

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
VITOR AUGUSTO POLTRONIERI DA SILVA

ANÁLISE DAS MODIFICAÇÕES EM UM MOTOR CICLO OTTO PARA USO
EM COMPETIÇÕES DE ARRANCADA

CASCAVEL - PR

2020

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
VITOR AUGUSTO POLTRONIERI DA SILVA

**ANÁLISE DAS MODIFICAÇÕES EM UM MOTOR CICLO OTTO PARA USO
EM COMPETIÇÕES DE ARRANCADA**

Trabalho apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Professor Orientador: Me. Eng. Mec. Carlos Alberto Breda.

CASCADEL - PR
2020

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

VITOR AUGUSTO POLTRONIERI DA SILVA

**ANÁLISE DAS MODIFICAÇÕES EM UM MOTOR CICLO OTTO PARA USO
EM COMPETIÇÕES DE ARRANCADA**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário FAG, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor Me. Eng. Mec. Carlos Alberto Breda.

BANCA EXAMINADORA

Orientador Prof Me. Carlos Alberto Breda

Prof Msc. Cleberson Pereira
Banca avaliadora

Prof Msc. Bruno dos Santos
Banca avaliadora

**CASCADEL - PR
2020**

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria que agradecer a minha família que me deu o suporte e apoio necessários durante todo curso até a chegada deste momento e a todos os amigos e colegas de faculdade pelo apoio durante a graduação.

Gostaria de agradecer também à minha namorada pelo apreço inestimável e por estar sempre ao meu lado durante todo o desenvolvimento deste trabalho, aos professores do curso de Engenharia Mecânica por formarem parte da pessoa que sou neste momento e não menos importante ao meu professor e orientador Me. Carlos Alberto Breda, por sua dedicação e preocupação em prol do desenvolvimento desta análise.

RESUMO

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi proposta a observação e registro de quais são as principais alterações realizadas em um motor original a fim de que este atenda aos requisitos exigidos para participação em competições oficializadas pela Confederação Brasileira de Automobilismo (CBA). Essa observação tem como finalidade evidenciar de que maneiras essas modificações alteram a performance do motor. Sendo assim, podemos destacar como objetivo geral a análise das alterações feitas em específico em um motor original de Opala 4 cilindros. Propõe-se que sejam observadas quais são as características de um motor original de fábrica, destacando potência e torque de maneira a se alcançar a performance necessária para participação em competições de eventos de alto nível. O desenvolvimento desta pesquisa tem sua finalidade justificada pelo aumento da relevância que os eventos de arrancada tiveram nos últimos anos, até mesmo, ocorreram diversas competições nas cidades próximas ao desenvolvimento da investigação. Assim, fica evidente que o tema proposto tem relevância, pois, condiz com o cenário de competições automotivas na modalidade de arrancada na região.

Palavras-chave: Ciclo Otto. Automobilismo. Performance

ABSTRACT

For the development of the research to be carried out, it is proposed to observe and record what are the main changes made to an original engine so that it meets the requirements for participation in competitions officialized by the Brazilian Automobile Confederation (CBA). This observation aims to show how these modifications change the performance of the engine. Therefore, we can highlight as a general objective the analysis of the changes made specifically in an original Opala 4 cylinder engine. It is proposed that the characteristics of an original factory engine be observed, highlighting power and torque in order to achieve the performance necessary to participate in high level event competitions. The development of this research has its purpose justified by the increased relevance that the drag events had in the last years, even, there were several competitions in the cities close to the development of the investigation. Thus, it is evident that the proposed theme has relevance, as it is consistent with the scenario of automotive competitions in the drag race in the region.

Keywords: Otto cycle. Motorsport. Performance

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dragster.....	18
Figura 2: Funny Car.....	18
Figura 3: Componentes do motor CI.....	21
Figura 4: Ciclo Otto Ideal.....	21
Figura 5: Funcionamento Motor 4 tempos.....	23
Figura 6: Demonstração de um motor hp.....	25
Figura 7: Dinamômetro de bancada.....	26
Figura 8: Controle do dinamômetro de bancada.....	27
Figura 9: Funcionamento de um dinamômetro.....	27
Figura 10: Funcionamento de um dinamômetro.....	28
Figura 11: Dinamômetro de rolo.....	28
Figura 12: Bloco do motor.....	31
Figura 13: Cabeçote.....	33
Figura 14: Câmara.....	33
Figura 15: Pistão e pino.....	34
Figura 16: Anéis de vedação e lubrificação.....	34
Figura 17: Biela.....	35
Figura 18: Montagem Virabrequim.....	36
Figura 19: Virabrequim.....	36
Figura 20: Sistema de válvulas.....	38
Figura 21: Turbocompressor.....	44
Figura 22: Diagrama de motor com Turbocompressor.....	44

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curva de torque.....	47
Gráfico 2: Curva de potência.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados motor 151 original.....	46
Tabela 2: Torque motor modificado.....	46
Tabela 3: Potência do motor modificado.....	47
Tabela 4: Melhor tempo do veículo.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CBA - Confederação Brasileira de Automobilismo

CI - Combustão Interna

CT - Cilindrada Total

CV - Cavalo Vapor

EUA - Estados Unidos da América

FLT - Força Livre Traseira

HP - Horse Power

KM/H - Quilômetros por hora

M - Metro

NA - Naturalmente Aspirado

NM - Newton Metro

NHRA - National Hot Rod Association

PCI - Poder Calorífico Inferior

PMI - Ponto Morto Inferior

PMS - Ponto Morto Superior

RPM - Rotações Por Minuto

WHP - Wheel Horse Power

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. OBJETIVOS	14
1.1.1. Objetivo Geral	14
1.1.2. Objetivos Específicos	14
1.2. JUSTIFICATIVA	15
1.3. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	16
1.4. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1. PROVA DE ARRANCADA	17
2.2. COMPONENTES DO MOTOR	19
2.3.1. Motores de combustão interna (CI)	19
2.3.1.1. Ciclo Otto	20
2.4. AUMENTO DE POTÊNCIA	23
2.4.1. Diminuição de Atrito	24
2.4.2. Aumento do Rendimento Térmico	24
2.4.3. Aumento da Eficiência Volumétrica	24
2.4.4. Preparação do motor	24
2.5. ANÁLISE DE PERFORMANCE	25
2.5.1. Análise de torque e potência efetiva	26
3. METODOLOGIA	29
3.1. ALTERAÇÕES RELACIONADAS AO MOTOR	30
3.1.1. Bloco do motor	30
3.1.2. Cabeçote	32
3.1.3. Cáster	33
3.1.4. Pistão (êmbolo)	34
3.1.5. Biela	35
3.1.6. Virabrequim	35
3.1.7. Volante	37
3.1.8. Válvulas	37
3.1.9. Partes complementares	38
3.2. ALTERAÇÕES RELACIONADAS AO SISTEMA DE IGNIÇÃO	38
3.4. ALTERAÇÕES RELACIONADAS AO SISTEMA DE ARREFECIMENTO	39
3.5. ALTERAÇÕES RELACIONADAS À ALIMENTAÇÃO	40
4. RESULTADOS	46

4.1. DADOS DO MOTOR ORIGINAL	46
4.2. DADOS DO MOTOR MODIFICADO RELACIONADO AO TORQUE	46
4.4. RESULTADOS PRÁTICOS	48
5. CONCLUSÃO E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIA	51

1. INTRODUÇÃO

Desde do desenvolvimento dos primeiros tipos de motores, em 1858, houve os mais variados tipos de evoluções e modificações. Isso ocorre devido a diferentes fatores, como a busca por motores eficientes ou de maior potência, como também pelas mudanças e novas maneiras como utilizamos os motores na atualidade. Assim, considera-se que hoje existem necessidades diferentes no que se refere a veículos, porém, apesar das alterações e dos diferentes tipos de motores, é possível que se limite os motores de uso mais comum, por ainda serem mais eficientes.

Para a primeira etapa da pesquisa, são considerados alguns tópicos fundamentais para composição da análise realizada. Define-se, primeiramente, do que se trata a competição de arrancada e quais são os parâmetros para que um veículo possa competir, dentro das delimitações estabelecidas pela CBA. Após, usando como aporte teórico Martins (2006), será analisada a estrutura de um motor de Combustão Interna (CI) Ciclo Otto e os tipos de alimentação de ar, naturalmente aspirado (NA) e sobrealimentada. Finalizando, serão destacadas de quais maneiras a performance de um motor é medida, definindo qual será a forma utilizada para medição do motor a ser considerado na análise.

Atualmente, os motores de combustão interna são muitos utilizados nos mais diferentes tipos de aplicações, desde veículos até geradores de energia elétrica. Além disso, pensando no tipo de sociedade de consumo na qual estamos inseridos, a utilização e modificações de motores deixou de levar em conta apenas o uso prático, limitados à necessidade de uso.

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi elaborado o registro e análise de um motor, observando quais são as principais alterações realizadas a fim de que este se enquadre nos requisitos exigidos para participação em competições oficializadas pela Confederação Brasileira de Automobilismo (CBA) e que ao mesmo tempo seja competitivo na categoria o qual se encontra. A análise teve como objetivo geral evidenciar quais são as características de um motor original Opala 4 cilindros, levando em consideração quais componentes do motor são modificados

para aumento de performance e quais foram os resultados de potência e torque do motor após as alterações.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

O objetivo geral da pesquisa desenvolvida é analisar quais são as alterações necessárias para que um motor automotivo a combustão interna ciclo Otto tenha aumento em sua performance, levando em consideração os requerimentos feitos pela Confederação Brasileira de Automobilismo (CBA) na categoria força livre traseira (FLT).

1.1.2. Objetivos Específicos

Como objetivo específico da pesquisa serão levados em consideração quais são as modificações pelas quais um motor original possa ser submetido para se adequar e obter a melhor performance na participação em eventos de arrancada na categoria força livre traseira a nível sul-americano. Assim, define-se como objetivos específicos:

- Fazer o registro de quais são as modificações possíveis para que um motor original de fábrica tenha aumento no seu desempenho, destacando-se potência e torque.
- Registrar quais foram as modificações feitas em um motor original de Opala modelo 151 4 cil. produzido entre 1974 a 1992, para que o mesmo fosse usado em competições de arrancada.
- Avaliar como as modificações feitas no motor tiveram impacto na performance do motor, evidenciando os resultados finais de potência e torque.

1.2. JUSTIFICATIVA

Atualmente a engenharia está presente em inúmeros setores da vida cotidiana, seja em casa, no trabalho, na indústria, cada vez mais o estudo da tecnologia permite a facilitação dos meios de vida e o progresso no meio industrial. Não seria diferente no cenário automobilístico, todos os anos a indústria de veículos busca os mais diferentes tipos de inovações, seja em eficiência, potência ou simplesmente visando o mercado de consumo.

Cada dia mais a busca é por veículos que reflitam o estilo de vida da sociedade atual, para que essas renovações aconteçam é preciso que antes de tudo sejam estudadas e testadas diferentes possibilidades que permitam o desenvolvimento de motores com mais potência, eficiência e durabilidade.

Em comparação com outros países, a indústria brasileira está entre as primeiras na fabricação de veículos, ficando em sexto lugar no ranking mundial no ano de 2019, porém a maior parte das vendas corresponde a veículos populares, a frota de carros de alta performance é majoritariamente importada (Leite, 2019). Por isso, é necessário que haja o incentivo para o desenvolvimento de pesquisas que tenham como proposta alterações, modificações e inovações no setor automobilístico que mantenham o custo benefício.

O que leva a proposta da pesquisa desenvolvida neste trabalho, a competitividade envolvida nas arrancadas faz com que sempre haja atualizações e mudanças nos materiais que compõem as peças e motores usados, muitas vezes permitindo que tais alterações levam a um grande aumento na eficiência e performance dos motores.

Tais alterações podem também ser aplicadas em veículos usados fora de competições, porém, para que isso ocorra é necessário haver comparação dos dados medidos em performance antes e após as mudanças, além de levar em conta quais modificações são relevantes e de fato eficientes.

Para que isso ocorra é necessário que o tema ganhe destaque entre estudos acadêmicos, permitindo a continuidade do desenvolvimento e progresso da área no quesito de análise e comparação. Assim, fica evidente que a pesquisa proposta tem relevância, pois, busca um parâmetro inicial ao analisar um tópico específico e traz

atenção ao cenário competitivo e ao progresso feito na melhoria e eficiência de motores.

Trazer esta problemática para o meio acadêmico é suscitar o interesse de futuros engenheiros, a melhorar ainda mais a qualidade de vida dos envolvidos neste processo e despertar novos estudos com essa temática.

1.3. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Quais as alterações feitas no motor de Opala modelo 151 4 cilindros produzido entre 1974 a 1992 para que houvesse aumento na performance em competições de arrancada nas pistas de até 402m (1/4mi)?

1.4. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A delimitação da pesquisa se dá pela medição de valores de um único tipo de motor, levando em consideração os valores de um motor original e comparando-os com o mesmo após o alto nível de modificações. O motor considerado será o de um Opala modelo 151 4 cilindros produzido entre 1974 a 1992. As medições originais são fornecidas pelo próprio fabricante do motor e o resultado final levará em conta a medição feita por meio de um dinamômetro de rolo. Procura-se que seja enfatizada quais componentes foram modificados e de que maneira.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com a finalidade de obter um referencial teórico adequado para elaboração da pesquisa desenvolvida, são considerados alguns tópicos que possam dar fundamentação para o estudo. Para isso, será feito uso em principal da obra de Martins (2006), livro que trata com complexidade a respeito do funcionamento do motor e de seus componentes. Também será usado como obra de referência o trabalho produzido por Horodecki (2014), que em seu artigo desenvolve as etapas de análise e comparação de maneira clara e eficiente. É usado como base referencial também o texto escrito por Luz (2013), material que esclarece de maneira dinâmica o funcionamento de motores a combustão interna. Considera-se ainda o material elaborado por Brunetti (2012), livro que estabelece conceitos importantíssimos no funcionamento de motores, elucidando ainda quais são as principais maneiras de melhorar o desempenho de um motor de combustão interna.

Dessa forma, a fim de proporcionar o embasamento teórico adequado, são considerados os seguintes conteúdos: o que se define por arrancada e quais são os parâmetros que um motor de arrancada deve possuir, a elucidação acerca do funcionamento, sobrealimentação e otimização de diversos componentes presentes em motores de ciclo Otto, e a definição de quais são os parâmetros utilizados para análise de performance, estabelecendo de que maneira esses parâmetros serão medidos e como ocorre a comparação entre um motor original e um com modificações.

2.1. PROVA DE ARRANCADA

Ao ser considerada a análise em um motor utilizado para provas de arrancada, é preciso, definir quais são as características e requisitos para esse motor e antes de tudo, especificar do que se trata a competição.

As provas de arrancada são uma modalidade na competição esportiva automobilística, se trata de uma corrida de curta distância em linha reta que pode ser praticada por diferentes tipos de veículos automotores, sendo a grande maioria carros, estes com motores originais ou, como a maior parte, com modificações feitas

especialmente para esse tipo de modalidade. Também participam em menor escala competidores com veículos do tipo *Dragster*, *Funny Cars* e motocicletas.



Figura 01: Dragster
(Fonte: Site Nitrolympx, 2019)



Figura 02: Funny Car
(Fonte: Site NHRA, 2019)

A prova consiste no percurso de um trajeto reto e nivelado, partindo do estado de repouso até completar o percurso que pode ser de um quarto de milha (402,5 metros), sendo este o mais utilizado, ou um oitavo 8 de milha (201,25 Metros). Nos últimos anos, também foi adotada na modalidade o trajeto contendo 300 metros, pois, devido às altas velocidades alcançadas nas categorias de maior performance, existia probabilidade de graves acidentes no percurso de um quarto de milha. Pensando nisso, a *National Hot Rod Association* (NHRA) definiu alterações para as competições.

Apesar da padronização com os parâmetros definidos pela NHRA, órgão que regula as competições de arrancada nos Estados Unidos da América (EUA), no Brasil, a instituição que define as normas é a Confederação Brasileira de Automobilismo (CBA). Criada em 1961, a CBA é a associação em nível federal, com caráter civil e social, em que se administra o desporto do automobilismo no país. A instituição tem como máxima o compromisso de propagar e estimular no país o exercício de todas as modalidades e fortalecer as atividades que tenham relação com o turismo, trânsito e transporte.

2.2. COMPONENTES DO MOTOR

Segundo que fica estabelecido pelo regulamento da CBA, o veículo utilizado para prova deve ser do tipo de turismo de grande produção em série com motores NA ou superalimentados por meio de turbo compressor, *blower ou supercharger*, podendo ainda fazer uso de óxido nitroso, originalmente com motores de 4 (quatro) ou 5 (cinco) cilindros, do tipo ciclo Otto. Assim, antes de tecer considerações a respeito das modificações permitidas no motor, é necessário considerar aqui do que se trata esse motor de ciclo Otto.

2.3 Motores de combustão interna (CI)

Antes que sejam articuladas as considerações a respeito da regulamentação da CBA é importante que seja elaborado o que caracteriza um motor de combustão

interna ciclo Otto. Podemos definir um motor de combustão interna ciclo Otto como uma máquina térmica que usa um meio de combustível para converter energia química em energia mecânica, por meio da rotação no eixo virabrequim. Primeiramente, a energia térmica faz com que ocorra a alteração no estado dos gases dentro do motor, em um processo de compressão, expansão e alteração na temperatura. A alta pressão produzida por essas alterações provoca o deslocamento dos componentes do motor, como pistões, nos casos de Ciclo Otto e Diesel, palhetas de uma turbina como em motores de Ciclo Brayton, ou rotor, no caso de motor Wankel. Esse processo possibilita a produção de energia mecânica por meio da rotação no eixo no motor (PULKRABEK, 2003).

2.3.1 Ciclo Otto

De acordo com Martins (2006)

O funcionamento dos motores pode ser analisado pelo recurso à termodinâmica, dividindo o seu funcionamento em diferentes processos: admissão, compressão, fornecimento de calor, expansão, etc. Estes vários processos ideais podem ser agrupados de modo a produzir-se o ciclo global de funcionamento do motor (2006, p.33).

Os motores de uso comum em geral são de ciclo de Otto ou Diesel, pois são os ciclos com maior eficiência global pelo custo em uso nos dias atuais. O motor a ser analisado não possui ciclo Diesel, por isso, mantêm-se o foco nas definições e características do Ciclo Otto, inventado pelo engenheiro alemão Nikolaus August Otto (1832-1891).

Observa-se na Figura 3 os principais componentes internos de um motor de CI de quatro tempos.

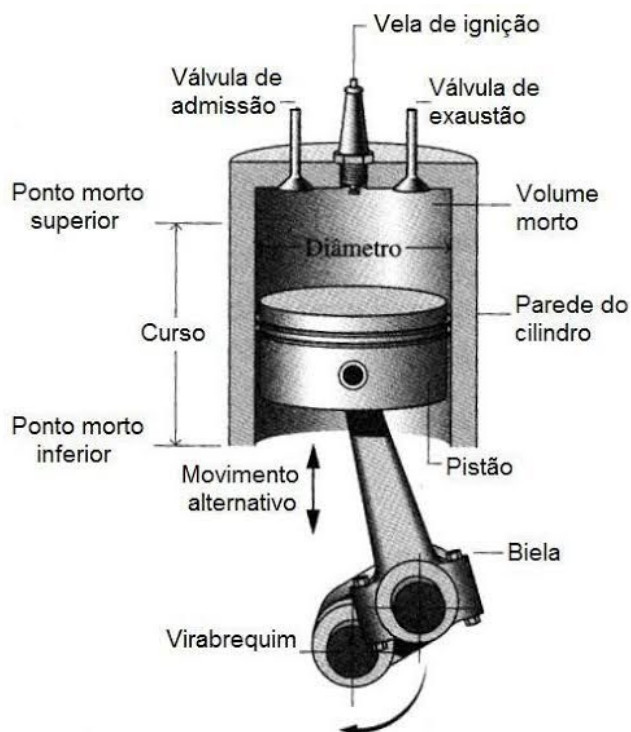


Figura 03: Componentes do motor CI

(Fonte: adaptado por HORODECKI (2014) *apud* MORAN e SHAPIRO (2009))

O Ciclo Otto é um ciclo termodinâmico que ocorre em motores em quatro tempos. As séries de transformações químicas e físicas que ocorrem dentro da câmara de combustão fazem com que a mistura ar/combustível injetados no interior do motor permitam seu funcionamento. Como já mencionado, esse processo permite a movimentação do pistão. Os quatro tempos do ciclo são denominados: admissão, compressão, expansão e exaustão.

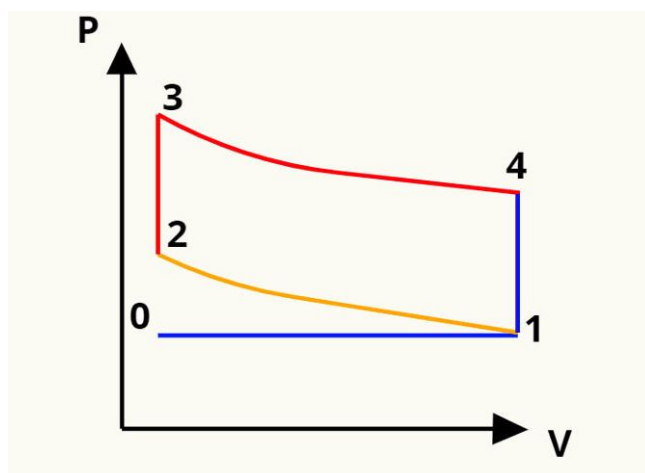


Figura 04: Ciclo Otto Ideal

(Fonte: Helerbrock, (s.d.))

1º Tempo: Processo 0-1: Admissão isobárica.

Na primeira parte desse processo, com a válvula de admissão completamente aberta, a mistura de ar e combustível à uma pressão constante é succionada para dentro da câmara de combustão, devido ao deslocamento do pistão do Ponto Morto Superior (PMS) para o Ponto Morto Inferior (PMI).

2º Tempo: Processo 1-2: Compressão adiabática.

Em seguida, o pistão passa rapidamente do PMI para o PMS com ambas as válvulas completamente fechadas, fazendo com que a mistura de ar e combustível seja comprimida.

3º Tempo: Processo 2-3-4: Combustão a volume constante (2-3) e expansão adiabática (3-4).

Após a compressão, é gerada uma faísca por meio da vela de ignição, iniciando um processo de combustão, isso faz com que a energia química no combustível reaja com o ar, provocando sua expansão, aumentando temperatura e pressão, e trazendo rapidamente o pistão novamente do PMS para o PMI.

4º Tempo: Processo 4-1-0: Exaustão isobárica

Na última parte do ciclo, há uma grande pressão dentro do cilindro do motor, a válvula de exaustão inicia a abertura, fazendo com que os gases formados pela queima da mistura ar/combustível sejam expulsos do cilindro, devido ao movimento do pistão do PMI para o PMS. A partir desse ponto o ciclo se inicia novamente.

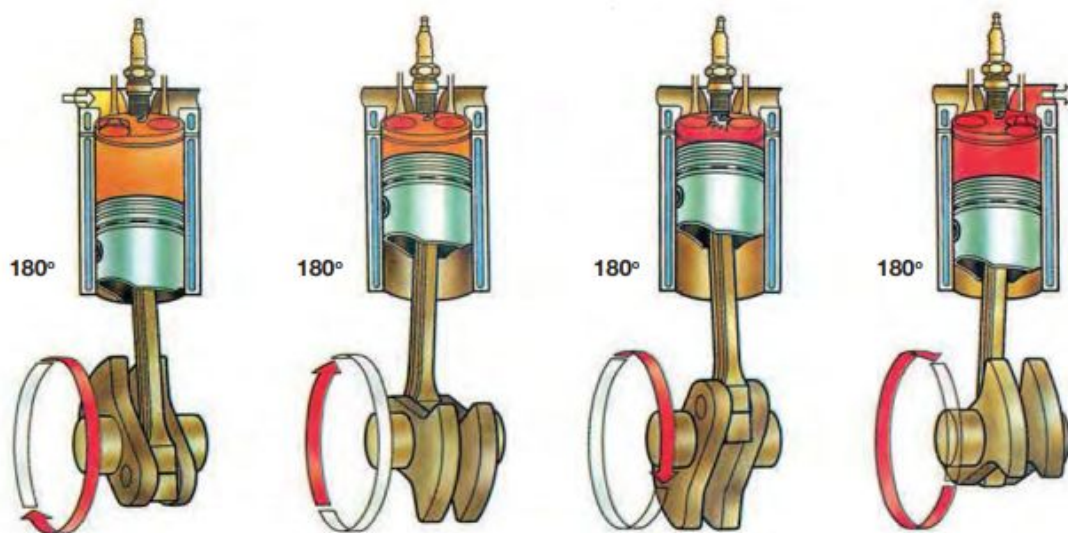


Figura 05: Funcionamento Motor 4 tempos
(Fonte: Manual Técnico - Curso Mahle Metal Leve, 2019)

2.4. AUMENTO DE POTÊNCIA

Para que um motor tenha seu desempenho aumentando um dos fatores de influência é a massa de oxigênio que os cilindros podem admitir, pois melhorando a quantidade de massa de combustível a ser queimada também aumenta a quantidade de energia que será convertida em trabalho pelo motor.

Para esse aumento na massa de oxigênio no motor é usado turbocompressor, compressor a parafuso, também conhecido como *blower* ou uso de Óxido Nitroso, porém esses recursos são feito com a utilização de equipamentos externos ao motor, em um motor naturalmente aspirado há apenas três meios possíveis para o aumento na torque e potência, os quais também influenciam na performance mesmo se utilizar os métodos citados acima: a diminuição do atrito entre as partes móveis, aumento do rendimento térmico e aumento da eficiência volumétrica (BREDA, 2020).

2.4.1. Diminuição de Atrito

É possível obter diminuição de atrito com o aumento das folgas das partes móveis do motor, com o uso de lubrificantes ou ainda, com a mudança no coeficiente de atrito das superfícies de contato dos componentes móveis. Para que isso aconteça é preciso que se faça uso de outros materiais com coeficientes de atrito menor como ligas de berílio ou cerâmica.

2.4.2. Aumento do Rendimento Térmico

O aumento do rendimento térmico se caracteriza pela redução de perda de calor utilizável para o meio. Para que o aumento do rendimento térmico seja viabilizado é preciso ocorrer o aumento da taxa de compressão ou fazer o uso de materiais “adiabáticos” que possuem uma baixa troca de calor.

2.4.3. Aumento da Eficiência Volumétrica

A eficiência volumétrica se dá pela quantia de ar que um cilindro admite, esta pode chegar a ser inclusive pouco maior do que 100% em alguns determinados casos. Uma das maneiras de se obter o aumento na Eficiência Volumétrica é com o aumento da taxa de compressão, fazendo uso de materiais “adiabáticos”, já mencionados, ou até mesmo realizando o polimento dos materiais os quais o ar entram em contato.

2.4.4. Preparação do motor

Para o aumento na potência do motor é necessário que ocorra a preparação de um motor, a falta de cuidado pode gerar danos graves. Apesar de parecer simples esse processo de aumento na potência do motor, é preciso levar em conta diversos fatores para que o aumentos em algumas variáveis não acarretam em prejuízos e até mesmo na redução da potência deste motor. Por exemplo, considerando que a cilindrada é proporcional à potência, seria necessário apenas diminuir a biela e aumentar o curso, porém um aumento desordenado da cilindrada irá resultar na diminuição do rendimento e da potência do motor.

2.5. ANÁLISE DE PERFORMANCE

Usualmente, para que seja avaliada a performance do motor, podem ser considerados diferentes parâmetros de rendimento, como eficiência térmica, volumétrica, mecânica, entre outros. Levando em consideração que o motor analisado na pesquisa foi modificado com o único intuito de participar em competições de arrancada, alguns desses fatores não são levados em conta. Por exemplo, a autonomia do motor não é um fator importante para modificações feitas, uma vez que não é relevante considerar o quanto o motor gasta de combustível, desde que o peso do combustível faça com que o veículo se encaixe no peso mínimo da categoria. Leva-se em consideração, principalmente, potência e torque.

Por isso, é considerado a seguir de qual maneira essas grandezas são medidas em um motor de alta performance.

Neste tópico é preciso entender o que exatamente é um HP ou cv. Segundo Luz (2013) um cv (cavalo vapor), também chamado de PS (abreviação da palavra alemã “Pferdestärke”, que significa cavalo-vapor) é a força que um motor precisa ter para elevar uma massa de 75kg a uma altura de um metro, em um segundo. Já o HP (*Horse Power*) é definido como a força necessária para elevar uma massa de 76kg a mesma altura, no mesmo período de tempo.

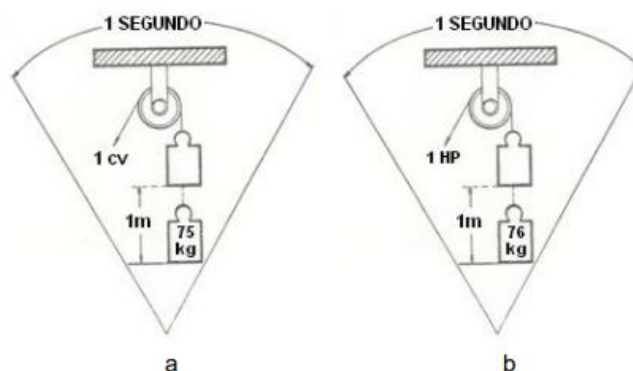


Figura 06: Demonstração de medição de um HP
(Fonte: LUZ, 2013)

2.5.1. Análise de torque e potência efetiva

Para se obter a medida de performance de um veículo podem ser usados diferentes tipos de dinamômetro. Martins (2006) os classifica como: dinamômetros de inércia, de hidráulica, elétricos e de fricção. Para medições em automóveis é comum o uso dos modelos de dinamômetro de bancada ou de rolo.

Os dinamômetros de bancada podem utilizar diferentes métodos de análise, como elétrica, hidráulica ou por fricção. Já o dinamômetro de rolo, na maioria das vezes, usa medição pelo método de inércia. Um dinamômetro montado em uma bancada, geralmente utilizado para medições em motores de menor potência e outros tipos de motores, como por exemplo, motores elétricos.



Figura 07: Dinamômetro de bancada
(Fonte: Site Dacarmotorsport, 2011)



Figura 08: Controle do dinamômetro de bancada
(Fonte: Site Motocrossactionmag, 2020)

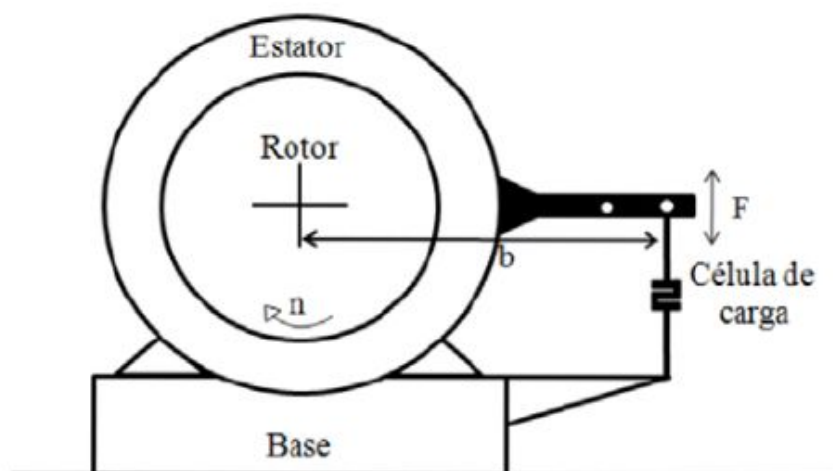


Figura 09: Funcionamento de um dinamômetro
(Fonte: FIORESE *et al.*, 2012)

Um dos fatores que diferencia esses dois tipos de dinamômetros é a localização em que a medição acontece. No dinamômetro de bancada a performance é medida somente do motor, enquanto um dinamômetro de rolo leva em consideração as perdas de eficiência devido ao sistema de transmissão. Esse tipo de análise é mais efetivo pois leva em consideração todos os fatores.

A maior parte dos dinamômetros utilizados são projetados para veículos de menor potência, até cerca de 600cv, e geralmente são utilizados pelos próprios fabricantes ou por oficinas de preparação automotiva. Considerando a potência do motor de alta performance a ser analisado, um dinamômetro de uso comum não teria porte suficiente para esse tipo de análise, podendo ocorrer falha mecânica ao realizar a medição. Por isso, para a análise do motor analisado ocorreu a ida até a capital do Paraná, Curitiba, onde existem opções para veículos deste porte.

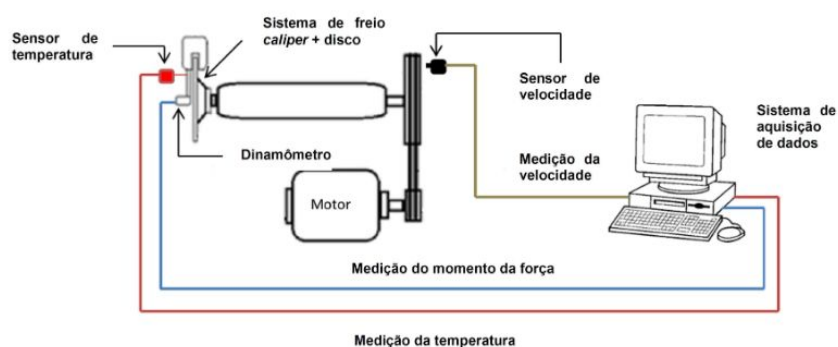


Figura 10: Funcionamento de um dinamômetro
(Fonte: PINTO *et al.*, 2017)

Para utilização do dinamômetro coloca-se o veículo com as rodas de tração sobre o rolo, no caso de um dinamômetro de inércia, ou o motor conectado a um eixo piloto, no caso de dinamômetro de bancada e, em seguida, feita a aceleração total do motor, é dessa forma se obtém a medição. O aparelho, por meio de software, gera um gráfico de torque e potência do motor.



Figura 11: Dinamômetro de rolo
(Fonte: Site Central Trucks, 2020)

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada para essa pesquisa se constituiu em uma revisão bibliográfica com base principalmente nos autores Luz (2013) e Martins (2006), por meio de consultas a livros, artigos e sites. Após a revisão bibliográfica, foi realizada a análise dos componentes do motor de um veículo Opala 4 cilindros original de fábrica, levando em consideração que o motor é usado para competições de arrancada, observando assim quais elementos foram alterados, quais materiais são ou podem ser utilizados e quais componentes foram aperfeiçoados para que sejam alcançados os objetivos de performance em competição.

No site da CBA é possível encontrar o regulamento para todas as categorias oficiais da competição, porém, considera-se aqui apenas a categoria Força Livre Traseira, na qual o veículo com o motor a ser analisado nesta análise participava. Como interessa ao estudo apenas os parâmetros de performance do motor, são descritas apenas as especificações que dizem respeito ao motor.

Algumas características do motor ficam livres para modificação do competidor, sendo elas o sistema de ignição, o tipo de cabeçote, escapamento, alimentação do motor e o sistema de arrefecimento, sendo o termostato, sistema de controle de temperatura, acionamento e o ventilador também livres, não possuindo especificações para se enquadrar na categoria.

Quanto ao motor, é permitida a substituição do motor original por outro de diferente fabricante. Porém, a ordem de montagem de fábrica do conjunto motor, caixa de câmbio e diferencial não pode ser alterada, além disso, o motor não pode ser movido de lugar, de maneira que o centro de gravidade do veículo não seja afetado.

Esse levantamento de dados serve de análise de comparação para verificar quais foram os resultados de performance do motor após as alterações realizadas.

Para análise dos ganhos de performance serão utilizados os parâmetros originais fornecidos pelo fabricante, comparando-os com os dados obtidos por meio de um dinamômetro após todas as mudanças terem ocorrido.

3.1. ALTERAÇÕES RELACIONADAS AO MOTOR

Considera-se nessa sessão as alterações permitidas pela regulamentação da CBA no que se refere ao motor. São pontuados os seguintes tópicos:

- É permitida a substituição do motor original por outro de outro fabricante, com a restrição que este seja nacional.
- A ordem de montagem de fábrica do conjunto motor, caixa de cambio e diferencial não pode ser alterada. Tão pouco é permitido o recuo do motor.

Acerca das alterações do bloco do motor, primeiramente é necessário definir do que se trata o bloco do motor.

O bloco do motor, geralmente construído em ferro fundido consiste em seu “corpo”, podendo ser de diversos tipos como em V(quando os cilindros estão dispostos em uma configuração em ângulo) ou em linha(quando os cilindros estão dispostos lado a lado de forma paralela), podendo conter uma variedade de número de cilindros, por onde o conjunto biela/pistão, conectados ao virabrequim, transforma o movimento circular do mesmo em linear dos pistões.

O funcionamento do motor de 4 cilindros em linha envolve os seguintes componentes:

3.1.1. Bloco do motor

O bloco do motor corresponde a maior parte do motor e é responsável pela sustentação de todas as outras partes. Geralmente, o material usado para sua construção é de ferro fundido, sendo possível ainda a adição de outros elementos para melhorar suas propriedades.



Figura 12: Bloco do motor
(Fonte: autoria própria)

Quanto ao bloco do motor, fica especificado no regulamento da CBA (2020) para a categoria FLT os seguintes tópicos:

- Liberado o uso dos blocos de veículos em produção, fora de linha ou comercializados diretamente pelos fabricantes dos veículos.
- Proibido o uso de blocos de veículos provenientes de importação independente.
- Para veículos de 4 (quatro) cilindros refrigerados a ar, é liberada a utilização de qualquer bloco de fabricação nacional, mantendo-se a configuração original, podendo ser retrabalhado.

Além disso, fica livre a usinagem do bloco, permitindo-se o aumento do volume do mesmo. Para evitar que a fragilidade dos componentes originais gere possíveis falhas mecânicas durante o ciclo de combustão ocorrido no momento de uso do motor, são realizados reforços. No caso do motor analisado, o ápice no uso das peças acontecia durante a realização das provas de competição automobilística,

por isso é necessário considerar que tanto o uso do motor quanto seu desempenho não estavam enquadrados nos padrões usuais de performance.

Para o preparo no bloco do motor é comum o uso do *Hard Block*, produto colocado nas canaletas de água do bloco do motor, sendo um produto à base de cimento, especialmente formulado com partículas de ferro a uma relação ideal para proporcionar a máxima força, amortecimento de vibrações e dissipação de calor necessária em motores de corrida de alto desempenho. O seu coeficiente de expansão térmica é idêntico ao de blocos de motor de ferro fundido. Porém, o produto testado é eficaz também em blocos de alumínio, pois permanece estável em todas as temperaturas de funcionamento. Não amolece quando exposto ao calor elevado, nem sofre corrosão quando debaixo de água, preenche os menores espaços na camisa de água, não encolhe ou afasta as paredes do cilindro, não se expande e ainda prolonga a vida útil da parede do cilindro ao custo de que uma vez adicionado, ele não pode ser removido do bloco.

Depois de realizada com sucesso a implementação do produto, o motor obtém uma resistência consideravelmente maior, permitindo com que a potência do mesmo seja múltiplas vezes maior do que sem a utilização do produto.

3.1.2. Cabeçote

O cabeçote é o componente que fecha o bloco na sua parte superior, essa união é feita com o uso de parafusos. Em geral, a fabricação é feita com o mesmo material do bloco. Entre o bloco e o cabeçote existe uma junta de vedação.

As alterações possíveis de serem feitas nesta peça essencial são diversas, e todas se baseiam em um único fator, aumento da eficiência volumétrica, que denomina a quantidade de ar que o motor consegue efetivamente utilizar, quanto maior o fluxo de ar, maior a quantidade de combustível que pode ser consumido, gerando consequentemente uma maior potência. A alteração mais comum é a usinagem das passagens de ar do cabeçote tanto quanto alteração das válvulas por outras consideradas de alta performance, feitas de materiais de maior qualidade, assim conseguindo-se diminuir o diâmetro das hastes da válvula.

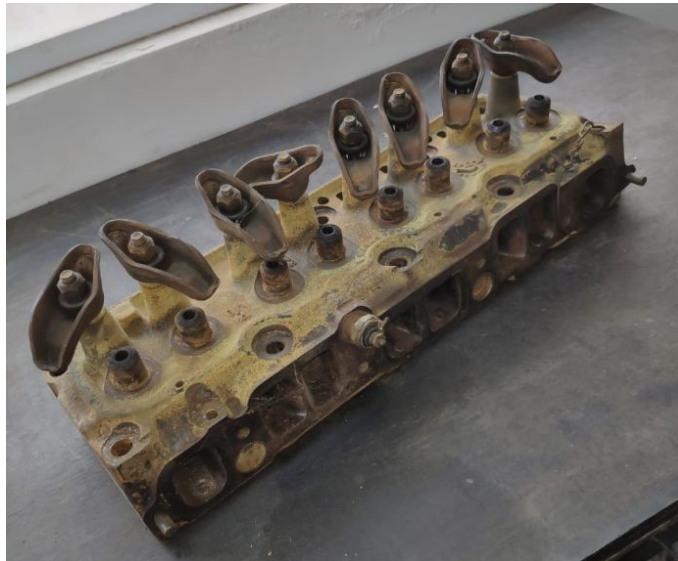


Figura 13: Cabeçote
(Fonte: autoria própria)

3.1.3. Cáster

O cáster é a peça que fecha o bloco na sua parte inferior, também tem uso como depósito para o óleo lubrificante do motor. Em geral, não há melhorias a serem feitas neste componente a não ser a alteração do material por um mais leve.



Figura 14: Cáster
(Fonte: autoria própria)

3.1.4. Pistão (êmbolo)

Essa peça do motor é a que recebe o movimento de expansão dos gases. No pistão são encontrados dois tipos de anéis:

- a) anéis de vedação – estes ficam mais mais próximos da parte superior do pistão;
- b) anéis de lubrificação – ficam localizados na parte inferior do pistão, sua função é a de lubrificar as paredes do cilindro.

Neste componente as alterações geralmente são feitas para o aumento na resistência, comumente esse aprimoramento é feito usando alumínio forjado, por ser mais leve e de maior resistência.



Figura 15: Pistão e pino
(Fonte: autoria própria)



Figura 16: Anéis de vedação e lubrificação
(Fonte: autoria própria)

3.1.5. Biela

É a peça do motor que une pistão e virabrequim. Sua fabricação é feita de aço forjado e está dividida em três partes: cabeça, corpo e pé. A cabeça é fixado ao pistão por meio do pino e o pé está conectado ao virabrequim por um material antifricção, o casquilho ou como também é conhecido, a bronzina.

Assim como no pistão, as alterações neste componente são feitas com intuito de redução de peso e aumento de resistência para se adequar às novas condições de trabalho.



Figura 17: Biela
(Fonte: autoria própria)

3.1.6. Virabrequim

Esse componente do motor também é conhecido como virabrequim ou árvore de manivelas. Sua fabricação é feita com o uso de aço forjado ou fundido. Possui mancais de dois tipos:

a)excêntricos – estão ligados aos pés das bielas;

b)de centro – sustentam o virabrequim ao bloco.

As alterações que podem ser feitas nesse componente são diversas, a redução de peso e aumento de resistência fazem parte delas. Porém, é aqui onde é feito a alteração da cilindrada do motor, desde que o bloco suporte às novas condições de passagem da biela. Para evitar o afinamento das paredes do bloco e consequentemente reduzir sua resistência, opta-se por alterar o virabrequim por um de maior curso, tornando assim o motor em um “novo” de maior cilindrada.

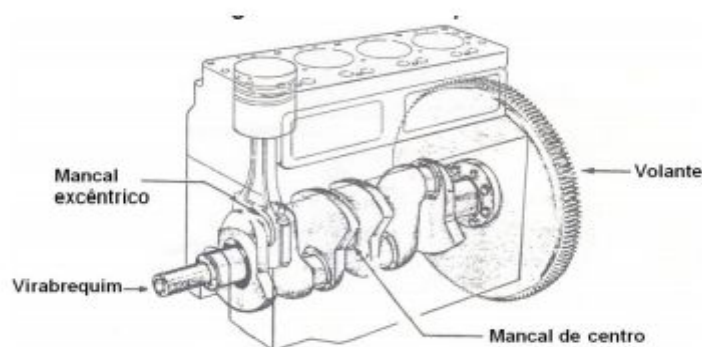


Figura 18: Montagem Virabrequim
(Fonte: LUZ, 2013)



Figura 19: Virabrequim
(Fonte: autoria própria)

3.1.7. Volante

Segundo Luz (2013), o volante se trata de uma massa de ferro fundido e está fixado ao virabrequim. A peça acumula a energia cinética, possibilitando uma velocidade angular uniforme no eixo de transmissão do motor.

O volante absorve energia durante o tempo útil de cada pistão (expansão devido à explosão do combustível), liberando-a nos outros tempos do ciclo (quando cada pistão não está no tempo de potência), concorrendo com isso para reduzir os efeitos de variação do tempo do motor (Luz, 2013).

3.1.8. Válvulas

Nos componentes do motor há dois tipos de válvulas: de admissão e de escape. A força do movimento realizado pelo virabrequim é transmitido para o eixo de comando de válvulas por meio de engrenagens.

Esse eixo de comando está ligado por meio de uma vareta ao eixo dos balancins. O movimento do pistão e com o ponto de injeção está diretamente relacionado com a abertura e o fechamento das válvulas, permitindo o funcionamento do motor. As engrenagens da distribuição podem ter uma relação de 1:2, cada rotação da árvore de manivelas corresponde a meia rotação da árvore de comando de válvulas (Luz, 2013).

Como citado acima, as alterações neste componente são feitas com intuito de se reduzir o diâmetro, assim possibilitando um maior fluxo de ar.

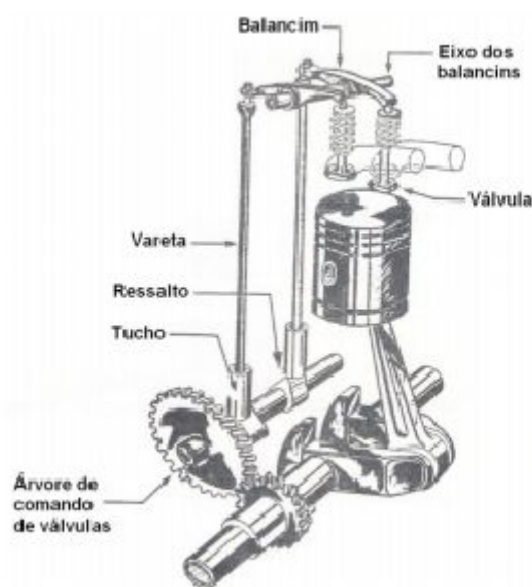


Figura 20: Sistema de válvulas
(Fonte: LUZ, 2013)

3.1.9. Partes complementares

São classificadas como partes complementares do motor os sistemas auxiliares que são indispensáveis para o funcionamento do motor, sendo eles: sistema de alimentação de combustível, sistema de alimentação de ar, sistema de arrefecimento, sistema de lubrificação e sistema elétrico.

3.2. ALTERAÇÕES RELACIONADAS AO SISTEMA DE IGNIÇÃO

O sistema de ignição se trata dos componentes necessários para que ocorra a queima da mistura de ar e combustível dentro do motor. De acordo com a CBA, este sistema fica livre para qualquer tipo de alteração. É de conhecimento comum que em todos os veículos há um sistema de ignição, os mais antigos faziam uso de um distribuidor, que direcionava qual cilindro receberia a faísca no momento certo. O mercado automobilístico está sempre em busca de evolução, assim, o sistema de ignição foi sendo sofisticado e consequentemente obteve melhorias no desempenho.

este sistema é essencial para o correto funcionamento do motor e fica responsável por mandar a faísca para a câmara de combustão no momento ideal, fazendo o motor girar. As peças que compõem esse sistema são: bateria, bobina de ignição, distribuidor (nos veículos mais antigos), cabos de velas e velas de ignição.

Resumidamente, é possível dizer que a função primária de um sistema de ignição no veículo é o de gerar fogo em formato de faísca, possibilitando assim a queima da mistura de ar e combustível que conseqüentemente, irá gerar o calor que movimentará os pistões. Para que essa faísca seja criada é preciso compreender que ela se trata de uma descarga elétrica que produz calor e luz. No sistema de ignição, a faísca acontece nas velas, que ficam responsáveis pela queima do combustível do motor de combustão. Antes da faísca ser criada é preciso gerar descarga elétrica até as velas, é nessa parte do processo que as baterias tem sua função: elas são as responsáveis por dar uma pequena descarga até a bobina de ignição.

A bobina de ignição geralmente tem quatro saídas, que é onde a tensão sai e vai para as velas pelos cabos de velas (eles são resistentes e não podem quebrar com a tensão). A vela, o último componente do sistema de ignição, tem um contato feito de porcelana, que é resistente ao calor, e dois eletrodos encostados entre si. Quando a tensão passa por esses eletrodos, a carga elétrica é tão grande que eles superam a resistência do ar e criam a tão necessária faísca nos motores automotivos (Luz, 2013).

Segundo o regulamento da CBA o sistema de ignição fica livre para escolha de tipos e para possíveis alterações. Geralmente, as alterações feitas são a troca das velas, bobinas e módulos por peças consideradas de maior performance. Também é feita a troca do combustível, partindo do motor original a etanol, passando a utilizar metanol.

3.4. ALTERAÇÕES RELACIONADAS AO SISTEMA DE ARREFECIMENTO

Em relação ao arrefecimento do motor, primeiro é necessário tecer algumas explicações sobre esse sistema que é responsável por manter o motor a uma temperatura ideal de funcionamento – sempre na faixa dos 90° Celsius. A

temperatura do motor se eleva muito devido às explosões da queima do combustível. Assim, o sistema de arrefecimento fica responsável por manter o sistema frio o bastante para que não ocorra o derretimento das peças do motor e quente o suficiente para que o veículo funcione corretamente.

O sistema de arrefecimento é constituído pelos seguintes materiais: bomba d'água, sensor de temperatura, válvula termostática, reservatório, radiador, aditivo e ventoinha e uma composição líquida que deve ser 50% por água desmineralizada e 50% por aditivo à base de etileno glicol. Vale ressaltar que essa mistura não é permitida em competições de arrancada, pois se trata de um composto oleoso, tornando a pista escorregadia e de difícil limpeza (LUZ, 2013).

A composição usada no arrefecimento percorre todo o fluxo do sistema atrás da bomba d'água, possibilitando o resfriamento do motor. No momento em que a água atinge uma alta temperatura a válvula termostática abre espaço para entrada do ar externo. Dessa forma, ocorre a troca de calor da água, permitindo que ela se mantenha em temperatura regular.

Conforme a regulamentação proposta pela CBA, no sistema de arrefecimento o termostato, sistema de controle de temperatura, acionamento e o ventilador são livres. Ainda é permitida a retirada do radiador, bomba d'água ou das mangueiras que os ligam.

3.5. ALTERAÇÕES RELACIONADAS À ALIMENTAÇÃO

O sistema de alimentação é o responsável por introduzir o combustível no motor, misturando-o com ar. Segundo o estabelecido no regulamento proposto pela CBA, destaca-se que o coletor de admissão é livre. O coletor de admissão consiste no corpo onde acontece a mistura de ar, no caso do motor analisado, vindo diretamente do turbocompressor, e o combustível, o dimensionamento desta parte é essencial para a performance de um motor, pois a mistura correta entre estes os citados anteriormente é fundamental para que haja uma combustão completa sem resíduos.

São permitidos segundo a CBA (2020) carburadores/injeção nacionais ou importados e em quantidade livre, ficando livre a modificação nos elementos do carburador ou dispositivos de injeção que regulam a quantidade de ar/combustível.

Também é permitido o uso de superalimentação: óxido nitroso, turbo compressor, blower, supercharger e outros mais que possam surgir. Para que se possa tecer explicação sobre o sistema de superalimentação e seus tipos é necessário primeiro entender do que se trata o sistema de alimentação e suas funcionalidade.

Assim, considera-se a seguir quais são as características da alimentação de ar em um motor de combustão interna. Sabe-se que o desempenho de um motor de combustão interna está indiscutivelmente relacionado à medida de ar que é admitido e retido nos cilindros, uma vez que a quantidade de ar está proporcionalmente relacionada a quantidade de combustível a ser adicionado e oxidado. No motor denominado NA, o gradiente de pressão entre o coletor de admissão e o cilindro é ocasionado unicamente pelo deslocamento do pistão entre o ponto morto superior(PMS), ponto onde o pistão está o mais deslocado possível do cabeçote e o ponto morto inferior (PMI), ponto onde o pistão se encontra o mais próximo possível do cabeçote, sem a utilização de nenhum dispositivo que eleve a pressão no coletor de admissão acima da pressão atmosférica (BRUNETTI, 2012).

Assim, ainda segundo Brunetti (2012), para que seja obtido um aumento de torque e potência em um motor, são usados três diferentes métodos, sendo eles;

- **Diminuição do Atrito entre as Partes Móveis:** É possível diminuir o atrito entre partes móveis dentro do motor, como por exemplo de pistões, bielas e virabrequins etc, fazendo uso de aditivos lubrificantes no óleo do motor. Dessa forma, altera-se o coeficiente de atrito das superfícies de contato dos componentes móveis.
- **Aumento do Rendimento Térmico:** O rendimento térmico pode ser aumentado por meio da elevação da taxa de compressão, no entanto essa é uma opção de modificação limitada, pois, com taxas de compressão muito altas, pode-se dar início ao processo de auto ignição do combustível, fazendo com que o mesmo entre em combustão antes do ponto ideal, acarretando na perda de eficiência, entre outros problemas. Também é possível fazer uso de

materiais “adiabáticos”, com baixa capacidade de troca de calor, sendo essa também uma opção pouco viável.

- **Aumento da sua Eficiência Volumétrica:** Segundo, Brunetti (2012), o rendimento volumétrico está diretamente relacionado entre a massa de ar que é realmente admitida e a que potencialmente seria admitida no motor. Podemos considerar então que “o rendimento volumétrico representa a eficiência do enchimento do cilindro, em relação àquilo que poderia ser admitido com a mesma densidade do ambiente circunstante” (BRUNETTI, 2012, s.p.). Conforme exemplifica Breda (2018), podemos imaginar

um motor 4 tempos ciclo Otto de 2.0L e 4 cilindros. Cada cilindro terá um volume de 0,5L entre o PMI e o PMS. Se considerarmos um cilindro que esteja no final do processo de admissão, ou seja quando a válvula de admissão fecha e o pistão está um pouco acima do ponto morto inferior, o pistão terá deslocado um volume um pouco inferior a 0,5L. Imagine este motor completamente submerso na água. No final do processo de admissão o pistão terá deslocado um volume um pouco inferior a 0,5 litro de água e preenchido completamente o cilindro. Isto ocorre por que a água é um fluido incompressível. Como este volume de água tem uma massa igual tanto fora do motor como dentro do cilindro, a eficiência volumétrica que é representada pela razão entre as massas será: 1 ou percentualmente 100%. (BREDA, 2018, s.p.)

Também podemos considerar que o aumento de eficiência volumétrica pode ser obtido por meio do polimento dos dutos internos da admissão, cabeçote e escape. Também como diminuindo-se o diâmetro da haste da valvula de admissao e escape, aumentando o fluxo de ar dentro do motor, possibilitando que mais massa de ar ocupe o cilindro quando sua posição está próxima ao PMI.

Existem outros tipos de alimentação de ar nos motores de Ciclo Otto ou Diesel, sendo estes: sobrealimentado por Turbocompressor ou sobrealimentado por Supercharger ou Blower. Considera-se que

uma das formas de aumentar as prestações de um motor é aumentar a quantidade de ar a admitir em cada ciclo. Tal pode ser conseguido à custa da elevação da pressão de admissão, num processo denominado sobrealimentação. A energia para esta sobrealimentação geralmente é conseguida à custo da entalpia dos gases de escape, com um mecanismo chamado “turbo-compressor”, para que esta entalpia terá de ser superior ao trabalho necessário para a compressão (MARTINS, 2006, p.54).

O motor sobrealimentado por compressor do tipo Supercharger ou Blower consiste na utilização de um compressor ligado a árvore de manivela principal do motor para seu movimento, comprimindo ar antes de sua admissão na câmara de combustão.

A sobrealimentação no caso de uso de um turbocompressor, consiste na reutilização de gases do escapamento para girar um turbocompressor que comprime ar para injetá-lo na câmara de combustão. Isso faz com que se obtenha mais ar no mesmo volume, sendo possível injetar mais combustível no motor tendo como resultado uma maior geração de trabalho.

A técnica de sobrealimentação vem sendo utilizada nos motores de combustão interna (CI) por mais de um século. No entanto, foi nas últimas décadas que este artifício para extrair mais potência dos motores tornou-se essencial em motores de ignição por compressão, para atender as normas de emissões no que se chama downsizing de motores, que consiste em diminuir o volume do motor e aplicar o uso de um turbocompressor para que se obtenha a mesma ou em alguns casos até mesmo maior performance, enquanto ao mesmo tempo aumentando sua eficiência. Isto de certa forma alavancou sua utilização em motores de CI, aliado ao grande desenvolvimento de sistemas de gerenciamento eletrônico de injeção de combustível e controle de combustão.

A utilização de Turbocompressor pode ser vista como a tentativa de maior sucesso quanto ao aumento de desempenho, menor consumo específico de combustível e redução de emissões em motores de CI.



Figura 21: Turbocompressor
(Fonte: Site Proformance-Diesel, 2019)

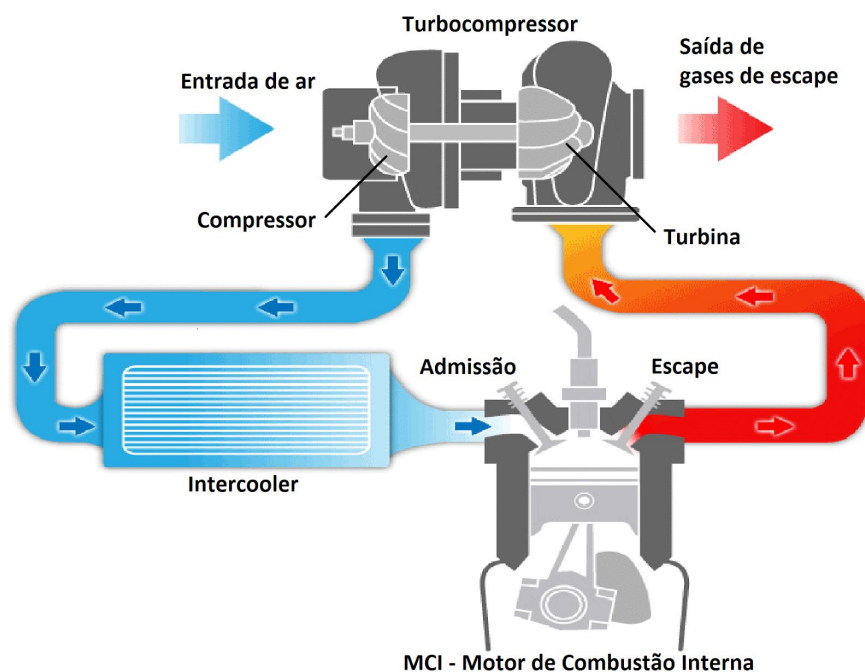


Figura 22: Diagrama de motor com Turbocompressor
(Fonte: Site LDauto, 2019)

Neste capítulo foram elaboradas considerações a respeito dos principais componentes do motor que recebem modificações para participação nas competições regulamentadas pela CBA, essas modificações feitas em motores para a categoria possibilitam a liberdade de explorar os limites que o motor pode chegar entre performance e desempenho e ao mesmo manter uma padronização razoável para competição, fazendo com que seja possível a competição justa e também segura dentro dos padrões estabelecidos.

4. RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados e a discussão dos testes realizados com o motor modificado ao compará-lo com o motor original de fábrica, esta análise das modificações teve como objetivo avaliar as informações obtidas do motor em seu estado original e após as alterações, dessa forma é estimado que seja possível compreender quais são alguns dos métodos eficientes para sobrealimentação e de que modo tais alterações proporcionam o aumento na performance.

Pode-se considerar interessante avaliar a performance de desempenho do resultado inicial e final de cada peça em sua individualidade, mas para que essa medição fosse possível seriam necessárias diferentes métodos de medição e um grande número de recursos não disponíveis no decorrer do desenvolvimento deste trabalho.

4.1. DADOS DO MOTOR ORIGINAL

Os dados fornecidos pelo fabricante são apresentados a seguir na tabela 1.

Tabela 1 - Dados motor 151 original

RPM	Torque MAX (Nm)	Potência MAX(HP)
2000	190.3	
4000		86.76

(Fonte: autoria própria)

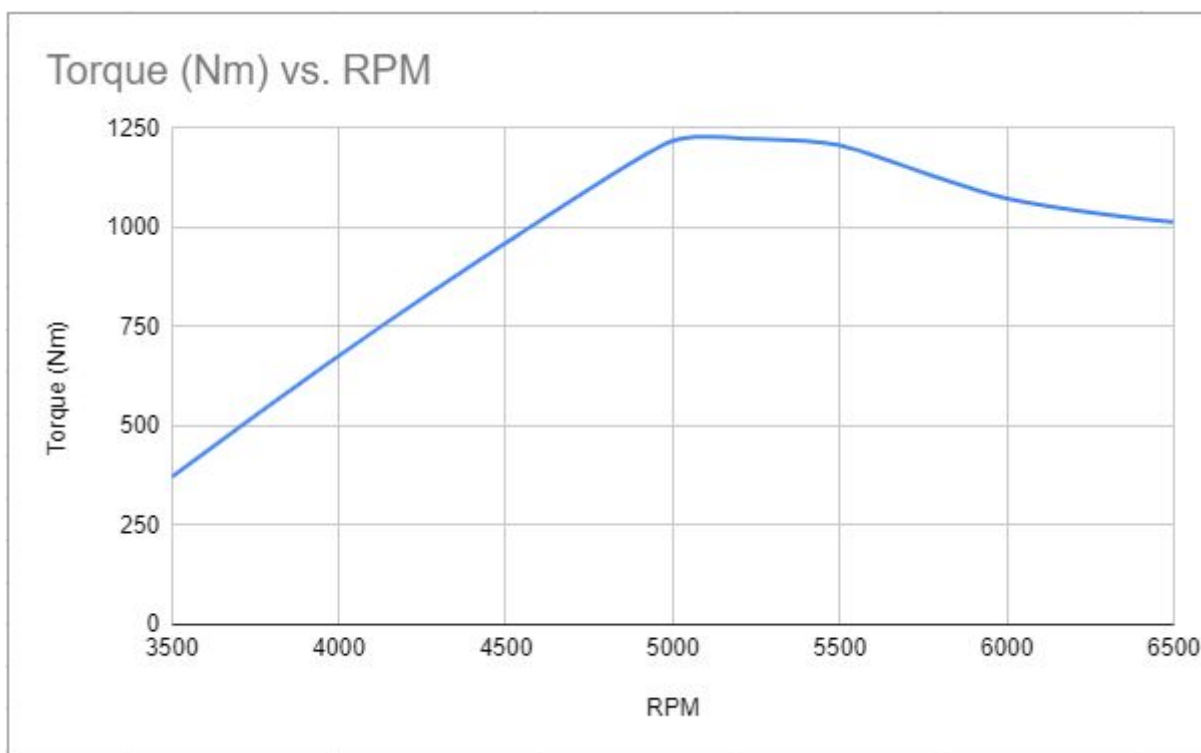
4.2. DADOS DO MOTOR MODIFICADO RELACIONADO AO TORQUE

Os resultados dos testes realizados em dinamômetro do motor após as modificações em relação ao torque serão apresentados a seguir.

Tabela 2 - Torque motor modificado

RPM	Torque (Nm)
3500	371.5
4000	676.6
4500	960.7
5000	1218.3
5223	1223.6
5500	1206.4
6000	1073.3
6500	1013.1

(Fonte: autoria própria)

**Gráfico 1** - Curva de torque

(Fonte: autoria própria)

É possível observar nos dados fornecidos acima que após as modificações foi obtido valores muito maiores que do veículo no seu estado original, chegando a uma máxima de 1223,6 Nm a 5223 RPM.

4.3. DADOS DO MOTOR MODIFICADO RELACIONADOS À POTÊNCIA

Os resultados dos testes realizados em dinamômetro do motor após as modificações em relação ao torque são apresentados nas tabelas a seguir.

Tabela 3 - Potência do motor modificado

RPM	Potência (HP)	Potência (CV)
3500	200.2	203.05
4000	375.7	381.06
4500	662.4	671.85
5000	859.3	871.56
5429	1005.4	1019.75
5500	1001.8	1016.1
6000	999.8	1014.07
6500	940.3	953.72

(Fonte: autoria própria)

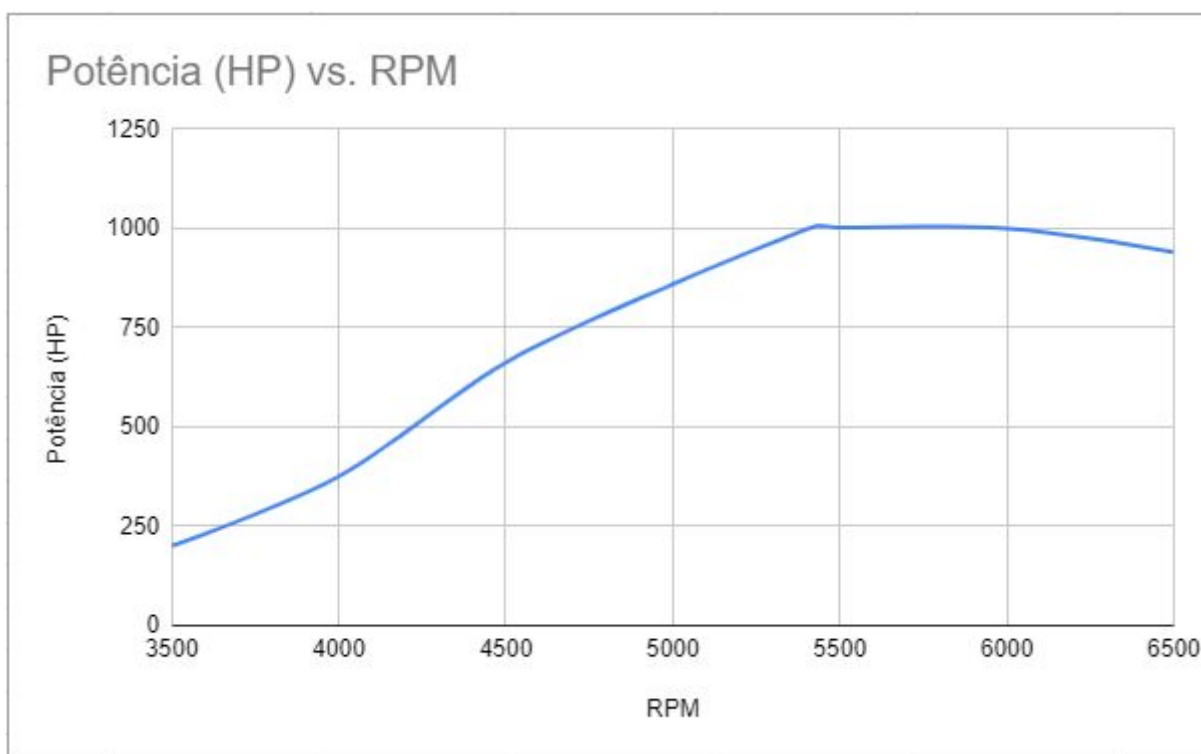


Gráfico 2 - Curva de potência

(Fonte: autoria própria)

Assim como nos resultados relacionados ao torque, pode-se observar nos dados fornecidos sobre potência também um grande aumento na sua potência máxima, chegando a um valor de 1005,4 HP a 5429 RPM.

4.4. RESULTADOS PRÁTICOS

As modificações realizadas no motor tem como finalidade o aumento na performance, dessa forma, é possível que o veículo esteja apto a disputar competições de arrancada. Destaca-se ainda que o motor analisado participou de diversas competições entre os anos de 2000 e 2015, chegando a obter *records* em diversas pistas sul-americanas, ao percorrer 402 metros ($\frac{1}{4}$ mi) em um tempo de 8.462 segundos, totalizando diversos prêmios e até mesmo sendo campeão brasileiro na categoria Força Livre Traseira em 2011.

Tabela 4 - Melhor tempo do veículo

Tempo(s)	Trajetos percorrido (m)	Velocidade(K m/h)
1.351	18.28	
3.643	100	
5.518	201	
7.075	302	
8.462	402	270

(Fonte: autoria própria)

5. CONCLUSÃO E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

O desenvolvimento deste trabalho ocorreu com a finalidade de destacar quais são as possíveis alterações feitas em um motor de quatro cilindros para que houvesse aumento na potência e desempenho, para isso foram analisadas diferentes modificações. Considerando ainda que o motor analisado foi construído para participação em competições de arrancada, também foram levadas em conta quais são as modificações permitidas pela regulamentação que rege os eventos de arrancada no país, a Confederação Brasileira de Automobilismo.

É possível concluir que as alterações feitas em um motor, mesmo que em primeiro momento possam parecer simples, geralmente possuem ligação direta com o resultado final da performance e desempenho, por isso é preciso considerar e avaliar cada modificação feita, sempre levando em conta o objetivo a ser alcançado.

O motor avaliado neste trabalho, após as alterações feitas no motor original passou de um valor máximo de potência de 87 HP a 1005,4 HP, aumento de 1056%, e de torque de 190Nm para 1223,6Nm, aumento de 544%.

Apesar dos resultados obtidos, ainda é possível sugerir a possibilidade de aprofundamento no trabalho, como sugestão de trabalhos futuros fica em aberto o efeito da utilização de outros tipos de combustíveis, como por exemplo o nitrometano, combustível muito mais explosivo, gerando uma potência e torque ainda maior, como também o uso de óxido nítrico, para ainda maior ganho de performance. Assim, teria como objetivo não apenas o de otimizar o desempenho deste motor em específico, mas também expandir para análise de outros tipos de motores, com o intuito não em apenas focar no aumento da performance mas também o de trazer atenção a melhoria em eficiência e competitividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, Frederico Borges de. **O Dinamômetro**. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/fisica/o-dinamometro.html>>. Acesso em: 01 de out. de 2019.

BREDA, Carlos Alberto. **Como melhorar a potência de um motor?**. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/431898552/Potencia-e-o-Aumento-de-Fluxo-Do-Motor>>. Acesso em: 31 de out. de 2020.

BREDA, Carlos Alberto. **Características de performance - aumento de potência de uma motor, 2020**.

BRUNETTI, Franco. **Motores de combustão Interna**. Volume 2 - São Paulo: Blucher, 2012.

CARDOSO, Mayara. **Ciclo Otto**. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/fisica/ciclo-de-otto/>>. Acesso em: 01 de out. de 2019.

CARROS NA WEB. Ficha Técnica - Chevrolet Opala Coupe. Disponível em: <<https://www.carrosnaweb.com.br/fichadetalhe.asp?codigo=599>>. Acesso em: 15 de out. de 2020.

CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE AUTOMOBILISMO. CBA, 2019. **Ranking Brasileiro de Arrancada - Regulamento 2018**. Disponível em: <<http://www.cba.org.br/campeonato/downloads/72/281/regulamentos>>. Acesso em: 01 de out. de 2020.

CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE AUTOMOBILISMO. **Regulamento Técnico Padrão CBA para Provas de Arrancada 2018**. Disponível em: <<http://www.cba.org.br/upload/downloads//282/17-forca-livre-traseira-brasileiro-2018-site-.pdf>>. Acesso em: 01 de out. de 2019.

DIGI POWER. **Dinamômetro Automotivo: como é seu funcionamento?**. Disponível em: <<https://www.digipower.com.br/dinamometro-automotivo-como-e-o-seu-funcionamento/>>. Acesso em: 01 de out. de 2020.

IORESE, D. A.; DALLMEYER, A. U.; ROMANO, L. N.; SCHLOSSER, J. F.; MACHADO, P. R. M. **Desempenho de um motor de trator agrícola em bancada dinamométrica com biodiesel de óleo de frango e misturas binárias com óleo diesel**. Ciência Rural, Vol.42, n.4, p.660-6, Santa Maria, Brasil, 2012.

GLOBAL Auto Market 2020. **Focus2move**, 2020. Disponível em: <<https://www.focus2move.com/world-car-group-ranking/#:~:text=World%20Light>>

%20Vehicles%20ranking%20in,best%20top%20Top%2010%20hold.>. Acesso em: 01 de out. de 2020.

HELERBROCK, Rafael. **Ciclo Otto**. Disponível em: <<https://alunosonline.uol.com.br/fisica/ciclo-otto.html>>. Acesso em: 01 de out. de 2019.

Hard Block. **Funcionamento do Hard Block**. Disponível em: “<http://forum.hotcampinas.com/showthread.php?11113-CIMENTO-PARA-BLOCO-%28-HARD-BLOCK-%29-ALGUEM-TEM/page11>”. Acesso em 20 de novembro de 2017.

HORODECKI, Yuri Moss. **Comparação do desempenho de um motor de combustão interna normalmente aspirado movido a gasolina e turbocomprimido operando com etanol**. 2014. 104 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Ponta Grossa, 2014.

LEITE, Joel. **Brasil ganha duas posições e o sexto do mundo**. O mundo em movimento, 2020. Disponível em: <<https://omundoemmovimento.blogosfera.uol.com.br/2020/02/10/brasil-ganha-duas-posicoes-e-e-o-sexto-do-mundo/>>. Acesso em: 01 de out. de 2020.

LUZ, Maria Laura Gomes Silva da. **Apostila de Motores a Combustão Interna**. Universidade Federal de Pelotas. 2013

MARTINS, Jorge. **Motores de Combustão Interna**. 2ª Edição. Porto, Portugal: Publiindústrias Publicações Técnicas, 2006.

PINTO, R. L. M.; GUTIÉRREZ, J. C. H.; MENEZES, R. C.; RUBIO, J. C. C.; FARIA, P. E. **Aplicação de Técnicas de Planejamento de Experimentos para Otimização do Comportamento Tribológico e Térmico de Materiais de Atrito Durante o Processo de Frenagem**. Revista Matéria, Rio de Janeiro, v. 22, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-70762017000500405&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 29 nov. 2020.

PULKRABEK, W. W. **Engineering fundamentals of internal combustion engine**. 2ª Edição. New Jersey, 2003.

