganhos mesmo que sejam pequenos, ao se juntar no conjunto todo se torna válido para a que o consumo seja efetivo. Assim, dado como exemplo, as versões de entrada do Fiat Uno 2017, com motores 1.0 e 1.3 Firefly, que foram o estudo de caso da montadora

para implantar novas tecnologias, afim de que representassem ganhos de eficiência energética de de 14,4% na versão 1.0 e 16,7% na versão 1.3, conforme ilustra a figura 9 abaixo:

Figura 9 - Ganhos de consumo Fiat Uno.



Fonte: VIDAL; PASSOS, 2017.

2.4 O DESEMPENHO DOS MOTORES E SEUS FATORES DETERMINANTES

Segundo SCHAEFFLER (2018), pode-se analisar os fatores determinantes dos motores como sendo: a injeção eletrônica, a viscosidade do óleo, a qualidade do combustível utilizado, a taxa de compressão do motor, os materiais utilizados em sua fabricação e também os componentes mecânicos que auxiliam no motor.

2.4.1 Injeção eletrônica

Conforme DIAS (2012), a injeção eletrônica trata-se de um sistema que não somente monitora, mas também controla, o funcionamento do motor, por meio da entrada e saída de dados. Ela tem como função principal o fornecimento da proporção ideal da mistura ar / combustível (relação estequiométrica) para o motor, em quaisquer estádios do seu regime de funcionamento. Os dados processados para a injeção eletrônica são informações sobre o regime e as condições nas quais o motor está operando. Tais informações são captadas por sensores, posicionados estrategicamente, sendo então enviadas para a Central de Processamento, onde são analisadas e comparadas com parâmetros pré-estabelecidos armazenados nesta central. Os atuadores serão, então, comandados a partir dessa avaliação.

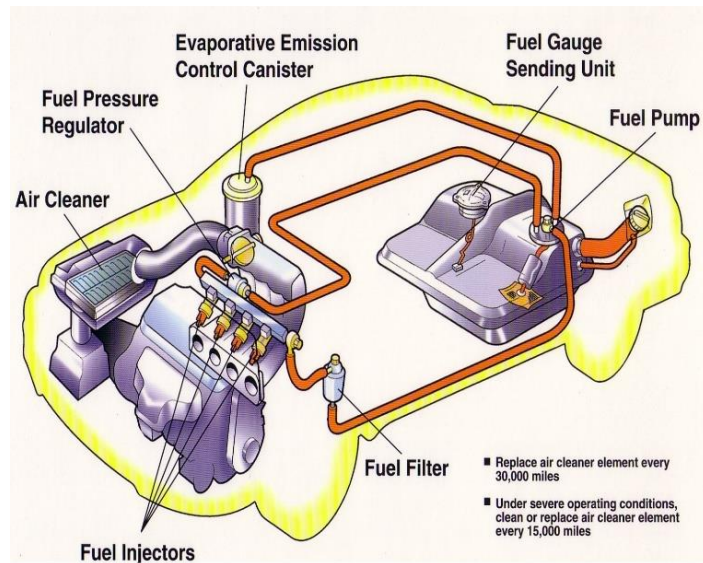
“Com a evolução dos MCI e com a crescente pressão na redução de emissão de gases, o carburador não conseguia mais suprir as necessidades dos motores em vários quesitos como potência, respostas rápidas nas acelerações, economia de combustível e a emissão de gases.” (Lima, 2017)

Ainda segundo DIAS (2012), os sensores que captam as informações coletadas que são decorrentes das condições de trabalho enviadas para a ECU (*Engine Control Unit*), uma central de processamento que determina e capta as informações dadas pelos sensores. Sendo assim, ela toma as medidas preventivas através dos parâmetros que são pré-estabelecidos para comandar os atuadores para um perfeito funcionamento do motor.

Segundo BRUNETTI (2012), o sistema de injeção eletrônica é dividido em dois subsistemas: o subsistema de combustível e o subsistema de ar; onde o subsistema de combustível tem como função enviar o fluido combustível pressionado em qualquer regime de funcionamento do motor, onde o mesmo é submetido em pressão por uma bomba de combustível, localizada no interior do tanque de abastecimento, dado que o combustível passa por um filtro de combustível e é levado até a flauta ou tubo de distribuição. Nesta flauta, se dá os bicos injetores instaladas na mesma e no coletor de admissão onde injetam o combustível. Para manter uma pressão estável, o sistema funciona com mais combustível, pois o sistema deve manter uma pressão estável para que não haja queda da pressão e com isso também se utiliza um sistema de regulador de pressão

e também um sistema para retorno deste combustível. Já o segundo subsistema, que se dá pelo ar é formado por um filtro de ar, corpo de borboleta, coletor de admissão, sensor de posição de borboleta, sensor de temperatura do ar, sensor de pressão absoluta e sensor de vazão de ar.” conforme mostra a figura 10.

Figura 10 - Sistema de Injeção eletrônica.



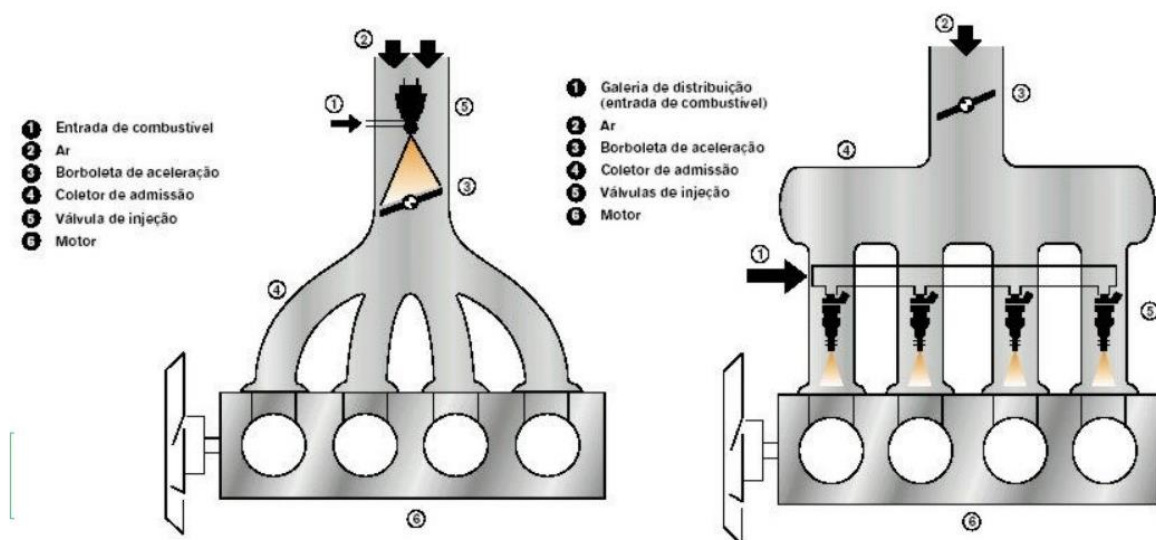
Fonte: DIAS, 2012.

LIMA (2017), afirma que o princípio da injeção ocorre quando é dado a partida do motor, o sensor de rotação do sistema emite uma informação para a unidade de comando do motor. Quando o pistão se posiciona no ponto morto inferior (PMI), ocorre uma pressão negativa conhecida como vácuo diretamente no coletor de admissão, o mesmo aspira o ar da atmosfera e percorre pelo medidor de fluxo de ar onde se localiza a borboleta de aceleração, direcionados até os cilindros do motor. O medidor do fluxo de ar tem como função informar o volume de ar admitido pela unidade de comando, que mensura a quantidade de combustível ideal a ser injetada pelos bicos injetores de acordo com o volume de ar admitido, tendo como resultado uma mistura ar/combustível que opera de acordo com a necessidade do motor. Após a queima da mistura os gases queimados passam pela sonda lambda, um sensor responsável por medir a quantidade de oxigênio presente nos gases de escape. O sinal da sonda lambda é emitido para a unidade de controle que ajusta a quantidade de combustível injetado com os dados da sonda. (LIMA, 2017)

Ainda segundo BRUNETTI (2012), os sistemas de injeção são considerados como: Uma central de processamento subdividida em analógica ou digital; Número total de válvulas injetoras, variando como monoponto ou multiponto; Tipo de injeção, podendo ser considerada intermitente, seção a seção ou sequencial; Controle de mistura ar/combustível, tendo dois fatores como malha aberta ou fechada. (BRUNETTI, 2012)

Ainda de acordo com LIMA (2017), podemos afirmar que primeiras injeções aplicadas no Brasil operavam de forma contínua sendo monoponto integrado com um sistema destinado a apenas um combustível e controle de malha aberta, sem haver controle de diagnóstico. As especificações de controle eram dadas por componentes físicos sendo assim, eram fixos e de acordo com cada modelo era necessária uma central de processamento específico.

Figura 21 - Modelo de injeções Monoponto e Multiponto.



Fonte: DIAS, 2012

2.4.2 Óleo lubrificante

Segundo a fabricante Mobil, a importância do óleo para o motor é vital para seu correto funcionamento e sua vida útil. Utilizar o óleo correto para o determinado tipo de motor é tão ou mais importante quanto o abastecimento de combustível de boa procedência para o veículo.

Conforme LALLI; OTAVIANO (2016), o óleo tem como principal função fazer a lubrificação dos componentes metálicos internos do motor para que se possa

diminuir a fricção e os desgastes desnecessários. O lubrificante percorre pelas galerias internas do motor, auxiliando na minimização de ruídos do motor, amortecendo os esforços entre as peças móveis, realizando a vedação hidráulica entre pistão e cilindro, reduzindo as temperaturas de serviço e também operar como fluido hidráulico em tuchos hidráulicos e comando variável de válvulas, observando a figura 12 pode-se ver a reposição do óleo no motor:

“A lubrificação correta e periódica aumentará o desempenho e a vida útil do motor do veículo, além de trazer economia em consertos indesejáveis e no consumo de combustível”. (Laura Furst, Mobil)

Os valores de viscosidade determinam a resistência do óleo para se movimentar entre as peças do motor. A opção por usar um óleo mais fino ou mais espesso em cada motor é definida em função do projeto e características do motor, incluindo suas dimensões, folgas internas, rotações, pressão e variações de temperatura de trabalho. (LALLI; OTAVIANO, 2016)

“Hoje recomenda-se lubrificantes com menor viscosidade para motores mais modernos, buscando contribuir para a geração de emissões mais limpas e menor consumo de combustível”. (Haydeu Queiroz - Gerente Técnico da Castrol)

Conforme LALLI; OTAVIANO (2016), segundo informação de Antônio Alexandre Correia, para que um motor não haja esforços prejudiciais, os lubrificantes com viscosidades mais baixas se dão como importantes por possuírem uma menor resistência ao escoamento, para que não se obtenha esforços desnecessários. Com isso ajuda na diminuição do consumo e no ganho de potência dos mesmos, fazendo com que seja vantajoso também no escoamento mais rápido, tornando a troca de calor mais rápida e melhorando a refrigeração do motor”.

Figura 32 - Óleo lubrificante do motor.



Fonte: LALLI; OTAVIANO, 2016.

2.4.3 Combustíveis

VIDAL e PASSOS (2017), afirmam que os motores demandam de diversos cuidados e prevenções para que possa garantir segurança e durabilidade. Por conta desse fato é importante utilizar o combustível correto para cada tipo de motor para o bom funcionamento de todo o conjunto, atentando-se para a qualidade e certificação do combustível.

De acordo com o quadro 1 a seguir, para motores de combustão interna (MCI) podemos denominar os combustíveis mais utilizados como de fontes fósseis e também de fontes renováveis. Os combustíveis fósseis se originam geralmente do petróleo que são a gasolina e o óleo diesel, o gás natural e os de fonte renováveis podemos classificar o etanol e também o biodiesel. Estes combustíveis são oferecidos ao consumidor em forma simples ou misturados entre si em diferentes proporções, com uma maior ou menor presença de aditivos. (DIONYSIO; MEIRELLES, 2015)

Quadro 1 – Tipos de combustíveis e suas características gerais.

COMBUSTÍVEL		ORIGEM	CARACTERÍSTICAS
FÓSSIL	PETRÓLEO	<ul style="list-style-type: none"> ● Microorganismos aquáticos/marinhos ● Animais e vegetais 	<ul style="list-style-type: none"> ● Baixa velocidade de formação ● Não renovável ● Sua queima provoca o aumento da quantidade de CO₂ na atmosfera
	CARVÃO MINERAL	Plantas	
	GÁS NATURAL		
RENOVÁVEL*	ETANOL		<ul style="list-style-type: none"> ● Biodegradável ● Renovável ● A produção de CO₂ é compensada com o consumo posterior
	BIODIESEL		

*Em termos energéticos, podemos mencionar ainda como energia renovável, a HIDRÁULICA, a SOLAR, a EÓLICA e a GEOTÉRMICA

Fonte: DIONYSIO; MEIRELLES, 2015.

Conforme a Agência Nacional de Petróleo (ANP) é de extrema importância sempre abastecer o veículo com o combustível correto, atentando-se também em analisar as fraudes de postos com a adulteração destes. É considerada adulteração qualquer substância não permitida pela mesma adicionada ao combustível.

As consequências de adulteração podem atingir variados componentes do sistema de combustível e o de exaustão do motor, dependendo do percentual de adulteração. O resultado pode variar entre o aumento do consumo até a perda de componentes ou mesmo do motor. Se houver vazamentos, isto pode levar a uma situação de perda do veículo, grandes prejuízos materiais, podendo ser citados como:

- a) Entupimento, restrição e/ou corrosão da bomba de combustível: causa perda de rendimento ou parada do veículo.
- b) Corrosão e ressecamento dos componentes de vedação: pode causar vazamento de combustível.
- c) Entupimento ou restrição do filtro de combustível: causa perda de rendimento ou parada do veículo.

- d) Entupimento ou restrição dos bicos injetores: aumento do consumo, perda do rendimento, em casos extremos levar a perda do pistão (no caso de injeção direta).
- e) Depósito de partículas nas velas: pode incapacita-las, o que causa perda de rendimento, aumento de consumo, parada do veículo.
- f) Travamento das válvulas: parada do veículo.
- g) Provocar o acúmulo de resíduos na câmara de combustão (carbonização): causa perda de rendimento, aumento de consumo.
- h) Corrosão das válvulas e da cabeça do pistão.
- i) Queima tardia de partículas de combustível no escapamento: danificar o escapamento, sonda lambda e o catalizador (alto custo, perda de rendimento, parada do veículo).

2.4.4 Taxa de compressão

De acordo com VARELLA (2010), como se pode constatar no subcapítulo 2.3 deste trabalho, seguindo como base no motor de ciclo Otto, a taxa de compressão é o quociente de volume da câmara de combustão do pistão em seu ponto morto inferior (PMI) e seu ponto morto superior (PMS). Ela ocorre entre as fases de admissão e compressão, onde é o período em que as válvulas de admissão se fecham após a mistura ar/combustível está comprimida e pronta para as próximas fases do ciclo (explosão e exaustão).

Ainda segundo VARELLA (2010), a taxa de compressão deriva do movimento de subida e descida dos pistões, denominando seu curso. Naturalmente, ele atinge o ponto morto superior (PMS) e ponto morto inferior (PMI), respectivamente. A divisão do volume da câmara com o pistão no PMI pelo volume no PMS é a taxa de compressão. Quando o volume no PMI é dez vezes maior em relação ao PMS, diz-se que a taxa é 10:1 (dez para um).

As taxas de compressão para determinados motores e combustíveis podem variar de acordo com sua aplicação e necessidade, sendo assim, os motores com as menores taxas são os de gasolina que variam de 8:1 até 12:1. Os motores alimentados por etanol trabalham com a razão de mistura mais altas, que podem variar de 12:1 ou até 14:1. Já os motores de ciclo Diesel, por terem combustão por compressão sem o uso de centelha, as taxas trabalham com uma razão mais alta

em relação as demais, que podem variar de 15:1 a até 18:1. No caso de bicomustíveis, a taxa média entre as já denominadas podem variar de acordo com as citadas anteriormente para que se possa trabalhar em regimes de diferentes combustíveis, sendo a razão entre 10:1 e 11,5:1 em média. (GUERRA, 2017).

2.5 AS EMISSÕES DE POLUENTES NOS MOTORES A COMBUSTÃO INTERNA

Nos últimos tempos, têm-se dado grande importância às principais fontes de poluentes em nível global, sendo a maior parte das emissões em grandes centros urbanos por conta de fontes fixas (indústria, queimadas, etc.) ou de fontes móveis (veículos automotores, aviões, etc.), sendo esta a maior responsável pelos altos índices emitidos.

“O tráfego de veículos é um dos grandes responsáveis pela degradação da qualidade do ar nos centros urbanos. De acordo com a União Européia (2002), o tráfego rodoviário foi responsável por 63% do Monóxido de Carbono (CO), 39% dos Hidrocarbonetos (HC), 47% dos Óxidos de Nitrogênio (NOx) e 29% do Dióxido de Carbono (CO₂) lançados na atmosfera. Ainda que os recentes avanços tecnológicos (ex: catalisador, injeção eletrônica, etc.) tenham reduzido de forma significativa a quantidade de emissões produzidas por quilômetro viajado, o crescimento da frota de veículos e o aumento nas distâncias viajadas tendem a compensar este benefício.” (WBCSD, 2001 *apud* LIMA, 2017).

Esta informação ainda se complementa com o exposto por UEDA; TOMAZ (2011):

“Os principais poluentes atmosféricos emitidos por fontes móveis são monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx), dióxido de enxofre (SO₂), material particulado (MP) e hidrocarbonetos (HC). O monóxido de carbono, os óxidos de nitrogênio e o material particulado são produtos da combustão em motores a combustão interna. Os hidrocarbonetos são emitidos pelo escapamento dos veículos e, também, pela evaporação dos combustíveis e dos óleos lubrificantes. O dióxido de enxofre está relacionado principalmente à presença de enxofre no combustível. Alguns poluentes, como monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃), material particulado (MP), aldeídos (RCHO), óxido nítrico (NO₂) e hidrocarbonetos (HC), como benzeno, 1,3-butadieno, benzopireno, têm efeitos adversos à saúde humana bem conhecidos e estão relacionados a doenças respiratórias, como asma, à maior incidência de câncer, doenças cardiovasculares, problemas neurológicos e de reprodução.” (UEDA; TOMAZ, 2011)

2.6 AS NOVAS LEGISLAÇÕES SOBRE EMISSÕES DE POLUENTES

Segundo IBAMA (2013), em seu Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), com a massificação de veículos a combustão entre as décadas de 1930 a 1980 no mundo, notou-se um grande índice de emissões de poluentes provenientes destes automóveis. Medidas administrativas foram tomadas nos Estados Unidos e Europa a fim de reduzir as taxas de poluentes nocivos na atmosfera que prejudicasse o meio ambiente e os seres vivos. Posteriormente essas medidas tomaram nível global.

No Brasil, no final da década de 1980, criou-se o PROCONVE (Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores) onde tem o objetivo de estipular os limites máximos de emissões que cada categoria de veículo deve atingir, funcionando com redução progressiva. Com isso, o programa serviu de grande incentivo para o mercado automobilístico, fazendo com que as montadoras dessem um passo importante nas tecnologias aplicadas aos motores, tornando desafiador para os engenheiros criarem um projeto cada vez mais qualitativo.

2.6.1 PROCONVE

“O PROCONVE foi criado em 1986 pelo IBAMA visando a redução de emissões de poluentes atmosféricos e de ruídos em todos os veículos automotores vendidos e produzidos no país. O PROCONVE foi uma adaptação das normas e metodologias internacionais, principalmente a da Europa. Considera também a concepção tecnológica do motor assim como a qualidade do combustível como fatores da emissão de poluentes.” (CETESB, 2013 *apud* IBAMA, 2013).

O PROCONVE tem como objetivos:

- a) Reduzir os níveis de emissão de poluentes por veículos automotores visando o atendimento aos Padrões de Qualidade do Ar, especialmente nos centros urbanos;
- b) Promover o desenvolvimento tecnológico nacional, tanto na engenharia automobilística, como também em métodos e equipamentos para ensaios e medições da emissão de poluentes;

- c) Criar programas de inspeção e manutenção para veículos automotores em uso;
- d) Promover a conscientização da população com relação à questão da poluição do ar por veículos automotores;
- e) Estabelecer condições de avaliação dos resultados alcançados;
- f) Promover a melhoria das características técnicas dos combustíveis líquidos, postos à disposição da frota nacional de veículos automotores, visando a redução de emissões poluidoras à atmosfera.” (Resolução CONAMA n.18/1986 *apud* IBAMA, 2013).)

Ainda segundo o órgão do IBAMA (2013), o crescimento de automóveis dirigidos por apenas com um único passageiro devido a carência crônica dos sistemas de transporte público, intensificou-se o congestionamento de veículos nos grandes centros urbanos. Além de causar constantes problemas de tráfego, com deterioração ambiental, conseqüentes da poluição do ar e também sonora, que tornou-se proveniente de veículos automotores que causa danos à saúde para a população, devendo ser controlados por meio da adoção de medidas eficazes de controle da poluição veicular, direta ou indiretamente.

Com isso, o programa veio de diversas fases, denominadas cada uma por a letra “L” ao longo dos anos, conforme ilustrado na figura 13, a seguir:

Figura 13 - Fases “L” Implantação PROCONVE no Brasil.

Estratégia de implantação do PROCONVE para veículos leves (Fases “L”)

Fase	Implantação	Característica / inovação
Fase L-1	1988-1991	Caracterizada pela eliminação dos modelos mais poluentes e aprimoramento dos projetos dos modelos já em produção. Iniciou-se também nesta fase o controle das emissões evaporativas. As principais inovações tecnológicas que ocorreram nesta fase foram: reciclagem dos gases de escapamento para controle das emissões de NO _x ; injeção secundária do ar no coletor de exaustão para o controle de CO e HC; implantação de amortecedor da borboleta do carburador para controle do HC e a otimização do avanço da ignição.
Fase L-2	1992-1996	A partir dos limites verificados na Resolução CONAMA 18 de 1986, nessa fase investiu-se na adequação de catalisadores e sistemas de injeção eletrônica para uso com mistura de etanol, em proporção única no mundo. As principais inovações nos veículos foram a injeção eletrônica, os carburadores assistidos eletronicamente e os conversores catalíticos. Em 1994 iniciou-se o controle de ruído dos veículos.
Fase L-3	1997-2004	Em face da exigência de atender aos limites estabelecidos a partir de 1º de janeiro de 1997 (Resolução CONAMA 15 de 1995), ocorreram reduções bastante significativas em relação aos limites anteriores, e o fabricante/importador empregou, conjuntamente, as melhores tecnologias disponíveis para a formação de mistura e controle eletrônico do motor como, por exemplo, o sensor de oxigênio (denominado "sonda lambda").
Fase L-4	2005-2008	Tendo como referência a Resolução CONAMA Nº 315 de 2002, a prioridade nesta fase que teve início no ano de 2005 é a redução das emissões de HC e NO _x , (substâncias precursoras de Ozônio). Para o atendimento desta fase, se deu o desenvolvimento de motores com novas tecnologias como a otimização da geometria da câmara de combustão e dos bicos de injeção, o aumento da pressão da bomba injetora e a injeção eletrônica.
Fase L-5	2009-2013	Com os limites de emissão da Resolução CONAMA Nº 315 de 2002, da mesma forma que na fase L-4, a prioridade na fase L-5 é a redução das emissões de HC e NO. De maneira análoga à fase L-4, as inovações tecnológicas se deram na otimização da geometria da câmara de combustão e dos bicos, o aumento da pressão da bomba injetora e a injeção eletrônica. Nesta fase deu-se a redução de 31% das emissões de hidrocarbonetos não-metano para os veículos leves do ciclo Otto e de 48% e 42% para as emissões de NO _x para os veículos leves do ciclo Otto e Diesel, respectivamente. Além disso, as emissões de aldeídos foram reduzidas em, aproximadamente, 67% para os veículos do ciclo Otto.

Fonte: IBAMA, 2013

3 METODOLOGIA

Este trabalho de graduação foi baseado em pesquisa bibliográfica, e exploratória, norteando sua base principalmente em pesquisas de livros conceituais e pesquisas consagradas por renomes internacionais e teve como objetivo demonstrar bibliograficamente a evolução dos motores a combustão interna (M.C.I.), fazendo um comparativo entre as primeiras gerações com as novas gerações que focam em motores de menores dimensões e maior desempenho, também como em reduzir emissões e aumentar a autonomia, utilizando tecnologias como: eletrônica embarcada e sistemas de hibridização. Desta forma, identificaram-se as melhorias e benefícios em autonomia, minimização de emissões de CO₂ e a otimização de desempenho e custos, valendo-se de pesquisa exploratória, a qual, segundo Yin (1994) se trata da melhor abordagem para se construir e avaliar conhecimento, comparativamente, acerca de tecnologias até então estudadas individualmente. Uma nova geração de motores que se diferencia da anterior por apresentar componentes, como por exemplo: o mapeamento e dimensionamento do bloco do motor de maneira estratégica, onde é possível substituir componentes mecânicos de ferro fundido por algo mais leve e barato, um processo que está agora sendo incorporado por diversas montadoras em nível global, com a massificação do motor por componentes de plástico e alumínio, e pode-se garantir uma melhor eficiência com a diminuição no consumo de combustível dos veículos, além de outros fatores que auxiliam na manutenção, operação e segurança dos automóveis.

3.1 METODOLOGIA DA PESQUISA

De acordo com os objetivos, as pesquisas podem ser classificadas em Pesquisa Exploratória, Pesquisa Descritiva e Pesquisa Explicativa (GIL, 1991).

Segundo GIL (1991) as pesquisas exploratórias têm como objetivo de promover um maior envolvimento com o problema definido, e assim torná-lo concebível visto que o mesmo pode ser levantado por hipóteses ou intuições, abrangendo levantamento bibliográfico, citações e também exemplos que contribuam para a compreensão do assunto, além de entrevistas com profissionais que tiveram conhecimento prático com o problema pesquisado. Pesquisas

bibliográficas e estudos de caso são muito aplicados nas pesquisas exploratórias, uma vez que utilizam muito a intuição do pesquisador.

A Pesquisa Descritiva tem a finalidade de descrever precisamente o objeto de estudo (população, fenômeno, problema) utilizando coleta e levantamento de dados qualitativos, mas principalmente quantitativos (GIL, 1991).

Ainda segundo GIL (1991), uma pesquisa exploratória tem a função de tornar um problema explícito a fim de criar hipóteses, fazendo com haja uma maior interação de pessoas que tiveram experiências com problemas envolvendo o estudo abordado, com o objetivo de obter a compreensão e possíveis formações de futuras pesquisas bibliográficas e estudo de caso.

GIL ainda afirma que a pesquisa bibliográfica se dá a partir de dados e materiais já existentes, contidos em livros, artigos de periódicos e possíveis acessos à internet.

A pesquisa explicativa busca identificar e explicar as causas de determinado problema a ser estudado, expondo a realidade ao explicar a razão das causas e métodos que foram utilizados. Costumam dar continuidade a pesquisas descritivas e exploratórias, uma vez que oferecem uma visão mais detalhada do assunto e do tema abordado.

Neste trabalho de graduação usou-se a pesquisa exploratória, onde por meio de vários autores, foi executado um comparativo entre motores convencionais e motores *Lean & Green*.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 AS PESQUISAS SOBRE AS NOVAS GERAÇÕES DE MOTORES A COMBUSTÃO INTERNA

Conforme MAYERSOHN (2017) segundo pesquisas e projeções de Heywood apesar do avanço dos carros elétricos, os motores a combustão, considerados por alguns que estão sendo extintos, continuam a evoluir e não devem ser substituídos tão cedo. As tendências prospectam que carros elétricos venham a superar os motores a combustão interna ou híbridos, porém os motores a gasolina e a diesel ainda não estão com seus dias contados, devido a revolução tecnológica sendo ainda possível realizar diversas otimizações nos componentes dos M.C.I fazendo com que os mesmos venham a atender os propósitos requeridos pelas montadoras.

De acordo com entrevista publicada por MAYERSOHN (2018), da New York Times, destacam-se os profissionais da indústria comentam suas expectativas quanto as nova gerações, eles foram unânimes em dizer que os motores a combustão ainda serão utilizados por longo prazo, “Acredito que ambos motores seguem juntos por um longo período, por isso continuamos a investir nos dois tipos de tecnologia”, afirma Claudio Castro, Diretor de pesquisa e desenvolvimento da fabricante Schaeffler.

Segundo GRANDE (2018), em matéria publicada na revista online Quatro Rodas, a fabricantes de componentes e peças para motores “Bosch”, compartilhou da mesma ideia em adotar uma estratégia de cinco potenciais cenários diferentes e que irão mudar o comportamento do mercado, sendo que apenas um deles considerou a mudança radical, rápida e massificada, de uma tecnologia para outra.

Sendo assim pode-se dizer que os motores de combustão interna possuem consideráveis potenciais de melhoria de seus consumos e emissões. Através da otimização tecnológica do próprio propulsor (motor), aumentando sua eficiência e minimizando a perda de energia, ou por parte de um sistema de propulsão híbrido.

SCHAEFFLER (2018), divulga que os motores a gasolina registraram enormes progressos nos últimos 15 anos, em relação à redução do seu consumo e emissão. Incitados por uma legislação ambiental cada vez mais severa, os fabricantes vem aplicando nestes propulsores as tecnologias que já empregaram

nos Diesel, como, por exemplo, a injeção direta e a sobre alimentação por turbo compressor, o que tornou viável a fabricação de motores com menores dimensões (*downsizing*), alterando sua parte estrutural para que comporte um número menor de cilindros, e diante de todos esses fatores, os ganhos de torque dessa nova geração permitiram um grande desenvolvimento das caixas de velocidades e também o aumento do número de relações. Aplicando todas essas inovações, o consumo e as emissões tiveram uma grande redução. (VALERA, 2018).

4.1.1 Modelos de entrada: Antiga geração x Nova geração

Após as fases “L5” e “L6” do PROCONVE, onde se destacou a implantação de diversas tecnologias, os motores para os carros de entrada tiveram mudanças que foram determinantes para seu desempenho e eficiência.

Figura 4 - Antiga e nova geração Ford Ka (2008 e 2018).



Fonte: GRANDE, 2018.

Os modelos Ford Ka modelos 2008 e 2018 respectivamente mostrados na figura 14, se diferenciam pelo motor Zetec Rocam 1.0 de 72,7 CV de 4 cilindros em linha, com 9,3 kgf.m de torque para o motor Ti-VCT 1.0 de 85 CV com 3 cilindros em linha e 10,7 kgf.m de torque, seguindo os dados do quadro 2.

Quadro 2 – Comparativo de ganhos Ford Ka.

Veículos	Ka (2008)	Ka (2018)
Consumo (Álcool) [km/l]	9,6	10,7
Consumo (Gasolina) [km/l]	13,8	15,5
Torque Máximo (Álcool) [kgf.m]	9,3	10,7
Torque Máximo (Gasolina) [kgf.m]	8,9	10,2
Potência (Álcool) [CV]	72,7	85
Potência (Gasolina) [CV]	69,3	80

Fonte: www.carrosnaweb.com.br, 2018

Figura 55 - Volkswagen Gol e UP Tsi (2009 e 2019)



Fonte: GRANDE, 2018.

Os veículos mostrados na figura 15 da Volkswagen Gol Trend 1.0 vêm com o motor EA111 de 76 CV, 4 cilindros em linha e 10,6 kgf.m de torque. Já o Up Tsi 1.0, vem com motor EA211 1.0 turbinado com 105 CV, com 3 cilindros em linha e 16,8 kgf.m de torque, incluindo dados no quadro 3.

Quadro 3 – Comparativo de ganhos Volkswagen Gol e Up.

Veículos	Gol (2009)	UP Tsi (2019)
Consumo (Álcool) [km/l]	9,5	11,11
Consumo (Gasolina) [km/l]	14,1	16
Torque Máximo (Álcool) [kgf.m]	10,6	16,8
Torque Máximo (Gasolina) [kgf.m]	9,7	16,8
Potência (Álcool) [CV]	76	105
Potência (Gasolina) [CV]	72	101

Fonte: www.carrosnaweb.com.br, 2018

Figura 16 - Chevrolet Celta e Onix (2007 e 2019).



Fonte: GRANDE, 2018.

Os modelos de entrada mostrados na figura 16 da antiga e nova geração da Chevrolet (GM) são: o Celta equipado com o motor VHC 1.0 de 4 cilindros em linha, fornecendo potência de 70 CV e torque de 8,8 kgf.m; já a nova geração Ônix tem motor SPE/4 1.0 de 4 cilindros em linha, 80 CV de potência e 9,8 kgf.m de torque destacando-se ainda os dados do quadro 4.

Quadro 4 – Comparativo de ganhos Chevrolet Celta e Onix.

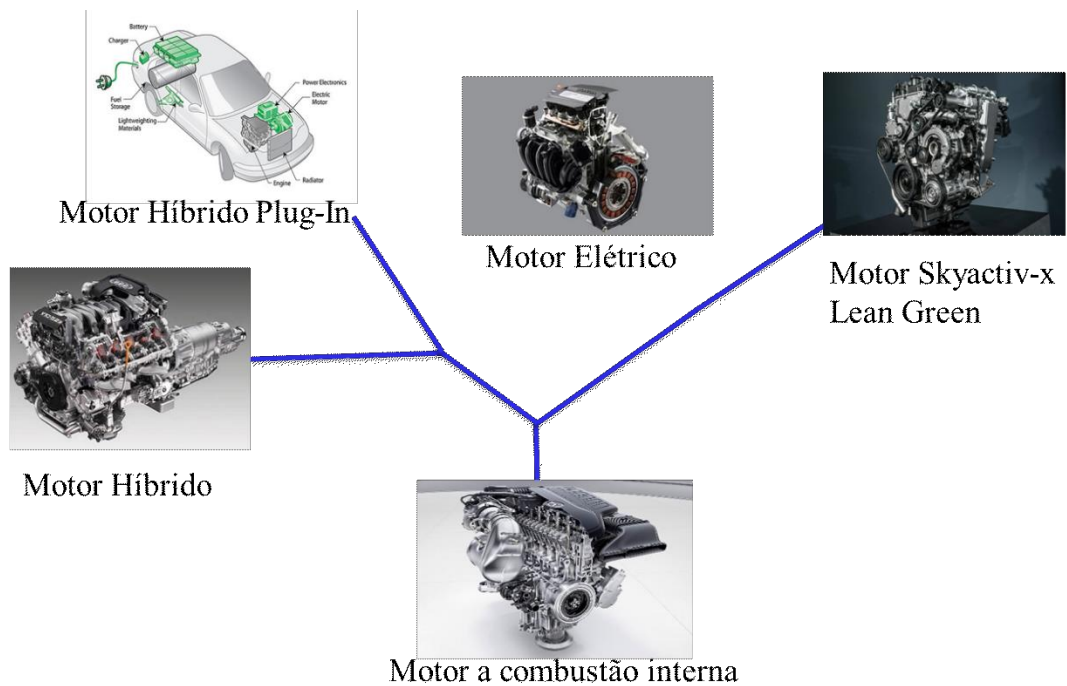
Veículos	Celta (2007)	Onix (2019)
Consumo (Álcool) [km/l]	8,7	10,5
Consumo (Gasolina) [km/l]	12,8	15,3
Torque Máximo (Álcool) [kgf.m]	9	9,8
Torque Máximo (Gasolina) [kgf.m]	8,8	9,5
Potência (Álcool) [CV]	70	80
Potência (Gasolina) [CV]	70	79

Fonte: www.carrosnaweb.com.br, 2018

4.1.2 Tipologia dos Motores

Segundo JUNIOR; BARBOBSA (2012), as tipologias de motores a serem implantados nos veículos automotores podem ser definidas de acordo com os critérios e figura 17 abaixo:

Figura 17 - Árvore Genealógica de Motores.



Fonte: Próprios autores, 2018

- a) Automóvel Híbrido – *Hybrid Electric Vehicle* (HEV): Nessa categoria os veículos possuem um motor a combustão interna (em geral a gasolina) e um motor elétrico que é carregado por energia cinética. O motor elétrico minimiza a utilização do motor a combustão interna reduzindo assim o consumo de combustível e a emissão de gases. Sua vantagem é possuir uma autonomia superior ao dos veículos elétricos, são fáceis de se abastecer, porém são tão poluentes quanto os carros tradicionais;
- b) Automóvel Híbrido Plug-In – *Plug-in Hybrid Electric Vehicle* (PHEV): Apresenta as mesmas características do veículo híbrido, porém possui uma célula de bateria podendo ser carregados pela tomada;
- c) Automóveis Elétricos – *Battery Electric Vehicle* (BEV): esses automóveis são movidos exclusivamente pela energia acumulada e disponibilizada por baterias (atualmente íonlítio) recarregáveis em praticamente qualquer lugar com disponibilidade de energia elétrica. Diferentemente dos veículos híbridos, esses automóveis não dispõem de motores a combustão, não emitindo assim gases poluentes na atmosfera, porém ainda o tempo de recarga das baterias

é longo e autonomia do veículo é pequena, embora digam que é ideal para o uso urbano;

- d) Automóvel com Célula de Combustível – *Fuel Cell Vehicle* (FCV): a célula a combustível basicamente converte energia química em energia elétrica. O veículo é alimentado com hidrogênio e capta o oxigênio do ar. A célula de combustível converte assim os dois elementos em água e eletricidade. Essa eletricidade move o motor e a água sai pelo escapamento. Esse veículo possui autonomia maior que a dos veículos elétricos e pode ser abastecimento rapidamente, porém não há uma rede estabelecida para isso com hidrogênio disponível e as células de combustível ainda são muito caras.

4.1.3 Motor Mazda Sky Active-X

O *SkyActiv-X* (figuras 18 e 19) é o motor que acompanha a Mazda em sua investida para diminuir os níveis de consumo e melhorar o consumo de combustível. Hoje, as famílias de motores são chamadas de *SkyActiv-G* e *SkyActiv-D*, para gasolina e diesel, respectivamente. Comparado com *SkyActiv-G*, o X tem consumo de 20 a 30% melhor e torque aumentado em 10 a 20% em relação ao atual 2.0. (HOLMES, 2018)

Ainda segundo HOLMES (2018), o Mazda o *SkyActiv-X* atinge os 24,9 kgf.m de torque, com consumo de 15,3 km/l na cidade e 20,4 km/l na estrada, dados significativos comparados a última versão da montadora, que no modelo Mazda 3, vem com o motor 2.0 automático, produzindo 157 CV e 20,7 kgf.m de torque, e consumo (nos EUA) de 11,9 km/l na cidade e 15,7 km/l na estrada.

A diferença neste motor está na ignição da gasolina por compressão, o que leva a muitos benefícios que os motores a diesel possuem. Sendo assim, a gasolina nos motores de ciclo Otto queimam a mistura de ar e combustível por uma centelha provocada pela vela, já no *SkyActiv-X*, ele injeta uma baixa mistura de gasolina com ar até que ela se exploda espontaneamente, como num motor a diesel, os engenheiros da Mazda dizem que o *SkyActiv-X* pode produzir mais torque com menos perda de temperatura e menor uso de combustível. (HOLMES, 2018)

HOLMES complementa que o protótipo usa um motor 2.0 de 4 cilindros com supercharger (compressor mecânico), resfriado pela recirculação de gases do escape, e variador de tempo de abertura das válvulas controlado eletronicamente.

Ele tem taxa de compressão de 16,1:1, bem alta se comparada a outros motores a gasolina, e sistema de injeção direta de alta pressão. Como na maioria dos motores de injeção direta, o injetor está no topo do cilindro e a vela, ao lado.

Na maior parte do tempo, o motor funciona com o que a Mazda chama de "*Spark Controlled Compression Ignition (SPCCI)*", ou ignição por compressão controlada por faísca. Uma mistura bem pobre (ou seja, com pouco combustível na proporção com o ar) é injetada na câmara de combustão, que se espalha graças a um pistão com desenho especial. O *supercharger* é usado para colocar mais ar se for necessário deixar a mistura mais magra. Assim que o pistão atinge o ponto morto (meio de seu curso), com a maior parte da mistura pronta para entrar em ignição por contra própria, há a injeção de uma pequena quantidade de gasolina e uma faísca da vela. Esta explosão queima o resto da mistura, o que produz mais potência neste tempo.

Figura 68 – Motor Mazda SkyActiv-X.



Fonte: HOLMES, 2018

Figura 7 - Protótipo Mazda Skyactiv-x



Fonte: HOLMES, 2018

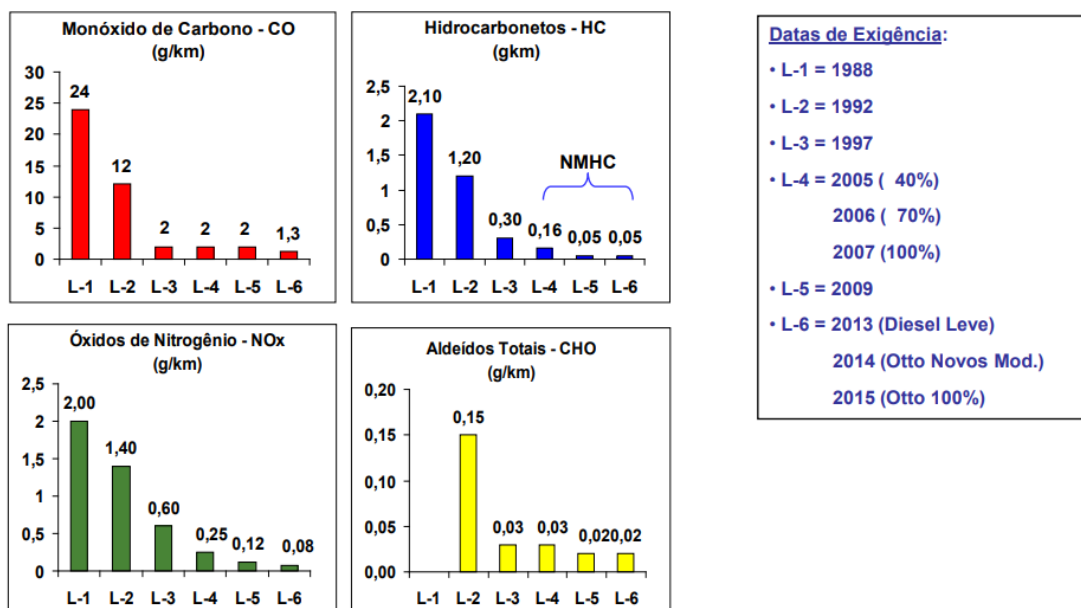
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O balanceamento entre “economia, desempenho e redução de emissões”: motores “Lean & Green”, para se ter boa eficiência energética são necessários diversos fatores que implicam em um trabalho minucioso de apontamento de diversas partes do veículo, levando em conta todos os tipos de trabalho, internos e externos que implicam diretamente no seu rendimento.

Em artigo publicado por JUNIOR; BARBOSA (2012), de acordo com estudo efetuado pela consultoria McKinsey, Ealey e Mercer (2002) destaca-se que, nos últimos 20 anos, as montadoras melhoraram significativamente a potência, o consumo de combustível e a emissão de poluentes de seus motores. Para os consultores, 90% de todos os novos veículos em economias desenvolvidas, em 2015, ainda seriam equipados com motores a combustão interna, que continuará dominante pelo menos até 2025, sozinhos ou em carros híbridos. Essa opinião é também compartilhada pelo diretor global de sustentabilidade e meio ambiente da Ford, John Viera, que prevê que, em 2020, apenas 25% dos carros vendidos pela companhia sejam híbridos ou elétricos.

Ainda segundo o IBAMA (2013), os dados gráficos, ilustrados à figura 20 a seguir, mostram reduções significantes ao longo do tempo, desde o seu surgimento, dos principais índices de poluentes no Brasil.

Figura 20 – Redução de partículas por poluentes durante fases “L”.



Fonte: IBAMA, 2013

Por conta ainda de fatores ambientais, os motores elétricos são também poluentes e nocivos, pois sua fabricação gera mais poluentes do que um motor a combustão interna por conta de suas baterias de lítio que são altamente tóxicas e devem ter um cuidado minucioso para seu descarte que ainda não há incentivo e soluções definidas há longo prazo das mesmas.

Ainda que o motor híbrido seja uma das opções para a redução de emissões, ele ainda não é economicamente viável para todo o tipo de público, pois conta com um alto custo de manutenção e está instalado somente em carros de alto padrão. Sendo assim, o tempo que se leva para “se pagar” um motor elétrico acoplado ao MCI, dura em média de 5 a 7 anos, sendo mais viável para motoristas que têm uma alta rodagem com o veículo durante esse tempo.

Segundo GRANDE (2018), destaca-se em trecho de entrevista de Marco Mammetti, gerente de motores da Applus+ IDIADA, ele afirma que:

“As mudanças devem ser cadenciadas porque, por um lado, a eletrificação está em implementação (requer desenvolvimento de vias, formas de geração de energia e infraestrutura para recarga) e, por outro, a indústria automobilística está toda fundamentada na produção dos veículos de combustão interna.”

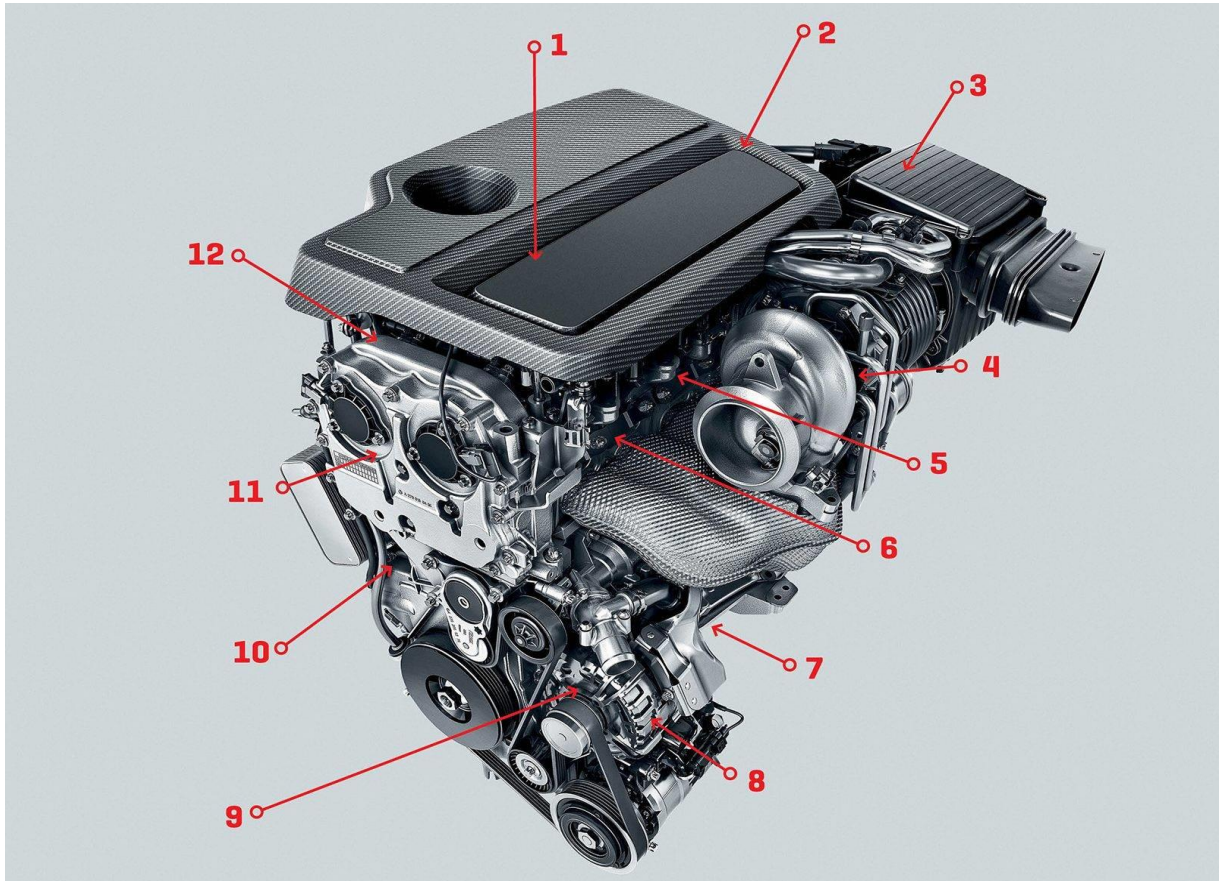
O aumento da oferta de modelos elétricos e as restrições legais que os países estão impondo aos motores a combustão são vistos como algo relativo pelos especialistas, uma vez que ainda existem aplicações em que os elétricos não conseguem substituir os movidos a gasolina, etanol ou diesel.

“Isso porque as baterias ainda pesam muito e têm pouca autonomia”, explica Mauro Simões, gerente sênior de engenharia da MAN Latin America, pois é o caso dos veículos usados no transporte de cargas e de longas distâncias. (GRANDE, 2018)

Ainda segundo GRANDE (2018), antes de o motor a combustão interna deixar de ser comercializado, ele ainda irá evoluir bastante, tornando-se cada vez mais limpo e eficiente. Conforme figura ilustrada a seguir, estes são os fatores que mais

estão passando por mudanças e implantação de tecnologias, que irão variar ao longo dos próximos anos.

Figura 81 – Aplicações de melhorias nos componentes do motor.



Fonte: GRANDE, 2018.

- 1- Injeção de GNV ou água junto com a gasolina, para reduzir emissões.
- 2- Desativação de cilindros a partir do corte da alimentação para diminuir consumo e emissões.
- 3- Uso massificado de plástico, o que ajuda a baixar o peso dos componentes, minimizando o esforço do motor.
- 4- Turbo variável permite ganhos de desempenho e eficiência nos diferentes regimes de funcionamento.
- 5- Taxa de compressão variável para aumentar a eficiência em todos os regimes.
- 6- Redução de atrito a partir do tratamento das peças e da diminuição do número de componentes.
- 7- Tratamento químico dos gases de escapamento (como já existe no diesel) para reduzir emissões.

8- Gestão de energia (com sistema de 48V e freios regenerativos) dispensando dispositivos como alternador e motor de partida (para redução de peso).

9- Hibridização tendo o motor elétrico como aliado na busca de eficiência.

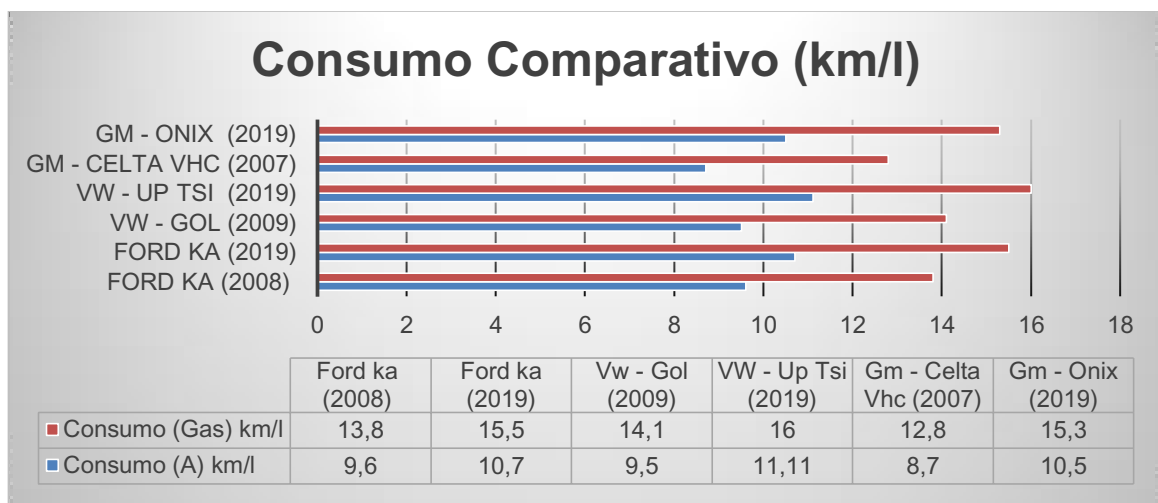
10- Sistema elétrico robusto, responsável pelo acionamento dos diversos sistemas do carro, incluindo aqueles que hoje dependem do motor.

11- Ciclo variável alterando as durações dos tempos (admissão, compressão, explosão e escape) para diminuir consumo e emissões.

12- Gestão térmica com recursos como o aquecimento do combustível para encurtar a fase fria de funcionamento e, assim, reduzir emissões.

Complementam este estudo bibliográfico para o trabalho de graduação, os seguintes gráficos com as perspectivas projetadas para 2019:

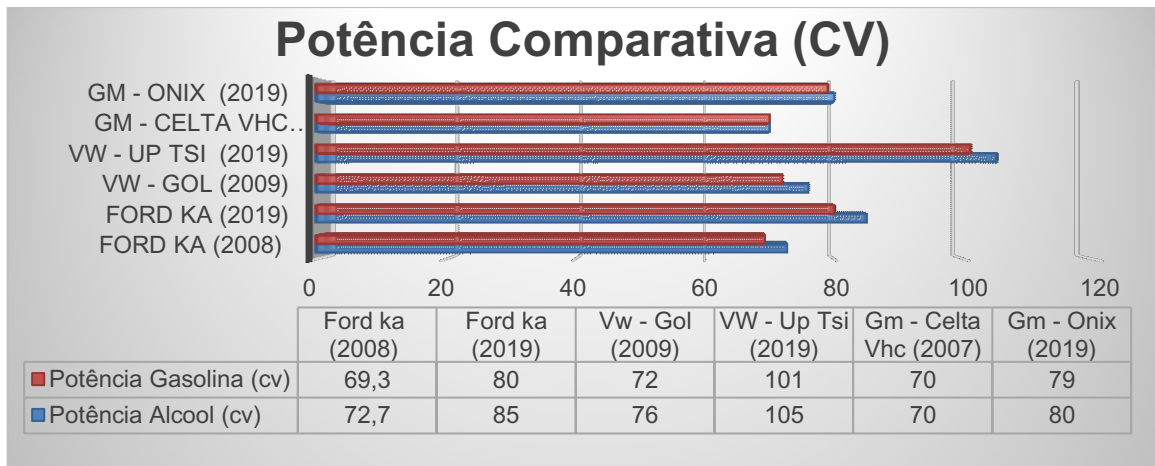
Gráfico 1 – Consumo



Fonte: Próprios autores, 2018

No gráfico 1 acima pode se observar os valores de Consumo Comparativo em quilômetros por litro (km/l), entre os automóveis da mesma classe, das montadoras Ford, Volkswagen e General Motors (GM), contemplando o período entre 2008 e o projetado para 2019, comparando-se os modelos Ford Ka (2008) com o Ford Ka (2019), o Volkswagen Gol (2009) com o Up Tsi (2019) e o CM Celta com o GM Onix (2019), obtendo-se um ganho médio de autonomia de 13% quando abastecidos com gasolina e 13,87% com etanol.

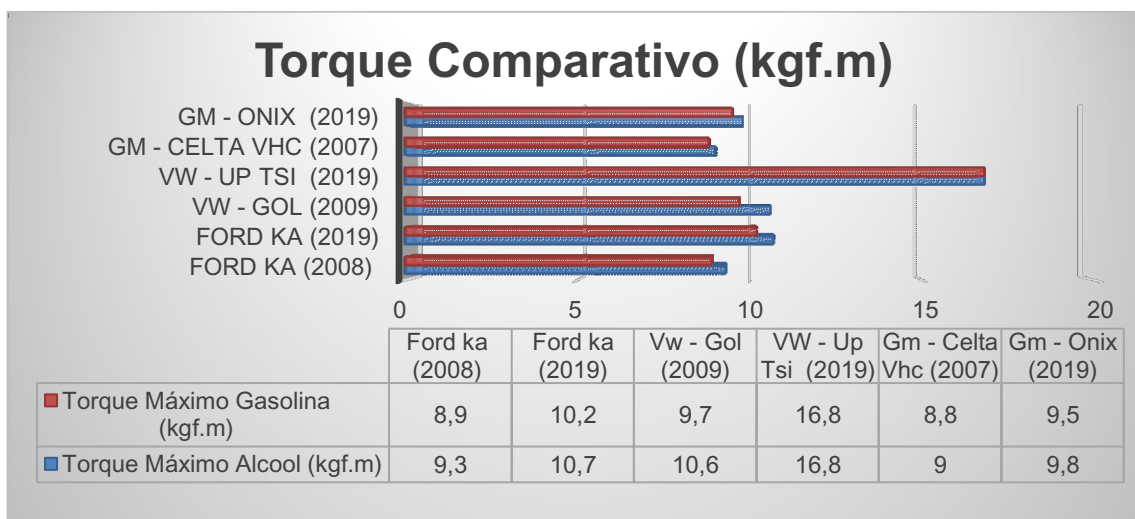
Gráfico 2 – Potência



Fonte: Próprios autores, 2018

Para melhor obtenção de resultados, o gráfico 2 acima faz um comparativo entre as potências em cavalos vapor (CV) dos mesmos modelos de veículos citados no gráfico 1, onde podemos analisar um ganho de 18,86% de potência comparando todos os modelos da nova geração em relação as versões da antiga geração.

Gráfico 3 – Torque



Fonte: Próprios autores, 2018

Segundo o gráfico 3 acima, foi comparado entre versões de mesma marca, o torque em relação aos dados obtidos por cada fabricante, onde se pode analisar um grande crescimento entre suas gerações por conta de novas tecnologias como injeção direta ou multiponto e também a taxa de compressão, que além de ter um grande aumento também se tornou variável.

6 CONCLUSÃO

Neste estudo de trabalho de graduação que realizou-se estudos comparativos para analisar as melhorias e benefícios incorporados nos motores de alto desempenho, comprovou -se que existe uma grande vantagem em adquirir esta nova geração. Um dos critérios avaliados pelas indústrias ao redor do mundo é a sustentabilidade e a autonomia que estes veículos agora abordam em toda sua infraestrutura, além do dimensionamento e reestruturação de componentes que auxiliam na redução de custos e facilitam fatores como: autonomia e desempenho do mesmo. Neste estudo, por meio de uma análise comparativa verificou-se o consumo (gráfico 1), potência alcançada (gráfico 2) e o torque (gráfico 3) como fatores que mais evoluíram nas categorias de entrada, melhorando o rendimento e eficiência energética para essa nova geração de motores Lean & Green de alto desempenho.

Para melhor resultado do estudo, durante a elaboração deste trabalho, as pesquisas bibliográficas se mostraram concretas e objetivas em dizer as vantagens ao longo do tempo em manter o motor a combustão interna por meio de fatores que implicam na redução das emissões oferecendo um benefício para a saúde e meio ambiente, por conta das reduções em 98% de poluentes somente no Brasil após a criação do PROCONVE, tendo um crescimento exponencial em tecnologias que de fato marcaram a década de 1990 até os dias atuais .

A eletrônica embarcada foi primordial para o desenvolvimento exponencial dos motores, pois com a inserção destes componentes tornou-se mais simples a obtenção de dados de todos os fatores que atuam direta ou indiretamente, e com isso, os estudos para obtenção de melhores resultados se tornaram mais fortes, trabalhando parte a parte de cada parte do mesmo.

O turbo compressor também é um fator importante, pois ele é um dos principais acessórios acoplados ao motor que consegue extrair um ganho expressivo de potência e torque que, anteriormente, seriam obtidos somente elevando o número de componentes internos do motor.

Com isso, possíveis desvantagens podem ser afirmadas, mas não são tão concretas por conta de ser um tema novo e que levará alguns anos para se obter dados como a durabilidade e manutenção de um motor do qual se está extraíndo o

máximo de potência e torque, tendo materiais mais leves e de menor resistência e que mesmo assim, tornam os modelos de entrada mais caros comparados aos da antiga geração.

Finalizando os objetivos alcançados, podemos afirmar que a implantação tecnológica mais recente se dá pelo motor da Mazda SkyActiv-X, no qual empregaram-se todas as aplicações da evolução tecnológica, atendendo a todos os aspectos dos motores *Lean & Green*, onde se obteve a redução das emissões, o aumento da autonomia e um ganho de potência de 20 a 30%, se comparados com suas versões anteriores.

7 REFERÊNCIAS

BARGER, E.L.; LILGEDAHL, J.B.; CARLETON, W.M.; McKIBBEN, E.G. **Tratores e seus Motores**. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, Brasil, 1966.

BRAIN, Marshall. **"How Stuff Works - Como funcionam os motores de carros"**. Publicado em 01 de abril de 2000 (atualizado em 14 de maio de 2008).

BRUNETTI, Franco: **Motores de combustão interna**, Vol. 1; São Paulo, Edgard Blücher Ltda. 2012.

BRUNETTI, Franco: **Motores de combustão interna**, Vol. 2; São Paulo, Edgard Blücher Ltda. 2012.

CARROS NA WEB. <<https://www.carrosnaweb.com.br/compara.asp>>. 2018. Acesso em: 20 de Novembro de 2018, 21:41.

DIAS, Anderson. **Injeção Eletrônica: Características e suas diferenças**. Guia do Automóvel. Publicado em 12/07/2012. Disponível em: <<http://www.carrosinfoco.com.br/carros/2012/07/injecao-eletronica-caracteristicas-e-suas-diferencas/>>. Acesso em: 20 de Outubro de 2018, 10:30.

DIONYSIO, Renata; MEIRELLES, Fatima Ventura. **Combustíveis: A química que move o mundo**. 2015. PUC – Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL_combustiveis.pdf>. Acesso em: 20 de Outubro de 2018, 09:42.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Funcionamento do Motor de Combustão Interna**. 2016. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/funcionamento-motor-combustao-interna.htm>>. Acesso em: 22 de Julho de 2018, 18:20.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3ª edição, São Paulo. Editora Atlas, 1991.

GRANDE, Paulo Campo. **Novas tecnologias: a reinvenção dos motores a combustão**. 2018. Disponível em: <<https://quatrorodas.abril.com.br/auto-servico/a-reinvencao-dos-motores-a-combustao/>>. Acesso em 25 de Novembro de 2018, 12:40.

GUERRA, Pedro H. L. **Taxa de compressão e sua influência na performance**. 2017. Disponível em: <<https://educacaoautomotiva.com/2017/04/18/taxa-de-compressao/>>. Acesso em: 26 de Agosto de 2018, 15:40.

HOLMES, Jake. **Mazda SkyActiv-X**. 2018. Disponível em: <<https://motor1.uol.com.br/reviews/229055/mazda-skyactiv-x/>>. Acesso em: 25 de Novembro de 2018, 20:25.

IBAMA, Instituto brasileiro do meio ambiente e dos recursos naturais renováveis: **Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores**. Manual PROCONVE/PROMOT. Brasília, 2013.

JACONDINO, Gabriel Bittencourt; CYBIS, Helena Beatriz Bettella. **Análise do efeito da agregação das variáveis do tráfego na estimativa de emissões veiculares**. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/art_cybis18.pdf>. Acesso em: 19 de agosto de 2018, 16:14.

JUNIOR, Wilian Gatti; BARBOSA, Ana Paula Franco Paes Leme. **A evolução da tecnologia de motores: um estudo preliminar**. Universidade de São

Paulo, 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/256473770_A_evolucao_da_tecnologia_de_motores_um_estudo_preliminar>. Acesso em: 25 de Novembro de 2018, 14:22.

LALLI, Fernando; OTAVIANO, Isabeli. **Lubrificação de motores**. 2016. Disponível em: <www.omecanico.com.br/ed-263-lubrificacao/>. Acesso em: 02 de Novembro de 2018, 22:08.

LIMA, Renato Gavassa; **Evolução dos motores a combustão interna ciclo Otto no Brasil**. Monografia de graduação da Faculdade de Tecnologia (FATEC); Santo André-SP, 2017. Disponível em: <<http://fatecsantoandre.edu.br/arquivos/TCC479.pdf>>. Acesso em: 18 de Agosto de 2018, 14:32.

LUZ, Maria Laura Fernandes. **Apostila de Motores a Combustão Interna**. 2013. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/mlaura/files/2013/01/Apostila-de-Motores-a-Combust%C3%A3o-Interna.pdf>>. Disponível em: 22 de Agosto de 2018.

MARTINELLI, Luiz Carlos. **MCI Conceitos Básicos**. 2009. Artigo – Engenharia Mecânica. Universidade Unijuí – Campus Panambi.

MAYERSOHN, Norman. **New York Times News Service - Motores de combustão interna ganham sobrevida com avanços**. 2017. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/tecnologia/avancos-dao-sobrevida-a-motores-de-combustao-interna/>>. Acesso em: Acesso em 25 de Novembro de 2018, 12:53.

SCHAEFFLER. **Novas tecnologias**. 2018. Disponível em: <https://www.schaeffler.com.br/content.schaeffler.com.br/pt/new_technologies/new_technologies.jsp>. Acesso em 25 de Novembro de 2018, 13:02.

SEVEN WHEELS, 2011. Disponível em <https://sevenwheels.wordpress.com/2011/04/15/como-funciona-um-motor-quatro-tempos/>, acessado em 19 de agosto de 2018, 13:30

TAYLOR, Charles F. **Análise dos Motores de Combustão Interna**, Vol.1, Editora Blücher, 1995.

UEDA , Ana Cláudia; TOMAZ, Edson. **Inventário de emissão de fontes veiculares da região metropolitana de Campinas** - Quim. Nova, Vol. 34, No. 9, p. 1496-1500, 2011. Disponível em: <<http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2011/vol34n9/02-AR10710.pdf>>. Acesso em: 19 de agosto de 2018, 16:30.

VALERA, Alberto. **As 10 tecnologias que mostram o futuro dos motores de combustão e caixas manuais.** 2018. Disponível em: <<http://www.circulaseguro.pt/veiculos-e-tecnologia/as-10-tecnologias-que-mostram-o-futuro-dos-motores-de-combustao-e-caixas-manuais>>. Acesso em: 24 de Novembro de 2018, 11:45.

VARELLA, Carlos Alberto Alves. **Princípios de funcionamento dos motores de combustão interna**, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154_motores_e_tratores/apresenta/principios%20de%20funcionamento%20dos%20motores.pdf>. Acesso em: 25 de julho de 2018, 10:22.

VIDAL, Marlos Ney; PASSOS, Renato. **Economia de combustível vai muito além da evolução do motor.** 2017. Disponível em: <<https://www.autossegedos.com.br/materias-especiais-3/economia-de-combustivel-vai-muito-alem-da-evolucao-do-motor/>>. Acesso em: 24 de Novembro de 2018, 16:22.

YIN, R. K. **Case Study research – design and methods**. London: SAGE Publications, 1994.