



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO – UFERSA
CAMPUS MOSSORÓ
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS - DCEN
CURSO BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

IAGO MATEUS SÁ AQUINO

ELABORAÇÃO DE UMA CÉLULA DE TESTES PARA MOTORES A COMBUSTÃO
INTERNA

MOSSORÓ

2018

IAGO MATEUS SÁ AQUINO

ELABORAÇÃO DE UMA CÉLULA DE TESTES PARA MOTORES A COMBUSTÃO
INTERNA

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do
Semi-Árido – UFERSA, campus Mossoró como requisito
para obtenção do título de Bacharel em Ciência e
Tecnologia

Orientador (a): Daut de Jesus Nogueira Peixoto

MOSSORÓ

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor

(a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S657c Sá Aquino, Iago Mateus.

CÉLULA DE TESTES DE MOTORES A COMBUSTÃO INTERNA

Orientador: Daut de Jesus Nogueira Peixoto.
Monografia (graduação) - Universidade Federal

1. máquinas térmicas. 2. motores a combustão interna. 3. testes de motores. 4. célula de testes de motores. 5. bancada de testes para motores. I. Nogueira Peixoto, Daut de Jesus ,

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas

da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

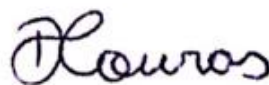
IAGO MATEUS SÁ AQUINO

**ELABORAÇÃO DE UMA CÉLULA DE TESTES PARA MOTORES A COMBUSTÃO
INTERNA**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural
do Semi-Árido – UFERSA, campus Mossoró como
requisito para obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia

Defendida em: 13/ 09/ 2018.

BANCA EXAMINADORA



Daut de Jesus Nogueira Peixoto, Prof. M.e (UFERSA)
Presidente



Carlos Eduardo Aguiar Lima Rodrigues, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador



Jakson Gomes de Oliveira Junior, Prof. eng.º (UFERSA)
Membro Examinador

Aos meus pais, Francisco Cleber de Souza Aquino e Elivoneide de Moraes Sá Aquino, por serem essenciais não só a este trabalho mas a toda minha vida e especialmente por tudo que fizeram e fazem por mim para que até aqui chegasse, quem dera pudesse retribuir tudo.

AGRADECIMENTOS

Sou grato primeiramente a Deus, por todas as maravilhas que me proporciona viver na minha jornada e inclusive o privilégio de viver com as pessoas que tenho a agradecer, as quais admiro e me inspiro.

Sou grato incomensuravelmente aos meus amados e queridos pais, Elivoneide de Moraes Sá Aquino e Francisco Cleber de Souza Aquino que não só nesta etapa, mas em todas são os meus pilares e força motivadora de ser uma pessoa melhor, para que quem sabe um dia tenha um pouco da grandeza que cada um tem como pessoa, cada um do seu modo. Os esforços e sacrifícios a mim dedicados por vocês é inestimável, é tão grande que talvez eu nunca possa retribuir de igual modo, mas com certeza tento em cada passo que dou.

Sou grato ao meu amado irmão, Ian Felipe Sá Aquino, especialmente por sua compreensão e doçura comigo nos pequenos e grandes atos desse pequeno grande homem, ao qual amo imensamente e que tenho plena certeza do seu sucesso como a excelente pessoa que é.

Agradeço também a minha amada companheira, namorada, amiga e colega de curso Letícia Pereira de Queiroz, que é um dos meus pilares na vida e também neste curso que sem ela teria sido tarefa muito mais árdua e um caminho muito mais tortuoso se não tivesse o seu carinho, amor e especialmente a sua valiosa companhia. Te admiro e amo muito.

Vocês são as minhas maiores preciosidades, com vocês já tenho tudo que preciso pra ser feliz.

Gostaria de fazer um agradecimento especial a alguém já citado, que é meu Pai, meu grande companheiro e amigo que por mim e comigo trabalha horas a fio incansavelmente, não só nesse projeto, mas em todos, sem você nenhum dos meus projetos seriam possíveis. Uma das coisas mais valiosas da minha vida é poder te orgulhar.

"Um plano é uma ponte para seus sonhos. Seu trabalho é fazer o plano ou a ponte real, para que seus sonhos se tornem realidade. Se tudo o que você faz é ficar no banco sonhando com o outro lado, seus sonhos serão apenas sonhos para sempre."

Robert Kiyosaki

RESUMO

Em 2012 os motores dos automóveis no Brasil foram responsáveis por 47% da emissão de CO na atmosfera segundo o Ministério do Meio Ambiente. Sendo esses motores a principal força motriz de veículos leves e pesados, motocicletas, máquinas e geradores, é clara a necessidade de motores cada vez mais eficientes, com maior rendimento e menos poluentes e para isso um forte viés fomentador de aperfeiçoamento são as células de testes de motores a combustão, que podem gerar e captar informações de valor inestimável para atender esses objetivos. É necessário gerar a instrução adequada acerca do funcionamento de um motor a combustão interna e seus nuances, de modo a edificar um primeiro passo de um conhecimento sólido o suficiente para compreender e conseguir gerar interpretação dos dados dispostos pela célula promovendo melhorias não só nos motores, mas em todos os seus componentes, periféricos e demais elementos envolvidos, como fluidos lubrificantes, fluidos de arrefecimento e combustíveis. Os resultados obtidos tornam possível a conversão do conhecimento teórico em empírico, sendo perceptível a relação entre os parâmetros analisados e alguns fatores que podem exercer influência sobre esses, os quais foram analisadas a partir da aquisição e registro dos dados exibidos pela célula. Foi possível também aprimorar a percepção de como se dá o funcionamento de um motor a combustão interna em um íntimo contato com o motor e a construção e montagem de todos os periféricos, sistemas e subsistemas fundamentais para o seu funcionamento. Os testes trazem resultados que confirmam o embasamento teórico do trabalho e disponibiliza uma série de possibilidades de trabalhos subsequentes e aperfeiçoamentos na própria célula ou bancada de testes experimentais com motores.

Palavras Chave: máquinas térmicas. motores a combustão interna. testes de motores. células de testes de motores. bancada de testes para motores.

ABSTRACT

In 2012 motor vehicles in Brazil accounted for 47% of CO emissions in the atmosphere according to the Ministry of Environment. Being these engines the main driving force of light and heavy vehicles, motorcycles, machines and generators, it is clear the necessity of engines increasingly efficient, with higher yield and less pollutants and for that a strong improvement bias are the cells of combustion engine tests, which can generate and capture information of inestimable value to meet these objectives. It is necessary to generate the proper instruction about the operation of an internal combustion engine and its nuances in order to build a first step of a solid enough knowledge to understand and be able to generate interpretation of the data arranged by the cell promoting improvements not only in the engines, but in all of its components, peripherals and other elements involved, such as lubricating fluids, cooling fluids and fuels. The results obtained make possible the conversion of the theoretical knowledge into empirical, being perceptible the relationship between the analyzed parameters and some factors that can exert influence on these, which were analyzed from the acquisition and registration of the data displayed by the cell. It was also possible to improve the perception of how an internal combustion engine works in close contact with the engine and the construction and assembly of all the peripherals, systems and subsystems that are fundamental to its operation. The tests bring results that confirm the theoretical basis of the work and provide a series of possibilities of subsequent work and improvements in the own cell or bench of experimental tests with motors.

Keywords: thermal machines. internal combustion engines. engine tests. engine test cells. test bench for engines.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Motor utilizado no teste para o presente trabalho.....	22
Figura 2 – Célula em seu estágio inicial.....	31
Figura 3 – Diagrama elétrico halmetter.....	30
Figura 4 – Diagrama elétrico mostrador temperatura.....	29
Figura 5 – Sonda lambda.....	29
Figura 6 – Sensor de temperatura.....	25
Figura 7 – Painel de instrumentos.....	43
Figura 8 – Sistema de arrefecimento e suas hélices.....	26
Figura 9 – Célula finaliza.....	27

Lista de gráficos

Gráfico 1 – Temperatura do motor, pressão e relação A/C ao longo do tempo.....	38
Gráfico 2 – Temperatura do motor e pressão de fluido lubrificante.....	40
Gráfico 3 – Temperatura do motor e relação A/C.....	41

Lista de tabelas

Tabela 1 - Halmetter e sua escala.....	20
Tabela 2 - Tabela Técnica motor gm 250.....	23
Tabela 3 - Check List	33
Tabela 4 – Tabela conjunto de teste 01.....	36
Tabela 5 – Tabela conjunto de teste 02.....	36
Tabela 6 – Tabela média conjunto de testes 01 e 02.....	37
Tabela 7 - Orçamento materiais construção da célula.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RPM	Rotações por minuto
KGFM	Quilograma força metro
V	Volt
Mv	Milivolts
Amp	Amper
MCI	Motor a combustão interna
A/C	Relação Ar-Combustível
F.A	Fluido de arrefecimento
F.L	Fluido lubrificante

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVOS	03
2.1. OBJETIVO GERAL	03
2.2. OBJETIVO ESPECIFICO	03
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	04
3.1. MÁQUINA TÉRMICA	04
3.2. MOTORES A COMBUSTÃO	04
3.2.1. Motores A Combustão Interna	05
3.2.2. Motores A Combustão Interna Volumétricos.....	04
3.2.3. MCI Volumétricos Alternativos	05
3.3. COMBUSTÍVEIS	06
3.3.1. Octanagen	06
3.3.2. Volatilidade	07
3.3.3. Gasolina	08
3.4. NOMENCLATURAS ESSENCIAIS A COMPREENSÃO.....	08
3.5. PRINCIPAIS COMPONENTES	09
3.5.1 Conjunto Rotativo.....	10
3.5.2 Componentes Estruturais	11
3.5.3 Componentes Periféricos	11
3.6. PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO	11
3.6.1 Ciclo De Operação	12
3.6.2 Motores A 4 Tempos	12
3.7. ARREFECIMENTO	14
3.7.1 Arrefecimento A Líquido Por Circulação Forçada	14
3.8 LUBRIFICAÇÃO	14
3.8.1 Lubrificação Por Óleo Pressurizado	14
3.8.2 Viscosidade Do Fluido Lubrificante	15
3.9 RELAÇÃO AR-COMBUSTÍVEL	16
3.9.1 Limite De Mistura Pobre	17
3.9.2 Limite De Mistura Rica	17
3.9.3 Mistura De Maior Rendimento	18
3.9.4 Mistura de maior Desempenho	18
3.9.5 Relação A/C E Temperatura Do Motor.....	18
3.10 SONDA LAMBDA	19
3.10.1 Halmetter	19
3.11 SENSOR DE TEMPERATURA	20
3.12 MANOMETRO DE PRESSÃO DE FLUIDO LUBRIFICANTE	21
3.13 MOTOR GM250	21
4. MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1 MATERIAIS	23
4.2 FABRICAÇÃO DA ESTRUTURA	24
4.3 INSTALAÇÃO ELÉTRICA	26

4.4 INSTALAÇÃO DOS SENSORES E INSTRUMENTOS.....	27
4.5 INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE ARREFECIMENTO	31
4.6 INSTALAÇÃO DA LINHA DE COMBUSTÍVEL	32
4.7 AQUISIÇÃO E REGISTRO DOS DADOS	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
6.0 CONCLUSÕES	41
REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

É fundamental a atenção ao rendimento, eficiência e emissão de poluentes dos motores a combustão interna, que equipam a maioria dos veículos leves e pesados, motos, máquinas e geradores. Segundo o IBPT (Instituto Brasileiro de Planejamento e Tributação), no Brasil a frota de veículos circulantes é em torno de 65,8 milhões e somente esse ano, até julho já foram produzidos 1680327 veículos no Brasil (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES, 2018). Apesar do franco crescimento da produção de veículos e da frota circulante, segundo o Ministério do Meio Ambiente a emissão de poluentes registra queda segundo consta no Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários de 2013, devido ao avanço tecnológico e de eficiência dos motores necessários para o atendimento dos programas de redução de emissão veicular PROCONVE E PROMOTE e suas exigências cada vez mais rígidas (MMA, 2013). A emissão de um motor a combustão hoje é muito menor do que já foi um dia e pode se tornar ainda menor, hoje os motores são pelo menos 100 vezes menos poluentes que a 40 anos atrás (JORGE MARTINS, 2006), ou seja é um setor em que há constante e rápida evolução e um dos valiosos recursos para isso são as bancadas, ou células de testes para motores, que no desenvolvimento de um motor mais eficiente e menos poluente são necessárias muitas horas de processamento de dados coletados nessas bancadas e exposição a vários testes, que uma célula de testes com motores possibilita que sejam realizados. Além da emissão de poluentes, os combustíveis de origem fóssil, que são os principais combustíveis dos motores a combustão, também são recursos finitos e será visto ao longo do trabalho que um menor consumo de combustível também represente um menor nível de emissão de poluentes.

Neste trabalho será abordado os princípios envolvidos nas máquinas térmicas que são os motores a combustão interna, para que seja possível uma compreensão mais profunda do motor em funcionamento e seja estimulada a capacidade de verificar durante o funcionamento os princípios abordados no trabalho. Será fabricado uma pequena célula de testes capaz de estabelecer um motor em funcionamento e aferir dados como pressão de óleo, relação ar-combustível e temperatura de fluido de arrefecimento, o que abre precedente para diversas verificações e testes futuros como: testes com fluidos lubrificantes, testes com fluidos de arrefecimento, testes de combustíveis, testes de consumo de combustível, testes de emissão de

poluentes e inclusive a possibilidade de dispor de mais parâmetros aferidos pela célula futuramente, como potência. Antes de qualquer coisa a motivação fundamental desse trabalho é alçar uma base para trabalhos subsequentes dos estudos sobre motores a combustão interna.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

- Elaborar uma célula de testes para motores a combustão interna

2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO:

- Elaboração e fabricação de uma célula de testes funcional, com motor em funcionamento e exibindo os dados de pressão de óleo, relação ar-combustível e temperatura do fluido de arrefecimento.
- Registro dos dados exibidos pelos instrumentos da célula e verificar se o motor está em condições de perfeito funcionamento.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 MÁQUINA TÉRMICA

“Máquina: Conjunto de mecanismos combinados para receber uma forma definida de energia, transformá-la e restituí-la sob forma mais apropriada, ou para produzir determinado efeito.” (Disponível em: < <https://www.dicio.com.br> >. Acesso em: 03/07/2018)

E neste caso se tratando de máquinas térmicas, são um conjunto de mecanismos combinados que recebem e transformam energia térmica em energia mecânica que pode ser utilizada para diversas finalidades como locomoção de um veículo ou acionamento de um gerador de eletricidade por exemplo. A energia térmica utilizada nesta transformação é oriunda de uma reação química de combustão de uma mistura ar-combustível que liberta a energia química do combustível, a qual vai ser transferida para o fluido ativo. O fluido ativo na classificação que o presente trabalho tem objetivo de analisar, motor de combustão interna, é representado pela combinação da mistura ar-combustível na entrada do volume de controle e o produto da reação de combustão na saída. (FRANCO BRUNETTI, 2012) A partir do fluido é gerado trabalho para os demais componentes, por meio de compressões e descompressões ordenadamente de acordo com o ciclo de operações da máquina térmica em questão.

3.2 MOTORES A COMBUSTÃO

Há diversas classificações dos motores a combustão, motores a combustão interna ou externa, ciclos de operação de 2 ou 4 tempos, ignição por centelha ou ignição por compressão, motores que aspiram naturalmente o ar atmosférico ou são dotados de compressores que forçam a entrada do ar, motores que são alimentados com combustíveis diversos: etanol, gasolina, óleo diesel, gás natural e combinações entre esses. No entanto há princípios envolvidos no funcionamento que coexistem nessas várias classificações, que basicamente é o seguinte: aproveitamento da energia liberada pela reação exotérmica de oxidação do combustível por meio de sua combustão, esta reação pode ser iniciada a partir da ignição por centelha ou ignição por compressão, então essa energia térmica é transmitida ao seu fluido ativo direta (combustão interna) ou indiretamente (combustão externa), esse fluido passa por evoluções cíclicas de acordo com seu ciclo determinado de operação e graças a energia térmica (calorífica) contida neste, é capaz através do fornecimento de calor gerar variações de volume e consequentemente de pressão e cada motor utiliza e transmite de formas diferentes essas variações e suas transformações em trabalho mecânico.

3.2.1 Motores A Combustão Interna

De acordo com o local onde o carburante (produto químico que sua combustão permite a obtenção de energia mecânica) é submetido ao processo de combustão com o comburente (a substância que provoca a o desenvolvimento da combustão), pode-se classificar os motores em dois grandes nichos: combustão interna e externa. Neste trabalho aborda-se os motores de combustão interna, que são todos aqueles em que o fluido ativo participa diretamente desta combustão, ou seja o combustível é queimado no interior do motor. (JORGE MARTINS, 2006) Normalmente neste tipo de máquina térmica o fluido ativo é constituído de uma mistura de ar (comburente) e combustível (carburante) que será combusto num local e momento apropriado de acordo com o ciclo de operação

3.2.2 Volumétricos

O fluido ativo a partir do suprimento de calor, gera variações de pressão e volume e com isso fornece trabalho sobre os demais componentes A maneira como o fluido ativo evolui também define o motor, neste caso quando o fluido ativo evoluir de uma forma pulsante, dentro de uma câmara que tem volume variável é denominada volumétrica a máquina térmica em questão. (JORGE MARTINS, 2006).

3.2.3 Alternativos

Dentre as máquinas volumétricas ainda existem outra classificação geral, que diz respeito a como o movimento que obtém o trabalho se dá. A classificação que o presente trabalho se destina a analisar são os alternativos, onde existe uma câmara cilíndrica em que o pistão realiza o movimento de subir e descer ao longo desse cilindro de acordo com a evolução do fluido ativo, o pistão por sua vez está conectado a uma biela que conecta o pistão ao virabrequim. Para efeito de compreensão pode-se fazer uma analogia do pistão na câmara, ao embolo em uma seringa médica, ou seja conforme a energia é transmitida pelo fluido motor ao pistão (que é como o embolo de uma seringa), ele realiza o movimento de subir e descer dentro do cilindro, já que é afinal a barreira móvel desse conjunto, esse movimento de sobe e desce é transmitido pela biela ao virabrequim e este transforma o esse movimento em rotativo.

3.3 COMBUSTÍVEIS

Os combustíveis são todas as substâncias que são oxidáveis e capazes de arderem, que reagem com algum comburente que provocam a combustão e liberam energia sob a forma de calor, chamas e gases. Se tratando de motores e o foco deste trabalho, será tratado especificamente da combustão da mistura ar atmosférico com combustível fóssil, a gasolina, que constitui uma parcela significativa dos combustíveis utilizados no mundo em motores a combustão interna.

3.3.1 Octanagem

Está é uma das grandezas mais importantes para avaliação da qualidade do combustível e para definição do combustível mais adequado com o motor utilizado. Esta grandeza representa a resistência da mistura ar combustível a ignição espontânea, que gera a detonação, que para os parâmetros esperados de funcionamento de um motor a combustão interna de ignição comandada é uma anormalidade da combustão, chamada de “Knock” e pode trazer além de perda de rendimento e maior emissão de poluentes, danos aos motores. Para calcular esse índice é realizado uma equivalência a detonação de uma mistura de iso-octano (C_8H_{18}) e n-heptano (C_7H_{16}), de maneira que uma gasolina como a Podium, comercializada pela Petrobrás, que tem um índice de octanagem igual a 95, tem uma resistência a detonação equivalente percentualmente a uma mistura de 95% de iso-octano e 5% de n-pentano. (JORGE MARTINS, 2006).

A octanagem é uma propriedade fundamental na definição da taxa de compressão possível do motor compatível com o uso do combustível, quanto maior a octanagem maior a taxa de compressão que pode ser utilizado no motor com esse combustível sem que se deflagre a auto-ignição deste, logo para um desempenho ótimo e com máximo de eficiência uma alta octanagem é fundamental, pois é possível aplicar taxas de compressão superiores e quanto maior a taxa aplicada maior a eficiência dessa queima, no entanto a octanagem por si só não indica a eficiência do motor ou qualidade do combustível, pois essa deve ser associada a uma taxa de compressão do motor compatível com o seu limite de detonação, então a taxa de compressão e octanagem são propriedades que devem ser totalmente compatíveis. Supondo a aplicação de um combustível de poder de anti detonação altíssimo em um motor de baixa taxa de compressão, não é interessante pois a taxa do motor não está utilizando todo a

capacidade de anti detonação do combustível, logo um combustível com menor octanagem produziria o mesmo resultado em termos de rendimento e emissão. Para efeito comparativo, a taxa de compressão estática recomendada para o máximo de eficiência em um motor a gasolina é de 8,5:1-13:1, para um motor a álcool de 10:1-14:1 e para um motor diesel de 15:1 até 24:1. (FRANCO BRUNETTI, 2012). Com o advento de sistemas de ignição e preparação da mistura mais sofisticados, é possível trabalhar com taxas de compressão cada vez mais altas, trazendo sensível melhora do rendimento térmico desses motores.

A adição de álcool etílico (C_2H_5OH) na gasolina Brasileira está diretamente relacionada a aprimorar o índice de octanagem da gasolina, pois este é utilizado como aditivo em substituição a aditivos que contem chumbo o tetraetilchumbo $Pb(C_2H_5)_4$ e tetrametilchumbo $Pb(CH_3)_4$, que apesar de serem altamente tóxicos são utilizados em outros locais do mundo como aditivo para gasolina. Os aditivos a base de chumbo além de tóxicos, também são contaminantes dos elementos ativos dos catalisadores. No Brasil, por lei não se comercializa gasolina do tipo A (sem adição de álcool), somente a gasolina com adição de até 27% de álcool (gasolina do tipo C).

3.3.3 Volatilidade

Uma das propriedades também fundamentais dos combustíveis utilizados nos motores a combustão interna é a sua volatilidade, especialmente a gasolina, que é a facilidade do líquido transformar-se em vapor rapidamente, essa propriedade está relacionada tanto a segurança quanto a qualidade do funcionamento do motor e a sua dirigibilidade quando utilizado em automóveis. (FRANCO BRUNETTI, 2012). Um combustível de boa qualidade não deve ter uma volatilidade muito baixa nem muito alta, deve estar na verdade dentro de uma faixa esperada para o bom funcionamento. Um combustível de alta volatilidade pode apresentar bolhas na linha de combustível e no sistema de alimentação, desperdício de combustível devido a evaporação e em regiões frias pode chegar a congelar durante o inverno. Já um combustível de baixa volatilidade: prejudica o desempenho do motor, gera queima pouco eficiente e incompleta contaminando o fluido lubrificante com excesso de combustível não queimado e maior formação de particulados sólidos que podem sujar as velas de ignição ou encrustar. Um bom combustível deve apresentar uma boa volatilidade para todas as faixas de operação do motor em rotação e para uma larga faixa de temperatura do ar atmosférico.

3.3.3 Gasolina

A gasolina é um dos carburantes que representa uma parcela significativa daqueles utilizados em motores a combustão interna, é uma mistura de hidrocarbonetos líquidos com propriedades diferentes obtidos a partir da destilação fracionada do petróleo bruto. Essas misturas devem ser balanceadas de modo a dispor de uma ampla faixa de condições de operação satisfatória em termos de desempenho, rendimento e devem apresentar rigoroso respeito as questões ambientais. A gasolina deve ser suficientemente resistente a não auto detonar sobre elevadas pressões e temperaturas, caso isso ocorra é o fenômeno de combustão irregular “knock” ou grilar, deve entrar em ignição somente por ação da centelha da vela de ignição. Deve apresentar também uma faixa ideal de volatilidade.

3.4 NOMENCLATURAS ESSENCIAIS A COMPREENSÃO

Uma breve descrição acerca de elementos fundamentais a compreensão dos tópicos subsequentes desse trabalho.

- Ponto morto superior (PMS): É a posição mais alta que o pistão pode se encontrar dentro do cilindros durante o funcionamento, esse é o momento em que o pistão se encontra mais próximo do cabeçote, nesse momento o cilindro tem o seu volume mínimo.
- Ponto morto inferior (PMI): É a posição mais baixa do pistão no cilindro, é nessa posição que o pistão está mais distante do cabeçote e o cilindros apresenta o seu maior volume.
- Curso: É a distância percorrida pelo pistão entre os pontos mortos superior e inferior.
- Volume Total ou Cilindrada: É o volume do cilindros que o pistão varre em seu movimento de descida do PMS para o PMI, ou seja o volume do cilindro quando o pistão está no PMI até o cabeçote. Caso o motor tenha mais de um cilindros, o volume total deve ser a soma de total de cada cilindro. Pode ser calculado da seguinte forma: $(\pi \times (\text{Diâmetro do cilindro})^2 \times (\text{Curso do pistão}) \times (\text{número de cilindros}))/4$.
- Volume da câmara de combustão: é o volume compreendido entre o topo do pistão e o cabeçote quando o pistão se encontra em PMS, é chamado de câmara de combustão pois é nesse volume que a combustão da mistura ar combustível tem seu início.

3.5 PRINCIPAIS COMPONENTES

Com objetivo de tornar mais clara a compreensão do funcionamento será abordado a descrição dos principais componentes envolvidos, o seu funcionamento e seus respectivos papéis no funcionamento de um motor de combustão interna. É salutar para a pesquisa e testes com motores na célula compreender os componentes e seu funcionamento para que se estimule a percepção das alterações que podem ocorrer ao longo dos testes e suas motivações.

3.5.1 Conjunto Rotativo

Esses são os componentes que trabalham direta ou indiretamente com os componentes de movimentação radial de um motor.

- **Pistão:** o pistão não apresenta movimento rotativo, na verdade apresenta movimentação alternativa de subir e descer ao longo do interior do cilindro, no entanto o pistão é o responsável por receber a força da expansão do volume da câmara de combustão e descer transmitindo ao conjunto biela e virabrequim esse deslocamento, servindo inclusive como guia para biela, e como desloca-se ao longo do cilindro alternativamente também é responsável por realizar a compressão da mistura de ar-combustível durante a sua subida até o PMS, ou seja é a parede móvel do cilindro e garante que o cilindro seja hermético. O pistão é um dos componentes mais exigidos de um motor, pois trabalha a pressão, temperatura e velocidade altíssima.
- **Biela:** a biela realiza a conexão entre o pistão e o virabrequim, é responsável por transformar o movimento alternativo do pistão em movimento rotativo do virabrequim, como está fixada ao pistão apresenta movimentação solidário a este, ou seja transmite a força recebida pelo pistão ao virabrequim.
- **Virabrequim:** assim como a biela, o virabrequim também transforma o movimento alternativo do pistão em rotativo a partir da força que é recebida pelo pistão e a biela transmite, transformando a força em torque que também o transmite aos seus componentes em ambas as extremidades: polias ou ao volante. O virabrequim também é muito exigido, especialmente pela torção e flexão que sofre. Normalmente, é dotado de contrapesos para realizar o balanceamento da massa em movimentação durante o seu funcionamento, o que confere dimensão e peso considerável.

- Volante: o volante é responsável por atenuar as oscilações dos intervalos durante o ciclo em que o pistão não está gerando força, já que há apenas um tempo de realização efetiva de trabalho pelos gases, nos outros tempo do ciclo o trabalho é realizado sobre os gases. Funciona como uma bateria de inércia que recebe o torque a partir do virabrequim e graças a sua massa e rotação permite um maior suavidade no funcionamento do motor. O volante é responsável também por transmitir torque a transmissão.

3.5.2 Componentes Estruturais

Será tratado nessa seção dos componentes de um motor a combustão interna em que normalmente se fixam ou recebem outros componentes.

- Bloco: É uma peça geralmente de ferro ou alumínio fundido em que se alojam as camisas, se fixam os mancais do virabrequim e onde o cabeçote é fixado também. O bloco é o principal elemento estrutura do motor, recebe o virabrequim fixado por mancais em sua parte interior inferior, o cárter em sua face inferior externa e o cabeçote é fixado por parafusos em sua face superior e o interior do bloco é onde se localizam as camisas, onde se deslocam os pistões. O bloco tem canais e compartimentos tanto para lubrificação e transporte do fluido lubrificante, como do fluido de arrefecimento. O formato do bloco está sujeito a diversas variações como: quantidade de cilindros, disposição dos cilindros e até mesmo de como o arrefecimento ocorre, se ocorre por líquido o bloco é liso, caso seja refrigerado a ar o bloco possui aletas para melhorar a transferência de calor. (JORGE MARTINS, 2006).
- Cárter: o cárter é basicamente o compartimento dedicado a armazenar o fluido lubrificante, que também auxilia o seu arrefecimento podendo ser inclusive com aletas e auxilia também a diminuir a movimentação do fluido, fazendo com que esse esteja sempre em um nível disponível para ser transmitido pelo sistema de lubrificação em diversas posições do motor ao longo do seu uso, em veículos por exemplo e um declive ou active. (JORGE MARTINS, 2006).
- Cabeçote: é a parte superior do motor, a grosso modo a tampa que fecha o bloco, é nele onde normalmente estão localizados as válvulas e os dutos de admissão e escape, assim como a parte superior da câmara de combustão e a vela de ignição. Atualmente os cabeçotes são produzidos em ligas de alumínio, especialmente por sua capacidade condutibilidade térmica e capacidade de se trabalhar com elas, mas já foram

produzidos em ferro fundido. Um dos fatores que possibilitam maior rendimento dos motores é com certeza a disponibilidade de materiais mais sofisticados capazes de operar sob mais exigência a contento e com maior poder de condutibilidade térmica, como as ligas de alumínio que são utilizadas atualmente. (JORGE MARTINS, 2006). Um fator interessante do cabeçote é que seu desenho e formato, assim como os seus dutos são elementos determinantes do desempenho de um motor, inclusive quando se deseja melhorar o desempenho de um motor, é possível apenas aprimorando o cabeçote, ou efetuando a troca por um cabeçote mais eficiente em termos de sua construção e projeto, material, fluxo e quantidade de válvulas possíveis.

3.5.3 Componentes Periféricos:

- Alternador: A função do alternador é transformar a energia mecânica recebida, geralmente por correia em ligação com a polia do virabrequim, em corrente elétrica alternada, que alimenta todo o sistema elétrico do carro e a bateria, ou seja recarrega a bateria. A tensão durante a operação deve estar entre 13 e 14,5v
- Bomba d'água: A bomba d'água tem como função fazer circular de maneira constante a água do bloco e cabeçote para o radiador, para que possa arrefecer a uma taxa conforme a solicitada para o perfeito funcionamento do motor.
- Válvula termostática: Essa válvula atua impedindo a circulação de água do bloco e do cabeçote para o radiador, até que o motor atinja a temperatura ideal de funcionamento, ou seja impede que em caso de um sistema de arrefecimento super dimensionado o motor possa trabalhar abaixo da temperatura ideal, ou demore demasiadamente atingir, normalmente entre 75 °C e 85°C.
- Distribuidor: O distribuidor é um dos elementos fundamentais no funcionamento do motor a combustão, nos motores com mais de um cilindro é esse componente que define qual cilindro deverá fazer a mistura entrar em ignição a partir da centelha e em qual momento mais adequado. Basicamente distribuir as centelhas geradas pela bobina para o cilindro correto e no tempo correto.

3.6 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Os motores a combustão interna podem apresentar uma grande variedade de características distintas em relação a projeto, rendimento, eficiência, formatos e usos, no

entanto existem princípios básicos que regem o funcionamento dos motores a combustão interna e de maneira sucinta será esclarecido. Primeiro há a preparação da mistura ar-combustível, que deve ser a mais homogeneizada possível, essa etapa normalmente pode ser realizada por um sistema de injeção eletrônica ou carburador, basicamente é a etapa em que o combustível é homogeneizado e balanceado com o ar atmosférico e direcionado para ser admitido pelo motor. A partir da abertura da válvula de admissão por ação do comando de válvulas e a sucção gerada pelo pistão ao descer pelo cilindro, a mistura passa pelo coletor e dutos de admissão e adentra o cilindro, então essa mistura será comprimida de maneira adiabática a medida que o pistão subir. Em um momento específico da compressão, em que o pistão atingir o PMS, a vela deflagra a combustão por meio de uma centelha elétrica que irá inflamar a mistura, essa combustão gera uma pressão elevada, em torno de 30 a 50 atm, essa pressão faz com que o pistão desça dentro do cilindro, o movimento de descida do pistão é transmitido a biela e ao virabrequim. (Leila J. Gonçalves, 2004). O formato do virabrequim e a sua ligação com o pistão permite a sua rotação que gera uma sucessão de compressões e expansões cíclicas conforme o ciclo de operação do motor em análise. Logo após a combustão, os gases a altas temperaturas 900 a 1000K são expulsos praticamente sem variar seu volume pela ação de subida do pistão ao longo do cilindro, que empurra os gases para fora do cilindro, passando pela válvula de escape e os dutos de escape até a atmosfera. (Leila J. Gonçalves, 2004).

3.6.1 Ciclo De Operação

A sequência de processos sofridos periodicamente pelo fluido ativo (a mistura de ar-combustível), damos o nome de ciclo de operação de um motor a combustão interna. Os objetivos desses processos é a obtenção contínua de trabalho útil. Os motores normalmente são analisados o seu ciclo de operação por tempos e estes tempos são na verdade percursos do pistão durante o funcionamento do motor, o que não quer dizer que em um tempo de operação apenas um processo possa ocorrer. Existem dois grandes grupos, os motores a 4 tempos e a 2 tempos, nesse trabalho iremos focar nos motores a 4 tempos, por serem mais amplamente utilizados atualmente.

3.6.2 Motores A 4 Tempos

Durante os 4 tempos, ou seja 4 cursos, o pistão faz com que o virabrequim realize duas voltas em torno do seu próprio eixo, cada curso tem uma variação de 180° no virabrequim, totalizando 720° de duração dos 4 ciclos, que são os seguintes:

Admissão: neste momento o pistão realiza uma movimentação descendente do PMS ao PMI, gerando uma depressão no interior do cilindro e devido a válvula de admissão se encontrar aberta, a depressão gerada pelo pistão gera a sucção da mistura ar-combustível que irá preencher o cilindro. Compressão: durante a compressão as válvulas de admissão e escape devem estar fechadas, dessa forma o movimento ascendente do pistão do PMI ao PMS deverá comprimir o volume que ocupava todo o cilindro na câmara de combustão, gerando aumento da temperatura e aumento da turbulência da mistura que faz com que a fração de combustível que ainda se encontra em estado líquido agora se vaporize e a mistura atinja um estado de melhor homogeneização. Dessa forma a combustão se torna mais eficiente e libera mais energia e tem como produto uma menor quantidade de elementos que não foram queimados, mas jamais deve ultrapassar a temperatura e pressão de auto-ignição do combustível. Expansão ou explosão: no momento em que o pistão atingir o PMS a vela deverá liberar uma centelha que seja capaz de inflamar a mistura ar-combustível aquecida e comprimida. Dada a velocidade e intensidade que ocorre a combustão da mistura, pode-se tratar como explosão e também dada a expansão do fluido ativo, podemos chamar de expansão. A pressão gerada por essa combustão tem a capacidade de deslocar violentamente o pistão até o PMI impulsionando o virabrequim. De todos os 4 processos, esse é o único que há realização de trabalho positivo do motor. (FRANCO BRUNETTI, 2012).

3.7 ARREFECIMENTO

A combustão que ocorre no interior do motor repetidas vezes em frações pequenas de tempo, gera uma grande quantidade de calor, inclusive a combustão ocorre em temperaturas superiores a 2000°C , e essa quantidade de calor que é gerada pela combustão é transferida as paredes do cilindro, cabeçote, pistão e o motor como um todo e por isso é necessário um sistema que remova uma quantidade de calor e o mantenha a níveis aceitáveis para operação e que não ultrapasse os limites de temperatura das ligas dos pistões e cabeçotes, ou mesmo a temperatura máxima que o óleo lubrificante pode suportar, em torno de 150°C . (JORGE MARTINS, 2006). A temperatura exagerada na câmara de combustão também pode gerar batidas de pino, “Knock”. Existem algumas maneiras de arrefecer um motor e formas de classificar esse arrefecimento, que são: motores arrefecidos por líquido ou motores arrefecidos por ar. Neste trabalho daremos foco aos motores arrefecidos a líquido por circulação forçada. A temperatura de funcionamento não deve ser demasiadamente alta por motivos já citados, porém também não pode ser excessivamente baixa, por alguns motivos como o fato de que fluido lubrificante tem sua temperatura ideal de funcionamento, devido

sua viscosidade, as folgas a temperatura ideal também são menores e isso melhora a vedação e permite um melhor funcionamento e por fim caso a câmara de combustão se encontre a uma temperatura muito abaixo da recomendada, é gerado um efeito de extinção da frente de chama oriunda da combustão quando esta se aproxima da parede da câmara de combustão que esteja a uma temperatura muito abaixo da ideal. Para o perfeito funcionamento e manutenção dos parâmetros já citados, é recomendado que um motor de combustão interna trabalhe com seu fluido de arrefecimento na faixa de temperatura de 85°C a 95°C.

3.7.1 Arrefecimento A Líquido Por Circulação Forçada

Nesta forma de arrefecimento um líquido, que geralmente é água e monoetilenoglicol, é forçado por uma bomba d'água a circular por dentro do bloco entre as camisas e pelo cabeçote, fazendo com que o calor seja transferido das partes aquecidas devido a combustão, para o líquido que ademais por ação da bomba d'água também irá circular a colméia do radiador que é revestida por aletas gerando a dissipação do calor do líquido, transferindo calor para o ar atmosférico e reduzindo a temperatura do líquido que retorna novamente ao bloco, recebe e dissipa calor nesse ciclo de funcionamento sucessivamente.

3.8 LUBRIFICAÇÃO

Em vários componentes de um motor a combustão interna existem peças metálicas em movimento que estão em contato com outras peças metálicas e para que essa movimentação entre peças metálicas ocorra sem que esses metais se aqueçam e se fundam é necessário que uma película de lubrificante (filme) separe esses componentes, além de lubrificar permitindo o contato entre essas peças reduzindo as perdas mecânicas devido a redução do atrito, o filme lubrificante também é capaz de arrefecer alguns componentes e aprimorar o efeito de vedação do pistão no cilindro. Os principais elementos a serem lubrificados são: Mancais de Biela, Mancais do Virabrequim, o pistão como um todo (pino e anéis de segmentos), comando, trem de válvulas, tuchos. (JORGE MARTINS, 2006).

3.8.1 Lubrificação Por Óleo Pressurizado

Sendo esse o sistema de lubrificação mais utilizado e os outros bem incomuns atualmente, será tratado apenas desse. Nesse sistema o óleo se encontra armazenado no cárter e deve estar sempre em um nível capaz de ser captado pela bomba de óleo por meio do pescador, a bomba de óleo trabalha imersa ao óleo e o capta e gera uma vazão de óleo, que por meio das restrições gera pressão e faz com que ele seja bombeado, passe por todos os

canais de lubrificação, atinja todos os componentes a serem lubrificados, mantenha essa lubrificação devido a ação contínua da bomba de óleo e o fluxo gerado por ela. A bomba de óleo é acionada geralmente pelo comando de válvulas ou pelo comando auxiliar em conexão também com a engrenagem do distribuidor, logo sempre que o motor estiver em funcionamento e tiver óleo no cárter a bomba estará funcionando. Para todos os motores existe a pressão ideal de funcionamento, a pressão muito baixa não permite que o óleo atinja todos os locais que deve atingir e assim a lubrificação se torna deficiente.

Em motores que apresentam desgaste excessivo, as folgas entre os componentes já se encontram maiores que as recomendadas e o óleo que passa entre essas folgas já não atinge a pressão desejável, temos uma bomba de mesma vazão lançando o óleo por um espaço maior e assim não é possível manter a pressão necessária e projetada. Logo a pressão de óleo além de indispensável para eficaz lubrificação é também um poderoso indicador do estado do motor analisado. A pressão de óleo varia de acordo com a rotação e todos os fabricantes indicam a pressão ideal de operação na rotação de análise e em todos os veículos existe um indicador de segurança que exhibe no painel caso o motor em seu funcionamento não atinja a pressão mínima solicitada.

3.8.2 Viscosidade Do Fluido Lubrificante

A viscosidade é a resistência que o fluido apresenta ao escoamento, essa resistência surge devido ao atrito interno do deslocamento de uma camada de fluido sobre a outra. De modo mais específico a viscosidade tratada nesse momento é reconhecida como viscosidade dinâmica ou viscosidade absoluta, que é propriedade que determina o grau de resistência do fluido a uma força cisalhante. É uma grandeza sensível a variação de temperatura e diminui à medida que a temperatura se eleva. (CÉSAR AUGUSTO CANCIAM, 2014). A viscosidade é um dos parâmetros fundamentais na análise de um lubrificante e está diretamente relacionado com a pressão que esse fluido atinge em seu funcionamento, e características do próprio motor como as folgas de trabalho, assim como é o parâmetro que deve estar dentro de uma faixa, em que seja viscoso suficiente a ponto que permita o surgimento de um filme mínimo protetor sobre as peças, mas não pode ser viscoso excessivamente ao ponto de gerar percas mecânica devido o contato com as peças em movimento ou prejudicar de fato essa movimentação. O ideal é que o fluido lubrificante de um motor a combustão interna seja fluido o suficiente a baixas temperaturas para que o motor parta com facilidade e rapidamente o fluido atinja todas as áreas necessárias e que em alta temperatura seja espesso o suficiente para manter o filme lubrificante adequado. (CÉSAR AUGUSTO CANCIAM, 2014). Quanto

mais viscoso o fluido lubrificante maior facilidade de formar o filme protetor entre as peças, no entanto uma alta viscosidade exige mais dos elementos que pressurizam esse fluido, que se torna mais árduo para ser bombeado, tendendo a aumentar a temperatura de operação e podendo prejudicar o alcance de toda a área dos elementos que trabalham sobre lubrificação que ele pode atingir. Por isso é tão importante a capacidade dos modernos fluidos lubrificantes serem multi-graduados.

Durante o funcionamento de um motor a combustão interna, o fluido lubrificante absorve uma boa quantidade de calor fazendo com que diminua sua viscosidade dinâmica, na temperatura ideal de funcionamento (85°C - 95°C) o fluido apresenta baixa viscosidade mantendo a pressão de óleo do motor mais baixa e gerando uma maior entrega de volume de óleo, enquanto que em temperatura ambiente (25°C) o fluido apresenta uma maior viscosidade e consequentemente uma maior pressão de fluido lubrificante é registrada durante o funcionamento do motor.

3.9 RELAÇÃO AR-COMBUSTÍVEL

A relação Ar-Combustível pode ser analisada pelo por menos duas óticas, a da admissão e a da combustão. Sob a ótica da admissão, essa relação é dada apenas pelo quociente da massa de combustível pela massa de ar que é admitida pelo motor, que para uma combustão completa deve ser de 14,5 partes de ar para uma de gasolina para que todo o ar seja utilizado na reação de combustão que consuma todo o combustível. Já do ponto de vista combustão existem outros parâmetros que devem ser levados em consideração, como nebulização ou vaporização do combustível, homogeneização da mistura e também outros parâmetros como temperatura do coletor de admissão, temperatura da câmara de combustão, temperatura e humidade do ar atmosférico admitido. Apesar de levar em consideração ambos as óticas de análise, será desconsiderado análises fora das situações ideais de funcionamento para os parâmetros que tem influência na relação ar-combustível mas não se tratam da relação em si.

Pode-se avaliar essa relação de 4 maneiras diferentes em que todas o motor se mantém funcionado, no entanto de formas diferentes e algumas são indesejadas em determinados momentos, mas de modo geral um motor a combustão interna de um veículo de acordo com a sofisticação do seu sistema de preparação da mistura pode apresentar os 4 tipos de relação durante o seu pleno funcionamento em situações distintas e conforme as suas exigências e uso.

3.9.1 Limite De Mistura Pobre

A mistura de combustível é considerada pobre quando há mais partes de ar do que combustível que na relação estequiométrica (mais de 14 partes de ar para uma de gasolina). O limite de pobreza da mistura que é possível atingir é a mistura com menor quantidade de combustível possível que ainda consegue manter o motor em funcionamento, em torno de 19 partes de ar para 1 de gasolina. Quando um motor a combustão interna opera no limite de pobreza de mistura ocorre que a chama proveniente da combustão se mantém durante mais tempo e isso gera o superaquecimento da câmara e conseqüentemente superaquecimento do motor, que é danoso ao motor e pode resultar em danos irreversíveis. (FRANCO BRUNETTI, 2012). No entanto existe uma função que pode ser realizada por alguns carburadores e a maioria das injeções eletrônicas que de maneira controlada pode cortar o fluxo de combustível e empobrecer a mistura em um determinado tempo, é o chamado “cut-off”, que geralmente é acionado quando em declives enquanto o carro está engrenado e sem acionamento do acelerador, aproveitando a energia cinética.

3.9.2 Limite De Mistura Rica

É nessa faixa que se encontra a capacidade máxima de combustível admitido que um motor pode atingir e continuar em funcionamento. Nessa faixa a quantidade de combustível é tão grande em relação a quantidade de ar, em torno de 9 partes de ar para 1 de combustível, que a quantidade de combustível vaporizado na câmara atua resfriando a câmara e extinguindo a chama e invés de ser consumida e liberar energia térmica, acaba prejudicando a queima da mistura ou a impossibilitando totalmente em alguns ciclos (FRANCO BRUNETTI, 2013). A situação nesse limite é indesejada pois a combustão incompleta que pode ser gerada, além de favorecer a liberação de poluentes, pode gerar contaminação do lubrificante por excesso de combustível que venha a ultrapassar a vedação do pistão (os anéis de segmento). De todas as 4 faixas essa é provavelmente a única que não é usualmente atingida pelos veículos em seu perfeito funcionamento, no entanto em motores de competição e de altíssima performance é necessário em alguns situações trabalhar próximo esse limite para que seja possível arrefecer a câmara de combustão, dada a intensidade que a combustão ocorre nesses motores e as exigências que são impostas.

3.9.3 Mistura De Maior Rendimento

Em uma determinada faixa de mistura é possível ter um desempenho minimamente satisfatório em potência e um maior rendimento e aproveitamento do combustível, essa é chamada a mistura que fornece o rendimento ótimo. É na verdade uma mistura levemente pobre, em torno de 16 partes de ar para 1 de gasolina, que permite que esse ligeiro excesso de ar favoreça uma combustão completa e que seja capaz queimar toda a gasolina admitida presente na mistura e reduza a emissão de CO (FRANCO BRUNETTI, 2012). Os sistemas de preparação da mistura normalmente utilizam essa faixa quando nos encontramos com o veículo em velocidade se cruzeiro e com pedal do acelerador ligeiramente acionado.

3.9.4 Mistura De Maior Desempenho

Essa faixa se encontra no limiar da faixa ideal de mistura e a faixa rica da mistura, é dessa forma que normalmente se obtém o maior desempenho do motor em termos de potência, está em torno de 13 partes de ar para 1 de gasolina. Como ainda não é considerado uma mistura rica, ainda assim há uma combustão completa e com mais energia química a ser liberada, favorecendo tanto o desempenho como a liberação de poluentes, como o CO. (FRANCO BRUNETTI, 2012). Normalmente os veículos trabalham nessa faixa de mistura em situações de alta exigência de desempenho, quando por exemplo em uma ultrapassagem usamos todo o curso do acelerador.

3.9.5 Relação A/C e Temperatura Do Motor

O calor transmitido em um motor a combustão interna parte primordialmente da câmara de combustão, a partir do primeiro momento em que a mistura ar combustível é combusta o calor da reação é transmitido da câmara até os demais componentes e fluidos, feita essa consideração podemos estabelecer que uma temperatura demasiadamente alta da câmara gera um sobre aquecimento do motor como um todo, assim como o resfriamento. Partindo dos princípios tratados anteriormente sobre mistura ar-combustível em que uma mistura rica tende a tornar a temperatura da câmara mais baixa que o ideal e uma mistura pobre tende a tornar a temperatura mais elevada que o ideal, é válido estabelecer que esses efeitos na temperatura da câmara tem relação direta com a temperatura do motor, aferida pela temperatura do fluido de arrefecimento.

3.10 Sonda LAMBDA

A sonda lambda mede a concentração de oxigênio dos gases produto na combustão no escapamento. A sonda é composta por um material cerâmico revestido por platina e protegido por um material metálico que a envolve. O funcionamento da sonda lambda se baseia nas alterações das propriedades das cerâmicas quando expostas a temperaturas elevadas, operando em torno da diferença de concentração de oxigênio entre os gases de escape que entram em contato com a superfície externa da sonda e o ar atmosférico ambiente que está em contato com a superfície interna da sonda. Em temperaturas superiores a 300° o elemento cerâmico adquire condutibilidade de acordo com o teor de oxigênio. Basicamente são dois eletrodos que sob uma temperatura elevada e de acordo com a diferença de concentração de oxigênio geram uma tensão. Quanto mais rica a mistura, menor a quantidade de oxigênio no interior do escape e maior a diferença de concentração de oxigênio com a atmosfera e conseqüentemente maior a tensão que surge (FRANCO BRUNETTI, 2012). Como o material cerâmico só se torna condutor a partir de 300° a sonda apresenta como limitação a necessidade de que se atinja essa temperatura para que seja possível aferir a concentração de oxigênio.

3.10.1 Halmetter

Para efeito de diagnóstico e testes na bancada, o halmetter atua como um mostrador para exibir as informações a partir dos dados captados pela sonda em uma escala colorida em mv e tornar a medida dessa tensão de fácil visualização para o operador, segue abaixo Tabela 1 com a escala de Hallmeter.

Tabela 1 - Halmetter e sua escala

LED	Lambda	Tensão da Sonda mais de 1150mV	AFR Gasolina	AFR Alcool
		1100mV		
		1050		
		1000		
	0,78	980	11,5	7
		960		
		940		
	0,82	920	12	7,4
		900		
	0,86	880	12,7	7,7
	0,88	860	13	7,9
		840		
		820		
	0,92	800	13,5	8,2
		780		
	0,95	760	14	8,5
	0,96	740	14,1	8,6
	0,97	720	14,2	8,7
	0,98	700	14,4	8,8
	0,99	680	14,5	8,9
	1,00	630	14,7	9
	1,01	560	14,8	9,1
	1,02	490	15	9,2
		420		
		350		
	1,09	280	16	9,8
		210		
	1,12	140	16,5	10
		70		
		menos de 70mV		

Fonte: Fueltech (2018)

3.11 SENSOR DE TEMPERATURA

Existem várias temperaturas fundamentais de serem acompanhadas no que se refere ao funcionamento de um motor a combustão interna, no motor objeto do trabalho, por ser arrefecido a líquido uma das temperaturas cruciais de serem acompanhadas é com certeza a temperatura do fluído de arrefecimento, como citado anteriormente a importância de que se mantenha dentro da faixa ideal de temperatura.

O sensor de temperatura é composto por um material cerâmico, que na verdade é um termômetro de resistência, chamado termistor. O termistor é um material o qual a sua resistência elétrica é relativa e sensível a variação de temperatura, à medida que a temperatura aumente a sua resistência cai (JORGE MARTINS, 2006).

3.12 MANOMETRO DE PRESSÃO DO FLUIDO LUBRIFICANTE

O manômetro utilizado para medição da pressão de óleo, é considerado um manômetro de Bourbon. O manômetro de Bourbon, é baseado na alteração da curvatura de um tubo fechado de seção elíptica de acordo com a pressão que passa no interior do tubo. Quando a pressão aumenta o tubo que se encontrava em uma seção elíptica, esse tende a uma seção circular, gerando um efeito de desenrolar ao longo do tubo, esse efeito de desenrolar é captado por um mecanismo de alavancas e rodas dentadas que conseguem representar esse efeito em forma de movimentação de uma alavanca.

3.13 MOTOR GM 250

Motor 4 tempos, de ciclo otto, 6 cilindros em linha fabricado pela General Motors derivado dos motores da linha Stovebolt (Figura 1), que no Brasil foi trazido para equipar a linha Opala. Apresenta 250 polegadas cúbicas de deslocamento, ou 4.1 Litros. Esse motor apresenta um curso de deslocamento de 89,7mm e pistões de diâmetros de 98,425mm, tem taxa de compressão de 8,5:1 na sua versão a gasolina e chegou a gerar 171cv a 4800 rpm e 32.5kgfm de torque a 2600 rpm em sua versão 250-S. Possui bloco e cabeçotes de ferro fundido, tem duas válvulas por cilindro, o comando é alojado no bloco e tem ação nas válvulas pelas varetas e tuchos. É um motor arrefecido a líquido por circulação força, a mistura é preparada por meio de um carburador, é lubrificado por óleo pressurizado. Para complementar as informações técnicas do motor elaborado a Tabela 2.

Figura 1 - Motor utilizado no teste para o presente trabalho



Fonte: Autor (2018)

Tabela 2 - Dados técnicos motor GM 250

Motor GM 250					
<i>Motor carburado naturalmente aspirado, com comando no bloco e ação por varetas (ohv).</i>					
Cilindros	6 em linha		Temperatura de operação	75°C	
Deslocamento	4092cm³		Pressão de óleo a 1500 rpm	207 Kpa	
Combustível	Gasolina		Pressão de combustível	5,5 - 6,5 psi	
Taxa de compressão	8 para 1				
Válvulas por cilindro	2				
Diâmetro dos pistões	98,4mm				
Curso do virabrequim	89,7mm				

Fonte: Autor (2018)

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados na fabricação da célula de testes foram:

- Tubo de seção quadrada 50x50mm e parede 2mm de aço 1020.
- Tubo de seção quadrada 30x30 e parede 2mm de aço 1020.
- Tubo de seção circular 33,4mm e parede 2mm de aço 1020.
- Cantoneira de aço 1020 19,6 mm x18mm e parede 2mm.
- Barra chata de aço 1020 63,4mm x 6,6mm.
- Barra chata de aço 1020 25mm x 2mm.
- Chapa galvanizada 20.
- Eletrodo revestido F6013.
- Rodas de silicone 100mm com base de aço.
- Coxins de motor da linha GM-Opala.
- Cabo flexível 6mm².
- Cabo flexível 2.5mm².
- Cabo flexível 1.5mm².
- Cabo flexível 10mm²
- Bornes de bateria
- Conectores diversos.
- Tomada 4 vias.
- Interruptores diversos.
- Relé 40amp.
- Relé 70amp.
- Abraçadeiras plásticas.
- Parafusos diversos.
- Motor GM 250

4.2 FABRICAÇÃO DA ESTRUTURA

Baseado nas medidas médias dos motores mais comuns e acessíveis de serem trabalhados define-se um comprimento e largura satisfatórios da estrutura que pudesse receber diversos motores com sutis modificações. Com o comprimento definido em 99cm e largura de

70cm, é realizado os cortes em 5 partes do tubo de seção quadradas 50x50, sendo dois tubos de maior comprimento 99cm designados para as laterais, dois tubos de comprimento 70cm para a parte frontal e posterior, por último define-se um tubo de comprimento 60cm para ser fixado na face interna dos tubos laterais, para ser utilizado como fixação das bases do motor. Os tubos que definem o retângulo da estrutura devem ser cortados em seus extremos com ângulos de 45° e soldados, logo depois o último tubo é soldado na área interna com ângulo de 90° com os tubos laterais. Todos os tubos são soldados utilizando soldagem por eletrodo revestido, optou-se por essa forma de soldagem dada a sua praticidade, capacidade de soldar em todas as posições, o baixo custo e qualidade e acabamento da soldagem compatíveis com as exigências do projeto.

Com a base da estrutura pronta, foram realizados cortes de dois tubos de comprimento 8.5cm para servir como base sendo fixado na parte inferior do tubo frontal e a soldagem de duas rodas de silicone de 100mm na parte inferior do tubo posterior para permitir a locomoção mínima necessária. Foi fabricado também outros dois quadros menores de dimensões 30cm x 20cm com a cantoneira 19,6mmx18mm para utilização como receptáculo da bateria e painel de mostradores, no caso do painel de mostradores foi soldado uma chapa galvanizada 20. O receptáculo da bateria foi parafusado no tubo lateral direito da estrutura assim como o painel de mostradores que foi soldado no mesmo tubo a uma altura de 79cm a partir do tubo de seção circular 33mm, de maneira que o painel fique a uma altura e distância satisfatória e apresente uma inclinação que favorece a visualização pelo operador. Por último fabrica-se as bases com a barra 63,4mmx6mm que vão receber os coxins e o motor, estas bases estão a distância de 30,5cm entre bases e de 8,5cm de cada base para o final do tubo central. A maneira como as bases são fixadas não impede que outros motores sejam fixados a cima ou entre elas, permitindo assim que com modificações simples seja possível aplicar outros motores. A construção que descreve-se até o momento, é verificada pela Figura 2.

Figura 2 - Célula em seu estágio inicial



Fonte: Autor (2018)

Foi fabricado um quadro com tubo de seção quadrada 30x30 para fixar o radiador, o quadro tem largura 93cm e comprimento 51cm e o radiador é alojado em seu interior, enquanto ele é fixado na estrutura da base a uma distância 11,5cm definida a partir da distância e posição da hélice do motor para o radiador. A motivação da fabricação do quadro para o alojamento de radiadores, é permitir que uma gama de radiadores diversos possam ser fixados sem dificuldade, apenas pequenas alterações.

Para os componentes estruturais que suportam o peso do motor diretamente e estrutura base da bancada, foi utilizado o tubo de seção quadrada 50x50 em aço 1020 devido a suas propriedades mecânicas compatíveis com a exigência da bancada, que são esforços pequenos e médios. Outros fatores foram seu custo-benefício atrativo e especialmente sua boa soldabilidade. Para o quadro suporte do radiador, não se faz necessário utilizar tubo de mesmas dimensão que o restante da estrutura, pois está sujeito uma pequena carga, que é basicamente o peso do radiador. Por isso será utilizado o tubo de seção quadrada 30x30 que além de atender as exigências também confere a bancada alta durabilidade e leveza, assim como sua área lateral é satisfatória para alojar os suportes inferiores do radiador. Considera-se que o calor emitido pelo radiador e a possibilidade de que vaze fluido são fatores promotores da corrosão e essa tubulação apresenta boa resistência a essas situações. A barra chata

utilizada como base para o motor foi super dimensionada, pois que esse é o componente mais suscetível a falhas da estrutura, já que é o primeiro elemento que recebe a carga do motor e está sujeito a torção gerada pelo motor durante o funcionamento. A barra chata e chapa utilizadas no quadro de instrumento foram escolhidas apenas por suas dimensões serem interessantes para fixação da chapa e o seu custo benefício, pois não estão sujeitas a esforços significativos. Já a barra chata utilizada no receptáculo da bateria suporta um pequeno esforço e foi fixada de maneira estratégica a distribuir melhor esse esforço. Para fixar o motor na estrutura foram utilizados dois coxins da linha GM Opala, o coxim é fundamental para reduzir as vibrações geradas pelo motor e permitir uma pequena flexibilidade da movimentação do motor, dada sua torção durante o funcionamento.

Ao fim da confecção da estrutura, é realizada a conferência e acabamento em todas as soldas e reparo nas que forem necessárias. Com todas as soldas conferidas e acabadas é realizado o procedimento de pintura da bancada com tinta do tipo esmalte sintético na cor preta, para que atue como elemento de proteção a corrosão.

4.3 INSTALAÇÃO ELÉTRICA

No circuito elétrico da célula de testes foram definidas 4 alimentações principais, a primeira é uma alimentação vinda da bateria com sinal positivo 12v e negativo com fio 10mm² que serão responsáveis por alimentar o motor de partida e fazer seu devido aterramento. A segunda é um positivo 12 v interceptado por uma chave do tictac com fio 2.5mm², que representa o pós-chave normalmente utilizado em sistemas elétricos veiculares, esse deve gerar o sinal positivo 12v do distribuidor, da bomba de combustível, eletro ventiladores, instrumentos e sensores. A terceira utiliza fio 2.5mm² funciona como o cilindro de ignição dos sistemas elétricos comuns nos veículos, que na célula utilizaremos uma chave elétrica do tipo start que acionara um relé de 70amp que permite o funcionamento do motor de partida ao toque da chave. Os eletro ventiladores e a bomba elétrica de combustível tem o sinal 12v do pós chave interceptados por chaves individuais e neste caso o eletro ventilador é ligado a um relé de 40amp. O quarto é o último subconjunto do sistema elétrico e fundamental, pois se trata de ligação do alternador a bateria com fio 6mm², que garante a tensão em todo o sistema a partir do momento que o motor é posto em funcionamento. De modo geral foi elaborado um sistema elétrico com os itens fundamentais para o funcionamento da maioria dos motores carburados: um pós chave que alimenta o distribuidor e demais interruptores, dentre esses um interruptor para bomba de combustível, outro para os

eletro ventiladores e um para acionar a partida. Além da ligação da bateria para o motor de partida e do alternador para bateria.

A segunda ligação descrita anteriormente confere segurança e praticidade ao manipular a bancada, pois esse sinal 12v pós-chave é responsável por alimentar com sinal positivo a bomba elétrica e distribuidor, dessa forma quando desligada além de interromper o fluxo de combustível também corta o sinal da ignição impedindo que qualquer faísca possa ser gerada por esses componentes. Também foi instalada no painel de instrumentos uma chave do tipo tic tac reserva para eventuais necessidades.

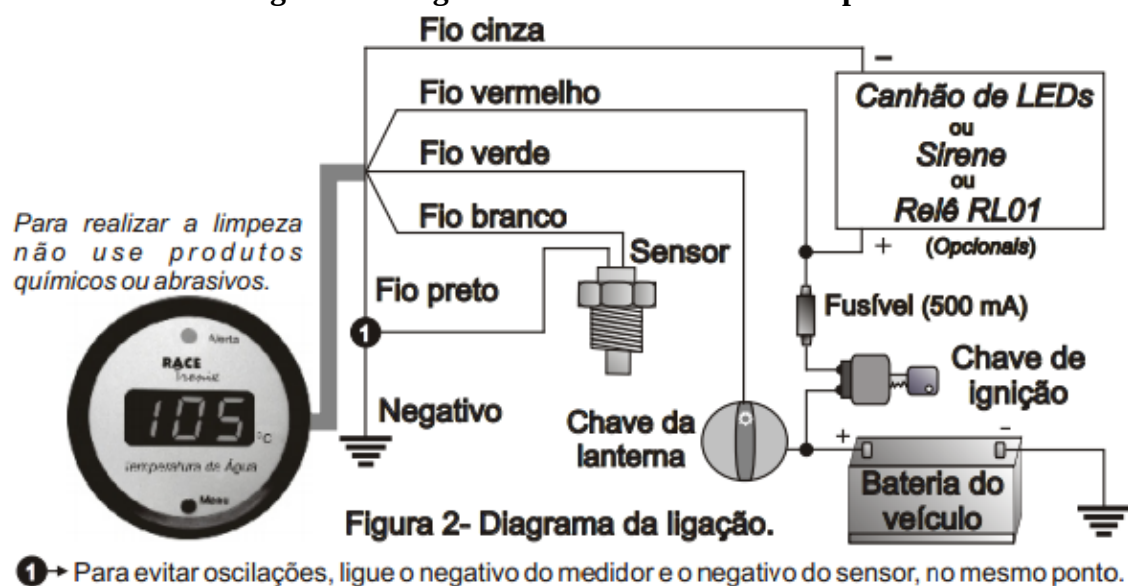
Os instrumentos, Halmetter e Mostrador de temperatura seguem o diagrama elétrico recomendado pelo fabricante, como nas Figuras 3 e Figura 4.

Figura 3 - Diagrama elétrico halmetter



Fonte: Fueltech (2018)

Figura 4 - Diagrama elétrico mostrador temperatura



Fonte: Racetronix (2018)

4.4 INSTALAÇÃO DOS SENSORES E INSTRUMENTOS

Os sensores envolvidos são: o sensor de temperatura e a sonda lambda. Os instrumentos utilizados foram: o manômetro de pressão de óleo, o halmetter e o mostrador de temperatura.

Para a sonda lambda, foi utilizando uma banda estreita da Delphi, Universal 4 Fios, ES10778, Figura 5. A sonda foi escolhida por apresentar o melhor custo-benefício e qualidade satisfatória para o momento do projeto. Foi escolhida uma sonda de 4 fios, ou seja com resistência interna, para que apresente um maior grau de exatidão da leitura desde os primeiros momentos de operação, já que alguns testes realizados nesse trabalho levam em consideração o tempo de funcionamento.

Figura 5 - Sonda lambda banda estreita



Fonte: Delphi (2018)

O sensor de temperatura foi escolhido o MTE 4053, Figura 6, por apresentar a baixo custo e precisão necessária para o trabalho, ter sua faixa de temperatura compatível com a temperatura de operação do motor e é compatível com o mostrador de temperatura.

Figura 6 - Sensor de temperatura



Fonte: MTE (2018)

O manômetro de pressão de óleo é utilizado um manômetro de Bourdon, pois apresenta um baixo custo inicial, uma longevidade interessante e especialmente porque nesse momento os valores aferidos de pressão de fluido lubrificante tem basicamente o interesse comparativo com a temperatura do motor e nem tanto o valor nominal de pressão. O Halmetter utilizado é do fabricante Fueltech, pois esse equipamento apresenta indicação clara e objetivo e pode indicar de 70mv a 1150mv, que é uma faixa satisfatória para o trabalho. O mostrador de temperatura utilizado foi escolhido por apresentar uma representação em 3 algoritmos e ser compatível com o sensor de temperatura. Instalados os mostradores é obtido o painel de instrumentos como na Figura 7.

Figura 7 - Painel de instrumentos



Fonte: Autor (2018)

4.5 INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE ARREFECIMENTO

Foi realizado a fabricação de um quadro para receber o radiador e um suporte para fixar o reservatório de expansão. Com radiador e suporte já fixados, foi feita a instalação dos mangotes de conexão entre o radiador e o reservatório de expansão com o motor. Para forçar a circulação do ar pelo radiador e suas aletas utilizaremos tanto uma hélice mecânica de 14” intermitente durante o funcionamento do motor, como também duas hélices elétricas, uma de 10” e outra de 16” de uso conforme a necessidade, que surge devido ao fato do sistema de arrefecimento não dispor de um corrente de ar como no caso um veículo dispõe em situações normais de uso, quando em movimento. Para simular a situação necessária para o arrefecimento e visando corrigir qualquer problema relacionado a isso, será aplicado as duas hélices elétricas na frente do radiador. Ao final do processo foi realizado o preenchimento do sistema com água destilada e aditivo para arrefecimento a base de monoetilenoglicol. Componentes como bomba d’água e válvulas termostática são fixados no motor e não foram alterados, estão dispostos exatamente como no veículo e assim se almeja realizar com outros motores que futuramente forem testados. O radiador utilizado é da linha S10/Blazer, dada a alta capacidade do volume de seu sistema de arrefecimento, 10l. O reservatório de expansão é utilizado para tornar a célula compatível com a maioria dos motores e seu sistema de arrefecimento, dada a possibilidade de usá-lo ou não. O radiador do sistema de arrefecimento e suas hélices são dispostas como segue na Figura 8.

Figura 8 - Sistema de arrefecimento e suas hélices



Fonte: Autor (2018)

4.6 INSTALAÇÃO DA LINHA DE COMBUSTÍVEL

Será utilizado um reservatório de 5 litros para comportar o combustível durante o funcionamento da célula, o reservatório ficará afastado do motor por questões de segurança. A linha de combustível é construída em mangueira SAE 30R6 de 9.5mm e terá a linha de alimentação do carburador e o retorno. O combustível parte do reservatório por ação da bomba, chega ao dosador onde um das saídas alimentará o carburador e a outra retorna a partir do dosador para o reservatório. A bomba elétrica de combustível quando acionada gera o fluxo e pressurização da linha de combustível, Como o sistema de preparação da mistura nesta aplicação é carburador, irá operar com uma pressão de 0,2 bar que será controlada por um dosador do tipo diafragma. Foi definido pela bomba da marca Euro, modelo 10135, pois apresenta baixo custo, tem a vazão adequada exigida e entre as bombas elétricas de combustível em comercialização é uma das que operam com menor pressão, o que facilita o acerto da pressão pelo dosador. O Dosador é do tipo HP, foi escolhido pois é suficientemente preciso para uma sistema carburado e como trabalha com pressão constante, é satisfatório. A pressão da linha foi acertada com uso de um manômetro de pressão de combustível que registra em que momento o dosador de combustível permite apenas a pressão de 0,2bar e assim deve ser mantida

4.7 AQUISIÇÃO E REGISTRO DOS DADOS

Serão adquiridos os seguintes dados: pressão de óleo, temperatura do fluido de arrefecimento, relação da mistura ar/combustível, que a partir da observação do operador serão inseridos em planilhas e gerado gráficos como forma de registro para análises de variações ao longo de períodos determinados de tempo e levando em consideração dados referentes ao ambiente em que a célula está exposta no momento dos testes.

Por meio do aplicativo meteorológico Weather e Clima tempo é feito a aquisição das informações umidade e temperatura ambiente do local do testes, já que é feito em área aberta devido a emissão de gases tóxicos pelo motor em funcionamento que impossibilita realizar em ambiente fechado sem a correta dispersão dos gases do escape.

É realizada uma conferência dos níveis de fluido de arrefecimento, fluido lubrificante, disponibilidade de combustível e registro das informações iniciais exibidas, então motor da célula é posto em funcionamento, é feito um acompanhamento cronometrado em intervalos de 5 minutos de todos os parâmetros disponíveis e feito seus registros. Os dados

obtidos são plotados em tabelas e transformados em gráficos para análise. O teste é repetido em momentos diferentes visando amenizar as influências do clima local no testes. A gasolina utilizada é do tipo C e foram adquiridas em duas fontes diferentes para amenizar a influência da qualidade da mesma. O fluido lubrificante utilizado é de base mineral, castrol gtx 20w50. O fluido de arrefecimento é o aditivo pronto para uso Radiex a base de monoetilenoglicol.

Foi realizada a construção de um breve e objetivo check list, Tabela 3, contendo elementos prévios, durante, após a operação da célula de testes e em caso de situações críticas. A princípio deve-se seguir as instruções de conferência do check list, após a conferência é ligado a chave responsável pelo sinal pós chave, dado a partida no motor no botão start e é dado início a registro dos parâmetros e observações, assim como segue a conferência do check list. Com o motor em funcionamento e a célula registrando os dados, foi definido intervalos de 5 minutos para registro de cada dado que será analisados ao longo do tempo e que será utilizado para construir tabelas e gráficos.

Tabela 3 - Check List

Check List prévio					
Nível de óleo		Ok			
Nível fluido Arrefcimento		Ok			
Nível de fluido lubrificante		Ok			
Nível do reservatório de combustível		Ok			
Check List durante		Ao ligar	Ao fim do teste		Comentário:
Pressão defluido lubrificante		Ok	Ok		Ao ligar a pressão de óleo atinge o nível satisfatório 52psi e quando em temperatura ideal registra 32psi
Temperatura		Ok	Ok		A temperatura se mantém estável e apresenta estar ligeiramente abaixo da faixa ideal mesmo após longos

					períodos em funcionamento
Relação A/C		Ok	Ok		Dada a sonda de banda estreita, existe muita variação, no entanto na maior parte do tempo se comporta como esperado
Tensão de bateria		Ok	Ok		Com a célula sem operar a tensão se mantém em 12,8v e durante o funcionamento atinge 14v e mantém 13,5 mesmo em consumo máximo dos eletroventiladores.
Cor da fumaça		X	Ok		Ao ligar apresenta ligeira emissão de fumaça azulada, indicando possível falha dos vedadores de válvulas.
Gases do suspiro		Ok	Ok		Não apresenta níveis detectáveis em nenhum momento.
Trepidação do motor		Ok	Ok		Ocorre em momentos pontuais leves trepidações e totalmente normais, talvez devido ao combustível e sua qualidade.
Qualidade do funcionamento		Ok	Ok		O motor não apresenta nenhuma alteração ou anomalia detectável na qualidade ou linearidade do seu funcionamento.
Check List Após					
Velas de ignição		Ok	Ok		Coloração da vela indica ponto de ignição e grau de vela correto e uma leve mistura voltado para o rendimento.

Vazamentos		Ok	X		O motor apresentou vazamentos no retentor do volante e no retentor dianteiro
------------	--	----	---	--	--

Em caso de situações críticas	
O motor não funciona?	
Conferir Linha de combustível	
Conferir Ignição	
Conferir coletor de admissão	
Conferir carburador	
Conferir distribuidor	
O motor ultrapassa 95°C?	
Desligar imediatamente	
Aguardar o motor esfriar	
Conferir nível do fluido de arrefecimento	
Verificar presença de óleo no f.a	
O motor apresenta mistura A/C anormal?	O motor apresenta menos que 30psi a 1500rpm?
Conferir ligação da sonda	Desligar imediatamente
Conferir alimentação de combustível	Conferir nível fluido lubrificante
Conferir carburador	Não ligar novamente até reparar

Fonte: Autor (2018)

O primeiro conjunto de testes realiza-se em circunstâncias de alta exigência do sistema de arrefecimento em relação as condições locais, dada a baixa umidade do ar e elevada temperatura ambiente. Confere-se o check list, afere-se os valores de temperatura e umidade local e dar-se inicio a operação e registro dos dados com intervalos definidos e afere-se as seguintes informações que estão dispostas na Tabela 4:

Tabela 4 - Conjunto de testes 01

Teste 01			
Clima Local	Temperatura°C	Umidade	
	32,5	36	
Parâmetros Célula ▼	Temperatura F.A (°C) ▼	Relação A/C (mv) ▼	Pressão F.L (psi) ▼
Inicial	37	820	52
05 Minutos	70	900	50
10 Minutos	79	880	44
15 Minutos	76	840	42
20 Minutos	78	840	36
25 Minutos	78	860	34
30 Minutos	81	860	32
Média	77,0	857,1	41,4

Fonte: Autor (2018)

Para o segundo conjunto de testes foi submetido a condições de clima mais ameno com temperatura local mais baixa e maior umidade relativa do ar. Afere-se as seguintes informações da Tabela 5:

Tabela 5 - Conjunto de testes 02

Teste 02			
Clima Local	Temperatura	Umidade	
	26	66	
Parâmetros Célula ▼	Temperatura F.A (°C) ▼	Relação A/C (mv) ▼	Pressão F.L (psi) ▼
Inicial	32	920	52
05 Minutos	54	880	48
10 Minutos	74	880	48
15 Minutos	74	860	44
20 Minutos	73	860	42
25 Minutos	73	860	40
30 Minutos	83	840	40
Média	71,8	871,4	44,9

Fonte: Autor (2018)

Ao todo foram obtidas 42 informações que devido a variação encontrada e correspondência com a expectativa teórica considera-se um conjunto satisfatório. A partir deste, é obtida a seguinte tabela média, gerando um total de 63 informações, como segue na Tabela 6.

Tabela 6 - Média do conjunto de testes 01 e 02.

Teste Média			
Clima Local	Temperatura	Umidade	
	29,25	51	
Parâmetros Célula ▾	Temperatura F.A (°C) ▾	Relação A/C (mv) ▾	Pressão F.L (psi) ▾
Inicial	34,5	870	52
05 Minutos	62	890	49
10 Minutos	76,5	880	46
15 Minutos	75	850	43
20 Minutos	75,5	850	39
25 Minutos	75,5	860	37
30 Minutos	82	850	36
Média	74,4	863,3	41,7

Fonte: Autor (2018)

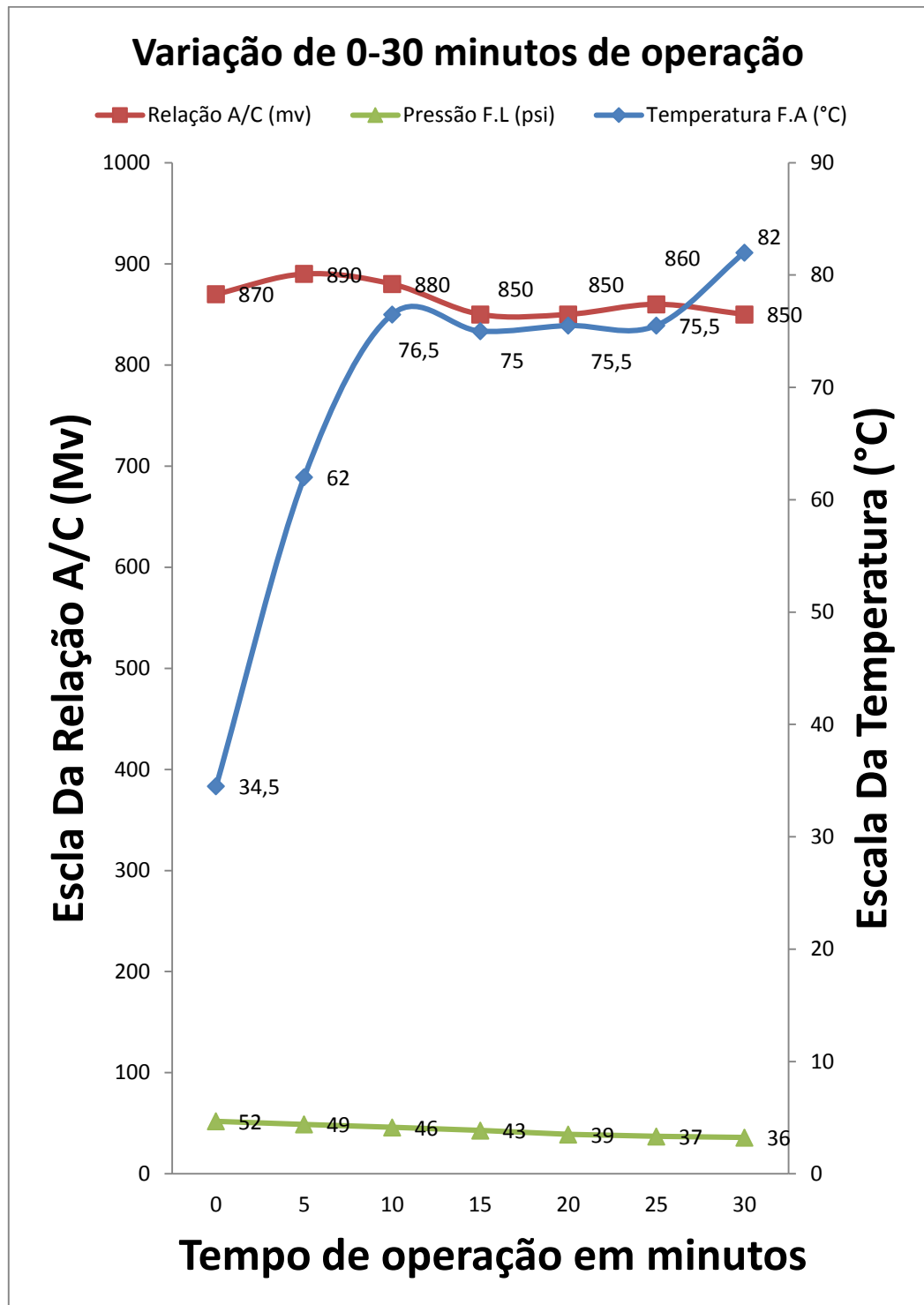
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A célula foi capaz de fazer funcionar satisfatoriamente o motor escolhido para testes, sendo possível observar pelo comportamento do motor e acompanhamento dos parâmetros aferidos pela célula, a demonstração dos resultados será seccionada por partes, de acordo com o sistema da célula analisado.

O primeiro sistema que será analisado será a elétrica, que apresentou pleno funcionamento e que tem seu esquema elétrico totalmente satisfatório para alimentar todos os elementos mais comuns de um motor carburado. A elétrica passou por minuciosa conferência e não houve nenhum sobre aquecimento ou sinal de curto ou problemas elétricos no sistema, o alternador usado na célula foi capaz de gerar tensão satisfatória, estando dentro da faixa ideal e mesmo em rotação de marcha lenta gerando 13,5v.

A pressão de óleo do motor disposto na célula apresentou comportamento ideal e condizente com as exigências das tabelas do fabricante do motor, se manteve entre 32 e 52 psi em marcha lenta, quando frio e na temperatura ideal de funcionamento respectivamente. Os dados aferidos pelo manômetro de pressão de fluido lubrificante estão condizentes com as informações do fabricante, o tempo e sensibilidade da verificação foi satisfatório e a célula foi operada durante um tempo suficiente para que a temperatura do fluido lubrificante possa se equilibrar com a temperatura do motor tomando como parâmetro a temperatura do fluido do arrefecimento. Os valores que registra-se em ambos os testes durante o funcionamento estão de acordo e após o funcionamento da célula o motor é interrompido o seu funcionamento e após um intervalo de 5 minutos para voltar a funcionar, para que o óleo possa atingir a maior temperatura possível para verificação e mesmo nesse teste a pressão do fluido lubrificante se mantém de acordo com os dados aferidos anteriormente e as informações do fabricante. O Gráfico 1 relacionada as informações durante os testes em relação ao tempo de operação

Gráfico 1 - Variação dos parâmetros em relação ao tempo



Fonte: Autor (2018)

A qualidade do funcionamento foi totalmente satisfatória, o motor apresenta níveis de trepidação aceitáveis na célula, pode se manter em funcionamento durante longos períodos sem problemas . Um dos parâmetros que corroboram com a qualidade observada no

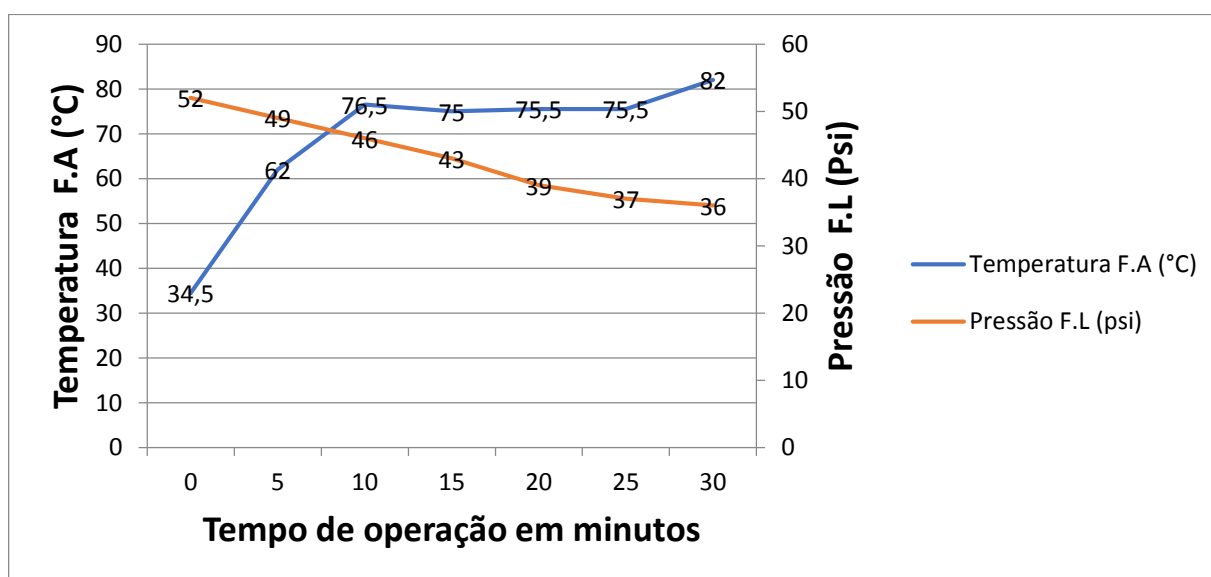
funcionamento é a relação A/C aferida, que demonstra que em média a relação da mistura de combustível mesmo quando o motor ainda não está na temperatura ideal apresenta valores aceitáveis, demonstrando uma média de aproximadamente 860mv e tendo picos de 820mv e 900mv logo nos primeiros minutos de funcionamento, o que pode ser explicado por dois fatores: o primeiro é a imprecisão da sonda que pode ainda não ter atingido a temperatura ideal de funcionamento nesses momentos iniciais de operação, o outro fator é relacionado a temperatura do coletor de admissão e demais componentes que nas circunstâncias de operação e nesses momentos não se encontram na temperatura ideal de funcionamento e demonstram influência na relação A/C. Fatores como cor e aspecto das velas de ignição, ausência de fumaça excessiva do suspiro da tampa de válvulas (blow by), ausência de fumaça excessiva liberada pelo escapamento são fatores que confirmam uma leitura da mistura A/C de precisão satisfatória. O intervalo utilizado no tabelamento dos valores, foi muito grande dada a velocidade que apresenta a variação da sonda, que se altera em intervalos de segundos, tornando satisfatória os valores médios encontrados, no entanto em casos de análise para tratar exclusivamente da relação A/C é interessante adotar intervalos menores.

O sistema de arrefecimento da célula foi capaz de arrefecer sem dificuldades o motor GM250, mesmo sendo este um motor difícil de arrefecer, manteve a temperatura média em torno de 77°C durante o seu funcionamento, inclusive isso indica que o motor está trabalhando em temperatura ligeiramente abaixo do ideal para o seu perfeito funcionamento com esse sistema de arrefecimento, mais um fator que comprova a capacidade satisfatória do sistema elaborada para célula que devera atender diversos motores sem problemas. Podemos relacionar a temperatura média um pouco abaixo da ideal também a válvula termostática e interruptor térmicos recomendados pelo fabricante que são utilizados para esse motor, a válvula termostática trabalha com 70°C e o interruptor térmico 82°C-77°C, que devido aos testes feitos na célula apontam que seria interessante adotar um interruptor térmico com temperatura de operação ligeiramente mais alta, para manter a temperatura média do fluido de arrefecimento do motor em torno de 85°C. É interessante que a célula permite perceber também o funcionamento em detalhes do sistema de arrefecimento, nos primeiros 5 minutos de funcionamento em alguns testes o motor apresenta um aumento de temperatura de até aproximadamente 90%, de 37°C para 70°C, enquanto que a partir dos 10 minutos esse valor se estabiliza e varia muito pouco, isso ocorre pois até os 70° o fluido de arrefecimento não circula por todos os componentes devido a ação da válvula termostática que só permite a circulação do fluxo após essa temperatura, fazendo com que o motor trabalha pouco tempo fora da temperatura ideal de funcionamento.

Dado o peso do motor testado na célula, 200kg, e a exigência que ele gera na célula, foi realizado a conferência minuciosa da estrutura da célula, especialmente das soldas e elementos críticos como as base. O motor se mantém instalado a mais de uma semana e passando sempre por conferências da estrutura da célula, demonstrando que essa atendeu totalmente a exigência e sabendo que dificilmente serão testados motores mais pesados e que exijam mais que esse, o resultado da estrutura é também satisfatório.

O dados aferidos pela célula estão de acordo com observações acima já citadas, tabelas dos fabricantes, exigências técnicas do motor e também confirmam na prática a validade da fundamentação teórica que permite verificar e compreender de maneira geral a disposição dos dados que foram aferidos e tabelados e as relações entre eles como a relação da viscosidade, temperatura e pressão de óleo, que a medida que o fluido lubrificante aquece de acordo com aquecimento do motor a pressão de óleo diminui gradativamente de acordo com a alteração da viscosidade, iniciando em 52psi e o fim da operação de teste chegando a 32psi, como contata-se no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Temperatura do motor e pressão do fluido lubrificante

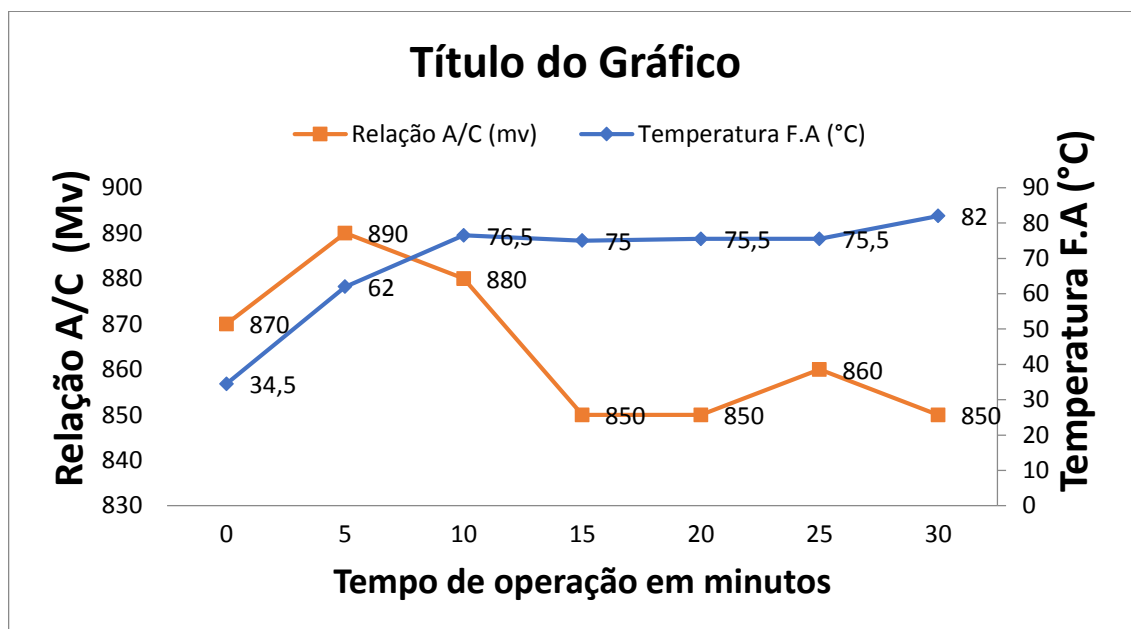


Fonte: Autor (2018)

A relação entre leitura da mistura de combustível e a temperatura do fluido de arrefecimento, que apesar de não ser de fácil percepção dado o intervalo do tabelamento e a velocidade da variação da relação A/C, mas que percebe-se durante a operação da célula a sua influência e confirma-se a fundamentação teórica, que a medida que temperatura se eleva a relação A/C tende a empobrecer. Registra-se o pico de mistura rica nos primeiros momentos de operação, logo após o período que a sonda leva para atingir a temperatura ideal de trabalho

e pico de mistura pobre ao fim da operação, em temperatura ideal de operação, como percebe-se no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Temperatura do motor e relação A/C



Fonte: Autor (2018)

A Tabela 7 refere-se aos custos envolvendo os materiais que utiliza-se para fabricação da célula de testes

Tabela 7 - Orçamento materiais célula de testes

Ítem			Quantidade		Custo
Halmeter Fueltech			1		R\$ 290,00
Sonda delphi universal 4 fios			1		R\$ 170,00
Manômetro temperatura e sensor			1		R\$ 147,00
Manômetro pressão de óleo			1		R\$ 80,00
Tubos, metais e etc					R\$ 300,00
Elétrica					R\$ 250,00
Bomba de combustível			1		R\$ 86,30
Eletrodos					R\$ 30,00
Coxins			2		R\$ 50,00
Radiador S10			1		R\$ 610,00
Eletro ventiladores			2		R\$ 200,00
Diversos (Combustível, fluidos e etc)					R\$ 250,00
Extintor pó químico			1		R\$ 60,00
Total					R\$ 2.523,30

Fonte: Autor (2018)

6. CONCLUSÕES

O trabalho traz uma profundidade maior do que se conhece de maneira teórica das máquinas térmicas, em especial o motor a combustão interna, ao passo que se percebe durante os experimentos a validade do embasamento teórico e se expande ao campo prático e palpável o conteúdo abordado.

A fabricação da célula de testes, trouxe um íntimo contato com todos os elementos básicos que compõe o funcionamento de um motor a combustão e nos dá também a sua percepção de maneira abrangente como cada componente e seu subsistema funciona e sob quais condições, pois foi possível funcionar e submeter a testes e observações um motor a combustão interna na bancada respeitando e obtendo os parâmetros ideais de funcionamento, ou seja foi possível conhecer e fazer funcionar satisfatoriamente todos os componentes analisados no trabalho. Um dos fatores motivadores da realização deste trabalho é ser a iniciativa e um dos primeiros passos para base de estudos na área de motores a combustão interna e este objetivo foi contemplado durante a realização, pois ainda durante o trabalho etapas subseqüentes já foram planejadas baseadas nos resultados dessa etapa inicial.

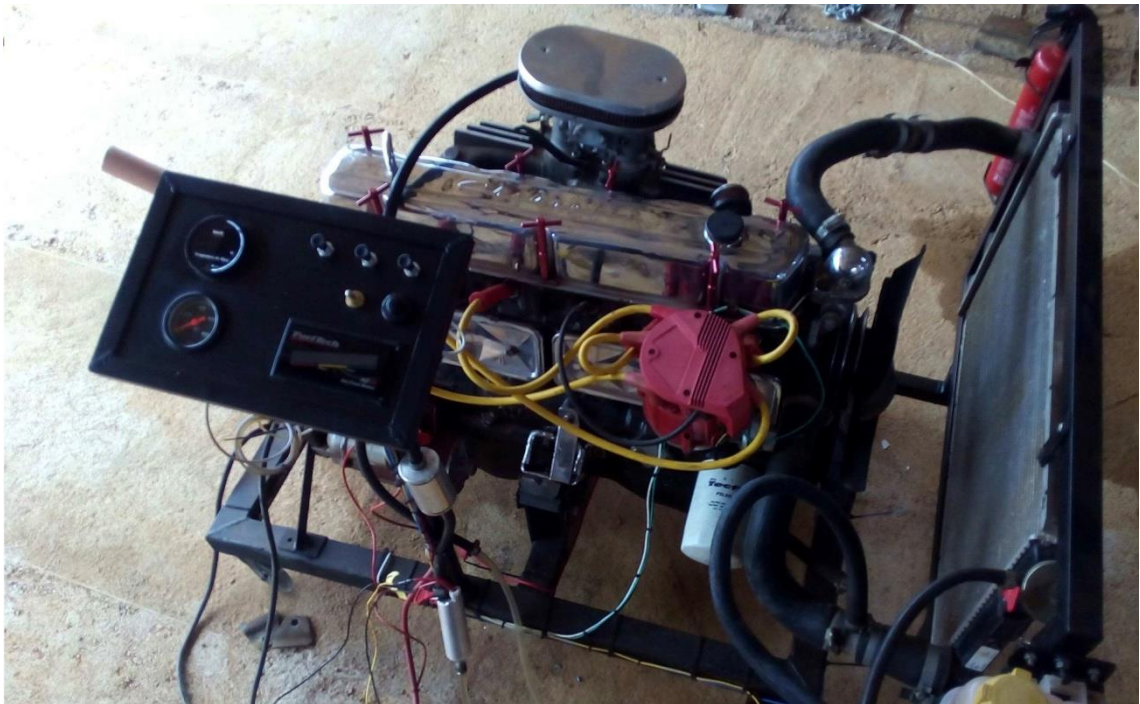
Esse trabalho da forma como foi realizado, que torna possível alterar vários parâmetros e conferir a sua influência sobre o funcionamento e que abre precedentes para mais parâmetros, traz solução a uma necessidade que é um instrumento didático capaz de ilustrar e transmitir os conhecimentos de diversas matérias na nossa área.

Diante dos resultados obtidos, da concreta possibilidade de realizar continuação do trabalho com testes de motores a combustão interna, foi possível visualizar algumas dessas possibilidades de maneira simples e direta na ampliação da faixa de parâmetros aferidos e a capacidade de exibir os dados, ou a sua precisão como: aferir temperatura de escape com pirômetro, aferir temperatura do coletor de admissão, rotação por minuto com um tacômetro, registro da mistura A/C com sonda wide band, temperatura de óleo, temperatura do bloco, pressão interna da câmara e leitura com sensores da pressão de óleo digitais.

Além da possibilidade mais parâmetros serem aferidos como citado anteriormente, pode-se automatizar a aquisição dos dados com sistemas utilizando arduino que capte os dados dos sensores e os registre automaticamente, eliminando drasticamente erros humanos cometidos no processo e trazendo tanto uma confiabilidade e precisão maior aos testes, como uma maior rapidez em executá-los.

A célula de testes deste trabalho se propunha a conseguir fazer funcionar e aferir os parâmetros já citados e o conseguiu e além disso a sua realização atinge a expectativa primordial deste trabalho, ser uma das primeiras iniciativas de alçar um alicerce a ser construído nessa universidade dos estudos sobre motores, além disso ampliou as expectativas de trabalhos a serem desenvolvidos posteriormente a está célula. Abaixo na Figura 9 a Célula finalizada.

Figura 9 - Célula finalizada e pronta para operar



Fonte: Autor (2018)

REFERÊNCIAS

ANFAVEA. (São Paulo,SP). **Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores**. 2018. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/>>. Acesso em: 20 ago. 2018

BRUNETTI, Franco. **Motores de Combustão Interna**. Primeira. ed. São Paulo: Blucher, 2012. 553 p.

CANCIAM, César Augusto. **Estimativa da energia de ativação de fluxo dos óleos lubrificantes SAE 20W30, SAE 20W40 e SAE 20W50**. 2012. 9 f. Artigo Científico (Mestrado em Engenharia Química)- UTFPR, Ponta Grossa, 2012. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5033171>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

DE OLIVEIRA, Carlos Alexandre; DA ROSA, Andrea. **Mecânica de Automóveis: Motores de Combustão Interna - Álcool e Gasolina**. Porto Alegre,RS: SENAI, 2003. 116 p.

GONÇALVES, Leila J. **Máquinas Térmicas**. 2004. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/cref/leila/>>. Acesso em: 02 ago. 2018.

MARTINS, Jorge. **Motores de Combustão Interna**. Segunda. ed. Porto: Publindústria, 2006. 437 p.