

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
DENNER DE ALMEIDA MIRANDA
GUSTAVO DA SILVA RIBEIRO**

**EVOLUÇÃO METALÚRGICA E TECNOLÓGICA DOS
MOTORES A COMBUSTÃO INTERNA DE QUATRO
TEMPOS**

**Taubaté - SP
2018**

**DENNER DE ALMEIDA MIRANDA
GUSTAVO DA SILVA RIBEIRO**

**EVOLUÇÃO METALÚRGICA E TECNOLÓGICA DOS
MOTORES A COMBUSTÃO INTERNA DE QUATRO
TEMPOS**

Trabalho de Graduação apresentado para
obtenção do Certificado de Graduação do
curso de **Engenharia Mecânica** do
Departamento de Engenharia Mecânica
da Universidade de Taubaté.

Orientador(a): Prof. Dr. Fernando Silva de
Araújo Porto

**Taubaté – SP
2018**

SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU

M672e Miranda, Denner de Almeida
Evolução metalúrgica e tecnológica dos motores a combustão interna de quatro tempos / Denner de Almeida Miranda; Gustavo da Silva Ribeiro. – 2018.
40 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica, 2018.

Orientação: Prof. Dr. Fernando Silva de Araújo Porto, Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Combustão. 2. Motor. 3. Otto. I. Título. II. Ribeiro, Gustavo da Silva. III. Graduação em Engenharia Mecânica.

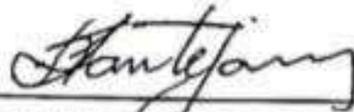
CDD – 621.43

DENNER DE ALMEIDA MIRANDA
GUSTAVO DA SILVA RIBEIRO

**EVOLUÇÃO METALÚRGICA E TECNOLÓGICA DOS MOTORES A COMBUSTÃO
INTERNA DE QUATRO TEMPOS**

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.Msc FÁBIO HENRIQUE FONSECA SANTEJANI
Coordenador de Trabalho de Graduação

BANCA EXAMINADORA:



Prof.Me Luiz Ricardo Prieto Hercos
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof.Me Ivair Alves dos Santos
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof.Dr Fernando Silva de Araújo Porto
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

7 de Dezembro de 2018

Dedicamos esse trabalho aos nossos pais e amigos que sempre nos apoiaram e incentivaram, aos nossos professores que foram de suma importância para nossa graduação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos a Deus por nos dar saúde e forças para chegar até o final dessa graduação.

À Universidade de Taubaté – UNITAU, que nos ofereceu um curso de excelente qualidade com professores altamente capacitados e sempre prontos a nos ajudar

Ao nosso orientador, *Prof.Dr Fernando Silva de Araújo Porto* por toda a motivação e apoio na orientação deste trabalho.

Aos nossos pais Geraldo, Maria José, Daniel Carlos, Jaqueline que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre incentivaram nossos estudos e nos apoiaram.

Aos Professores Me Luiz Ricardo Prieto Hercos, Me. Ivair Alves dos Santos e Msc Fábio Henrique Fonseca Santejani por aceitarem compor a banca examinadora.

Ao professor Me Leandro Maia Nogueira que nos auxiliou e esteve sempre disposto a tirar nossas duvidas

“Na Engenharia 99% feito é igual a 0, faça as coisas
100% para que se considere concluídas.”
(RICARDO GUIDINI)

RESUMO

A indústria automotiva está evoluindo constantemente seus produtos e, anualmente, oferece ao mercado veículos inovadores, novos motores com consumo de combustível reduzido e maior eficiência que aquecem o mercado global. Os veículos mais econômicos e inovadores aumentaram os índices de vendas das indústrias automobilísticas, aumentaram a concorrência e conseqüentemente impulsionaram o desenvolvimento de novas tecnologias de eficiência automotiva. Neste contexto, é importante conhecer o que possibilitou a criação de novos motores que demonstram resultados superiores aos seus predecessores, quais as inovações metalúrgicas e tecnológicas que implicaram no grande desenvolvimento do setor. O presente trabalho tem como objetivo apresentar às evoluções metalúrgicas e tecnológicas dos motores a combustão interna de quatro tempos, que impactam na redução de consumo de combustível, peso do motor e aumento de eficiência. Elaborou-se uma pesquisa descritiva detalhando as principais alterações realizadas nos componentes do conjunto mecânico, tornando visível que o uso de novas ligas metálicas ou não metálicas, e sistemas eletrônicos de controle desenvolvidos para o exercício das atividades requeridas para o funcionamento do motor, implicaram na construção de um conjunto mecânico mais leve e mais eficiente. De acordo com os estudos realizados constatou-se que a importância do processo evolutivo implicou não apenas no aumento de eficiência dos motores, mas também no aumento do índice de compra de veículos, que se encontra em valores mais próximos a realidade das classes sociais mais baixas, resultado obtido através da redução de custos com processos produtivos e volume de matéria prima.

Palavras-chave: Motor. Metalurgia. Evolução.

ABSTRACT

The automotive industry is constantly evolving its products and, annually, offers the market innovative vehicles, new engines with reduced fuel consumption and greater efficiency that heat the global market. The more economical and innovative vehicles increased the sales indices of the automobile industries, increased the competition and consequently boosted the development of new technologies of automotive efficiency. In this context, it is important to know what made possible the creation of new engines that demonstrate superior results to their predecessors, what the metallurgical and technological innovations that implied in the great development of the sector. The present work has as objective to present to the metallurgical and technological evolutions of internal combustion engines of four times, that impact in the reduction of fuel consumption, weight of the engine and increase of efficiency. A descriptive research was elaborated detailing the main changes made in the components of the mechanical assembly, making it possible to see that the use of new metallic or non-metallic alloys, and electronic control systems developed for the activities required for the motor operation, construction of a lighter and more efficient mechanical assembly. According to the studies carried out, it was verified that the importance of the evolutionary process implied not only in the increase of efficiency of the engines, but also in the increase of the index of purchase of vehicles, which is in values closer to the reality of the lower social classes, a result obtained through the reduction of costs with production processes and raw material volume.

KEYWORDS: Engine. Metallurgy. Evolution.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Veículo motorwagen..... | 18 |
| Figura 2 - Darracq 200hp | 19 |
| Figura 3 - Bentley blower..... | 20 |
| Figura 4 - Volkswagen fusca 1936..... | 20 |
| Figura 5 - Motor mercedes 300SL | 21 |
| Figura 6 - Bloco de motor 4 cilindros..... | 24 |
| Figura 7 - Virabrequim de motor 4 cilindros | 26 |
| Figura 8 - Conjunto de bielas..... | 27 |
| Figura 9 - Cabeçote de motor 4 cilindros..... | 28 |
| Figura 10 - Pistão de alumínio..... | 29 |
| Figura 11 - Cabeçote OHV..... | 30 |
| Figura 12 - Cabeçote SOHC..... | 31 |
| Figura 13 - Cabeçote DOHC..... | 31 |
| Figura 14 - Válvula de admissão e escape | 33 |
| Figura 15 - Comparativo entre válvula de admissão e escape..... | 33 |
| Figura 16 - Bomba de óleo do motor..... | 35 |
| Figura 17 - Pescador de óleo..... | 35 |
| Figura 18 - Filtro de óleo..... | 37 |
| Figura 19 - Óleos lubrificantes..... | 39 |
| Figura 20 - Bomba d'agua..... | 40 |
| Figura 21 - Válvula termostática..... | 41 |
| Figura 22 - Reservatório do radiador..... | 41 |
| Figura 23 - Aditivo de radiador | 42 |
| Figura 24 - Radiador automotivo..... | 43 |
| Figura 25 - Sensor de temperatura..... | 43 |
| Figura 26 - Eletro ventilador de refrigeração..... | 44 |
| Figura 27 - Logotipo Podium..... | 45 |
| Figura 28 - Logotipo V-Power Racing | 46 |
| Figura 29 - Logotipo OctaPro..... | 46 |
| Figura 30 - Evolução da frota nacional..... | 51 |
| Figura 31 - Aumento do salário entre 2000 e 2013..... | 52 |
| Figura 32 - Valor dos veículos x salário mínimo..... | 52 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Comparativo de vendas..... | 22 |
| Tabela 2 - Montadoras líderes em vendas | 23 |
| Tabela 3 - comparativo entre lubrificantes minerais e sintéticos | 44 |
| Tabela 4 - Comparativo 302 Windsor e M840TR | 49 |
| Tabela 5 - Motor 4 cilindros 1982 x 2019..... | 50 |
| Tabela 6 - Motor Metro x EA211 | 51 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------------|---|
| OHV | Overhead valve |
| DOHC | Double overhead camshaft |
| OHC | Overhead camshaft |
| VTEC | Variable valve timing and lift eletronic control |
| SAE América | Sociedade dos engenheiros automotivos dos Estados Unidos da |
| ASTM | American society for testing and materials |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|-----|-------------------------|
| HP | Horse power |
| RPM | Rotações por minuto |
| IAD | Índice anti detonante |
| W | Winter |
| RON | Research octanes number |
| MON | Motor octane number |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 15 |
| 1.1 Objetivo geral | 15 |
| 1.2 Objetivo específico | 15 |
| 1.3 Delimitação do estudo | 16 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 17 |
| 2.1 História | 17 |
| 2.2 Quantidade de Vendas no Brasil | 22 |
| 2.3 Peças do motor a combustão interna | 23 |
| 2.4 Bloco do motor | 23 |
| 2.5 Virabrequim e Bielas | 24 |
| 2.6 Cabeçote e pistão | 27 |
| 2.7 Comando de válvulas | 29 |
| 2.8 Válvulas do motor | 32 |
| 2.9 Sistema de Lubrificação | 33 |
| 2.9.1 Bomba de óleo | 34 |
| 2.9.2 Pescador de óleo | 35 |
| 2.9.3 Filtro de óleo..... | 36 |
| 2.9.4 Óleo lubrificante | 37 |
| 2.10 Sistema de arrefecimento a água..... | 39 |
| 2.10.1 Bomba d'água | 40 |
| 2.10.2 Válvula termostática | 40 |
| 2.10.3 Reservatório | 41 |
| 2.10.4 Aditivo de refrigeração..... | 42 |
| 2.10.5 Radiador | 42 |
| 2.10.6 Sensor de temperatura..... | 43 |
| 2.10.7 Eletro ventilador | 43 |
| 2.8 Combustível utilizado | 44 |
| 2.8.1 Octanagem..... | 45 |
| 2.9 Métodos de classificação da octanagem..... | 47 |
| 3 METODOLOGIA | 48 |
| 3.1 Criação de tabela comparativa..... | 48 |
| 3.2 Análise evolutiva. | 48 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 3.3 | Análise de resultados. | 48 |
| 3.4 | Impacto evolutivo no mercado nacional. | 48 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 49 |
| 4.1 | Motor V8 1974 x motor V8 2018..... | 49 |
| 4.2 | Motor 4 cilindros 1982 x motor 4 cilindros 2019 | 50 |
| 4.3 | Motor mais econômico 1990 x motor mais econômico 2019..... | 50 |
| 4.4 | Impacto evolutivo no mercado nacional. | 51 |
| 4.5 | Discussões | 53 |
| 5 | CONCLUSÃO | 55 |
| | REFERÊNCIAS | 57 |

1 INTRODUÇÃO

A evolução da humanidade trouxe consigo as inovações tecnológicas e o crescimento da competitividade comercial, implicando diretamente no crescimento da necessidade por melhorias em todos os âmbitos que circundam a vida humana, assim, as montadoras encontram-se em um âmbito de grande pressão por evolução de seus produtos, de modo que, os automóveis, em destaque seus motores têm passado por notáveis melhorias, desde estruturas mais leves à redução de consumo. Salientando o fato de que os motores a combustão interna tornaram possível a existência de meios de transporte como os automóveis, aviões entre outros, os quais se tornaram elementos indispensáveis para tal evolução.

Os componentes que integram todo o sistema de um motor são numerosos e variados, esses são constituídos de diferentes tipos de ligas metálicas entre outros materiais, de modo a executarem suas funções da melhor maneira para que o funcionamento do motor seja possível, sempre objetivando o melhor rendimento e desempenho. Cada componente do sistema é importante, e todos funcionam de maneira interligada entre si, desse modo, o desenvolvimento desses componentes vem tornando viáveis projetos que eram ineficientes e pouco viáveis no passado.

As inovações automobilísticas têm crescido de maneira exponencial ao longo dos anos, além de ser um fator essencial para o dia a dia da humanidade, fato que despertou o interesse em desenvolver um estudo sobre a evolução do motor de quatro tempos de ciclo Otto, o qual foi criado e desenvolvido por Nikolaus Otto. Desse modo o presente trabalho será desenvolvido objetivando reunir e registrar os estudos realizados, a fim de divulgar e disseminar os conhecimentos adquiridos durante o desenvolvimento desse trabalho de graduação.

1.1 Objetivo geral

Este trabalho visa explicar as diversas tecnologias presentes na indústria automobilística na parte que diz respeito aos motores de combustão interna.

1.2 Objetivo específico

Mostrar todo o avanço tecnológico na área de construção de motores envolvendo a metalurgia e os avanços tecnológicos sobre os componentes e sistemas que permitiram a obtenção de melhores características.

1.3 Delimitação do estudo

O presente trabalho irá abordar mais de um componente e algumas comparações técnicas, porém será focado em apresentar os sistemas tecnológicos presentes atualmente em comparação aos antigos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 História

Por volta do ano de 1860 iniciou-se a ideia de construir uma máquina que utilizasse componentes químicos como combustíveis, após seis anos em 1866, foi desenvolvido e estudado por um comerciante, Nikolaus August Otto. Nascido na Alemanha, Otto pode trabalhar com outros estudiosos e profissionais da sua área de pesquisa, pois na época o motor a vapor era muito utilizado devido a facilidade de combustível, mas o mundo se viu obrigado a desenvolver um novo tipo de equipamento para movimentar as máquinas.

Otto pode conhecer e obter informações sobre o conceito de motor juntamente com Jean Etienne Lenoir grande cientista e inventor do conceito de ignição para funcionamento nos motores a combustão interna onde, o mesmo testou seu conceito em um motor de 1,5HP em um triciclo que utilizava como fonte de energia gás hilha ou óleos leves como xisto ou alcatrão, sendo esses largamente utilizados na época.

Após esse experimento, Otto conseguiu solidificar seus conhecimento e conceitos sobre seu projeto de motor onde esse mesmo foi apresentado na feira internacional de Paris por volta de 1878. Em seu experimento Otto movimentou o pistão até onde o mesmo conseguia se mover manualmente e, percebeu que havia uma mistura entre ar e combustível na câmara de combustão, logo em seguida ele acionou a ignição do motor fazendo com que acontecesse a explosão dos gases e, esses empurravam o conjunto do pistão para baixo gerando um movimento no eixo motriz. Dessa forma ele pode descrever o ciclo do motor como:

1º fase: Admissão do ar e do combustível onde ocorreu o recuo do pistão

2º fase: Compressão da mistura ar-combustível onde houve um aumento na pressão dos gases devido à redução do volume na câmara

3º fase: A ignição do motor e a expansão dos gases gera a força útil necessária para movimento do motor.

4º fase: O pistão voltava à posição de início e havia a liberação dos gases resultantes da combustão.

O motor com ciclo Otto como é chamado até os dias atuais se mostrou muito superior em relação ao motor a vapor. Sendo que a principal das vantagens é o baixo peso já que o motor a combustão não precisava ser aquecido para entrar em

estado de funcionamento, tinha um reservatório de combustível de tamanho reduzido e muito mais eficiente, onde na época se necessitava utilizar grandes caldeiras e reservatórios de água como fonte de combustível, os produtos derivados do petróleo foram adicionados ao mercado para entrar nessa competição.

Otto foi o precursor para o desenvolvimento das indústrias automotivas sendo essas na sua grande maioria presentes na Alemanha, onde fundadores como Karl Benz, fundador da Mercedes Benz, Gottlieb Daimler fundador do grupo Daimler e um dos desenvolvedores do motor por ignição juntamente com Wilhelm Maybach fundador da marca Maybach considerada até hoje a divisão de luxo dos carros do grupo Daimler Mercedes.

Baseado no ciclo criado por Otto, Benz utilizou seu conceito para criar um motor quatro tempos que foi empregado no famoso Benz Motorwagen por volta de 1885 conforme modelo mostrado na figura 1, sendo o primeiro automóvel produzido comercialmente e, lançado em 1886.

Figura 1 – Veículo motorwagen

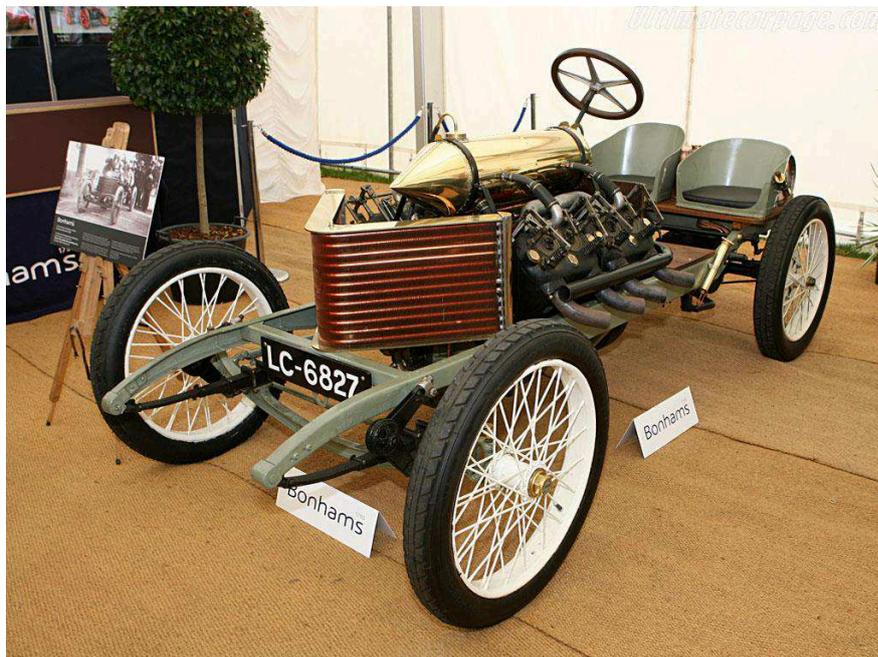


Fonte:Autoesporte

A partir desse momento surgiram as corridas para serem batidos os recordes de velocidade onde, cada vez mais se buscava eficiência em um motor de forma a reduzir seu peso e consumo de combustível. Sendo essas feitas em pistas ou nas

estradas. Por volta de 1903 surgiu o veículo que iria se chamar Darracq, onde esse utilizou um dos primeiros motores que utilizariam o conceito V e, esse veículo disponibilizava ao motor uma potência de 200HP onde em 1905 esse atingiu a velocidade de aproximadamente 175,44 km/h e estabeleceu um novo recorde no meio automotivo. O motor era um V8 a 90° de 25.400cm³ que foi desenvolvido especialmente para bater os recordes de velocidade da época.

Figura 2 - Darracq 200hp



Fonte: Das auto forum

A Mercedes Benz sempre desenvolvia novos componentes para o motor a fim de sair na frente de seus concorrentes eis que durante um projeto entre os anos de 1920 e 1930 surgiram os compressores mecânicos também chamados de sobre alimentadores ou superchargers, que consistiam em elevar o rendimento volumétrico do motor permitindo admitir uma maior quantidade da mistura ar-combustível e também melhorar sua qualidade.

Porem foi pelas mãos de Walter Owen Bentley que esse conceito se provou correto quando o mesmo fez que um veículo de sua empresa ganhasse as 24 horas de Le Mans no ano de 1924 com o Bentley Blower.

Figura 3 - Bentley blower

Fonte:Autoesporte

Mais tarde na década de 1930 surgiria na Alemanha nazista a empresa conhecida hoje como Volkswagen cujo projeto principal de lançamento é o famoso "Fusca" que foi projetado e testado pelo engenheiro Josef Ganz que modernizou a indústria automobilística da época com seu projeto e estudo sobre suspensão independente entre eixos onde, o fusca foi um veículo desenvolvido com baixo centro de gravidade e que se equiparava ao custo de produção de uma motocicleta. O fusca se mostrava superior aos seus concorrentes pelo fato do motor trabalhar com uma refrigeração a ar o que lhe permitia andar grandes distancias nos mais agressivos ambiente e temperaturas, usava um motor 4 cilindros que ficava localizado na parte traseira do veículo e conseguia apresentar potência já em baixas rotações o que para época foi uma grande revolução na indústria.

Figura 4 - Volkswagen fusca 1936

Fonte:Das auto forum

No período que sucedeu a segunda guerra mundial a Mercedes mais uma vez inovou e, a partir do conceito utilizado na área aeronáutica de refrigeração a partir de água nos motores, se desenvolveu o sistema de arrefecimento por água nos automóveis e, por volta de 1952 equipou seu motor 300SL com o sistema mecânico de injeção direta de combustível que nos dias de hoje é muito difundido entre as empresas do ramo automobilístico.

Com a utilização do sistema de refrigeração a água se, reduzia de maneira rápida e fácil a temperatura do motor o que lhe permitia trabalhar com maiores potencias e mais altas taxas de compressão, sem risco de detonação do combustível e danos nas peças internas.

Figura 5 - Motor mercedes 300SL



Fonte:Auto entusiasta

Os sistemas de injeção direta de combustível são muito utilizados nos dias de hoje devido à grande evolução dos componentes eletroeletrônicos que são utilizados nos automóveis permitindo um maior controle das taxas de injeção de combustível e tempo de resposta do moto, aumentando dessa forma o rendimento global do motor em muitas vezes.

As propostas de melhorias de processo e tecnologia são coletadas e analisadas com base nos resultados de projetos automobilísticos” (OCTÁVIO; GERALDO, 1978, p. 128)

2.2 Quantidade de Vendas no Brasil

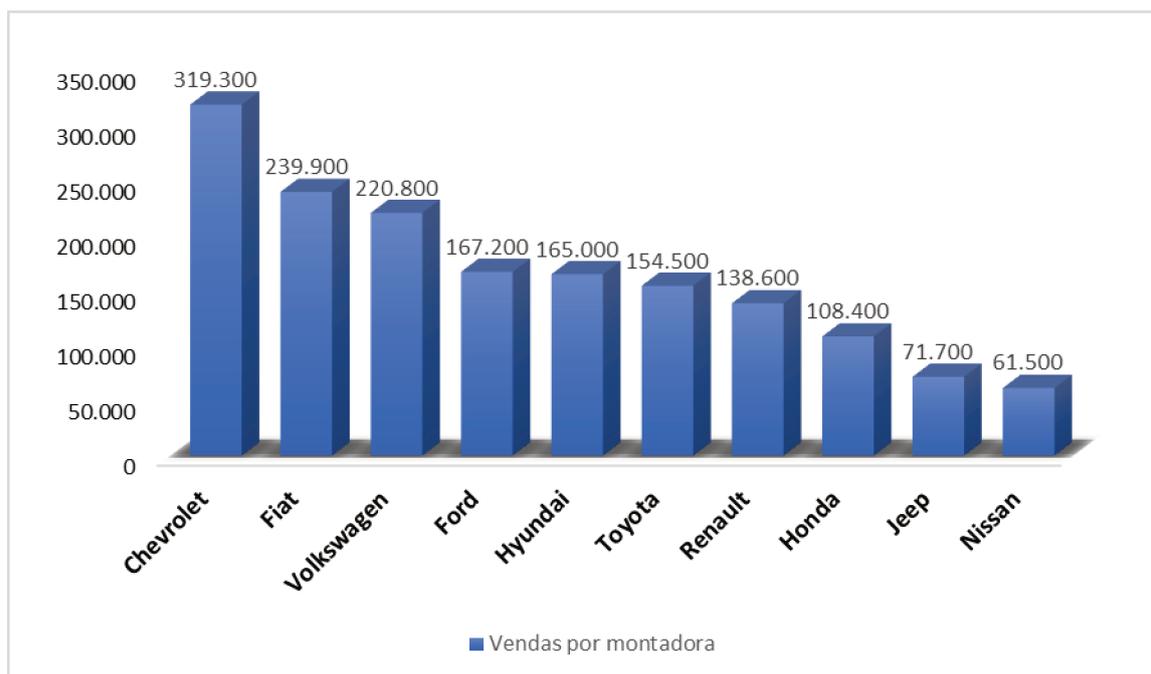
Devido à grande concorrência entre empresas do ramo automobilístico nos dias de hoje, as empresas mais atualizadas e desenvolvedoras de novas tecnologias saem na frente sendo referências no mercado para toda a população. A seguir podemos ver um gráfico de vendas no Brasil de 2017 em comparação com 2016:

Tabela 1 - Comparativo de vendas



Fonte: Auto Esporte

A seguir podemos verificar as 10 montadoras que mais venderam em 2017 no Brasil:

Tabela 2 - Montadoras líderes em vendas

Fonte: Entusiasta Classic

2.3 Peças do motor a combustão interna

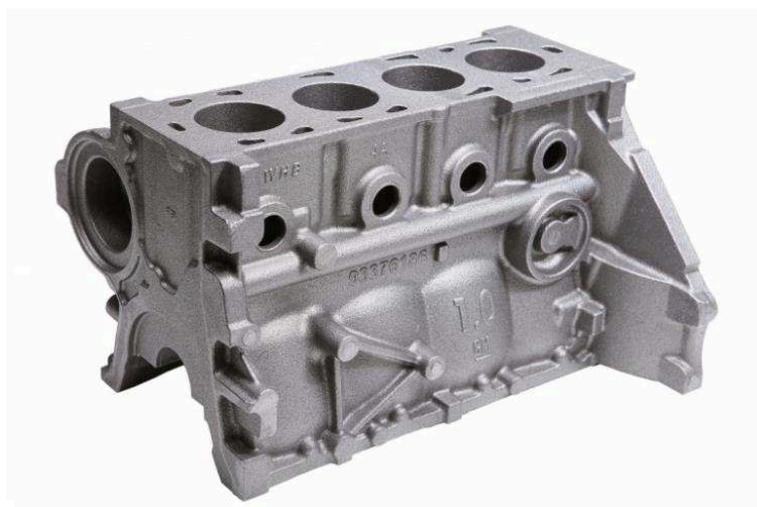
Os componentes dos motores mais antigos como o bloco do motor, o virabrequim, as bielas, o cabeçote e o pistão eram basicamente produzidos em ferro fundido, uma liga metálica pesada, e que em relação as ligas atuais tinham propriedades mecânicas limitadas para o uso em altas taxas de compressão, o que impediam a criação de um motor com alta potência e baixa cilindrada. A evolução do uso das ligas metálicas e as novas descobertas no uso da metalurgia para desenvolvimento de motores mais leves, implicou em motores menores e mais eficientes.

2.4 Bloco do motor

O bloco de um motor é o elemento fundamental de sua estrutura, com o passar dos anos tem deixado de ser produzido em ferro fundido, passando a ser produzido em alumínio. Essa mudança trouxe inúmeras vantagens para todo o conjunto mecânico, em função do bloco de alumínio ser mais leve, ter melhor

usinabilidade, e menor resistência a ganho de temperatura que o bloco de ferro fundido. Essas características permitem obter um bloco mais leve e com menos juntas, desse modo, reduzindo o custo com compra de componentes, além de alcançar em menos tempo a temperatura ideal de trabalho, implicando diretamente na redução do consumo de combustível.

Figura 6 - Bloco de motor 4 cilindros



Fonte: Fullpower

2.5 Virabrequim e Bielas

Assim como o bloco do motor, os virabrequins e bielas eram produzidos com ferro fundido, desse modo, apesar da alta cilindrada dos motores mais velhos, o fato de possuírem um conjunto de virabrequins e bielas notavelmente pesados e com resistência ao processo de combustão relativamente inferior, os grandes motores do passado não entregavam a mesma potência e qualidade que os motores modernos e atualizados em função de trabalharem com menores taxas de compressão. Passando a serem produzidos em liga feita de Ferro cinzento e nodular (Fe), Silício (Si), Carbono (C) e Cromo (Cr), começaram a resistir melhor ao atrito entre as peças envolvidas, o acréscimo de Níquel (Ni) e Molibdênio (Mo), permitiram o aumento da resistência a torção e flexibilidade, além de certa tenacidade, permitindo o conjunto mecânico trabalhar com maiores taxas de compressão e menos atrito, assim, gerando melhor rendimento.

O virabrequim também conhecido como eixo de manivelas, é a peça responsável por transformar a força gerada pelos pistões do motor que se movem para cima e para baixo em uma intensidade de força que faz com que as rodas se

movimentem e desloquem o veículo. Está localizado na parte de baixo do bloco do motor e fica conectado ao volante do motor, geralmente fabricada com aços forjados devido a alta concentração de temperatura ao seu redor sofre diversos tratamentos químicos e térmicos para que aguente os grandes esforços presentes em seu movimento circular e não sofra um desgaste prematuro devido as suas rotações. A abrangência de duração dessa peça varia de acordo com a maneira que o veículo é conduzido, entretanto em condições ideais essa peça dura entre 100 mil quilômetros e 250 mil quilômetros rodados, porém em condições de mau uso podem não durar 50 mil quilômetros.

O mal funcionamento do virabrequim faz com que seja refletido em outros componentes do motor ocasionado por exemplo empenamento das bielas e batidas de metal contra metal entre pistão e camisa do cilindro, entre outros diversos problemas. Alguns dos itens a seguir podem ser suspeitas de problema com o virabrequim tais como, barulhos de atrito metálico no motor, consumo em excesso de óleo lubrificante, superaquecimento do motor, presença de limalhas metálicas ou água no óleo lubrificante, aumento em excesso de combustível devido ao aumento d esforço feito pelo virabrequim para transformar o movimento alternativo em movimento rotativo para que seja transmitido para as rodas. Em caso de quebra do virabrequim quando o motor estiver em movimento ocorre uma chamada dessincronização onde, as peças saem fora do ponto ou lugar de trabalho gerando uma perda instantânea do funcionamento do motor além de ser prejudicado todo o sistema mecânico e de arrefecimento, além de um custo muito alto para que seja reparado isso quando o mesmo apresenta condições de reparo. É importante salientar que a lubrificação é essencial para um bom funcionamento do virabrequim, onde o óleo circula por canais no interior do mesmo gerando uma transferência de calor por parte da peça para o lubrificante.

Os virabrequins são peças feitas através de processos de fundição e usinagem para que seja dado o formato correto e o mesmo venha a apresentar suas devidas tolerâncias geométricas.

Figura 7 - Virabrequim de motor 4 cilindros



Fonte: Fullpower

As bielas têm como função principal transmitir a força gerada na câmara de combustão dos pistões para o virabrequim e, conseqüentemente seja transformado em movimento rotativo gerando torque e rotação para as rodas.

São hastes metálicas que fazem a conexão dos pistões com o virabrequim, a parte superior da biela também chamada de pé é fixada ao pistão através de um pino que permite a peça a se deslocar lateralmente, enquanto a parte inferior chamada de cabeça vai conectada ao miolo do virabrequim, é uma peça fundamental para o funcionamento do motor. Problemas na biela fazem com que o veículo perca sua eficiência e rendimento tais como perda de sincronia do motor, também conhecido como “motor batendo”, alguns dos fatores que tem maior influência nos problemas com bielas são andar com o motor fora do ponto ideal, qualidade de combustível ruim, falta de troca de óleo dentro do prazo que faz com o que o fluido perca suas propriedades lubrificantes e aumente sua viscosidade não conseguindo reduzir o calor gerado pelo movimento das peças, rodar com o motor em alto giro por tempo constante e, também troca da peças como virabrequim ou pistão sem que o conjunto seja balanceado. Para se identificar um problema na biela o motor deve ser obrigatoriamente aberto, sendo possível que sejam feitos testes no componente.

Figura 8 - Conjunto de bielas

Fonte: SF peças

2.6 Cabeçote e pistão

Ambos cabeçote e pistão eram produzidos em ferro fundido, o fato de o cabeçote ser produzido em ferro fundido implicava em uma dissipação ineficiente da alta temperatura gerada, além de sobre carregar o bloco do motor, com demasiada massa. O pistão de ferro fundido não resistia a altas taxas de compressão. Com a evolução dos demais componentes do motor, esses componentes receberam ligas de Alumínio (Al) e Antimônio (Sb), assim, reduzindo suas massas e melhorando expressivamente as propriedades mecânicas.

Cabeçote é o nome dado a peça que constitui a parte de cima do motor, tem como função administrar a entrada e saída da mistura ar-combustível, entre o bloco e cabeçote existe a junta do cabeçote que é responsável por fazer a vedação das câmaras de combustão e canalizar a água através dos canais de refrigeração e, o óleo através dos condutos de lubrificação.

Produzido na grande maioria das vezes a partir do mesmo material constituinte do bloco para que facilite o contato entre as peças e faça com que a vedação das juntas guarnições funcione corretamente. Dentro do cabeçote temos algumas peças dentre as quais podemos citar: velas, válvulas de admissão e escape, mancais de apoio, eixo de comando, molas reguladoras, etc.

Figura 9 - Cabeçote de motor 4 cilindros



Fonte: Race Valley

O pistão é uma das peças que compõem o conjunto mecânico principal de funcionamento do motor, fica localizado dentro da câmara de combustão e sua função principal é fazer a compressão da mistura ar-combustível para que seja gerada a explosão. Normalmente produzida com alumínio ou ligas de alumínio, é conectada a biela do motor através de um pino, também chamado de passador ou eixo do embolo, deve ficar totalmente aderido as paredes do cilindro para que não haja fuga de gases e assim gerando a perda de compressão do motor porém devido ao atrito entre as paredes laterais do pistão e a parede do cilindro a, solução utilizada foi de que fossem feitas ranhuras na parede lateral do pistão assim, permitindo que anéis fossem colocados no interior dessas ranhuras, onde os anéis que estão próximos a cabeça do pistão são chamadas anéis de compressão ou segmentos servem para evitar a fuga da mistura gasosa quando o pistão efetua o movimento de compressão, o anel que fica localizado na parte inferior do pistão é chamada de anel de óleo ou anel raspador ele tem como função retirar o excesso de óleo lubrificante das paredes do pistão e fazer com que se crie uma fina película para que seja lubrificada as peças assim reduzindo o atrito e a temperatura, o uso desse anel permitiu que a durabilidade das peças como cilindro e pistão fossem aumentadas em até 50%.

Em um motor 4 tempos de ciclo Otto apresenta a seguinte ordem de funcionamento:

1º tempo(admissão): o pistão vai do PMS até o PMI fazendo com que a mistura ar-combustível tenha espaço suficiente para entrar na câmara de combustão.

2º tempo(compressão): o pistão vai do PMI até o PMS de forma que a mistura seja comprimida dentro da câmara e assim gere uma concentração e redução do volume de expansão.

3º tempo(explosão):a partir da centelha da vela de ignição, a mistura ar-combustível entra em combustão fazendo com que o pistão vá do PMS até o PMI e seja gerada a força necessária no interior do motor

4º tempo(escape): o pistão vai do PMI até o PMS fazendo a expulsão dos gases restantes da queima através da abertura da válvula de escape sendo conduzidos até o coletor de escape.

Figura 10 - Pistão de alumínio



Fontes: Sada Auto

2.7 Comando de válvulas

Eixo de comando ou também conhecido como comando de válvulas ou árvore de came é um componente importante por ser o “maestro” de um motor a combustão, é destinado para regular a abertura e fechamento das válvulas de admissão e escape do motor, possui denominação de came que é um conceito na área de engenharia onde a parte de um eixo giratório é projetado para transmitir ou movimento alternado ou variável a um outro mecanismo de referência. A rotação do comando de válvulas é controlada pelo giro do virabrequim ou pela chamada corrente de distribuição.

Assim como nas outras peças são inevitáveis problemas no comando e, o que mais acontece é o comando desregulado, seja por folga em excesso ou pelo fato de estar preso, o problema pode ser detectado através de ruídos nas parte de cima

do motor desde mais baixas intensidades até o motor apresentar barulhos ensurdecadores além de apresentar instabilidade no funcionamento, perda de rendimento, aumento dos gases na saída do escape até mesmo o superaquecimento do motor. É importante manter as revisões preventivas do seu veículo em dia para que sejam feitas todas as regulagens de válvula possível e evite que um problema maior venha a surgir no futuro, essa regulagem é feita através de um calibre de lâminas, onde as lâminas são colocadas entre o eixo de comando e a válvula e seja regulado de acordo com o especificado pelo fabricante Possui alguns tipos de configurações tais como:

Comando de válvulas OHV: do inglês Overhead Valve ou válvula em cima do cabeçote, foi um dos maiores saltos na modernização de cabeçotes permitindo uma maior mistura e maior compressão na parte interna do motor, aumentando em até 30% o rendimento e a eficácia dos motores em relação ao sistema antigo que apresentava as válvulas no interior do bloco.

Figura 11 - Cabeçote OHV



Fonte: Clube GM

Comando de válvulas OHC ou SOHC: do inglês Overhead Camshaft, eixo de comando de válvulas no cabeçote ou Single Overhead Camshaft, eixo único de comando de válvulas, fizeram com que o eixo de comando pudesse ser instalado direto no cabeçote, com essa atualização do cabeçote permitiu-se que fosse

reduzido a quantidade de peças no sistema de comando abrindo maiores faixas de rotação para trabalho no motor quando comparados aos modelos mais antigos.

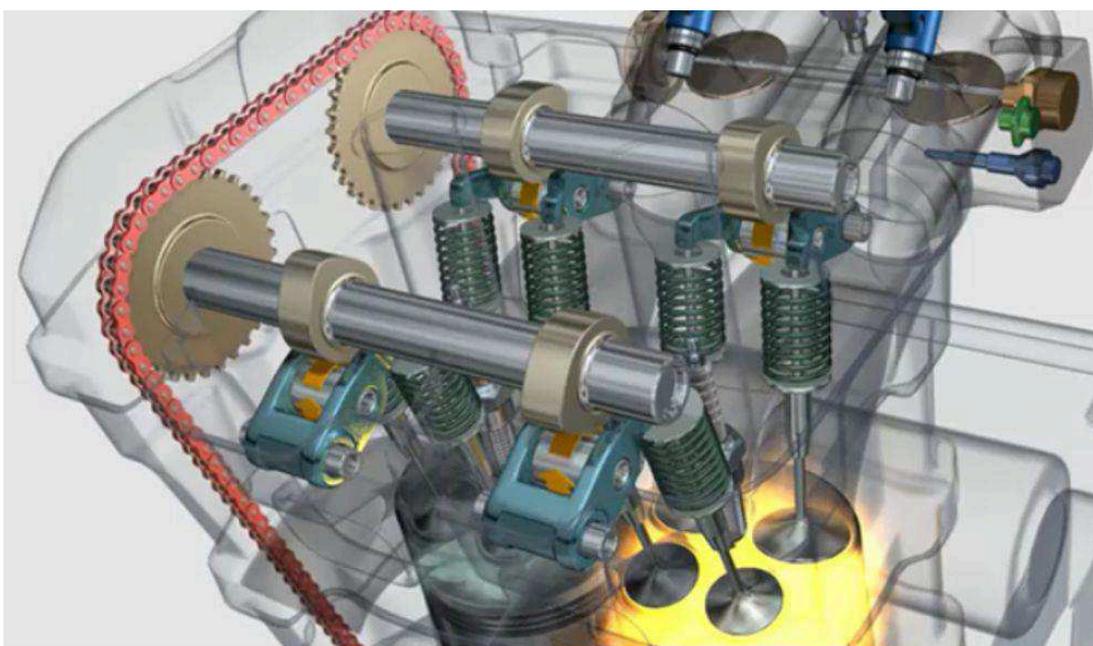
Figura 12 - Cabeçote SOHC



Fonte: Das Auto

Comando de válvulas DOHC: do inglês Double Overhead Camshaft ou duplo comando de válvulas no cabeçote permitiu que as válvulas de admissão e de escape fossem comandadas por eixos distintos e, fez com quem a tecnologia dos variadores de fase ou eixos de comando variáveis pudessem ser criados.

Figura 13 - Cabeçote DOHC



Fonte: Master Tech

2.8 Válvulas do motor

As válvulas são componentes essenciais no funcionamento do motor, pois são elas que regulam a entrada da mistura ar-combustível e a saída dos gases. São produzidas com materiais de ligas refratárias para obter a redução do desgaste e uma maior dissipação e resistência a altas temperaturas, são feitas com ligas a base de níquel ou aço inoxidável, possuem uma alta taxa de durabilidade desde que o motor trabalhe nas faixas ideais de funcionamento, as válvulas quando bem reguladas e em boas condições aumentam a durabilidade do motor e, permitem que o veículo ofereça toda a sua potência e taxas de rendimento. É uma peça de dimensões pequenas com formato cilíndrico e sua cabeça com forma de disco.

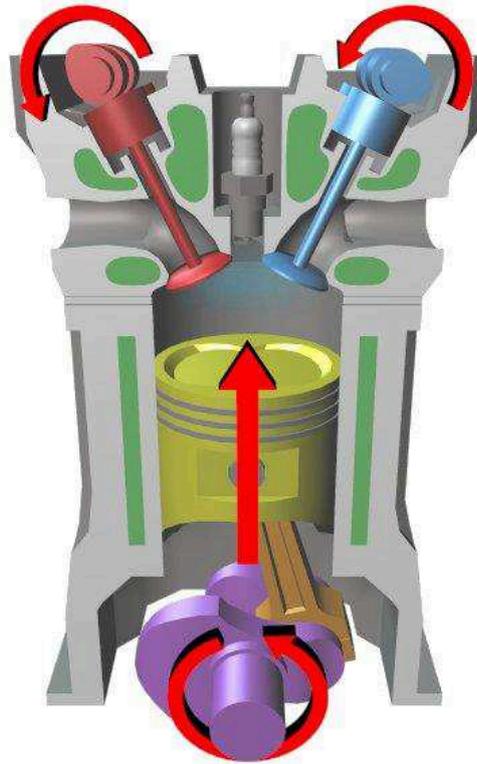
Podemos ter também veículos que possuem controle eletrônico de abertura e fechamento das válvulas tais como o sistema VTEC (Variable Valve Timing and Lift Electronic Control) ou comando de válvula variável com controle eletrônico da montadora japonesa Honda, e o Valvetronic da alemã BMW que consiste na eliminação da borboleta do motor e a implantação de uma válvula precisa que reduz em até 10% o consumo de combustível e aumenta em até 20% o rendimento do motor. As válvulas podem ser de dois tipos sendo elas:

Válvulas de admissão: que são as responsáveis por controlar a entrada da mistura ar combustível no motor.

Válvulas de escape: são elas que eliminam os gases restantes após a explosão da mistura no motor.

As válvulas podem apresentar problemas se trabalharem com o motor sem arrefecimento e em altas rotações onde, a mola que a impulsiona não tem tempo hábil suficiente para abrir e fechar fazendo com que a válvula vibre e venha a bater contra a cabeça do pistão também conhecido esse problema como “batendo válvula” mas, geralmente esse problema só ocorre em faixas de rotação acima de 6000 RPM para que esses limites sejam ultrapassados são utilizados os comandos hidráulicos ou um conjuntos de duas molas que trabalham de forma concêntrica assim, protegendo o motor e o comando em caso de quebra de uma das molas assegurando uma redução no funcionamento para que o motor não venha a travar.

Figura 14 - Válvula de admissão e escape



Fonte: ForumCad

Figura 15 - Comparativo entre válvula de admissão e escape



Fonte: Notícias Automotivas

2.9 Sistema de Lubrificação

O sistema de lubrificação tem como função principal fazer com que todas as partes móveis funcionem com o menor atrito possível e, também fazendo a redução da temperatura nos componentes móveis. Alguns componentes são

responsáveis por armazenar o fluido lubrificante, alguns para controlar a pressão no sistema, outros para fazer a filtragem do lubrificante, porém todos são necessários para um bom funcionamento do motor.

2.9.1 Bomba de óleo

A bomba de óleo é o principal componente do sistema de lubrificação do veículo, sendo responsável por levar o óleo lubrificante para todas as partes do motor que modo que retire o excesso de calor das peças e reduza o atrito entre as mesmas. Ela envia o óleo de forma forçada do cárter para todos os canais de lubrificação, geralmente utilizada uma bomba de engrenagem para fazer o serviço, a rotação de bomba é criada a partir da rotação do próprio motor sendo, que quanto mais alto é o giro do motor mais rápido e o deslocamento de óleo através do motor.

Dentre as peças que podemos citar como partes da bomba temos: corpo, eixo, tampa, engrenagem e válvula, sendo o corpo e a tampa geralmente feitos com alumínio injetado sob pressão e, as engrenagens produzidas através de aço sinterizado, devido ao aumento de qualidade dos materiais sinterizados e o baixo custo quando comparado aos processos comuns de fundição que se obtém as mesma características físicas e mecânicas.

A transferência de óleo do cárter para as partes do motor é o conceito chamado de deslocamento positivo que, na prática se resume a deslocar sempre o mesmo volume de fluido independente da pressão na saída. As condições de trabalho das engrenagens são em um ambiente de alta temperatura.

Assim como todos os componentes do motor a bomba também possui um tempo de vida útil e depois disso precisa ser trocada para continuar exercendo sua função sem perder rendimento, quando os dentes das engrenagens que transferem o óleo do carter para o motor estão gastos eles perdem a capacidade de comprimir o óleo e o mesmo começa a não chegar nos locais mais distantes do carter o que gera ao longo do tempo um aumento na temperatura do motor e menor índice de lubrificação das peças atritadas.

Figura 16 - Bomba de óleo do motor



Fonte: Casa das peças

2.9.2 Pescador de óleo

Geralmente produzido através de injeção de material metálico leve ou de plástico, onde uma das extremidades é fixada no bloco do motor e a outra mergulhada no óleo do carter tem como função coletar o óleo do carter e filtrar as impurezas de caráter macroscópicas não permitindo que cheguem a bomba.

É importante salientar que nas manutenções preventivas sempre deve ser checado o pescador de óleo para verificar a integridade do mesmo e ser realizada a limpeza para permitir toda a capacidade de filtragem do mesmo.

Figura 17 - Pescador de óleo



Fonte: Casa das peças

2.9.3 Filtro de óleo

O filtro de óleo possui extrema importância para o bom funcionamento de um motor, pois é dele a função de remover todas as impurezas de caráter microscópico do óleo lubrificante, esse tipo de sujeira pode vir a acarretar futuros problemas de lubrificação desde entupimento de bomba até empenamento de bloco e cabeçote.

Sempre quando o óleo lubrificante for trocado o filtro deve também ser substituído pois, este acumula resíduos do lubrificante antigo e caso ele esteja sujo perde sua função de filtragem, essa filtragem é feita por um papel especial que fica contido dentro do filtro, é importante salientar que a durabilidade e capacidade de filtragem são diretamente ligadas as condições da estrada onde o veículo circula, quanto mais agressivo é o solo ou o ambiente mais rápido o filtro se degrada e deve ser trocado, pois a poeira e contaminantes químicos que são injetados no motor juntos com o ar, são misturados ao óleo na câmara de combustão e conseqüentemente vão para no filtro de óleo.

Quando o filtro se encontra saturado e não fazendo mais a filtragem o óleo contaminado não é enviado ao filtro e sim para a válvula by-pass onde ele é enviado diretamente para o carter novamente e começa a entrar contaminado para dentro do motor. O filtro de óleo quando retirado para troca pode perceber-se que o óleo se encontra numa coloração escura, mas, isso não deve ser sinal de pânico pois, essa coloração resulta da fuligem presente na câmara de combustão que com o tempo vai sendo absorvida pelo óleo presente nas paredes do cilindro.

Figura 18 - Filtro de óleo



Fonte: Rei do óleo

2.9.4 Óleo lubrificante

Os óleos lubrificantes ou também chamados de óleos de motor são fluidos químicos produzidos a partir de origem animal, vegetal, produzidos em laboratório ou derivados de petróleo, tem como função reduzir o atrito e o desgaste no interior do motor além de ser responsável por reduzir a temperatura do motor aumentando a durabilidade dos componentes.

A principal característica dos lubrificantes é a viscosidade e a densidade, a viscosidade mede a capacidade de escoamento do óleo, quanto maior for a viscosidade mais difícil será de circular ele através do motor e também mais difícil de mantê-lo entre duas superfícies de atrito, a densidade se refere a massa de óleo a uma determinada temperatura para verificar se houve deterioração do lubrificante.

Os lubrificantes são criados a partir de misturas com os chamados aditivos, que são substâncias responsáveis por fornecer características benéficas aos óleos, onde podemos citar alguns deles: detergentes, antiferrugem, anticongelante e agentes de extrema pressão.

Os detergentes neutralizam os ácidos que são encontrados no lubrificante como por exemplo reduzir o carbono nas paredes do motor e limpar as paredes para evitar o acúmulo de borras.

Os antiferrugem formam uma película fina sobre os componentes e reduzem a contaminação química na superfície do metal evitando o contato de água, oxigênio e outras substâncias.

Os anticongelantes são compostos químicos adicionados aos fluidos lubrificantes para evitar que esses congelem em ambientes com temperaturas muito baixas, o que impossibilitaria o funcionamento da bomba e aumentaria o atrito dos componentes.

Os agentes de extrema pressão têm como função reduzir o desgaste por parte dos componentes metálicos onde esse gera compostos de baixo índice de fricção e aumento da temperatura de fusão.

Segundo a SAE (Sociedade dos Engenheiros Automotivos dos Estados Unidos da América), órgão responsável por classificar todos os óleos lubrificantes utilizados em veículos no mundo, classificam os fluidos de acordo com sua viscosidade e esses são definidos de acordo com sua viscosidade:

Óleos de verão (para temperaturas quentes):SAE 20,30,40,50,60

Óleos de inverno (para temperaturas baixas):SAE 0W,5W,10W,15W,20W,25W

A letra “W” trazido do inglês “Winter” que significa inverno e quando um óleo multigrav é comprado e possui em sua primeira especificação essa letra quer dizer que na partida a frio até essa temperatura esse fluido é capaz de fazer a lubrificação sem que seja alterado quimicamente e, o segundo valor corresponde a temperatura máxima de trabalho do lubrificante onde o mesmo mantém todas os seus aditivos e capacidade de lubrificação sem perder eficiência.

O óleo lubrificante deve ser trocado de acordo com a especificação do fabricante pois, depois de atingir aquela quilometragem ou tempo de permanência no motor ele perde suas características líquidas e passa a se tornar um componente pastoso e perdendo todas as suas capacidades de lubrificação.

Figura 19 - Óleos lubrificantes

Fonte: Nascar Chips

2.10 Sistema de arrefecimento a água

O sistema de arrefecimento tem a função principal de manter o motor trabalhando na temperatura ideal de funcionamento. Devido às milhares de combustões que ocorrem no interior do motor durante o tráfego do veículo, o sistema de arrefecimento torna-se indispensável, sendo solicitado desde o início do funcionamento do veículo, o mesmo tem a responsabilidade de manter o motor frio o suficiente para que não haja degradação excessiva dos componentes do motor, mas não frio além do estipulado em projeto impedindo o motor de funcionar.

O sistema permite que o fluido de arrefecimento percorra o interior do motor, por meio de mangueiras, sem entrar em contato direto com a superfície dos componentes, assim que toda parte interna é percorrida o fluido retorna para o radiador, onde o fluido trocará calor com o ar atmosférico através do contato com as aletas do radiador. Assim, retorna novamente para o interior do motor refrigerando os componentes, mantendo a temperatura ideal de serviço.

O sistema de arrefecimento de veículo é basicamente composto por 7 componentes principais responsáveis por manter o motor na temperatura adequada de trabalho. Os componentes são:

Bomba d'água, válvula termostática, reservatório, radiador, aditivo, sensor de temperatura e eletro ventilador.

2.10.1 Bomba d'água

O componente é acionado por meio de uma correia do motor no instante da ignição, assim transferindo a água do núcleo de resfriamento que fica embutido no interior do motor para o radiador, dessa forma dissipando o calor presente na água e a resfriando para retornar novamente para o núcleo de resfriamento.

A falha deste componente ocasionada devida a falta de manutenções preventivas, acarretará no superaquecimento do veículo, devido à falta de fluido de arrefecimento, conseqüentemente haverá desgaste excessivo de alguns componentes do motor e outros componentes podem sofrer danos irreparáveis, sendo necessário fazer a troca do mesmo.

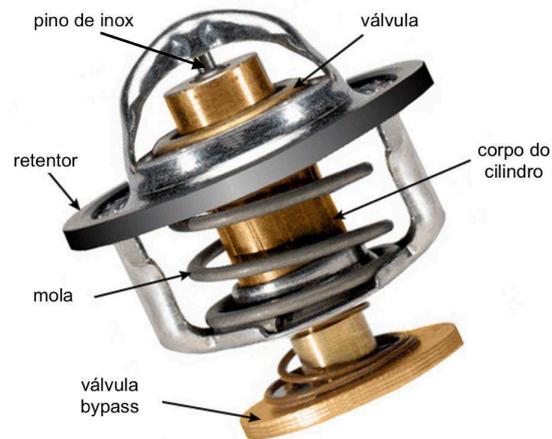
Figura 20 - Bomba d'água



Fonte: Casa das peças

2.10.2 Válvula termostática

O componente é responsável por manter parado o líquido de arrefecimento que está em contato com bloco do motor no instante da ignição, até que o mesmo alcance a temperatura ideal de trabalho, após a temperatura ser atingida o componente libera o líquido que percorrerá todo o sistema interno do motor. Caso contrário haveria um superaquecimento do motor, prejudicando o funcionamento.

Figura 21 - Válvula termostática

Fonte: 4 rodas

2.10.3 Reservatório

No reservatório encontra-se o líquido de arrefecimento, é de grande importância manter o nível adequado de líquido de arrefecimento no sistema de refrigeração, para que não haja a degradação das peças do sistema, assim como o superaquecimento do motor.

Figura 22 - Reservatório do radiador

Fonte: Família peças

2.10.4 Aditivo de refrigeração

O composto químico impede que a água evapore ou congele no sistema, mantendo em controle a temperatura de trabalho do líquido de arrefecimento, além de não permitir a oxidação dos componentes que entram em contato direto com a água do sistema de refrigeração.

Figura 23 - Aditivo de radiador



Fonte: Loja Acdelco

2.10.5 Radiador

O componente é responsável pela troca de calor entre o líquido quente que vem do interior do motor com o ar atmosférico. O líquido passa pelas aletas de alumínio do radiador onde incide o ar atmosférico, com a movimentação do veículo, menor é o tempo para que o radiador resfrie o líquido de arrefecimento, assim retornando para o núcleo de resfriamento.

Figura 24 - Radiador automotivo



Fonte: Nascar chips

2.10.6 Sensor de temperatura

O componente é responsável por levar as informações de temperatura do motor e da água do sistema de arrefecimento, para o modulo de comando e para o painel com a função de informar ao condutor as variáveis na temperatura do sistema.

Figura 25 - Sensor de temperatura



Fonte: FuelTech

2.10.7 Eletro ventilador

O componente tem a função de tornar mais rápida e eficiente a troca de calor entre a água que passa no radiador e o ar atmosférico. O componente se localiza atrás do radiador, retirado o calor das aletas do radiador, de modo quando houver o retorno da água para o interior do motor apresentará melhor temperatura de trabalho, resfriando o motor do veículo.

Figura 26 - Eletro ventilador de refrigeração

Fonte:Clube das Arrancadas

Tabela 3 - comparativo entre lubrificantes minerais e sintéticos

| Comparação entre óleos minerais x óleos sintéticos | | |
|---|----------|--|
| Menor preço | X | Alta durabilidade, maior do que qualquer outro |
| Atende as exigências dos carros mais antigos | | Responde melhor aos motores modernos |
| Durabilidade menor | | Aumenta a economia de combustível |
| Aumenta quantidade de borra no motor | | Produz quantidade quase insignificativa de borra no motor. |

2.8 Combustível utilizado

A gasolina é formada por hidrocarbonetos, que são compostos químicos formados por hidrogênio e carbono. A gasolina possui uma formulação muito complexa pois, se varia em alguns fatores dependendo da região e condições climáticas de onde o petróleo é extraído porem, na maioria das vezes utilizando correntes de processamento do petróleo como nafta DD(obtida a partir da

destilação do petróleo bruto), nafta craqueada (obtida a partir da quebra dos hidrocarbonetos conhecidos como gasóleos).

2.8.1 Octanagem

Conhecida também como referencial de octanas ou índice de resistência a detonação. Os motores mais potentes e que apresentam maiores taxas de compressão necessitam de um combustível com maior octanagem para que ofereçam toda a sua potência.

No Brasil utiliza-se o etanol anidro para regular o numero de octanas presentes no combustível, sendo que esse pode variar entre 13 e 25%, porém pode chegar a 27% em algumas épocas do ano devido à baixa produção de álcool nas industrias alcooleiras, dessa forma não temos gasolina pura sendo comercializada na área automotiva.

A gasolina utilizada no brasil é classificada como tipo C (sem chumbo) e apresenta mudanças nos componentes e no numero de octanas dependendo do distribuidor tais como podemos citar, Petrobras, Shell e Ipiranga:

Gasolina Comum: 87 IAD (91 RON)

Gasolina Aditivada (Grid, V-Power, DtClean): 87 IAD (91 RON)

Gasolina Podium (Petrobras): 97 IAD (102 RON)

Gasolina V-Power Racing (Shell): 91 IAD (98 RON)

Gasolina OctaPro (Ipiranga): 96 IAD (104 RON)

Figura 27 - Logotipo Podium



Fonte:Petrobras

Figura 28 - Logotipo V-Power Racing



Fonte:Shell

Figura 29 - Logotipo OctaPro



Fonte:Ipiranga

Os combustíveis de classificação premium possuem em sua formula componentes que melhoram o rendimento do motor além de aditivos que ajudam na redução do atrito entre as partes metálicas, limpeza dos bicos injetores através dos aditivos detergentes e antidispersante, melhoram o tempo de resposta do motor por possuírem alto IAD fazendo com que o combustível entre em combustão na taxa exata de compressão e não antes do tempo de detonação, melhoram a resposta do motor com grandes cargas de peso e em baixas velocidades ajudando na distribuição do torque máximo nas rodas. Possuem taxa de chumbo na gasolina por volta de 30mg/kg o que representa uma redução de 40% na taxa de chumbo

em relação a uma gasolina comum ou aditivada que apresenta na casa de 50mg/kg.

2.9 Métodos de classificação da octanagem

Os métodos para obtenção dos itens que classificam a taxa de octanagem da gasolina são os métodos MON e RON.

Método MON também conhecido como método do motor, avalia a resistência do combustível a detonação em situações que o motor está em plena carga e trabalhando em altas rotações geralmente acima de 4000RPM, sendo padronizada através da norma ASTM D2700

Método RON também conhecido como método de pesquisa, avalia a resistência do combustível a detonação em situações que o motor está com grande carga e com baixas rotações geralmente até 3000RPM, sendo padronizada através da norma ASTM D2699

O IAD (Indicador Antidetonante) é representado pela seguinte fórmula:

$$\text{IAD} = (\text{MON} + \text{RON}) / 2$$

Alguns países utilizam como fator de classificação o MON já em outros o RON e, em outros utiliza o IAD como é o caso do Brasil.

Para um mesmo tipo de gasolina, o RON pode apresentar valores superiores ao MON em até 10 octanas, portanto ao se comprar gasolinas em diferentes países é importante verificar qual a classificação está sendo utilizada para determinar a octanagem.

3 METODOLOGIA

O método de pesquisa utilizado foi o de análise de documentos, onde foram usadas as técnicas de coleta de dados comparativos entre as tecnologias dos motores em suas respectivas épocas de desenvolvimento. A pesquisa serve para obter dados descritivos que expressam a evolução da tecnologia automobilística.

3.1 Criação de tabela comparativa.

De modo a simplificar a visualização da evolução da tecnologia entre os motores em estudo, criou-se uma tabela comparativa a partir de dados documentais contendo parâmetros, como de geração de torque, potência, consumo e velocidade máxima alcançada pelos veículos.

3.2 Análise evolutiva.

Analisando os dados gerados pela tabela, buscou-se compreender quais componentes foram importantes para aumentar a eficiências dos motores, desse modo realizou-se pesquisas documentais para o levantamento de dados de quais foram as novas tecnologias e reformulações empregadas nos motores em estudo.

3.3 Análise de resultados.

Com base nos resultados obtidos, descreveu-se como as reformulações impactaram no desempenho dos veículos mais novos, demonstrando quais aspectos geraram resultados satisfatórios. Nos veículos mais antigos destacou quais aspectos impediam a geração de motores mais eficientes.

3.4 Impacto evolutivo no mercado nacional.

Analisou-se gráficos e tabelas de venda de veículos no Brasil entre os anos 2000 à 2010, para verificar o impacto gerado pelo processo evolutivo dos motores, detalhando quais foram os mais vendidos e a razão do sucesso desses veículos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As pesquisas documentais permitiram o levantamento de dados específicos de rendimento de cada motor estudado, para uma análise comparativa de motores de mesmas proporções, optou-se por relacionar parâmetros através de uma tabela.

4.1 Motor V8 1974 x motor V8 2018

A tabela 4 abaixo mostra o comparativo entre os motores Ford 302 Windsor (motor do Maverick 1974) e o M840TR (motor da McLaren Senna 2018), ambos motores de 8 cilindros em V.

Tabela 4 - Comparativo 302 Windsor e M840TR

| MOTOR V8 | | |
|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Veiculo | Maverick | McLaren Senna |
| Ano | 1974 | 2018 |
| Cilindradas | 4942 cm ³ | 3999 cm ³ |
| Combustível | Gasolina | Gasolina |
| Potência máxima | 197 cv a 4600 rpm | 800 cv a 7250 rpm |
| Torque máximo | 39,5 kgfm a 2400 rpm | 81,6 kgfm a 5500 rpm |
| Peso do Veiculo | 1390 kg | 1198 kg |
| Velocidade máxima | 182 Km/h | 340 Km/h |
| Aceleração 0-100 km/h | 10,8 s | 2,8 s |
| Consumo | 6 km/l | 9 km/l |

Pode-se verificar que o M840TR possui aproximadamente 1000 cm³ de cilindradas a menos que o Ford 302 Windsor, no entanto é capaz de gerar 603 cv a mais de potência máxima, 42,1 kgfm a mais de torque máximo. Devido à criação de componentes mais leves e mais resistentes, o M840TR é capaz de alcançar a velocidade de 100 km/h partindo do repouso em 8 segundos a menos que o Ford 302 Windsor.

4.2 Motor 4 cilindros 1982 x motor 4 cilindros 2019

A tabela 5 abaixo mostra o comparativo entre os motores VW Boxer (motor do Gol 1982) e o EA211 (motor do Gol 2019), ambos motores de 4 cilindros pertencentes a diferentes gerações do mesmo veículo popular.

Tabela 5 - Motor 4 cilindros 1982 x 2019

| MOTOR 4 CILINDROS | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------|
| Veiculo | Gol | Gol |
| Ano | 1982 | 2019 |
| Cilindradas | 1584 cm ³ | 1598 cm ³ |
| Combustível | Álcool | Flex |
| Potência máxima | 51 CV a 4400 rpm | 120 cv a 5750 rpm |
| Torque máximo | 10,5 kgfm a 3000 rpm | 16,8 kgfm a 4000 rpm |
| Peso do Veiculo | 814 kg | 1040 kg |
| Velocidade máxima | 142 Km/h | 185 Km/h |
| Aceleração 0-100 km/h | 18,1 s | 10,1 s |
| Consumo | 11 km/l | 13,6 km/l |

Pode-se verificar que os motores possuem aproximadamente a mesma cilindrada, no entanto o EA211 produz 69cv a mais de potência máxima, além de 6,3 kgfm a mais de torque máximo. O VW Boxer que utilizava a configuração de cilindros opostos, foi substituída pela configuração de 4 cilindros em linha remodelado, capaz de reduzir o consumo de combustível em 2,6 km/l.

4.3 Motor mais econômico 1990 x motor mais econômico 2019

A tabela 6 abaixo mostra o comparativo entre os motores Metro 55 HP (motor do Metro1990) e o EA211 (motor do UP TSI 2019), ambos os motores econômicos de 3 cilindros em linha.

Tabela 6 - Motor Metro x EA211

| MOTORES MAIS ECÔNOMICOS | | |
|-------------------------|----------------------|----------------------|
| Veículo | Metro | UP TSI |
| Ano | 1990 | 2019 |
| Cilindradas | 993 cm ³ | 999 cm ³ |
| Combustível | Gasolina | Flex |
| Potência máxima | 55 CV a 5700 rpm | 105 cv a 5000 rpm |
| Torque máximo | 8,05 kgfm a 3000 rpm | 16,8 kgfm a 5000 rpm |
| Peso do Veículo | 750 kg | 951 kg |
| Velocidade máxima | 140 Km/h | 181 Km/h |
| Aceleração 0-100 km/h | 20 s | 9,5 s |
| Consumo | 20,4 km/l | 16,3 km/l |

Pode-se verificar que os motores possuem aproximadamente a mesma cilindrada, no entanto o EA211 é capaz de gerar 50 cv a mais de potência máxima, além de 8,75 kgfm a mais de torque máximo. O Metro 55 Hp demonstrou ser mais econômico em 4,1 km/l, devido ao fato de ser um motor 3 cilindros não requisitado por geração de velocidades elevadas, enquanto o EA211 é capaz de alcançar a velocidade de 100 km/h partindo do repouso em 10,5 segundos a menos, além de ultrapassar a velocidade máxima do Metro 55 Hp em 41 km/h.

4.4 Impacto evolutivo no mercado nacional.

Figura 30 - Evolução da frota nacional



Fonte: Denatran

Figura 31 - Aumento do salário entre 2000 e 2013

SALÁRIO MÍNIMO E INFLAÇÃO 2000 - 2013

| Anos | Sal. Mínimo (em R\$) | Inflação | | | Variações | | | |
|---------|-------------------------|-----------|----------|------------|-------------|-----------|----------|------------|
| | | inpc/IBGE | ipc/FIPE | icv/DIEESE | Sal. Mínimo | inpc/IBGE | ipc/FIPE | icv/DIEESE |
| 2000 | 151,00 | 5,27 | 4,38 | 7,21 | 0,0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2001 | 180,00 | 9,44 | 7,12 | 9,43 | 19,2 | 79,1 | 62,6 | 30,8 |
| 2002 | 200,00 | 14,74 | 9,92 | 12,93 | 11,1 | 56,1 | 39,3 | 37,1 |
| 2003 | 240,00 | 10,38 | 8,17 | 9,55 | 20,0 | -29,6 | -17,6 | -26,1 |
| 2004 | 260,00 | 6,13 | 6,56 | 7,69 | 8,3 | -40,9 | -19,7 | -19,5 |
| 2005 | 300,00 | 5,05 | 4,53 | 4,54 | 15,4 | -17,6 | -30,9 | -41,0 |
| 2006 | 350,00 | 2,81 | 2,54 | 2,56 | 16,7 | -44,4 | -43,9 | -43,6 |
| 2007 | 380,00 | 5,15 | 4,37 | 4,79 | 8,6 | 83,3 | 72,0 | 87,1 |
| 2008 | 415,00 | 6,48 | 6,17 | 6,10 | 9,2 | 25,8 | 41,2 | 27,3 |
| 2009 | 465,00 | 4,11 | 3,64 | 4,04 | 12,0 | -36,6 | -41,0 | -33,8 |
| 2010 | 510,00 | 6,46 | 6,41 | 6,90 | 9,7 | 57,2 | 76,1 | 70,8 |
| 2011 | 545,00 | 6,07 | 5,80 | 6,10 | 6,9 | -6,0 | -9,5 | -11,6 |
| 2012 | 622,00 | 6,19 | 5,11 | 6,40 | 14,1 | 2,0 | -11,9 | 4,9 |
| (*)2013 | 678,00 | 5,77 | 3,22 | 5,56 | 9,0 | -6,8 | -37,0 | -13,1 |
| 2014 | 724,00 | | | | 6,8 | | | |

Fonte:IBGE

Figura 32 - Valor dos veículos x salário mínimo

| Modelo | 2006 | | 2016 | | Preço de 2006 corrigido |
|------------|---------------|------------------|---------------|------------------|-------------------------|
| | Preço em 2006 | Salários mínimos | Preço em 2016 | Salários mínimos | |
| Classic | R\$ 25.115 | 72 | R\$ 34.490 | 39 | R\$ 43.197 |
| Prisma | R\$ 29.990 | 83 | R\$ 45.690 | 52 | R\$ 51.582 |
| Palio Fire | R\$ 24.310 | 69 | R\$ 28.790 | 32 | R\$ 41.813 |
| Siena | R\$ 27.680 | 79 | R\$ 36.260 | 41 | R\$ 47.609 |
| Strada | R\$ 29.790 | 83 | R\$ 43.150 | 49 | R\$ 51.238 |
| Ka | R\$ 22.920 | 65 | R\$ 41.590 | 47 | R\$ 39.422 |
| Fox | R\$ 28.131 | 80 | R\$ 45.590 | 52 | R\$ 48.386 |
| Gol | R\$ 24.080 | 69 | R\$ 34.890 | 40 | R\$ 41.417 |
| Saveiro | R\$ 30.821 | 88 | R\$ 42.390 | 48 | R\$ 53.012 |

Fonte: Autoesporte

Pode-se verificar na Figura 30 que houve o aumento expressivo de 119% em dez anos, elevando o número inicial de 29.503.503 unidades em 2000 para 64.817.974 unidades em 2010. Esse fato ocorreu em função do crescimento populacional nacional, e o aumento da popularidade do consumo de veículos, como se pode verificar na Figura 31 o salário mínimo do trabalhador brasileiro aumentou em 237% no período entre 2000 a 2010, tornando o consumo de veículos mais acessível às classes sociais mais baixas.

Na Figura 33 verifica-se que entre os anos 2006 a 2016 o preço dos veículos subiu inferior ao valor do salário mínimo nacional vigente, reduzindo o número de salários mínimos acumulados necessários para compra do produto à vista.

4.5 Discussões

É perceptível a grande evolução ocorrida nos motores V8, o M840TR (motor da McLaren Senna) possui um virabrequim de plano, a lubrificação é realizada por cárter seco, conta também com pistões e bielas mais leves, responsáveis por reduzir a massa no trem de força. Ademais, sensores individuais presentes em cada cilindro permitem a detecção de íons, possibilitando o trabalho em pressões e temperaturas mais altas que outros motores da atualidade.

O Ford 302 Windsor (motor do Maverick 1974) possui o bloco de motor e cabeça dos cilindros produzidos em ferro fundido para suportar as altas taxas de compressão exigidas na época para geração de torque, desse modo o peso do conjunto mecânico torna-se elevado, aumentando a massa no trem de força. O peso elevado e as limitações quanto a temperaturas e pressões o impossibilitam de desempenhar maiores velocidades.

Os motores de 4 cilindro demonstram resultados satisfatórios em todos os parâmetros, sendo o motor EA211 de 4 cilindros do Gol 2019 superior em todos os parâmetros. O EA211 possui melhor configuração de pistões para um veículo de 4 cilindros popular, o remodelado motor conta com bloco e cabeçote desenvolvidos totalmente em alumínio para redução do atrito interno, além de virabrequins otimizados com menor quantidade de contrapesos e diâmetro reduzido dos mancais principais, resultando em um motor 15 kg mais leve e com menos atrito interno que a versão anterior.

O VW Boxer com 4 cilindros, conta com bloco e virabrequins produzidos em ferro fundido que produzem alto atrito interno impedindo que o motor gere maior torque, além elevarem o peso do conjunto mecânico.

Utilizando das novas tecnologias o motor EA211 de 3 cilindros do UP TSI demonstrou como o uso de tecnologia junto a melhorias metalúrgicas de redução de peso e aumento de resistência podem criar um motor potente e capaz de demonstrar desempenho igual a de motores maiores de anos atrás, no entanto mantendo um baixo consumo de combustível. O EA211 conta com turbo compressor, arrefecimento realizado por duas válvulas termostáticas, maior controle de temperatura de trabalho, injeção direta e maior eficiência de queima do combustível na câmara de combustão.

O Metro 55Hp desprovido de turbo compressores, era capaz de percorrer 20,4 km/l, devido ao fato de o conjunto geral do veículo ser mais leve, com baixa geração de torque máximo, a resposta do motor é mais lenta ao passar das marchas, tornando o Metro 55Hp lento e inviável para certos terrenos, demonstrando o fato de que a criação de motores econômicos não é algo inovador, no entanto o veículo mesmo sendo econômico não atende o consumidor final por ser um veículo lento e de pouca potência.

As evoluções tecnológicas analisadas foram de suma importância para o aumento no número de venda de veículos no mercado nacional e global, os gráficos e tabelas demonstraram que os valores dos veículos subiram inferior ao salário mínimo nacional vigente, demonstrando que houve redução no custo da produção, veículos mais seguros, econômicos e sofisticados, a valores acessíveis a população elevaram a frota que circula no país, demonstrando os resultados obtidos pelo setor.

5 CONCLUSÃO

O aumento na eficiência dos motores se deve aos diversos estudos dedicados as áreas de combustíveis propulsores, metalurgia, aerodinâmica e engenharia dos automóveis desde os primórdios de sua criação.

A proposta dessa dissertação foi reunir e analisar conhecimentos a respeito do desenvolvimento dos motores a combustão interna e apresentar determinados componentes que foram remodelados, para sintetizar a evolução dos motores.

Inicialmente se realizou uma pesquisa da historia do motor e de como foram os projetos propulsores que deram origem aos utilizados hoje em dia. Detalhando os conceitos inventivos, o criador e os desenvolvedores desse produto, indicando as passagens temporais cronologicamente demonstrando as evoluções decorrentes dos estudos realizados ao passar dos anos.

Posteriormente analisou se quais componentes foram os mais remodelados durante o processo evolutivo dos motores, assim, os mais importantes foram selecionados. Pesquisou se sobre as mudanças ocorridas em cada componente analisando inicialmente a composição, e constatou-se que novas ligas metálicas e não metálicas foram desenvolvidas, essas mais leves e mais versáteis que as posteriores, permitindo assim, melhores processos de produção e usinagem, resultando em motores mais resistentes a altas temperaturas e variações de pressão.

Comparando o antes e o depois dos componentes evidenciamos os ganhos gerados pela remodelação e inovações em outros fatores do conjunto, como novos designs criados para obter melhores resultados, novos lubrificantes que permitem que o motor exerça o serviço de forma segura e com máximo aproveitamento, e sistemas de controle mais eficientes, como o de refrigeração dos motores.

Ademais, a diminuição no peso do conjunto mecânico, o aumento de resistência dos componentes, os melhores designs, criação de sistemas de refrigeração mais eficientes e combustíveis corretamente dimensionados permitiram a criação de veículos mais econômicos e velozes. Com a diminuição do peso, o torque gerado pelo motor é mais direcionado para ganho de velocidade, afinal o peso a ser movido é menor. Componentes mais eficientes impedem que o calor e pressão gerados no processo de combustão sejam dissipados para o

conjunto, aumentando a vida útil do motor e proporcionando grande economia de combustível para percorrer a mesma distancia em maior velocidade.

Continuando, constatou-se que a evolução dos motores proporcionou muito mais que apenas ganho em economia e desempenho, materiais mais maleáveis e resistentes, resultaram na criação de processos automatizados que permitiram a produção de veículos em massa com custos de produção cada vez mais baixos, de modo que a produção de veículos deixou de ser direcionado para apenas uma fatia da população que podia pagar o preço de compra de um veículo e de manutenção do mesmo, com a popularização do consumo de veículos o mercado automobilístico global cresceu exponencialmente, parâmetros indicam que a cada ano o consumo de veículos cresce.

Em destaque no crescimento exponencial de venda de veículos no globo, encontram-se os mais econômicos, por permitirem que as classes sociais de menor renda comprem um veículo e o utilize como forma de transporte pessoal, gerando conforto e satisfação. Assim criando a ideologia de que possuir um veículo é mais que apenas uma forma de transporte rápido e sim uma necessidade. Esse fato torna indispensável o desenvolvimento constante de novas tecnologias para criar veículos cada vez mais eficientes.

Finalmente, para demonstrar a real evolução dos motores, a descrição de cada um dos componentes busca detalhar a função de cada um para o funcionamento geral do sistema, demonstrando como influencia em cada etapa do processo e evidenciando os benefícios das evoluções citadas. O motor é o conjunto mais importante do veículo e totalmente dependente dos demais sistemas, para criação de motores mais eficientes, novos sistemas foram desenvolvidos, objetivando dar suporte para que as inovações pudessem ser repassadas ao público. Ademais permitiu visualizar que a mesma tecnologia de anos atrás se não remodelada, não será aceita pelo mercado global.

Demonstrando os diversos projetos diferentes de um mesmo motor, podemos perceber como cada qual contribuiu para evolução dos diversos motores existentes na atualidade, e como no decorrer da história novas tecnologias continuam a ser desenvolvidas e novos produtos surgem a cada dia.

REFERÊNCIAS

- AUTO CAR UP (Brasil). **História motor a combustão**. 2017. Disponível em: <<https://autocarup.com.br/historia-motor-a-combustao/>>. Acesso em: 15 set. 2018.
- AUTO ESPORTE (Brasil). **Frota de veículos cresce 119% em dez anos no Brasil, aponta Denatran**. 2011. Disponível em: <<http://g1.globo.com/carros/noticia/2011/02/frota-de-veiculos-cresce-119-em-dez-anos-no-brasil-aponta-denatran.html>>. Acesso em: 23 jul. 2018.
- BRASIL. AIRTON SENNA FOUNDATION. . **Mc Laren Senna Estatísticas**. 2018. Disponível em: <<http://www.ayrtonsenna.com.br/en/mclaren-senna-novos-fatos-estatisticas-e-detalhes-revelados-antes-do-salao-do-automovel-de-genebra/>>. Acesso em: 22 out. 2018.
- BRUNETTI, Franco. Motores de Combustão Interna. Volume 1. Mauá: Blucher, 2012.
- JENNIFER ROCHA VARGAS (Brasil). **Funcionamento do Motor de Combustão Interna**. 2016. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/funcionamento-motor-combustao-interna.htm>>. Acesso em: 20 out. 2018.
- MARTINS, Jorge. Motores de Combustão Interna. 5. ed. São Paulo: Engebook, 2016. 500 p.
- MECÂNICO, O. **Motor EA211**. 2015. Disponível em: <<https://www.omecanico.com.br/novo-motor-ea211-tecnologia-mais-leve-com-menos-atrito/>>. Acesso em: 10 ago. 2018.
- MILTON BELLI (Brasil). **MOTORES A COMBUSTÃO INTERNA, UMA BREVE HISTÓRIA**. 2013. Disponível em: <<http://www.autoentusiastasclassic.com.br/2013/03/motores-combustao-interna-uma-breve.html>>. Acesso em: 18 jul. 2018.
- TERRA, Portal. **Por inflação e mínimo, carro barateou em dez anos**. 2016. Disponível em: <<https://revistacarro.com.br/noticias/especiais/por-inflacao-e-minimo-carro-barateou-em-dez-anos/>>. Acesso em: 07 set. 2018.