



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

MODIFICAÇÃO DE UM VEÍCULO CICLO DIESEL PARA BANCADA DIDÁTICA.

GEANILSON BRITO DA SILVA

WALDSON MELO BEZERRA

**Tucuruí
2016**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS TUCURUÍ
FACUDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

MODIFICAÇÃO DE UM VEÍCULO CICLO DIESEL PARA BANCADA DIDÁTICA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí, como requisito para a obtenção do grau de Engenheiro Mecânico.

**Orientador:
Prof. Me. Jesse Luis Padilha**

**Tucuruí
2016**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS TUCURUÍ
FACUDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

MODIFICAÇÃO DE UM VEÍCULO CICLO DIESEL PARA BANCADA DIDÁTICA.

GEANILSON BRITO DA SILVA

WALDSON MELO BEZERRA

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido à aprovação como requisito
para a obtenção do grau de Engenheiro
Mecânico pela banca examinadora
formada pelos professores.

BANCA EXAMINADORA

**Orientador: Prof. Me Jesse Luis Padilha
FEM/CAMTUC/UFPA**

**Membro da Banca Examinadora: Prof. Me Ronaldo Raposo Moura
FEM/CAMTUC/UFPA**

**Membro da Banca Examinadora: Prof. Me Wassim Raja El Banna
FEM/CAMTUC/UFPA**

Conceito: _____

Tucuruí, ____ de _____ de 2016.

AGRADECIMENTO

Agradecimento prioritário a Deus, pelo dom da vida, por me dar a capacidade de vencer os obstáculos. Posteriormente a toda minha família, especialmente minha amada mãe Liana da Silva Brito (in memoriam), que em vida não mediu esforços para que eu e meus irmãos, tivéssemos forças e coragem para buscar o sucesso. Minha amada esposa Socorro Miranda que acompanhou todo meu sacrifício em muitas madrugadas sem poder dormir, não medindo esforços para está ao meu lado, em mais uma vitória, além de minha amada filha Liana Gabriela, que apesar de criança conseguiu entender que é através dos estudos que trilhamos nosso futuro. A minha equipe de estudo Edidácio, Marcos Rairan, Rerolde e Waldson, com a qual pude encontrar força e motivação para superar noites de estudos, vencendo os problemas em busca da vitória. Agradeço também a todos meus professores da faculdade de Engenharia Mecânica em especial ao meu orientador Prof. Jessé Luis Padilha pelo incentivo, simpatia e presteza no auxílio as atividades e discussões sobre o andamento e normatização desta Monografia de conclusão de curso.

(Geanilson Brito)

Dedico está vitória em primeiro lugar a Deus, pelo dom da vida e sabedoria, posteriormente a todos meus familiares e amigos, especialmente em memória de minha amada mãe Liana da Silva Brito e as duas mulheres da minha vida, esposa Socorro Miranda e filha Liana Gabriela.

(Geanilson Brito)

AGRADECIMENTO

Queria agradecer primeiramente a Deus, que durante esta longa jornada do curso me deu sabedoria para lidar com as diversas dificuldades encontradas. Agradeço também a minha família em especial meu pai que sempre me espelhei por sua força e dedicação de um homem que sempre foi muito trabalhador, e minha mãe que teve que aturar minhas mudanças de humor por estar algumas vezes estressado por conta da pressão da graduação, mas que sempre fazia o possível ao seu alcance para sempre me ajudar, e meus amigos que sempre entenderam quando eu não podia comparecer em algumas reuniões com eles pelo fato de ter algum compromisso da faculdade, em especial o Valdinei que é um amigo que sempre esteve do meu lado nas horas difíceis, além de ter ajudado na construção deste trabalho. Agradeço também aos meus companheiros de estudo, o Edidácio, Rerolde, marcos, e o Geanilson que além que parceiro de estudo durante o curso foi uma pessoa que também sempre me espelhei por sua força de vontade e dedicação. Agradeço a todos aos professores do curso de mecânica que tive a oportunidade de ter aulas e que me ajudaram a chegar até aqui e em especial professor Jessé que me deu o desafio de recuperar um motor de um veículo que posteriormente viria a se tornar me trabalho de conclusão de curso, e ao professor Wassim o qual participei junto pelo projeto baja e que sempre confiou em mim e sempre me ajudou quando precisei.

(Waldson Bezerra)

Dedico esta conquista a meu pai, que um dia me disse que este foi sempre seu sonho, se formar, mas como teve que trabalhar desde a infância nunca pode realizar, mas que sempre me disse que estava realizando o sonho dele em mim, e dedico a minha mãe, mulher guerreira que passou por muitas dificuldades na vida, mas sempre se manteve forte e nunca mediu esforços para sempre estar ao meu lado.

(Waldson Bezerra)

RESUMO

MODIFICAÇÃO DE UM VEÍCULO CICLO DIESEL PARA BANCADA DIDÁTICA

RESUMO: Diante do avanço tecnológico industrial em nosso cotidiano, os cursos de engenharia estão sendo exigidos a utilizarem com mais frequência aulas práticas na sua grade curricular, para vislumbrar a formação de um profissional com perfil mais próximo das exigências do mercado de trabalho. Para isso se faz necessário a contínua renovação dos laboratórios existentes na universidade, com equipamentos modernos e atuais. Este trabalho apresenta o desenvolvimento e montagem de uma bancada didática feita a partir de um veículo ciclo diesel. Isso ajudará os estudantes de engenharia mecânica da Universidade Federal do Pará (UFPA-CAMTUC) a compreender como um veículo diesel trabalha com um enfoque prático sobre: o motor diesel e os sistemas de freio, transmissão, arrefecimento, suspensão e direção. O trabalho foi montado sobre a estrutura original do veículo (o chassi do carro). Será adicionado ao laboratório de motor da universidade e também será usado por estudantes e professores em pesquisas.

Palavras chave: Bancada didática, Motor Turbodiesel, Sistemas auxiliares.

ABSTRACT

MODIFICATION OF A VEHICLE DIESEL CYCLE FOR DIDACTIC BANK

ABSTRACT: This work presents the development and assembly of a didactic workbenck made from a diesel cycle vehicle. It's will help the mechanical engineering students of para federal unisersity (ufpa-camtuc) to better undertanding how a diesel vehicle works by studing in a pratical approach about: the diesel engine and the braking, transmission, power, cooling, suspension and steering systems. the workbenck was assembled over the vehicle original structure (the car chassis). It will be add to the university motor lab and will be also used by students and teache in research.

Keywords: workbenck, Turbodiesel engine, Auxiliary systems.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1. corte de motor ciclo Otto. | 18 |
| Figura 2. Os 4 tempos do motor Diesel. | 19 |
| Figura 3. Motor de combustão interna ciclo diesel. | 19 |
| Figura 4. Representação simplificada do ciclo otto (ou diesel). | 20 |
| Figura 5. Cabeçote, bloco e cárter. | 21 |
| Figura 6. Cabeçote do motor de combustão de 4 tempos. | 22 |
| Figura 7. Bloco do motor de combustão interna. | 23 |
| Figura 8. Cárter do motor de combustão interna. | 23 |
| Figura 9. Biela e seus casquilhos. | 24 |
| Figura 10. Árvore de manivela ou virabrequim | 25 |
| Figura 11. Veículo Mayback o Renault Voiturette. | 26 |
| Figura 12. Freio a tambor. | 27 |
| Figura 13. Veículo de Frederick Lanchester | 27 |
| Figura 14. Evolução do freio a disco. | 28 |
| Figura 15. Freio a disco. | 28 |
| Figura 16. Eixo primário e secundário do câmbio de relação e acionamento mecânico. 29 | |
| Figura 17. Balanço térmico de um motor de combustão interna. | 30 |
| Figura 18. Sistemas de arrefecimento a ar. | 31 |
| Figura 19. Sistema de arrefecimento a água. | 31 |
| Figura 20. Turbocompressor, Turbina, Turbocharger, Turboalimentador ou Turbo. ... 33 | |
| Figura 21. Bomba injetora. | 33 |
| Figura 22. Unidade Injetora. | 34 |
| Figura 23. Circuito de combustível | 35 |
| Figura 24. Suspensão Double Wishbole (Duplo A). | 36 |
| Figura 25. Comparação entre sistema dependente e independente. | 37 |
| Figura 26. Volante de direção. | 38 |
| Figura 27. Coluna de direção. | 39 |
| Figura 28. Bomba Hidráulica. | 39 |
| Figura 29. Caixa de Direção. | 40 |
| Figura 30. Sistema de Direção Hidráulica. | 41 |
| Figura 31. Carro guardado no Laboratório Mecânico. | 42 |
| Figura 32. Motor sem a tampa de válvulas. | 43 |

| | |
|--|----|
| Figura 33. Bloco sendo retirado. | 43 |
| Figura 34. Bronzina danificada. | 44 |
| Figura 35. Biela danificada. | 44 |
| Figura 36. Eixo danificado. | 45 |
| Figura 37. Bloco do motor limpo. | 45 |
| Figura 38. Cabeçote do motor limpo. | 45 |
| Figura 39. Motor recuperado | 46 |
| Figura 40. Veículo sem portas. | 46 |
| Figura 41. Preparação da bancada. | 47 |
| Figura 42. Cortes e desbastes. | 47 |
| Figura 43. Bancada finalizada. | 48 |
| Figura 44. Tanque de combustível | 49 |
| Figura 45. Componentes do sistema de alimentação. | 50 |
| Figura 46. Radiador e ventilador. | 51 |
| Figura 47. Elemento filtrante. | 52 |
| Figura 48. Caixa de direção. | 52 |
| Figura 49. Suspensão dianteira. | 53 |
| Figura 50. Suspensão traseira. | 54 |
| Figura 51. Freio a disco. | 55 |
| Figura 52. Freio a tambor. | 55 |
| Figura 53. Simulação de um defeito na bancada. | 56 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|--------|--|
| MIF | Motores de Ignição por Faísca |
| MIE | Motores de Ignição Espontânea ou Diesel |
| TAI | Temperatura de Antignição do Combustível |
| UE | União Europeia |
| MIC | Motores de Combustão Interna |
| EDM | Eixo de Manivela |
| ADM | Árvore de Manivela |
| RPM | Rotação por minuto |
| AMT | Transmissão Manual Automatizada |
| UCE | Unidade de Controle Transmissão |
| UFPA | Universidade Federal do Pará |
| CAMTUC | Campus de Tucuruí |
| EPI | Equipamento de Proteção Individual |
| EPC | Equipamento de Proteção Coletivo |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 15 |
| 1.1 | JUSTIFICATIVA..... | 15 |
| 1.2 | OBJETIVOS | 15 |
| 1.2.1 | Geral..... | 15 |
| 1.2.2 | Específicos..... | 16 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 17 |
| 2.1 | HISTÓRIA DOS MOTORES ALTERNATIVOS DE COMBUSTÃO INTERNA | 17 |
| 2.2 | MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA | 17 |
| 2.3 | MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA CICLO OTTO | 17 |
| 2.4 | MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA CICLO DIESEL | 18 |
| 2.5 | DIFERENÇA ENTRE CICLO OTTO E CICLO DESEL..... | 20 |
| 2.6 | PRINCIPAIS COMPONENTES DOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA | 21 |
| 2.6.1 | Cabeçote do motor | 21 |
| 2.6.2 | Bloco | 22 |
| 2.6.3 | Cárter | 23 |
| 2.6.4 | Biela | 24 |
| 2.6.5 | Árvore de manivelas ou virabrequim..... | 24 |
| 2.7 | SISTEMAS AUXILIARES | 25 |
| 2.8 | SISTEMA DE FRENAGEM | 25 |
| 2.8.1 | Sistema de frenagem a tambor | 26 |
| 2.8.2 | Sistema de frenagem a disco | 27 |
| 2.9 | SISTEMA DE TRANSMISSÃO | 28 |
| 2.9.1 | Transmissão mecânica | 29 |
| 2.10 | SISTEMA DE ARREFECIMENTO..... | 29 |
| 2.10.1 | Sistema de arrefecimento direto ou a ar..... | 30 |
| 2.10.2 | Sistema de arrefecimento indireta ou a água | 31 |
| 2.11 | SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO | 32 |
| 2.11.1 | Naturalmente Aspirado..... | 32 |
| 2.11.2 | Turbocompressor..... | 32 |
| 2.11.3 | Bomba injetora..... | 33 |
| 2.11.4 | Unidade injetora | 34 |
| 2.11.5 | Circuito de combustível..... | 34 |
| 2.12 | SISTEMA DE SUSPENSÃO | 35 |
| 2.12.1 | Sistema de suspensão Double Wishbone, (duplo A) ou Trapézio Articulado. | 36 |
| 2.12.2 | Suspensão dependente | 36 |

| | | |
|--------|---|-----------|
| 2.12.3 | Suspensão independente..... | 37 |
| 2.13 | SISTEMA DE DIREÇÃO..... | 37 |
| 2.13.1 | Volante de direção | 38 |
| 2.13.2 | Coluna de direção | 38 |
| 2.13.3 | Bomba hidráulica..... | 39 |
| 2.13.4 | Caixa de direção..... | 39 |
| 2.14 | SISTEMA DE DIREÇÃO HIDRÁULICA..... | 40 |
| 3 | METODOLOGIA | 42 |
| 3.1 | RECUPERAÇÃO DO MOTOR DO VEÍCULO..... | 42 |
| 3.2 | CRIAÇÃO DA BANCADA DIDÁTICA..... | 46 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 49 |
| 4.1 | SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO..... | 49 |
| 4.2 | SISTEMA DE ARREFECIMENTO..... | 50 |
| 4.3 | SISTEMA DE DIREÇÃO..... | 52 |
| 4.4 | SISTEMA DE SUSPENSÃO..... | 53 |
| 4.5 | SISTEMA DE FRENAGEM..... | 54 |
| | SIMULAÇÃO DE UM DEFEITO NA BANCADA | 56 |
| 5 | CONCLUSÕES | 57 |
| 6 | Apêndice A: ROTEIRO DO FUNCIONAMENTO DA BANCADA DIDÁTICA.. | 58 |

1 INTRODUÇÃO

Em um cenário acadêmico discentes e docentes estão cotidianamente conectados a diferentes formas de aprendizagem. A grande literatura teórica, os expõe a uma gama de afirmações já aprovadas, conceitos e teorias sobre os mais diversos assuntos das áreas acadêmicas, dessa forma aguçando a vontade dos discentes em ratificar por meios de estudos práticos, o que fora ensinado em sala de aula.

Nas faculdades com cursos relacionados à engenharia em geral, os estudos estão cada vez mais direcionados a aulas práticas em conjunto a laboratórios, bancadas didáticas, máquinas, ferramentas, aparelhos metrológicos entre outros, o que introduz os acadêmicos a reais situações que aparecem no dia-a-dia do profissional.

A aquisição de conhecimento ao longo do curso de formação da graduação é de suma importância, ocorrendo através dos mais variados processos avaliativos realizados pelos docentes (seminários, provas, indicando leituras de artigos, teses, dissertações etc.) contribuindo de forma satisfatória para uma formação sólida e consistente dos discentes.

1.1 JUSTIFICATIVA

A Modificação de um Veículo de ciclo Diesel para Bancada Didática, partiu da necessidade de uma melhor solidificação do processo de ensino/aprendizado, onde ocorrerá uma melhor ligação entre teoria da sala de aula à prática.

Partindo também do pressuposto que ainda não existia na Universidade Federal do Pará, Campus Tucuruí, uma Bancada Didática Turbodiesel, surgiu a necessidade do desenvolvimento do referido trabalho em expandir os recursos de experimentos práticos nos laboratórios, nos mais diversos sistemas, sejam o principal ou os auxiliares, para o desenvolvimento de estudos, pesquisas e aulas práticas, assim proporcionando à instituição mais versatilidade para os docentes em explanar os temas envolvidos e aos discentes uma melhor maneira de aprendizagem.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

- ✓ Modificar um veículo ciclo diesel, para poder ser usado como bancada didática pelos discentes da UFPA, Campus Tucuruí.

1.2.2 Específicos

- ✓ Apresentação do funcionamento do motor, assim como os sistemas auxiliares presentes na bancada;
- ✓ Criação de um roteiro para o funcionamento da bancada;
- ✓ Simulação de uma falha no sistema de alimentação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTÓRIA DOS MOTORES ALTERNATIVOS DE COMBUSTÃO INTERNA

Segundo Costa (2002) os primeiros relatos sobre o surgimento dos motores afirmam que os motores de combustão tiveram início com a invenção das armas de fogo, pois a energia térmica da explosão transformava-se em trabalho. Na realidade, as primeiras tentativas de desenvolvimento de um motor ocorreram na segunda metade do século XVII, com o uso da pólvora para movimentar um pistão dentro de um cilindro.

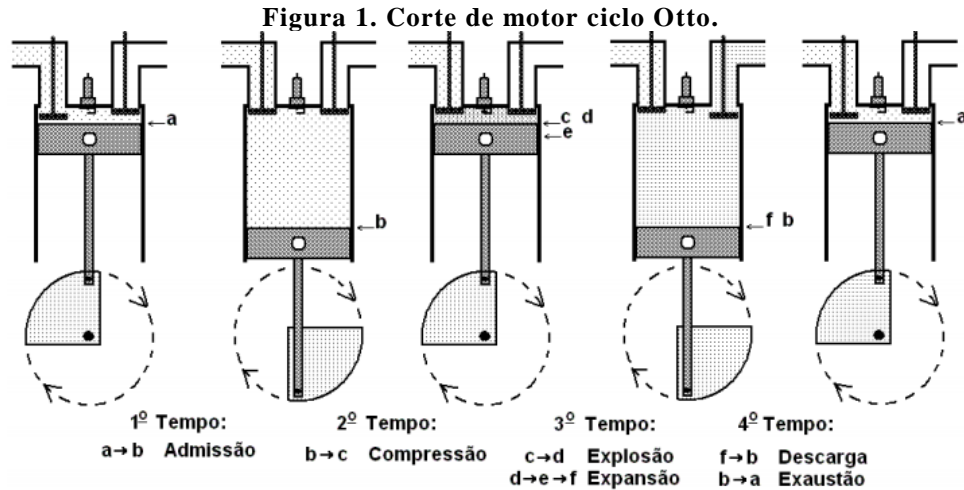
2.2 MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

Brunetti (2013), os motores de combustão interna são máquinas que realizam trabalho e lidam com a variação de temperatura. Normalmente, as máquinas térmicas retiram calor da fonte quente e transferem-no para a fonte fria, o que define sua eficiência. Uma máquina térmica tem maior eficiência se transforma mais calor em trabalho, transferindo, portanto, menos calor na fonte fria

2.3 MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA CICLO OTTO

Segundo Artomnov, Ilaronov e Morin (2010), as máquinas Otto operam com taxa de compressão compreendida entre 6:1 e 12:1. Uma taxa de compressão da ordem de 12:1 requer a utilização de combustível com maior poder antidetonante; as gasolinas especiais, de alta octanagem (alto teor de octano), se caracterizam por resistirem, sem pré-ignição, a tal taxa. Se uma taxa de compressão tão elevada quanto as que ocorrem em máquinas Diesel (16:1 a 20:1) fosse implementada sobre uma mistura gasosa de ar e combustível, desencadearia a indesejada combustão espontânea (pré-ignição) antes de ocorrer a centelha elétrica na vela de ignição, devido a um aumento excessivo da temperatura durante a compressão. É importante destacar também que a diferença entre a gasolina comum e a de alta octanagem está no seu poder antidetonante e não na energia liberada durante a combustão; ambas as gasolinas liberam cerca de 45 kJ quando ocorre a combustão completa de 1 g de cada uma delas

Segundo Artomnov, Ilaronov e Morin (2010), depois que o cilindro está cheio com esta mistura, a válvula de admissão, que estava aberta durante o 1º tempo, fecha-se; então a mistura de ar e combustível sofre a compressão (2º tempo). A seguir uma centelha elétrica na vela de ignição deflagra a explosão e, conseqüentemente, a expansão (3º tempo) da mistura gasosa. Finalmente a válvula de escape abre-se, ocorrendo simultaneamente a descarga da mistura gasosa para a atmosfera e a exaustão do restante dos gases queimados (4º tempo).



Fonte: Artomnov, Ilaronov e Morin (2010).

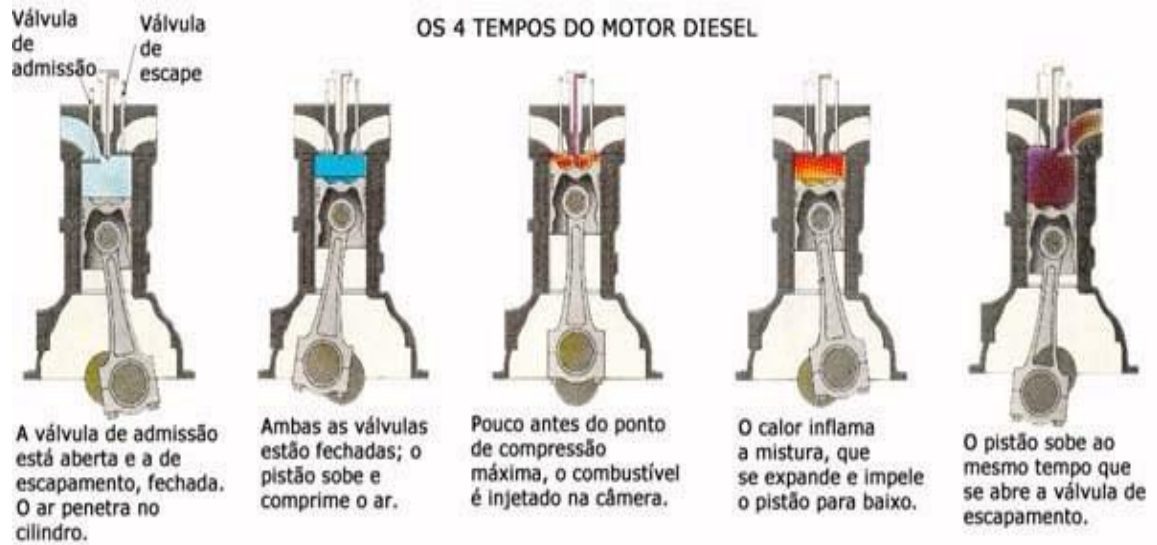
2.4 MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA CICLO DIESEL

Segundo Pugliesi (1978), enquanto no motor a gasolina/ álcool - mistura gasosa ar-gasolina ou ar-álcool - é inflamada por meio de uma faísca elétrica produzida pela vela de ignição, no motor a Diesel não existem velas de ignição e a gasolina é substituída por óleo Diesel. A ignição, num motor a Diesel, é provocada pela compressão, que faz elevar a temperatura do ar na câmara de combustão de tal modo que esta atinja o ponto de auto inflamação do combustível.

Segundo Pugliesi (1978), o óleo diesel, que se vaporiza menos que a gasolina, não é introduzido na câmara de combustão sob a forma de mistura com ar, mas sim injetado sob alta pressão por meio de um injetor. Na câmara de combustão, o óleo diesel inflama-se em contato com o ar aquecido por efeito da forte compressão. Uma bomba acionada pelo próprio motor fornece o óleo diesel a cada injetor em determinadas quantidades e sob elevada pressão.

Segundo Costa (2002), cada cilindro num motor a Diesel, como é observado na Figura 2, apresenta um injetor que assegura o fornecimento de combustível na quantidade correta e no devido momento. Uma bomba, que gira a metade do número de rotações do virabrequim, impulsiona o combustível para os injetores e destes para as câmaras de combustão, segundo a ordem de ignição.

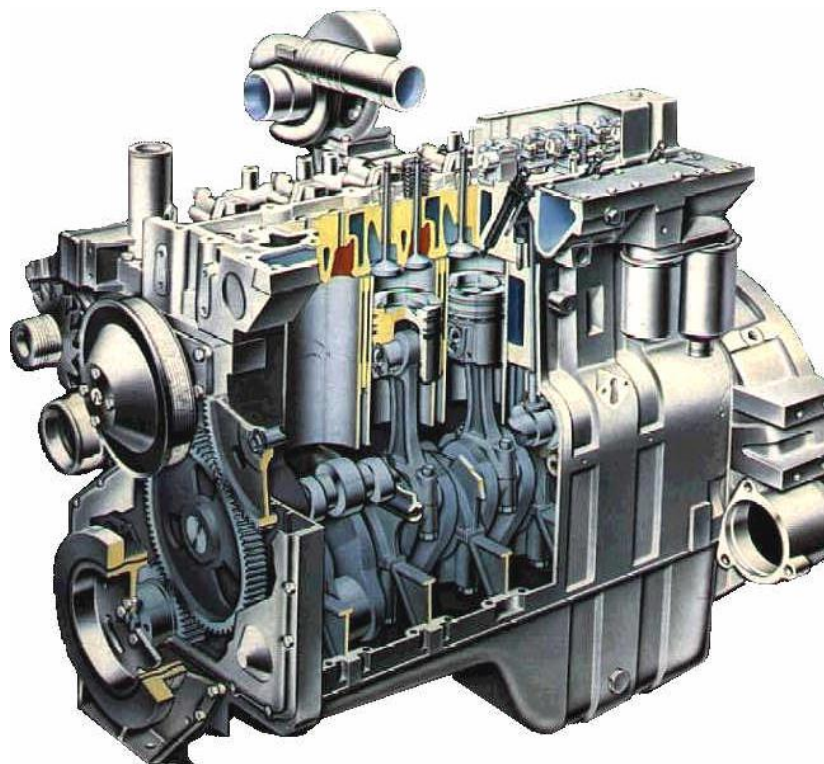
Figura 2. Os 4 tempos do motor Diesel.



Fonte: Costa 2002

A figura 3, mostra o motor de combustão interna ciclo diesel.

Figura 3. Motor de combustão interna ciclo diesel.



Fonte: Tillmann (2013)

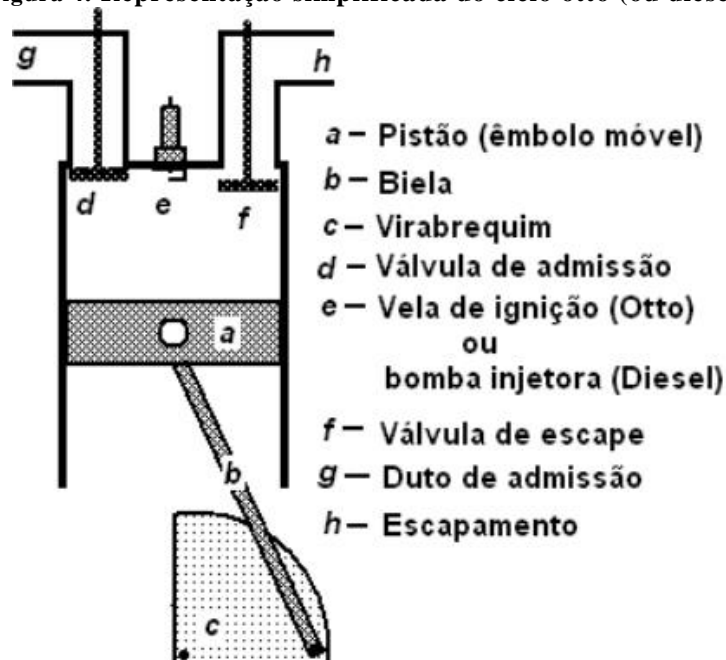
2.5 DIFERENÇA ENTRE CICLO OTTO E CICLO DESEL

Segundo Costa (2002) no motor a gasolina - mistura gasosa ar-gasolina - é inflamada por meio de uma faísca elétrica produzida pela vela de ignição, no motor a Diesel não existem velas de ignição e a gasolina é substituída por óleo Diesel.

Segundo Tillmann (2013), motor é uma máquina destinada a converter qualquer forma de energia térmica, elétrica, hidráulica, química e outras, em energia mecânica. Os motores de combustão interna realizam a transformação de energia térmica proveniente da combustão ou queima do combustível em energia mecânica. Distinguem-se aqui os dois principais tipos de motores, os que funcionam segundo a aspiração da mistura ar-combustível (Ciclo Otto) e posteriormente promovem a combustão pela queima da mistura através de uma faísca, e os motores que aspiram apenas o ar e, logo após a compressão, é pulverizado o combustível que logo promove a queima devido ao elevado calor e pressão gerados pela compressão do ar de admissão (Ciclo Diesel).

Na Figura 1, é representado o esquema simplificado das diferenças básicas entre o ciclo Otto e ciclo Diesel.

Figura 4. Representação simplificada do ciclo otto (ou diesel).



Fonte: Artomnov, Ilaronov e Morin (2010)

Segundo Artomnov, Ilaronov e Morin (2010) é importante notar que no final da compressão, a máquina Diesel atinge uma pressão quase três vezes maior do que a pressão na mesma etapa de uma máquina Otto. Isto se deve à taxa de compressão mais elevada na primeira

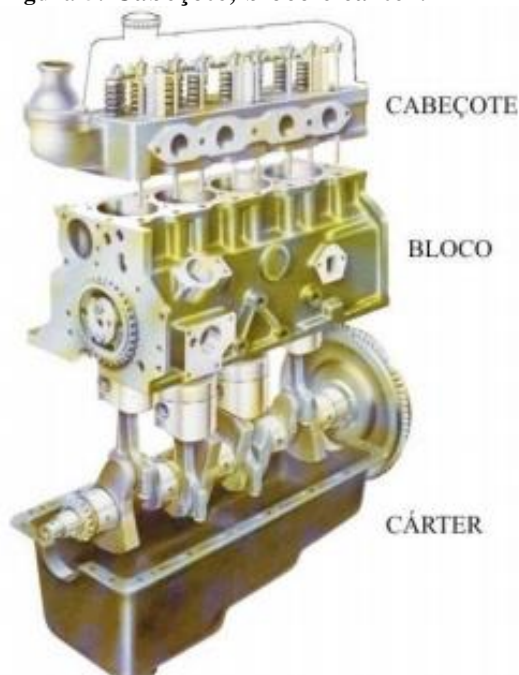
máquina do que na segunda. Da mesma forma a temperatura no final da compressão é maior na máquina Diesel (de 750 K a 900K) do que na máquina Otto (de 600 a 750 K).

2.6 PRINCIPAIS COMPONENTES DOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Segundo Santos (2010), ao longo do tempo os motores de combustão interna sofreram melhorias em diversas partes como no tamanho, peso, materiais, economia no consumo de combustível, combustíveis utilizados na mistura, eficiência, potência, quantidade de cilindros e posição dos cilindros. Basicamente um motor de combustão interna (MCI) é composto por peças fixas (bloco do motor, cabeçote e cárter) e peças móveis (pistão, biela, árvore de manivelas ou virabrequim, árvore de comando de válvulas e válvulas de admissão e escape).

Os motores de combustão interna apresentam três principais partes: cabeçote, bloco e cárter, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 5. Cabeçote, bloco e cárter.



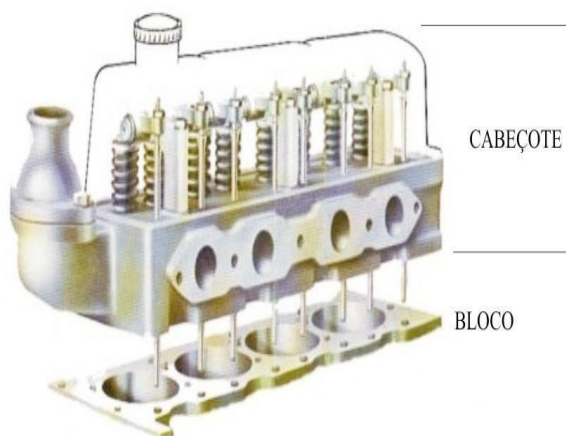
Fonte: Varella (2010)

2.6.1 Cabeçote do motor

Segundo Tillmann (2013), o cabeçote tem a função de tampar os cilindros, conforme se vê na Figura 4, formando a câmara de combustão na parte superior do bloco do motor. Nele, ocorrem altas pressões por conta do pistão que comprime a mistura, no caso do ciclo Otto, ou o ar, no caso dos motores de ciclo Diesel. Geralmente, possui orifícios com roscas onde são fixadas as velas de ignição ou os bicos injetores e alojadas as válvulas de admissão e escape ou

descarga. A união do bloco com o cabeçote, em razão da total vedação, requer uma junta de amianto revestida de metal. Os motores refrigerados a água usam cabeçotes de ferro fundido ou ligas de alumínio, quando há necessidade de redução de peso ou para melhorar a condução de calor, uma vez que impedem a formação de pontos quentes nas paredes internas do cabeçote.

Figura 6. Cabeçote do motor de combustão de 4 tempos.



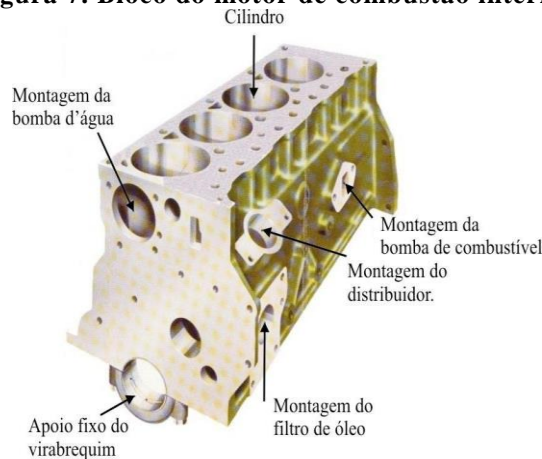
Fonte: Varela (2010).

2.6.2 Bloco

Segundo Varela (2010), o bloco é a parte central do motor, na sua maioria, de ferro fundido. A resistência do bloco pode ser aumentada, se for utilizada na sua fabricação uma liga de ferro fundido com outros metais. Alguns blocos de motor são fabricados com ligas de metais leves, o que diminui o peso e aumenta a dissipação calorífica. Neste caso o cilindro é revestido com camisa de ferro fundido.

Segundo Pugliesi (1978) a função do bloco é congrega os cilindros no interior dos quais se encontra o pistão, as aberturas das válvulas, e quando arrefecidos a água, as aberturas para a passagem do fluxo de água. Como pode ser visto na Figura 5 abaixo.

Figura 7. Bloco do motor de combustão interna.



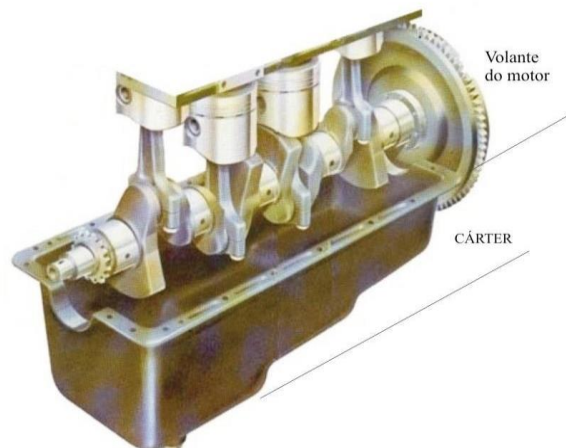
Fonte: Varella (2010)

2.6.3 Cárter

Segundo Tillmann (2013), parte inferior do bloco, cobrindo os componentes inferiores do motor e serve de depósito para o óleo lubrificante desse. O cárter de um motor é constituído de ferro ou alumínio fundidos, formando a parte principal do bloco do motor que contém o virabrequim e a bomba de óleo. As extremidades do cárter têm, frequentemente, garras destinadas à fixação do motor. As paredes extremas e as divisórias internas suportam os mancais do virabrequim. A parte inferior do cárter forma o depósito de óleo lubrificante. É constituída por chapa de liga de alumínio

O cárter na figura 6 abaixo é a parte inferior do motor. Nos motores de quatro tempos é basicamente o reservatório de óleo lubrificante. A bomba de óleo lubrificante está localizada no cárter.

Figura 8. Cárter do motor de combustão interna.



Fonte: Varella (2010)

2.6.4 Biela

Segundo Martinelli Jr. (2010), biela é um braço de ligação entre o pistão e o eixo de manivelas; recebe o impulso do pistão, transmitindo-o ao eixo de manivelas (virabrequim). É importante salientar que o conjunto biela-virabrequim transforma o movimento retilíneo do pistão em movimento rotativo do virabrequim. Entre a biela como pode ser visto na Figura 7 e o virabrequim são colocados os casquilhos para evitar desgaste do virabrequim. Mesmo assim, essas peças não são justas, existindo entre elas, uma folga, por onde circula o óleo lubrificante.

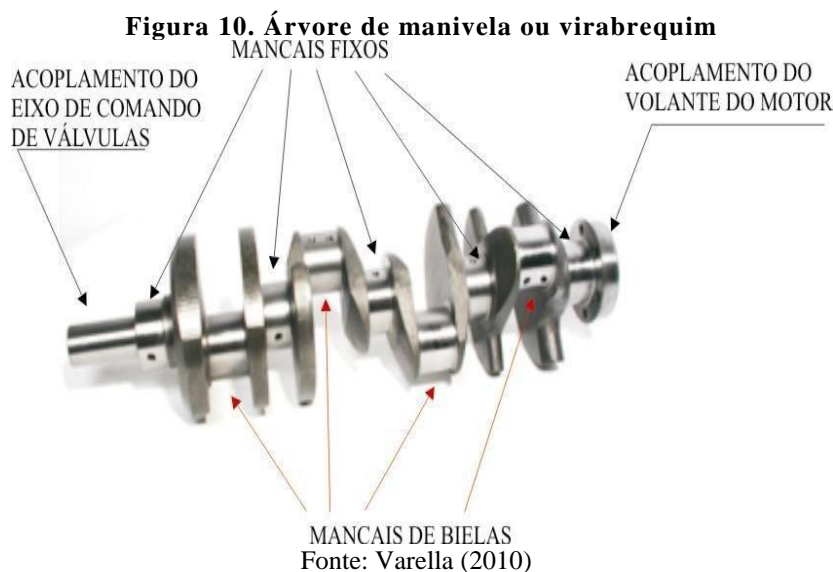
Figura 9. Biela e seus casquilhos.



Fonte: Varella (2010)

2.6.5 Árvore de manivelas ou virabrequim

Segundo Tillmann (2013), O virabrequim observado na Figura 8 é um elemento componente do sistema de força do motor, também conhecido por Eixo de Manivelas (EDM) ou Árvore de Manivelas (ADM). É considerado o eixo motor propriamente dito, o qual, na maioria das vezes, é instalado na parte inferior do bloco, recebendo ainda as bielas que lhe imprimem movimento. As cargas aparentes de um virabrequim resultam em tensões devido à flexão, torção e cisalhamento em todo seu comprimento. A geometria complexa envolvida tornaria impossíveis cálculos precisos de tensão, ainda que as cargas fossem conhecidas com precisão.



2.7 SISTEMAS AUXILIARES

Tem por finalidade auxiliar o sistema principal (motor de combustão interna ciclo diesel, ou OTTO), para que juntos possam culminar com a plena funcionalidade, emanando segurança, conforto e para seus usuários.

2.8 SISTEMA DE FRENAGEM

Segundo Diulgheroglo (2012) “tudo que se move tem que parar” frase esta que se remete a uma das leis primordiais da física, a primeira lei de Newton ou Lei da inércia foi responsável por um dos maiores dilemas do desenvolvimento do transporte em si.

Segundo Manual Bosch (2005), equipamento de freio é o conjunto de todos os sistemas que compõe o freio de um veículo e cuja finalidade é reduzir ou manter sua velocidade, levá-lo a imobilidade ou mantê-lo imóvel.

Segundo Pugliesi (1978), o sistema de freio suporta todo o peso do veículo e as forças que atuam sobre ele, do tipo aceleração lateral, desaceleração e os esforços de frenagem. Este sistema também é o responsável por gerar muito calor como consequência do atrito. As peças de acionamento e controle precisam ser fabricadas com excelentes materiais, para que ocorra dissipação do calor, e tenha êxito no serviço de frenagem.

Segundo Pugliesi (1978), na verdade nenhuma outra parte do automóvel, em termos de operação, é mais importante que os freios, que além serem capazes de desacelerar um veículo em movimento até sua parada, devem ser capazes de fazê-lo no menor espaço possível.

2.8.1 Sistema de frenagem a tambor

Segundo Diulgheroglo (2012), a evolução dos freios seguia a evolução dos veículos onde eram utilizados, sendo assim conforme o moderno conceito de freio a tambor foi inventado em 1902 pelo francês Louis Renault a partir de um sistema montado por ele próprio em um veículo Mayback 1901 o Renault Voiturette ilustrado na Figura 9.

Figura 11. Veículo Mayback o Renault Voiturette.



Fonte: Diulgheroglo (2012)

Segundo Diulgheroglo (2012), a introdução dos freios a tambor nos veículos demonstrou uma melhoria no sistema de freio, pois por se tratar de um sistema fechado o mesmo se tornou um sistema limpo. Porém como mencionado por este novo sistema fechado para os freios representou um problema relacionado a temperatura provocada no interior do tambor de freio, foi então que em 1930 os freios passaram a ser acionados por pressão de óleo através de pequenos cilindros hidráulicos ou mesmo pistões.

Segundo Pugliesi (1978), os freios a tambor ilustrado na Figura 10 abaixo, compostos basicamente pelo tambor, sapatas, pistões e molas de retorno, funcionam da seguinte forma: no momento em que o pedal de freio é acionado pelo motorista, a pressão é transmitida pelo fluido de freio até o cilindro que contém os pistões, os quais empurram as sapatas, em direção oposta, contra a superfície interna do tambor que gira em conjunto com a roda do carro. Ao entrarem em contato com a superfície do tambor, as lonas, presas às sapatas, produzem atrito, convertendo a energia cinética (ou energia de movimento) do carro em calor, proporcionando a frenagem do veículo. Em uma frenagem mais prolongada nesse sistema, ele tornasse menos eficiente, pois a dissipação de calor desse sistema é mais lenta em relação à frenagem a disco.

Figura 12. Freio a tambor.



Fonte: Rocha (2009)

2.8.2 Sistema de frenagem a disco

Segundo Diulgheroglo (2012), o grande triunfo da Engenharia aconteceu no início de 1900 quando em 1902 como mencionado por o inventor inglês Frederick Lanchester inventou o freio a disco. A invenção foi desenvolvida por Frederick Lanchester e introduzida em seu veículo em meados de 1910, Figura 11, este dispositivo ganhou fama graças a vitória da equipe Jaguar sobre seus concorrentes nas 24 horas de Le Mans em 1955.

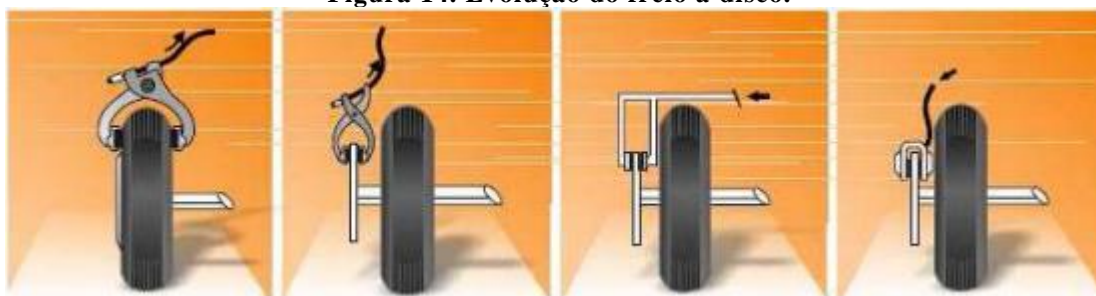
Figura 13. Veículo de Frederick Lanchester.



Fonte: Diulgheroglo (2012)

Segundo Diulgheroglo (2012), foi então que a partir da década de 60 que os freios a disco foram introduzidos nos veículos de série, e os freios a disco foram recebendo melhorias e seu desenvolvimento foi sendo ajustado até chegar ao freio a disco que conhecemos hoje, como pode ser visto na Figura 12.

Figura 14. Evolução do freio a disco.



Fonte: Diulgheroglo (2012)

Segundo Diulgheroglo (2012) os freios a disco, diferentemente dos freios a tambor, possuem um disco (preso ao cubo da roda) o qual é comprimido em suas faces por pastilhas, gerando o atrito necessário para frear o carro. As pastilhas, por sua vez, são montadas dentro das pinças (ou calipers) junto com os pistões que as empurram contra o disco, no momento em que o pedal de freio é acionado.

Segundo Diulgheroglo (2012), no quesito segurança, o freio a disco representado na Figura 13 se destaca em duas situações. Primeiro, não está suscetível a acumular água em seu interior, o que garante maior eficácia em pistas molhadas. A outra vantagem é que ele tem maior capacidade de resfriamento, uma vez que possui um sistema aberto que dissipa mais rapidamente o calor e a pressão é melhor distribuída no disco, diminuindo o desgaste das pastilhas. Através disso evita a presença do fenômeno “fading” (quando o fluido do freio ferve) é evitado, o que garante a qualidade da frenagem. Uma das desvantagens desse processo de frenagem é o custo elevado em relação ao sistema de frenagem a tambor.

Figura 15. Freio a disco.



Fonte: Autoria própria

2.9 SISTEMA DE TRANSMISSÃO

Segundo Costa (2012), a transmissão comunica às rodas a potência do motor transformada em energia mecânica. Num automóvel convencional, com motor dianteiro, a transmissão tem início no volante do motor e prolonga-se através da embreagem, da caixa de

câmbio, do eixo de transmissão e do diferencial até as rodas de trás. Já os automóveis com motor à frente e com tração dianteira ou com o motor atrás e tração nas rodas de trás dispensam o eixo transmissão sendo, neste caso, o movimento transmitido por meio de eixos curtos. A embreagem, que se situa entre o volante do motor e a caixa de câmbio, permite desligar a energia motriz da parte da parte restante da transmissão para libertar esta do torque quando as mudanças são engrenadas ou mudadas.

2.9.1 Transmissão mecânica

Segundo Costa (2012), a caixa de transmissão de um carro manual como pode ser visto na Figura 14 possui engrenagens de tamanhos diferentes que são engatadas quando o motorista, através do câmbio manual e de acordo com as relações de velocidades (km/h) e giros do motor (rpm) indicados no painel do carro, seleciona alguma marcha. É comum a relação de transmissão de 4:1, entre a velocidade de rotação do motor e das rodas. Enquanto o automóvel se desloca a uma velocidade constante numa via plana, esta redução é suficiente. Contudo, se o automóvel tiver de subir uma encosta, a sua velocidade diminuirá e o motor começara a falhar. A seleção de uma velocidade mais baixa (relação mais baixa) permite que o motor trabalhe a um maior número de rotações em relação às rodas, multiplicando-se assim o torque (binário motor).

Figura 16. Eixo primário e secundário do câmbio de relação e acionamento mecânico.



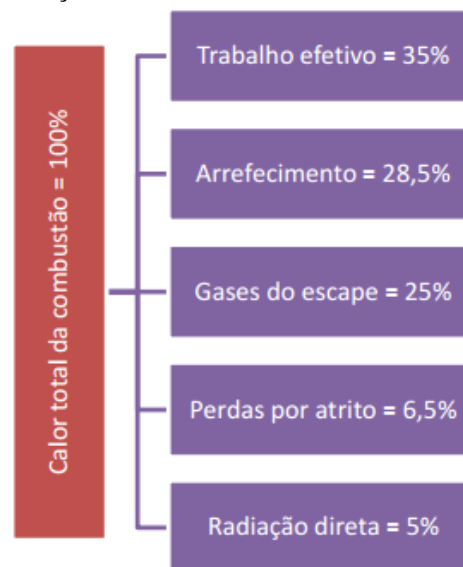
Fonte: Infomotor (2009)

2.10 SISTEMA DE ARREFECIMENTO

Segundo Costa (2012), menos de uma quarta parte de energia calorífica desenvolvida num motor de explosão é convertida em trabalho útil, ou seja, menos de 25% esta percentagem é lustrada na Figura 15. O calor restante deve ser dissipado para que nenhum dos componentes

do motor aqueça a ponto de deixar de funcionar. Quando se pisa a fundo no acelerador, cerca de 36% do calor desaparecem pelo sistema de escapamento, 7% perdem-se devido a atritos internos e no aquecimento do óleo de lubrificação e 33% dissipam-se no sistema de resfriamento.

Figura 17. Balanço térmico de um motor de combustão interna.



Fonte: Varella (2012)

Segundo Brunetti (2013), o trabalho gerado na combustão resultante de uma parcela significativa de atrito e calor. Para a manutenção da vida útil dos componentes será necessário o arrefecimento de algumas áreas e componentes localizados. O Sistema de arrefecimento pode ser realizado de duas formas, com ar (geralmente motores pequenos), ou com água.

Segundo Pugliesi (1978), ocorrem explosões no interior dos cilindros, onde podem ocorrer temperaturas elevadas, por volta de 1400° C que superaria o ponto de fusão do aço e seria muito embaraçoso manter em funcionamento se não se conseguisse um resfriamento eficiente.

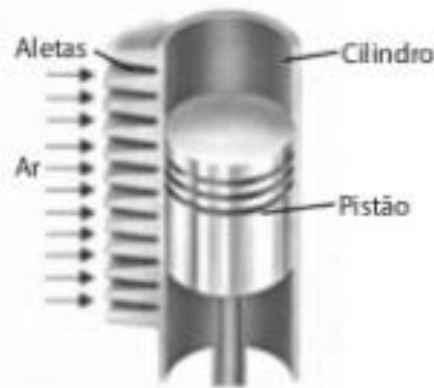
2.10.1 Sistema de arrefecimento direto ou a ar.

Segundo Pugliesi (1978) os cilindros possuem aletas pelas quais iram circular o ar e tem como característica principal a simplicidade na constituição do mesmo, melhor lubrificação, já que o motor chega a trabalhar em temperatura elevadas, claro dentro da faixa de operação.

Segundo Brunetti (2013), as vantagens apresentadas pelo sistema de arrefecimento a ar é a simplicidade, proporciona menor massa para o veículo além de baixo custo com manutenção

no referido sistema, as desvantagens são menor eficiência, proporciona maior ruído e tem elevação da temperatura do motor em congestionamentos, pois trabalha em baixas velocidades.

Figura 18. Sistemas de arrefecimento a ar.



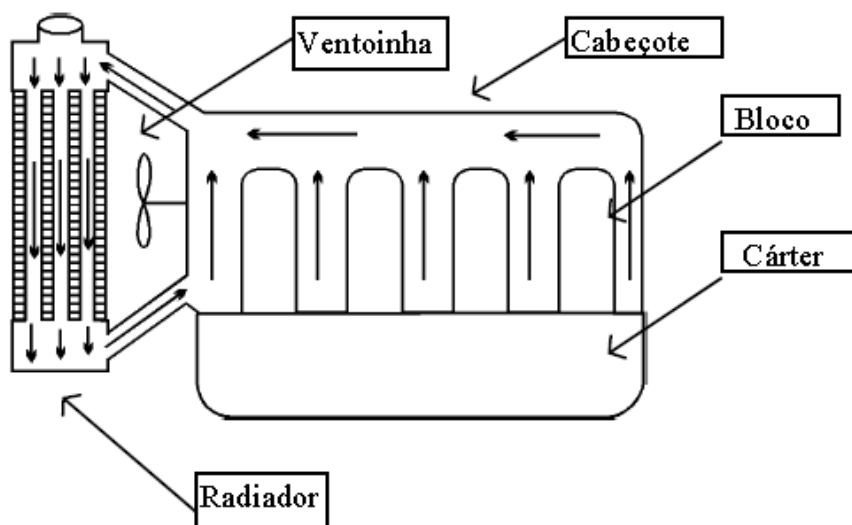
Fonte: Brunetti (2013).

2.10.2 Sistema de arrefecimento indireta ou a água

Segundo Brunetti (2013), uma das características desse sistema é a eficiência do mesmo, de como também reduzir o ruído do funcionamento do motor, entretanto apresenta também algumas desvantagens, tais como ser mais complexo e proporciona também uma maior massa para o motor.

Segundo Pugliesi (1978), o sistema utiliza em conjunto o ar e a água como meios arrefecedores como observa-se na Figura 16. A água absorve o calor excedente dos cilindros do motor, e através de um radiador, transfere calor ao ar.

Figura 19. Sistema de arrefecimento a água.



Fonte: Varella (2012)

2.11 SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO

Segundo Brunetti (2013), o desempenho de um motor de combustão interna está fortemente associado a quantidade de ar admitido e retido no interior dos cilindros, pois, quanto mais ar é admitido, maior também será a quantidade de combustível a ser adicionado e posteriormente oxidado.

2.11.1 Naturalmente Aspirado

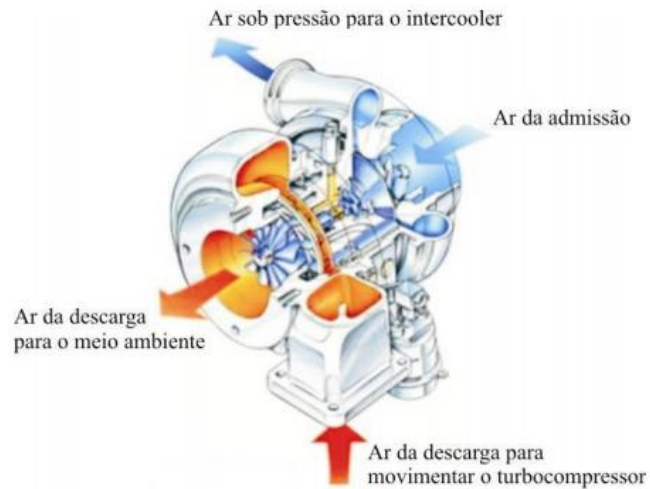
Segundo Brunetti (2013), o fluxo de ar destinado para o interior dos cilindros no tempo de admissão se dá em função da geração de um gradiente de pressão entre o coletor de admissão e o cilindro. No caso em que esse gradiente é ocasionado unicamente pelo deslocamento do pistão do PMS para o PMI, o que gera uma depressão no interior dos cilindros, e não havendo nenhum dispositivo que eleve a pressão no coletor de admissão acima da pressão atmosférica, então, tem-se o motor denominado naturalmente aspirado.

2.11.2 Turbocompressor

Segundo Pitilo (2006), o turbocompressor consiste em dois elementos: a turbina e o compressor, instalados em um único eixo. A turbina usa a energia dos gases de escape para acionar o compressor. O compressor “suga” o ar e o entrega aos cilindros de forma comprimida. A rotação do turbocompressor não depende da rotação do motor, mas de uma função entre o balanço de energia entre a turbina e o compressor.

Segundo Brunetti (2013), o turbocompressor é normalmente também denominado de turbina, turbocharger, turboalimentador ou turbo pode ser visto na Figura 17. Constituído por um conjunto de dois rotores montados nas extremidades de um eixo, a turbina radial é acionada pela energia cinética dos gases da descarga. Nos motores do ciclo diesel o turbocompressor tem como objetivo aumentar a pressão do ar no coletor de admissão acima da pressão atmosférica. Isso aumenta a densidade ou a massa do ar sem aumento do volume. O resultado é mais combustível injetado e mais potência. O turbocompressor aumenta a potência em torno de 35% e reduz o consumo específico de combustível em torno de 5%.

Figura 20. Turbocompressor, Turbina, Turbocharger, Turboalimentador ou Turbo.



Fonte: Varella (2012)

2.11.3 Bomba injetora

Segundo Pitilo (2006), é uma bomba injetora, posicionada no lugar da vela de ignição, onde vaporiza combustível (usualmente óleo diesel) para dentro do cilindro, ocorrendo a combustão espontânea (explosão) e a expansão dos gases.

Segundo Brunetti (2013), a bomba injetora como pode ser vista na Figura 18 está localizada entre o filtro de combustível e os bicos injetores. É a principal parte do sistema de alimentação diesel. Tem como funções: dosar o combustível de acordo com as necessidades do motor; enviar o combustível para os bicos injetores de acordo com a ordem de ignição do motor e promover pressão suficiente para pulverizar o combustível na massa de ar quente na câmara de combustão. A bomba injetora é regulada eletronicamente por um sistema de medição de débitos.

Figura 21. Bomba injetora.



Fonte: Varella (2012)

2.11.4 Unidade injetora

Segundo Brunetti (2013), trata-se um módulo injetor de um cilindro com bomba de alta pressão, possuindo bico injetor e válvula eletromagnética integrados. A sua montagem é feita diretamente no cabeçote sendo acionado por meio de um balancim acionado por um ressalto existente no comando de do motor. Cada cilindro apresenta uma unidade injetora, sendo apresentada na figura 19, localizada entre as válvulas de admissão e descarga. Devido a isso há uma redução das tubulações de alta pressão. Nesse sistema a pressão é controlada pela válvula solenoide e mantida acima de 2000 bar.

Figura 22. Unidade Injetora.

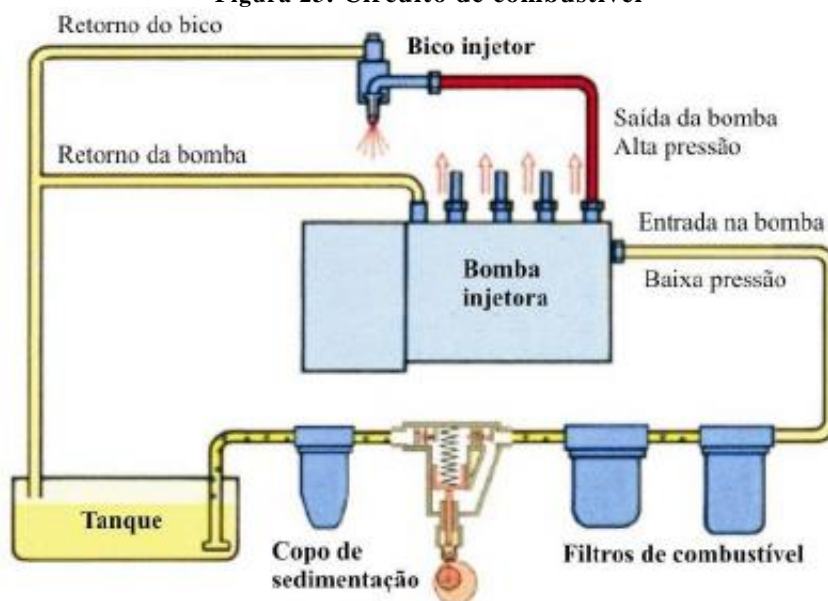


Fonte: Varella (2012)

2.11.5 Circuito de combustível

Segundo Varella (2012), o circuito de combustível tem como função conduzir o combustível desde o tanque de combustível até o interior dos cilindros. É responsável pela dosagem e injeção do combustível pulverizado no interior dos cilindros segundo a ordem de ignição do motor. A pressão de injeção é em torno de 2000 kgf/cm² (aproximadamente 2000 bar). É constituído das seguintes partes: tanque de combustível, copo de sedimentação, bomba alimentadora, filtros de combustível, tubulações de baixa pressão, bomba injetora, tubulações de alta pressão, bicos injetores e tubulações de retorno. Podendo ser visto na Figura 20.

Figura 23. Circuito de combustível



Fonte: Varella (2012)

2.12 SISTEMA DE SUSPENSÃO

Segundo Costa (2002), se o pavimento das faixas de rodagem oferecesse perfeitas condições de rolamento, os automóveis não necessitariam de um sistema complexo de suspensão para proporcionar conforto aos seus ocupantes. Um bom sistema de suspensão deve incluir molejamento e amortecimento dentro dos limites pré-determinado pelo fabricante. O primeiro consiste na resistência elástica a uma carga e o segundo na capacidade de absorver parte da energia de uma mola após esta ter sido comprimida. Se esta energia não for absorvida, a mola ultrapassará bastante a sua posição original e continuará a oscilar para cima e para baixo até que essas oscilações cessem. O amortecimento converte a energia mecânica em energia calorífica. Para reduzir o ruído e aumentar a suavidade, as molas são montadas sobre borracha. O sistema de suspensão inclui ainda almofadadas dos bancos, que também protegem contra as vibrações.

Segundo Andrade (2001), atualmente o sistema de suspensão vem sendo de grande interesse de diversas áreas da engenharia. A necessidade de melhorar a segurança, o conforto e desempenho é o que impulsiona o desenvolvimento tecnológico de suspensões, pois os veículos deixaram de ser usados esporadicamente e passaram a fazer parte do nosso cotidiano.

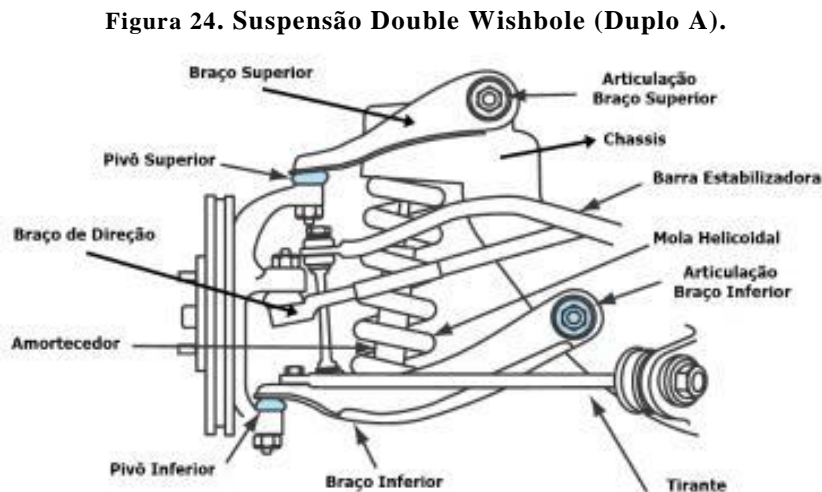
Segundo Oliveira et. al. (2014), a suspensão é um dos principais elementos que caracteriza o comportamento dinâmico de um veículo, seu projeto determinará o nível de conforto, aderência e segurança.

2.12.1 Sistema de suspensão Double Wishbone, (duplo A) ou Trapézio Articulado.

Segundo Pugliase (1978), um amortecedor colocado usualmente no meio da mola helicoidal e separados por dois trapézios articulados por junta esférica ou com pino mestre. Muito utilizado em suspensões independente, apresentando como maior vantagem a diminuição da massa não suspensa, em outras palavras, ocorre a redução da massa cujos movimentos não são amortecidos pela suspensão. Apresenta também como vantagem a transferência das cargas estáticas e dinâmicas da suspensão para carroceria que é feita por, no mínimo, quatro pontos, sendo dois braços de suspensão (inferior e superior), evitando dessa forma a concentração de tensão e possíveis trincas na estrutura do veículo, podendo causar acidente.

Segundo Gillespie (1992), o modelo de suspensão Double Wishbone, mais popularmente conhecido como "Duplo A" ou "Bandeja dupla" ilustrado na Figura 21, é amplamente aplicado nos veículos de passeio e em caminhonetes.

Segundo Gillespie (1992), outra grande vantagem deste sistema está na transferência das cargas estáticas e dinâmicas da suspensão para a carroceria que é feita por, no mínimo, quatro pontos, sendo dois em cada braço de suspensão (inferior e superior), evitando a concentração de tensão e possíveis trincas na estrutura do veículo.



Fonte: Varella (2010)

2.12.2 Suspensão dependente

Segundo Pugliesi (1978), o sistema de suspensão dependente, o movimento de uma roda de um dos lados do veículo está dependente do movimento da roda do outro lado. Quando uma roda do veículo atinge um obstáculo, o efeito é transmitido diretamente ao seu parceiro (roda) do outro lado. Isto tem um efeito prejudicial no passeio e manipulação do veículo.

2.12.3 Suspensão independente

Segundo Gillespie (1992), em contraste com o sistema de suspensão dependente, a suspensão independente permite que cada roda se mova verticalmente sem afetar a roda oposta. Sendo mais utilizado no eixo dianteiro de veículos de passageiros, por causa das vantagens de proporcionar um espaço maior para o motor, por causa de uma facilidade de controle do centro de rolamento da suspensão, por possuir um grande curso para o movimento das rodas, tem uma grande rigidez ao rolamento e possui um valor reduzido da massa não suspensa. Por gerar um efeito melhor no desempenho 95% dos automóveis leves, utilitários leves e médios, veículos médios, grandes e de luxo utilizam, na suspensão dianteira, uma configuração independente. Os automóveis mais luxuosos ou os que buscam um ar mais esportivo trazem as suspensões independentes nas quatro rodas.

Uma suspensão independente, por outro lado, permite que uma roda se movimente livremente e sem impedimentos pela roda oposta como é mostrado na Figura 22.

Figura 25. Comparação entre sistema dependente e independente.



Fonte: Rocha (2009)

2.13 SISTEMA DE DIREÇÃO

Segundo Pugliesi (1978), o sistema de direção tem por objetivo alterar a angulação das rodas relativamente à linha de centro do veículo de modo a permitir que este possa realizar alterações de direção em curvas e manobras. O comportamento ideal que o veículo deve apresentar é aquele que permanece totalmente neutro ao se fazer uma curva.

Segundo Costa (2012), a direção também não deve transmitir ao motorista os efeitos das irregularidades do pavimento, embora deva proporcionar-lhe uma certa sensibilidade a esses efeitos. Todo o processo de levar a rotação do volante para as rodas é realizado por diversos

componentes que trabalham junto com o sistema de suspensão para que o veículo ande em pisos com os diversos tipos de irregularidades. Podendo ser Mecânico, Hidráulico e Elétrico-hidráulico.

2.13.1 Volante de direção

Pugliesi (1978), peça indispensável em veículos, o volante observado na Figura 23, é o primeiro componente do sistema de direção, sendo controlado totalmente pelo motorista.

Figura 26. Volante de direção.



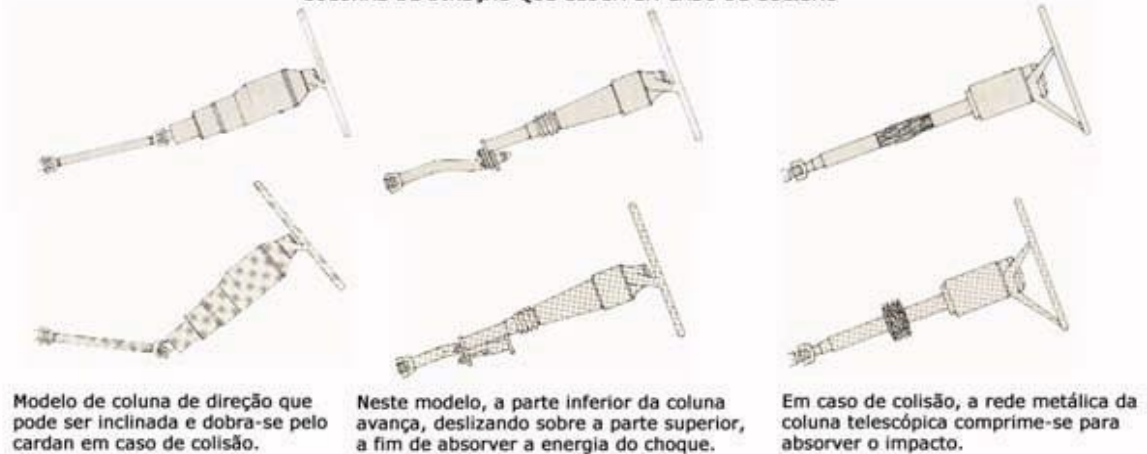
Fonte: Rocha (2009)

2.13.2 Coluna de direção

Segundo Costa (2012), na coluna de direção observado na Figura 24, que aloja o eixo da direção e serve de apoio a este, estão montados, às vezes, alguns comandos, tais como a alavanca das mudanças de marchas, o limpador de do para brisa, o comando do pisca – pisca, por vezes, no lado oposto.

Segundo Costa (2012), estes dois comandos podem também estar combinados numa só alavanca. Alguns automóveis apresentam uma coluna de direção ajustável. A parte superior, onde se encontra o volante, pode ser deslocada telescopicamente para cima e para baixo e, em alguns casos, pode ser inclinada para se adaptar à estrutura e posição do motorista. Característica marcante é recebe a rotação do volante através da coluna e transforma em um movimento retilíneo.

Figura 27. Coluna de direção.
COLUNAS DE DIREÇÃO QUE CEDEM EM CASO DE COLISÃO



Fonte: Costa 2012

2.13.3 Bomba hidráulica

Segundo Hasebrink (1990), as exigências a uma bomba hidráulica podem ser divididas numa única frase: Bombas hidráulicas devem converter energia mecânica (rotação, torque) em energia hidráulica (fluxo volumétrico, pressão).

Segundo Costa (2012), por outro lado, a bomba hidráulica como pode ser visto na Figura 25, também retira parte da potência do motor, fator que somado ao custo deste sistema faz com que ele não seja tão comum em veículos populares.

Figura 28. Bomba Hidráulica.



Fonte: Costa (2012).

2.13.4 Caixa de direção

Segundo Costa (2012), a caixa de direção, ilustrada na Figura 26, reduz o esforço do motorista ou efeito de alavanca, que a caixa de direção torna possível, depende do peso e do tipo de automóvel. Um automóvel esportivo leve exige uma redução pequena, já que o motorista

necessita de um comando rápido para corrigir as derrapagens. Quando a manutenção do fluido lubrificante, o mesmo deve possuir alta densidade.

Figura 29. Caixa de Direção.



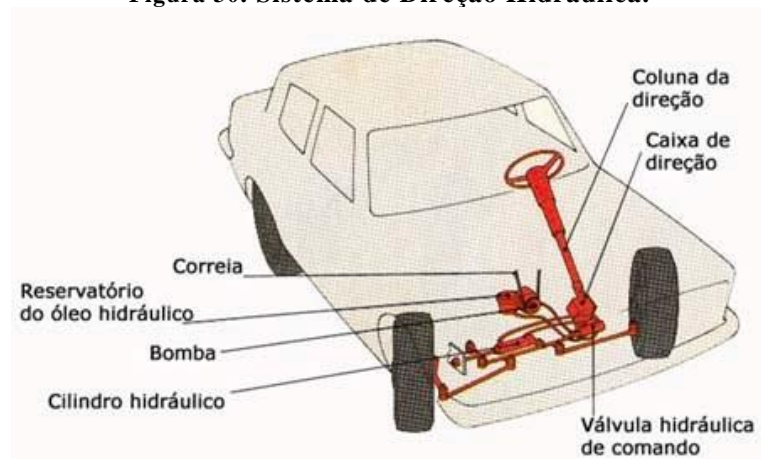
Fonte: Infomotor (2009)

2.14 SISTEMA DE DIREÇÃO HIDRÁULICA

Segundo Costa (2012), a direção assistida reduz o esforço necessário para mover o volante e facilita as manobras a baixa velocidade como, por exemplo, o estacionamento num espaço reduzido. A direção hidráulica também contribui para a segurança, com a direção convencional, o motorista pode perder o domínio do volante se um pneu estourar ou se uma roda tiver de enfrentar uma pronunciada irregularidade do pavimento. Na maioria dos sistemas utiliza-se um fluido hidráulico ou um óleo leve, fornecido sob pressão, por uma bomba acionada pelo motor e proveniente de um depósito independente. Em caso de avaria no sistema, o automóvel pode continuar a ser dirigido manualmente.

Segundo Pugliesi (1978), quando o sistema de direção hidráulica está em repouso, como ilustrado na Figura 27, isto é, quando não é solicitado o seu funcionamento, o óleo passa através de dois orifícios de iguais dimensões, aplicando assim uma pressão igual aos dois lados de um pistão, contido num cilindro, ligado ao mecanismo de direção.

Figura 30. Sistema de Direção Hidráulica.



Fonte: Costa (2002).

3 METODOLOGIA

O procedimento correto da recuperação de um motor restaura componentes danificados com perfeição, dando “vida nova” a máquina, este é um trabalho minucioso, que deve ser efetuado por profissionais qualificados e de acordo com as normas NBR 13032 – execução de retífica de motores – da ABTN (associação brasileira de normas técnicas).

A falta de uma bancada experimental para realização de ensaios em motores a combustão interna fomentou nos discentes a modificação de um veículo ciclo diesel para transformá-lo em uma bancada didática para que os docentes pudessem ir além das salas de aula e exemplificar seu conteúdo teórico.

3.1 RECUPERAÇÃO DO MOTOR DO VEÍCULO.

A construção da bancada didática foi feita a partir da recuperação do motor de um veículo ciclo diesel que foi doado pela empresa Eletrobrás/Eletronorte para a Universidade Federal do Pará, Campus Tucuruí (UFPA/CAMTUC), apresentando um problema em seu funcionamento. O mesmo estava no Laboratório de Engenharia Mecânica, como é visto na Figura 28.

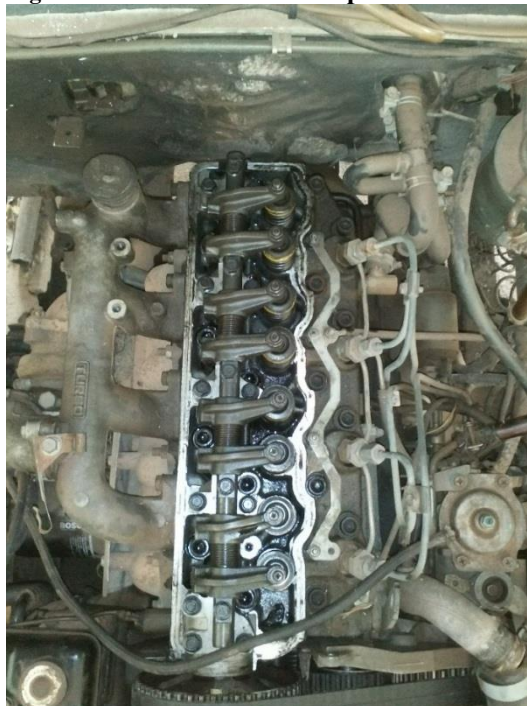
Figura 31. Carro guardado no Laboratório Mecânico.



Fonte: Autoria própria

Como o laboratório não possuía ferramentas adequadas para a manutenção, houve a necessidade de se levar o veículo para uma oficina especializada, onde com o auxílio de um profissional da área iniciou-se a recuperação do motor, como pode ser visto na Figura 29.

Figura 32. Motor sem a tampa de válvulas.



Fonte: Autoria própria

Com a retirada da tampa de válvula alguns componentes internos do motor, como: o eixo de comando de válvulas, a haste impulsora que abre os balancins, porcas e parafusos de regulagem das folgas das válvulas, os balancins, e as molas que fecham as válvulas puderam ser analisadas e com isso identificar uma possível causa do defeito. Entretanto, constatou-se que o defeito não estava nesses componentes do motor.

Para realizar uma verificação completa do defeito do motor foi necessária com o auxílio de uma talha mecânica manual a retirada do bloco do motor e do cabeçote que estão no “cofre” motor, como pode ser vista na Figura 30.

Figura 33. Bloco sendo retirado.



Fonte: Autoria própria

Com a retirada do bloco a identificação do defeito no motor pode ser observada, uma vez que, com essa desmontagem foi possível encontrar o problema, já que o mesmo estava no sistema de lubrificação, essa conclusão foi possível pois pode se observa que os componentes do bloco apresentavam um desgaste prematuro nas bronzinas da biela, assim como, o eixo virabrequim e a biela, tornando o motor inutilizável. A Figuras 31 mostra o problema encontrado.

Figura 34. Bronzina danificada.



Fonte: Autoria própria

Com a falha no sistema de lubrificação, ocorreu a rotação da bronzina, ocasionando um contato direto entre biela e eixo virabrequim, a Figura 32 mostra a Biela desbastada.

Figura 35. Biela danificada.



Fonte: Autoria própria

O eixo virabrequim também foi danificado como pode ser observado na Figura 33, precisando ser retificado onde o mesmo foi encaminhado para uma oficina especializada para a realização deste procedimento sendo realizado um desbaste de 0,75/mm em seus moentes e 0,50/mm em seus munhões.

Figura 36. Eixo danificado.



Fonte: Autoria própria

A Figura 34, mostra o bloco sendo preparado para montagem, onde passou por uma limpeza para receber os seus componentes.

Figura 37. Bloco do motor limpo.



Fonte: Autoria própria

A Figura 35, também mostra o cabeçote limpo preparando-os para montagem, uma vez que como esses dois componentes serão unidos por uma junta e parafusos, não é admissível qualquer sujeira entre eles.

Figura 38. Cabeçote do motor limpo.



Fonte: Autoria própria

Após a recuperação executada o motor já pôde ser instalado de volta ao veículo como mostra a Figura 36.

Figura 39. Motor recuperado



Fonte: Autoria própria

3.2 CRIAÇÃO DA BANCADA DIDÁTICA

A criação da bancada didática a partir de um veículo de combustão interna, ciclo diesel, teve seu início com a contribuição direta dos discentes do Curso de Mecânica Automotiva do PRONATEC (Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego) realizada do ano de 2015, uma vez que estes discentes participaram da desmontagem do veículo. Na medida em que o processo transcorria era repassado o conhecimento técnico na prática, (teoria de combustão interna, sistemas auxiliares e aparelhos metrológicos), ratificando dessa forma o êxito em se utilizar um veículo como bancada didática auxiliando no processo de ensino e aprendizado.

Este procedimento foi realizado com o auxílio de uma esmerilhadeira, usando todos EPIs (Equipamentos de Proteção Individual) e EPC (Equipamento de Proteção Coletiva) necessários, como também a colocação de uma proteção de acrílico no eixo cardã, item que entra em consonância com a NR 12, subitem 12.47.2.

A Figura 37 mostra como o veículo ficou após a retirada das partes móveis da lataria do veículo, tais como: portas e caçamba.

Figura 40. Veículo sem portas.



Fonte: Autoria Própria

Mesmo com a retirada das partes móveis do veículo se fez necessária a retirada de algumas partes fixas com a utilização de uma esmerilhadeira conforme a Figura 38.

Figura 41. Preparação da bancada.



Fonte: Autoria Própria

Retoques finais em cortes e desbastes na bancada didática, como pode ser ilustrado na Figura 39

Figura 42. Cortes e desbastes.



Fonte: Autoria própria

A finalização da bancada, observada na Figura 40, pode ser concretizada após ter sido retirada todas as extremidades do chassi que poderiam vir a causar algum acidente, assim, com a bancada pronta, estudos nos sistemas de alimentação, arrefecimento, lubrificação filtragem, direção, suspensão e frenagem, assim como uma simulação de uma falha no sistema de alimentação poderão ser realizados.

Figura 43. Bancada finalizada.



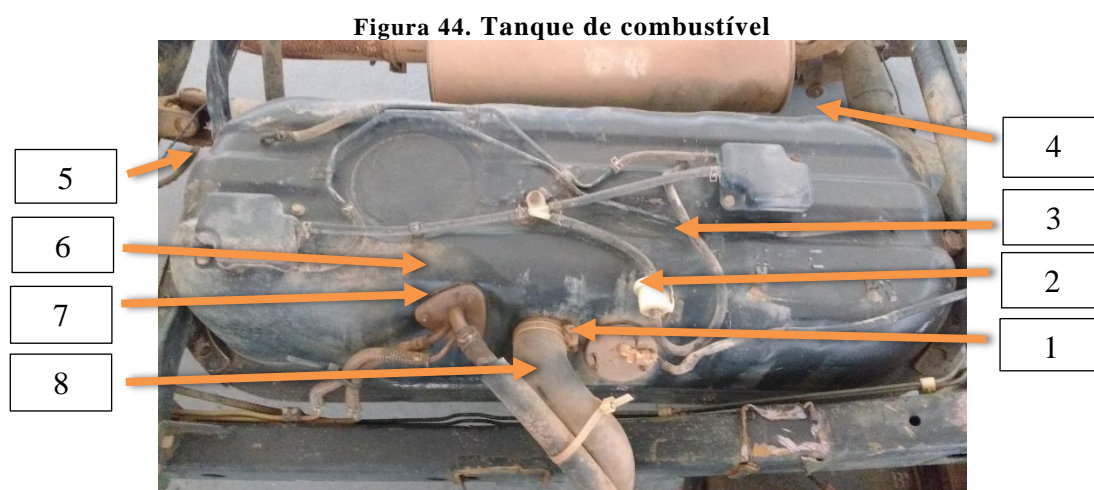
Fonte: Autoria própria

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Serão apresentados agora os sistemas de alimentação, arrefecimento, lubrificação, filtragem, direção, suspensão e frenagem, além de uma simulação de falha no sistema de alimentação do veículo, assim como, o apêndice do roteiro de utilização da bancada didática onde os discentes poderão executar suas atividades periódicas.

4.1 SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO.

O sistema de alimentação, tem início no tanque, onde o combustível é armazenado, é observado na Figura 41, com suas particularidades.



Fonte: Autoria própria

1. No ponto 1, é ilustrado a mangueira por onde o tanque de combustível de abastecido;
2. No ponto 2 da Figura 41, observa-se a boia do tanque de combustível que enviará para o painel o nível de óleo diesel;
3. No ponto 3 da Figura 41, é notado um pequeno filtro do suspiro dos reservatórios auxiliares, que auxiliam no combate na entrada de ar.
4. No ponto 4 e 5 da Figura 41, é percebido os reservatórios auxiliares de combustível, que exercem o papel de prevenir que ocorra entrada de ar no sistema de alimentação.
5. No ponto 6 da Figura 41, é observado a linha principal de alimentação de combustível.
6. No ponto 7 da Figura 41 ilustra a mangueira de retorno de combustível excedente ao tanque, após percorrer o sistema.
7. No ponto 8 da Figura 41, observa-se a mangueira de suspiro do tanque de combustível.

Os discentes podem observar os componentes do sistema de alimentação, ilustrados na Figura 42.

Figura 45. Componentes do sistema de alimentação.



Fonte: Autoria própria

No sistema de alimentação o combustível sai do tanque percorre seu caminho até chegar nos principais componentes sempre seguindo uma cronologia.

1. No ponto 1 da Figura 42, observa-se a bomba manual que exerce a função de completar o filtro de combustível, para que não ocorra uma entrada de ar na bomba injetora e com isso ocasionando a falha e conseqüentemente o desligamento do motor;
2. No ponto 2 da Figura 42, é possível notar o elemento filtrante de combustível, que se localiza entre o tanque de combustível e a bomba injetora, este elemento é responsável por filtrar qualquer impureza que o combustível tenha, caso isso não ocorra, irá acarreta em danos a bomba injetora e as unidades injetoras;
3. No ponto 3 da Figura 42, a mangueira principal de alimentação é observada, localizada após o elemento filtrante, contendo combustível limpo e pronto para ser utilizado pela bomba injetora para enviar as unidades injetoras;
4. No ponto 4 da Figura 42, é ilustrado a bomba injetora, que após receber o combustível filtrado encaminha este combustível sob alta pressão para as unidades injetoras;
5. No ponto 5 da Figura 42, observa-se uma das 4 unidades injetoras presentes no motor do veículo, recebendo sob alta pressão o combustível e conseqüentemente encaminhando este combustível para a câmara de combustão;
6. No ponto 6 da Figura 42, é observado a mangueira de retorno de combustível para o tanque.

4.2 SISTEMA DE ARREFECIMENTO.

É um sistema hermético que tem a função de dissipar o calor proveniente da combustão interna, segundo Martinelli (2010) o motor deverá oscilar sua temperatura de trabalho entre 80°

C e 115°C, além de rebaixamento a temperatura da água no radiador na ordem de 5° C. Esse sistema será ilustrado na Figura 43.

Figura 46. Radiador e ventilador.



Fonte: Autoria própria

1. No ponto 1 da Figura 43, observa-se a tampa do radiador, que tem a função de colaborar para que o sistema se torna hermético;
2. No ponto 2 da Figura 43, é ilustrada a mangueira de entrada da água quente no radiador para trocar calor e posteriormente retornar, com temperatura dentro dos limites pré-estabelecido pelo fabricante;
3. No ponto 3 da Figura 43, observa-se o radiador que é o reservatório onde o fluido trocará calor;
4. No ponto 4 da Figura 43, é a hélice da bomba d'água, que realiza a troca de Calor forçada.

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO E FILTRAGEM.

Sendo considerado por literaturas como um dos sistemas mais importante no funcionamento de um motor de combustão interna seja ele diesel ou Otto. O sistema de lubrificação e filtragem ilustrado na Figura 44 será abordado para os discentes, mostrando o grau de importância deste sistema, podendo ser estudado como evitar o contato direto em partes móveis no interior do motor, assim como auxilia na refrigeração do mesmo, com a filtragem do óleo e o tempo de uso recomendado pelo fabricante do veículo.

Figura 47. Elemento filtrante.



Fonte: Autoria própria

1. No ponto 1 da Figura 44, observa-se o elemento filtrante que possui a função de reter a maioria das impurezas do óleo lubrificante;
2. No ponto 2 da Figura 44, está ilustrado o suporte do filtro de óleo responsável por manter a circulação de lubrificante, assim como, encaminha-lo até o radiador de óleo localizado na frente do veículo.

4.3 SISTEMA DE DIREÇÃO.

Durante a desmontagem do veículo os discentes puderam observar atentamente o sistema de direção e suas particularidades a Figura 45 mostra a caixa de direção do veículo. Com isso o docente pode explicar o funcionamento do sistema da bancada, reforçando o conteúdo teórico visto em sala de aula.

Figura 48. Caixa de direção.



Fonte: Autoria própria

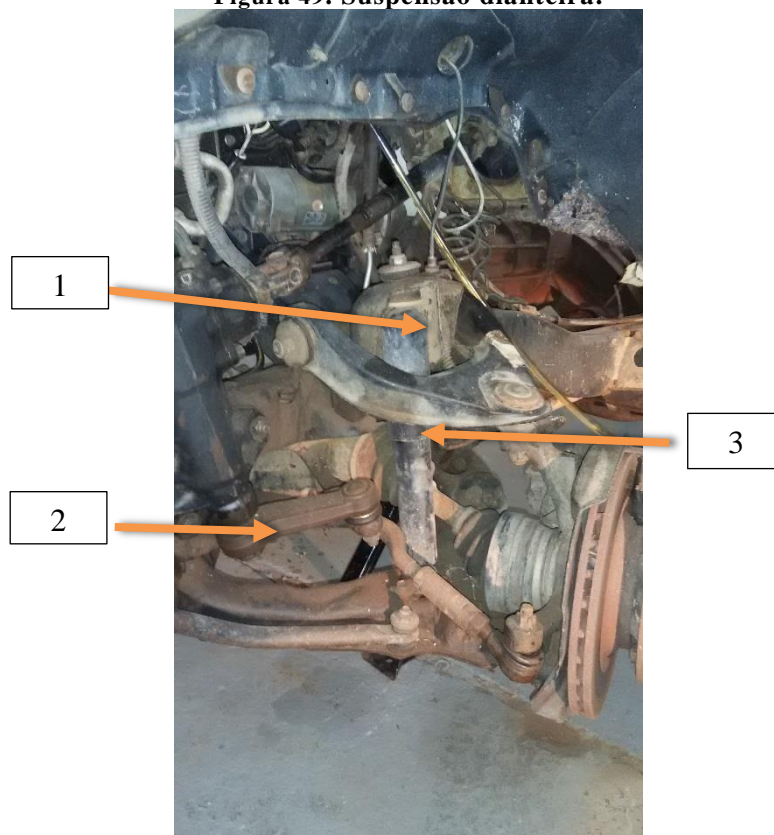
Todo o processo de levar a rotação do volante para as rodas é realizado por diversos componentes que trabalham junto com o sistema de suspensão.

1. No ponto 1 da Figura 45, observa-se o volante, é o primeiro componente do sistema de direção, sendo controlado totalmente pelo motorista.
2. No ponto 2 da Figura 45, é ilustrado a caixa de direção, é a peça responsável por levar o movimento do volante de direção até a caixa de direção
3. No ponto 3 da Figura 45, nota-se a caixa de direção, recebe a rotação do volante através da coluna e transforma em movimento.

4.4 SISTEMA DE SUSPENSÃO.

No decorrer do curso outro sistema que pode ser explanado, na bancada didática, foi o de suspensão, tendo na sua dianteira o sistema duplo A, visto na Figura 46, que é composto por duas bandejas, uma superior e outra inferior, com um amortecedor.

Figura 49. Suspensão dianteira.



Fonte: Autoria própria

1. No ponto 1 da Figura 46, observa-se o braço oscilante superior, também conhecido como "bandeja";
2. No ponto 2 da Figura 46, é notado o amortecedor;
3. No ponto 3 da Figura 46, é constatado o braço oscilante inferior.

O sistema de suspensão traseiro diferencia da dianteira com suas particularidades, tais como: feixe de mola com amortecedores e batentes como pode ser visto na Figura 47.

Figura 50. Suspensão traseira.



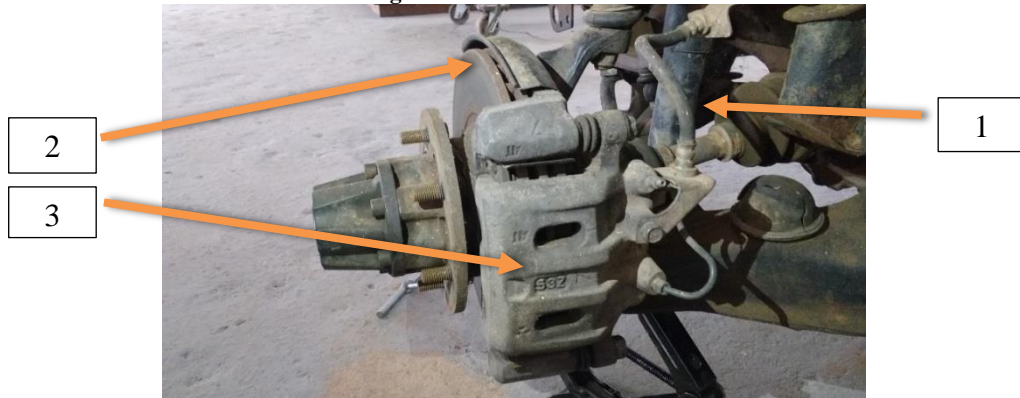
Fonte: Autoria própria

1. No ponto 1 da Figura 47, é verificado o amortecedor traseiro;
2. No ponto 2 da Figura 47, é notado o feixe de molas, algumas suspensões traseiras utilizam este sistema.

4.5 SISTEMA DE FRENAGEM.

O docente pode expor os dois sistemas de frenagem mais utilizados na atualidade. Na bancada didática é utilizado freio a disco na dianteira, observado na Figura 48, que tem como característica pinças, discos e pastilhas.

Figura 51. Freio a disco.



Fonte: Autoria própria

1. No ponto 1 da Figura 48, é constatado o flexível;
2. No ponto 2 da Figura 48, é percebido o disco de freio;
3. No ponto 3 da Figura 48, é notado a pinça de freio exercendo a função de pressionar a pastilha de freio no disco, ocasionando atrito e conseqüentemente a parada do veículo.

Na Figura 49, observa-se o segundo sistema de frenagem existente na bancada, freio a tambor.

Figura 52. Freio a tambor.



Fonte: Autoria própria

1. No ponto 1 da Figura 49, é constatado a sapata de freio;
2. No ponto 2 da Figura 49, é observado o cilindro de roda, conhecido popularmente como “burrinho”;
3. No ponto 3 da Figura 49, percebe-se a mola de ajuste das sapatas de freio;
4. No ponto 4 da Figura 49, é visto o tambor de freio.

SIMULAÇÃO DE UM DEFEITO NA BANCADA

Foi simulado uma falha no sistema alimentação, através da elevação da mangueira principal do reservatório auxiliar, fazendo com que seja inserido ar no sistema, isto irá acarretar em uma falta de combustível no filtro, bomba injetora e conseqüentemente nas unidades injetoras, ocasionando o desligamento do motor, na Figura 1 pode ser observado a simulação da falha.

Figura 53. Simulação de um defeito na bancada.



Fonte: Autoria própria

Vale ressaltar que estas simulações de falhas, devem ser feitas esporadicamente, uma vez que, é notório que o sistema não foi projetado para trabalhar com algum defeito, podendo acarreta em prejuízo no funcionamento de outros componentes.

5 CONCLUSÕES

O motor foi recuperado com sucesso, e com isso obteve-se êxito na construção da bancada, onde a mesma serviu de suporte prático no auxílio do curso de mecânica automotiva promovido para a comunidade da cidade local, onde foram apresentados os sistemas de frenagem, alimentação, transmissão, arrefecimento, suspensão e direção, com isso, mostrou sua capacidade em apoiar os discentes da universidade com aulas práticas podendo apresentar o funcionamento de um motor ciclo diesel e os seus sistemas auxiliares.

Foi criado pela equipe um roteiro da Bancada Didática, para auxiliar docentes e discentes para seu melhor funcionamento, como também a realização de uma simulação de falha no sistema de alimentação.

Os docentes que estiverem ministrando disciplinas que forem correlacionadas com a bancada didática, poderão utilizá-las para diminuir dificuldades dos discentes. Além de poder ser utilizada na área ensino, pesquisa e extensão, através de cursos voltados para área afim.

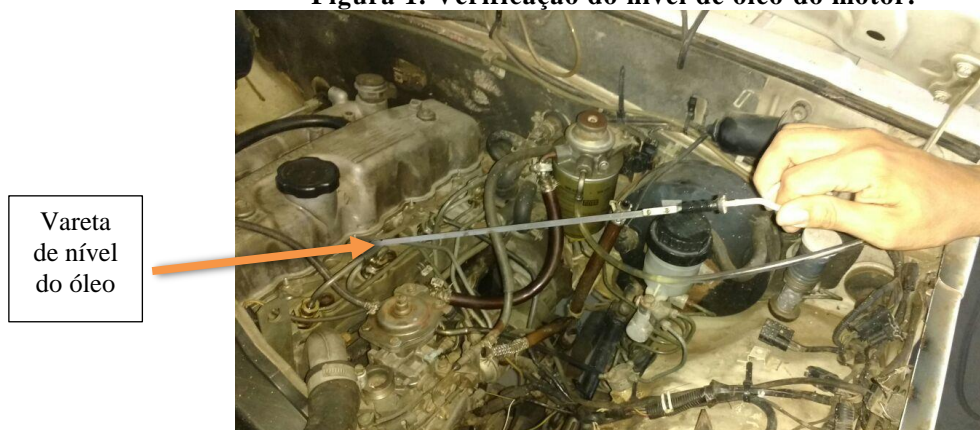
6 Apêndice A: ROTEIRO DO FUNCIONAMENTO DA BANCADA DIDÁTICA.

Para funcionar a bancada didática, alguns procedimentos deverão ser adotados, tais como:

I. VERIFICAÇÃO DO NÍVEL DO ÓLEO DO MOTOR

Primeiramente deve ser observado o nível de óleo no Carter do motor, esta verificação é possível, através de uma vareta de nível de óleo como está sendo exemplificado na Figura 1.

Figura 1. Verificação do nível de óleo do motor.



Fonte: Autoria própria

O nível de óleo deve estar compreendido entre as marcas pré-estabelecidas na vareta. Caso o nível esteja acima é necessário a drenagem do óleo pelo bujão do cárter. Na situação do nível baixo, deve-se completar pela tampa de abastecimento de óleo do motor, utilizando sempre óleo recomendado pelo fabricante.

II. VERIFICAÇÃO DO NÍVEL DO FLUIDO DE ARREFECIMENTO.

Abrir a tampa do radiador conforme a Figura 2, para verificação do fluido. Observado a presença de fluido no sistema, o mesmo encontra-se normal para funcionamento. Caso esteja com nível baixo é necessário completar o nível.

Figura 2. Verificação do nível do fluido de arrefecimento.



Fonte: Autoria própria

III. LIGAÇÃO DA BATERIA

- Limpe os terminais dos cabos, o dispositivo de fixação e o suporte e limpe os terminais da bateria e unte com vaselina ou graxa;
- Primeiramente, conecte o cabo do circuito elétrico (+) ao polo correto da bateria e o aperte-o. Em seguida, conecte e aperte o cabo do aterramento (-).

Todo este procedimento se faz necessário pois vale ressaltar que a bateria da bancada inicialmente sempre estará desconectada, para que não ocasiona um descarregamento prematuro, ou seja, sempre será necessário fazer a conexão dos cabos aos bornes da bateria. Na Figura 3 é ilustrado como os cabos ficarão após serem conectados.

Figura 3. Conexão da bateria.



Fonte: Autoria própria

Obs: Inverter essa sequência pode causar explosão.

IV. VERIFICAÇÃO DO NÍVEL DO COMBUSTÍVEL.

Introduzir a chave na ignição e coloca-la na posição pós-chave, posteriormente olhar no painel ilustrado na Figura 4, o nível de combustível.

Figura 4. Verificação do nível de combustível.



Fonte: Autoria própria

Observação1: Nos procedimentos em que foram necessários algum procedimento de complementação de algum fluido, faz-se imprescindível a investigação da causa dos baixos níveis de fluido no sistema em análise.

Observação 2: Antes do funcionamento da bancada verificar a fixação da proteção do eixo cardã.

REFERÊNCIAS

- BRUNETTI, Franco. **Motores de Combustão Interna**. Vol. 1/São Paulo: Blucher, 2013.
- BRUNETTI, Franco. **Motores de Combustão Interna**. Vol. 2/São Paulo: Blucher, 2013.
- Carlos Antônio da Costa Tillmann, **Motores de combustão Internas e seus Sistemas**. IFRS, CampusPelotas,2013.Disponível<http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifsul/tecnico_biocombustivel/motores_combustao_interna_e_seus_sistemas.pdf>. Acessado em 10/09/2016
- COSTA, Paulo G. **A Bíblia do carro**. /São Paulo: Copyright (C), 2002.
- Diulgheroglo A. Pedro 2012, **Apostila de freios** disponível em:<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAazwEAC/apostila-freios>. Acesso em 04 de outubro 2016.
- Gionei da Rocha, **Componentes do sistema de suspensão**. 2009 <<http://www.infomotor.com.br/site/2009/06/suspensao-dependente-e-independente/>>; Acessado Em 04.outubro. 2016
- Gionei da Rocha, **Componentes do sistema de direção**. 2009 < [http://www.infomotor.com.br/site/2009/06/sistema de direção/](http://www.infomotor.com.br/site/2009/06/sistema-de-direcao/)>; Acessado Em 04.outubro. 2016
- Gillespie, Thomas. D. **Fundamentals of vehicle Dynamics, Society of Automotive Engineers**.Vol. Único. New York. Editora society of automotive engineers inc, 1992.
- GRECO, Alessandro. Da máquina a vapor aos carros de luxo. Scientific american história, São Paulo, n.4, p.16-25.2005
- HASEBRINK, J. P. **Manual de Hidráulica Básica. Vol. 1**. Alemanha. Bosch Rexroth, 1990.
- Luis Carlos Martinelli Jr., **Motores de Combustão Interna**. UNIJUI, Campus Panambi 2010 Disponível<<https://kaiohdutra.files.wordpress.com/2010/10/motores-de-combustao-interna3.pdf>>. Acessado em 26/09/2016
- Oliveira et. Al, **Sistema de Suspensão Veicular Otimizado por Meio de um Controle Eletromecânico do Conjunto Mola e Amortecedor**< <http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos14/40820461.pdf> >. Acessado em 23/09/2016
- PUGLIESI, Márcio. **Manual Completo do Automóvel**. Vol. 1/São Paulo: Hemus, 1978
- Varella, c. A. A.; Santos, g.s. **Noções básicas de motores diesel**. (1ª ed.), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro. 2010.
- ARTOMNOV, M. D., ILARONOV, V. A. e MORIN, M. M. **Motor vehicles**. Moscou: MIR, 1976. BOSCH Manual de tecnologia automotiva. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.