

CENTRO PAULA SOUZA
FATEC SANTO ANDRÉ
Graduação em Mecânica Automobilística

Márcio José Dal Evedove
Raul Cezar da Silva Oliveira

**MONITORAMENTO DA PRESSÃO DE ÓLEO E SEUS EFEITOS NA
MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO.**

Santo André
2020

Márcio José Dal Evedove
Raul Cezar da Silva Oliveira

**MONITORAMENTO DA PRESSÃO DE ÓLEO E SEUS EFEITOS NA
MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO.**

Trabalho de conclusão de curso
apresenta ao Curso Tecnólogo em
Mecânica Automobilística orientado pelo
professor Orlando de Salvo, como
requisito parcial para obtenção do título
de tecnólogo em mecânica
automobilística.

Santo André
2020

RESUMO

Análise e compreensão do sistema de lubrificação em motores de combustão interna é de grande importância, já que esse sistema possibilita ao motor um aumento da vida útil, por reduzir o atrito entre peças fixas e móveis que compõem o motor. Outro ponto fundamental é que com a redução deste atrito o motor adquire um drástico aumento de desempenho, consequência da redução de desgaste físico gerado nos componentes mecânicos do motor, através do controle térmico do mesmo evitando que os mesmos aqueçam acima dos níveis desejados para o projeto. Vale ressaltar que toda essa análise colaborará diretamente para a obtenção de dados, que permitem a implementação de um sistema eletrônico de monitoramento de todo o mecanismo. Para isso será realizada a análise descritiva de cada um dos componentes mecânicos que compõem o sistema de lubrificação e o seu comportamento quando está em funcionamento em diferentes condições térmicas. Este conjunto de dados permite a implantação de um sistema utilizando o Arduino, para coletar a pressão e temperatura do sistema, possibilitando que seja realizada a troca do filtro do óleo no instante que o mesmo deixa de atuar e com isso fazer com que seja feita a troca do componente no momento adequado, aumentando a vida útil do motor e reduzindo custos por possibilitar a substituição de componente apenas quando for de fato necessário.

PALAVRAS CHAVE: Manutenção automotiva – Sistema de lubrificação - Lubrificantes – Motores de combustão interna.

ABSTRACT

The analysis and understanding of the lubrication system in internal combustion engines is of great importance, since this system allows the engine to increase its useful life, by reducing the friction between fixed and moving parts that make up the engine. Another fundamental point is that with the reduction of this friction the motor acquires a drastic increase in performance, consequence of the reduction of physical wear generated in the mechanical components of the motor, through the thermal control of the same preventing them from heating up above the desired levels for the project. It is worth mentioning that all this analysis will directly collaborate to obtain data, which allow the implementation of an electronic system for monitoring the entire mechanism. For this purpose, a descriptive analysis of each of the mechanical components that make up the lubrication system will be carried out and their behavior when operating in different thermal conditions. This data set allows the implantation of a system using the Arduino, to collect the pressure and temperature of the system, making it possible to change the oil filter in the instant that it stops working and with that make the component replacement at the right time, increasing engine life and reducing costs by allowing component replacement only when it is actually necessary.

KEY WORDS: Automotive maintenance - Lubrication system - Lubricants - Internal combustion engines.

LISTA DE ABREVIATURAS

API - American Petroleum Institute (Instituto Americano de Petróleo)

ATIEL - Associação Técnica da Indústria Europeia de Lubrificantes

IV – Índice de Viscosidade

PMI – Ponto Morto Inferior

PMS – Ponto Morto Superior

RPM – Rotações por Minuto

SAE – Society of Automotive Engineers (Sociedade de Engenheiros Automotivos)

INDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Pressão efetiva de óleo em componentes mecânicos de um motor de combustão interna. p. 12

Figura 2 - Partes de um motor de combustão interna.

Figura 3 - Fases de funcionamento do motor a explosão de quatro tempos.

Figura 4 - Sistema elétrico da ligação das velas do motor Ciclo Otto.

Figura 5 – Como se produz a força motriz do motor.

Figura 6 - Pressão no final da combustão.

Figura 7 – Sistema de Lubrificação por Salpico.

Figura 8 – Interior de um motor 2T.

Figura 9 – Estrutura da bomba de óleo.

Figura 10 - Filtro de óleo automotivo.

Figura 11 - Modelos de placas Arduino.

Figura 12 - Exemplo de programação

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Classificação API e ATIEL para óleos básicos.

Tabela 2: Classificação de óleos lubrificantes automotivos pela norma SAE J 300.

Tabela 3: Propriedade dos óleos.

INDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1: Equação de Bernoulli

Equação 2: Equação da Continuidade.

Equação 3: Número de Reynolds.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVO	13
1.2 Objetivo Geral	13
1.3 Objetivo Específico	13
2.1 MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA	14
2.1.1 Motores dois tempos	15
2.1.2 Motores quatro tempos	15
2.1.3 Motor de combustão controlada	19
2.1.4 Cilindros	20
2.1.5 Sistema de injeção	20
2.1.6 Configuração do motor	22
2.1.7 Capacidade do motor	22
2.1.8 Rendimento	23
2.2 LUBRIFICANTES	24
2.2.1 Óleos Básicos	25
2.2.2 Aditivos	26
2.2.3 Propriedades dos lubrificantes e aditivos	27
2.2.3 Viscosidade	28
2.2 SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO	30
2.2.1 Sistema de lubrificação por salpico	Erro! Indicador não definido.
2.2.2 Sistema de lubrificação por mistura	Erro! Indicador não definido.
2.2.3 Sistema de lubrificação por pressão	31
2.2.4 Sistema de lubrificação por cárter úmido	31
2.2.5 Sistema de lubrificação por cárter seco	32
2.2.6 Sistema de lubrificação por imersão	Erro! Indicador não definido.

2.2.7 Sistema de lubrificação	Erro! Indicador não definido.
2.2.8 Sensor de Pressão de Óleo	35
2.3 ARDUINO	36
2.3.2 Estrutura de um programa em Arduino.	38
3 MATERIAIS E MÉTODOS	40
7 REFERENCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

Ao longo de todo o desenvolvimento e evolução de veículos que são compostos de motores de combustão interna se fez necessário criar um conjunto harmônico que contribuísse para o máxima eficiência e aumento de vida útil do motor e acessórios. Almejando este objetivo final foi necessário mudanças tanto no combustível, como nos materiais e geometria dos componentes envolvidos no processo. Sistemas secundários que compõe o veículo também sofreram também gradativas alterações até se tornarem como são nos dias de hoje.

Um dos mecanismos mais críticos envolvidos no processo do funcionamento do motor, é o sistema de lubrificação, o mesmo permite que os componentes mecânicos atuem de maneira harmônica, reduzindo a deformação gerada decorrente do intenso calor causado pelo atrito entre todas as peças móveis do motor, reduzindo o atrito entre os componentes e realizando o gerenciamento térmico.

Historicamente falando o primeiro surgimento do que hoje é conhecido como sistema de lubrificação ocorreu no ano 2.500 a.C. no Egito, utilizando-se de sebo de boi e carneiro. Posteriormente, na Grécia, utilizou-se gordura animal para realizar a lubrificação de rodas das Bigas que serviram de veículo de transporte na época. Desta vez apenas em meados do século XVII foi então que começou a ser implantando lubrificantes utilizando como matriz energética o petróleo, esta mudança ocorreu devido a grande evolução que estava ocorrendo na época, se tornou imprescindível a utilização de um lubrificante que não tivesse origem animal, devido ao aparecimento das primeiras máquinas e invenções da época.(Carreteiro e Belmiro, 2008)

Apesar dos diversos acontecimentos históricos que ocorreram desde o surgimento dos lubrificantes, foi apenas a partir da revolução industrial que o lubrificante de base mineral começou de fato a ser utilizado em larga escala.

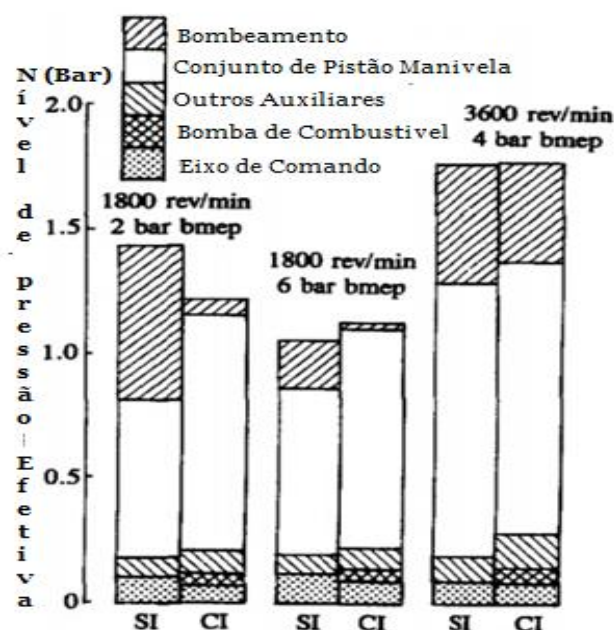
Atualmente o sistema de lubrificação em motores de combustão interna possui três categorias de óleo, cada uma delas de acordo com a sua aplicação e projeto que será usado, se dividindo em mineral, semissintético e sintético. Outro ponto crucial na classificação desse fluido está na sua aditivação que defere de acordo com cada regime de trabalho e do material com o qual entrará em contato, permitindo assim

uma prorrogação da vida útil de todo o sistema e intervalos maiores de manutenções conforme figura 1.

Contudo é importante citar que todo o sistema lubrificante possui um elemento filtrante, responsável por reter partículas maiores e resíduos do sistema. Devido a essa grande importância se faz necessário dedicar uma atenção ao estado de conservação do elemento filtrante do sistema, já que caso o mesmo esteja impróprio para uso, irá permitir que uma maior quantidade impurezas circulem pelo sistema, comprometendo a vazão de óleo, é alterado também as propriedades físicas do sistema consequentemente, alterando a lubrificação, temperatura, desempenho e finalmente a pressão conforme figura 1 é observado a pressão presente em cada componente mecânico correlacionado. Do ponto de vista químico, são alterados os aditivos e com isso reduzindo a proteção dos componentes do motor.

Portando, por intermédio desta pesquisa será feita a análise de todos esses fatores relacionados ao sistema de lubrificação e desenvolvido um sistema eletrônico utilizando a ferramenta Arduino capaz de realizar o monitoramento da temperatura e pressão no sistema, permitindo assim que seja informado ao condutor o momento de se fazer a substituição do elemento filtrante, evitando substituições inadequadas e reduzindo consequentemente os custos.

Figura 1: Pressão efetiva de óleo em componentes mecânicos de um motor de combustão interna.



Fonte: B. HEYWOOD, John, (1988), p. 713.

1.1 OBJETIVO

1.2 Objetivo Geral

Realizar o monitoramento da pressão do sistema de lubrificação do motor de combustão interna, com a finalidade de aumentar o intervalo de substituição do elemento filtrante.

1.3 Objetivo Específico

- Monitorar a pressão de óleo no sistema de lubrificação.
- Instalar uma lógica eletrônica que acompanhe o desempenho do elemento filtrante.
- Realizar a implantação do sistema lógico e eletrônico de maneira integrada.

2.1 MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

O motor de combustão interna também conhecidos como motores de explosão, é responsável pela energia do automóvel, convertendo a energia calorífica produzida durante a queima do combustível em energia mecânica, gerando movimento ao veículo. A mistura de combustível e ar é queimada no interior dos cilindros do motor. (Paulo G. Costa – 2001/2002).

Isso contrasta com os motores de combustão externa, como os motores a vapor, que usam o processo de combustão para aquecer um fluido de trabalho separado, normalmente água ou vapor, que então funciona, por exemplo, pressionando um pistão acionado por vapor.

O termo Motor de Combustão Interna (ICE) é quase sempre usado para se referir especificamente a motores alternativos, motores Wankel e projetos semelhantes nos quais a combustão é intermitente. No entanto, motores de combustão contínua, como motores a jato, a maioria dos foguetes e muitas turbinas a gás também são motores de combustão interna. (BRUNETTI, 2012)

Os motores de combustão interna são vistos principalmente no transporte. Entretanto podem ser utilizados em outras situações em que seja necessário um motor não elétrico. A maior aplicação nesta situação seria um motor de combustão interna acionando um gerador elétrico. Dessa forma, você pode usar ferramentas elétricas padrão acionadas por um motor de combustão interna.

O combustível mais comum em uso hoje é feito de hidrocarbonetos e são derivados principalmente do petróleo. Isso inclui os combustíveis conhecidos como óleo diesel, gasolina e gás de petróleo e o raro uso de gás propano. A maioria dos motores de combustão interna projetados para gasolina pode funcionar com gás natural ou gases de petróleo liquefeito sem grandes modificações, exceto para os componentes de entrega de combustível. Também podem ser usados biocombustíveis líquidos e gasosos, como etanol e biodiesel, uma forma de óleo diesel produzida a partir de safras que produzem triglicerídeos, como o óleo de soja. Alguns também podem funcionar com gás hidrogênio. (BRUNETTI, 2012)

Todos os motores de combustão interna devem ter um método para obter ignição em seus cilindros para criar combustão. Os motores usam um método elétrico ou um sistema de ignição por compressão.

2.1.1 Motores dois tempos

Os motores baseados no ciclo de dois tempos usam dois tempos (um para cima, um para baixo) para cada curso de força. Uma vez que não há cursos de admissão ou exaustão dedicados, métodos alternativos devem ser usados para limpar os cilindros conforme figura 8. O método mais comum em dois tempos de ignição por centelha é usar o movimento descendente do pistão para pressurizar a carga nova no cárter, que é então soprada através do cilindro através das portas nas paredes do cilindro. Os dois tempos de ignição por centelha são pequenos e leves (para a sua potência) e mecanicamente muito simples. As aplicações comuns incluem motos de neve, cortadores de grama, batedores de ervas daninhas, motosserras, jet skis, ciclomotores, motores de popa e algumas motocicletas. Infelizmente, eles também são geralmente mais barulhentos, menos eficientes e muito mais poluentes do que seus equivalentes de quatro tempos, e não se adaptam bem a tamanhos maiores. Curiosamente, os maiores motores de ignição por compressão são de dois tempos e são usados em algumas locomotivas e navios de grande porte. Esses motores usam indução forçada para limpar os cilindros. Os motores de dois tempos são menos eficientes em termos de combustível do que outros tipos de motores, porque o combustível não gasto sendo pulverizado na câmara de combustão pode, algumas vezes, escapar pelo duto de escapamento com o combustível previamente gasto. Sem um processamento especial de escapamento, isso também produzirá níveis de poluição muito altos, exigindo muitas aplicações de motores pequenos, como cortadores de grama para empregar motores de quatro tempos, e dois tempos menores para serem equipados com conversores catalíticos em algumas jurisdições. (BRUNETTI, 2012)

2.1.2 Motores quatro tempos

Os motores baseados no ciclo de quatro tempos ou ciclo Otto têm um curso de potência para cada quatro tempos (cima-baixo-cima-baixo) conforme figura 2., e são usados em carros, barcos maiores e muitas aeronaves leves. O combustível mais utilizado atualmente no mundo é a gasolina. Os termos “Combustão” e “explosão” são utilizados pois o seu princípio de funcionamento é constituído no aproveitamento da

energia liberada na reação de combustão de uma mistura de ar e combustível que ocorre dentro dos cilindros do motor. O motor de quatro tempos recebe esse nome porque seu funcionamento ocorre em quatro estágios ou tempos diferentes.

Figura 2: Partes de um motor de combustão interna.



Fonte: <http://energiainteligenteufjf.com.br>

Conhecer como cada estágio do motor funciona é importante para compreendermos a importância de usar um combustível de qualidade e alto índice de octanagem. Vejamos agora como funciona o motor de combustão interna a quatro tempos de acordo com a figura 3 e o que ocorre em cada estágio do seu funcionamento.

1º tempo: Admissão – Em seu princípio, o pistão está em cima, ou seja, no chamado ponto morto superior. Nesse primeiro estágio, a válvula de admissão abre e o pistão desce, sendo puxado pelo eixo virabrequim. Uma mistura gasosa entra na válvula para ser aspirada para o interior da câmara de combustão, que está a baixa pressão.

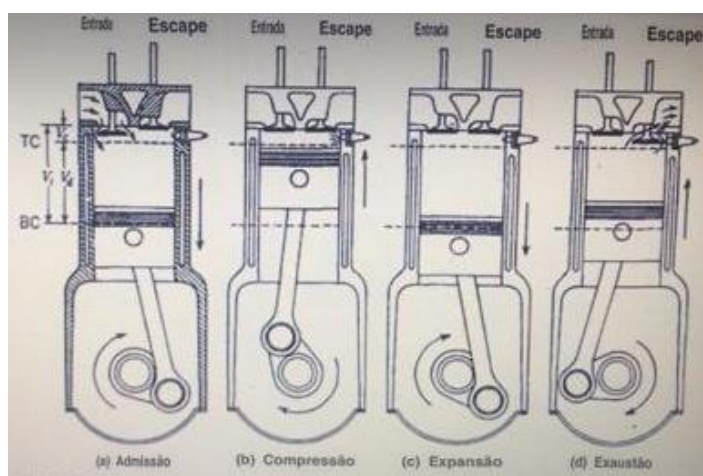
O pistão chega ao ponto morto inferior, e a válvula de admissão fecha, completando o primeiro estágio do motor.

2º tempo: Compressão – O pistão sobe e comprime a mistura ar e vapor de gasolina. O tempo de compressão fecha quando o pistão sobe totalmente.

3º tempo: Explosão ou combustão – Para que seja possível o início da combustão da mistura que está comprimida, solta-se uma descarga elétrica entre dois pontos da vela de ignição. Essa faísca da vela é responsável pela detonação da mistura e faz com que o pistão seja empurrado para baixo, fazendo ele atingir o ponto morto inferior.

4º tempo: Escape – A mistura de ar e combustível foi queimada, o que gera alguns resíduos que precisam ser retirados de dentro do motor. Esse processo é feito quando o pistão sobe, a válvula de escape abre, e os gases residuais são expulsos.

Figura 3: Fases de funcionamento do motor a explosão de quatro tempos.

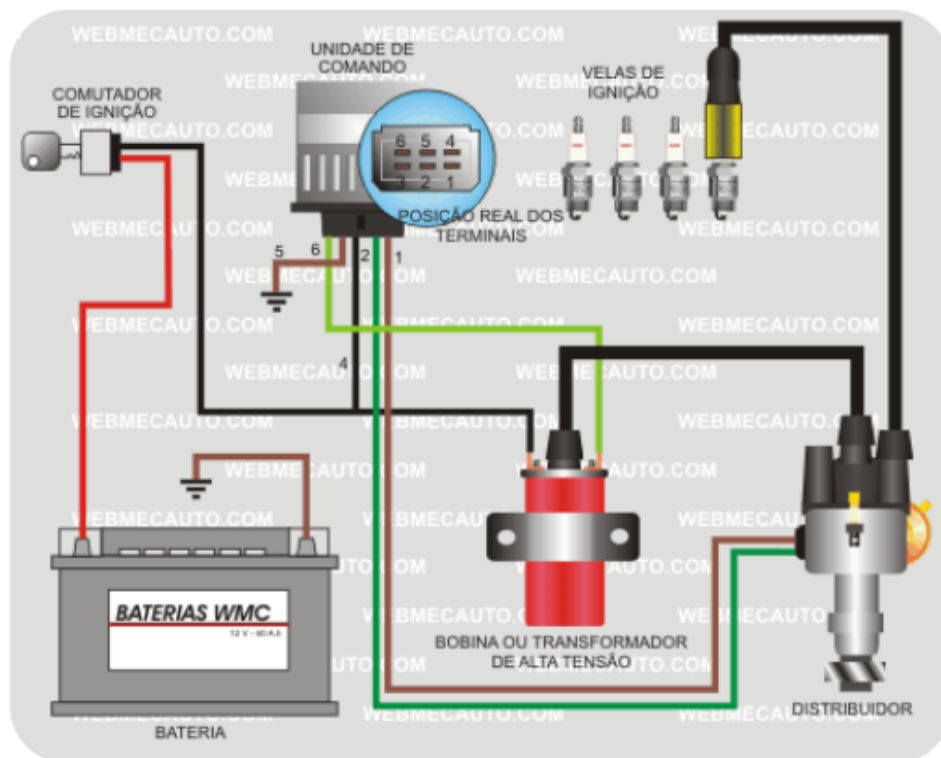


Fonte: Internal Combustion Engine Fundamentals. Heywood, John B.

De forma contínua esse processo se inicia novamente, e os quatro tempos ocorrem de modo sucessivo, ou seja, ficam subindo e descendo conforme figura 5, movimentando o eixo de manivela, chamado virabrequim, que é responsável por levar a energia mecânica até o sistema de transmissão, que, por sua vez distribui essa energia para as rodas. Esse processo é capaz de nos mostrar que a energia química da combustão é transformada em energia mecânica, e essa por sua vez faz com o carro se movimente. Essa corrente elétrica vem da bateria do carro, ela é amplificada

pela bobina conforme figura 4 o sistema de ignição deve soltar uma faísca em cada vela no momento preciso.

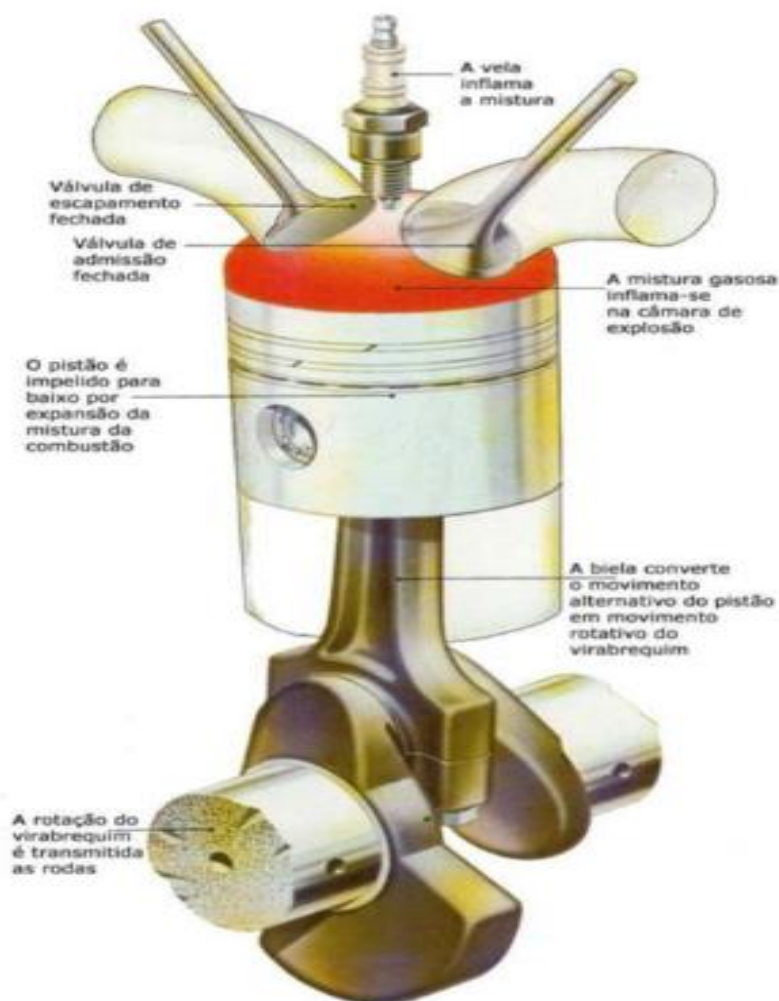
Figura 4: Sistema elétrico da ligação das velas do motor.



Fonte: Internet: <https://gr.pinterest.com/pin/94646029655560171/>.

O tempo de explosão depende principalmente da energia calorífica, que resulta da combustão da mistura combustível e ar, é convertida em energia mecânica pelo conjunto de pistões, bielas e virabrequim. Após esse processo é possível determinar o rendimento do motor. Quanto maior for o volume da mistura de combustível e ar admitido no cilindro e a compressão dessa mistura, maior será a potência específica conforme Figura 5. Esta energia disponível se manifesta com alta

Figura 5: Como se produz a força motriz do motor.



Fonte: Bíblia do carro (2001).

2.1.3 Motor de combustão controlada

Estes também são motores baseados em cilindro, podem ser de um ou dois tempos, mas usam, em vez de um virabrequim e hastes de pistão, duas engrenagens conectadas, cames concêntricas de rotação contrária para converter o movimento alternativo em movimento rotativo. Esses cames praticamente cancelam as forças laterais que, de outra forma, seriam exercidas nos cilindros pelos pistões, melhorando muito a eficiência mecânica. Os perfis dos lóbulos de came (que são sempre ímpares e pelo menos três em número) determinam o curso do pistão versus o torque

fornecido. Neste motor, existem dois cilindros separados por 180 graus para cada par de cames de rotação contrária. Para versões de um curso, há o mesmo número de ciclos por par de cilindros que lóbulos em cada came, o dobro para unidades de dois tempos. (BRUNETTI, 2012)

2.1.4 Cilindros

Os motores de combustão interna podem conter qualquer número de cilindros com números entre um e doze sendo comuns. Ter mais cilindros em um motor produz dois benefícios potenciais: primeiro, o motor pode ter um deslocamento maior com massas alternativas individuais menores (ou seja, a massa de cada pistão pode ser menor), tornando assim um motor mais suave (uma vez que o motor tende a vibrar como resultado do movimento dos pistões para cima e para baixo). Em segundo lugar, com um maior deslocamento e mais pistões, mais combustível pode ser queimado e pode haver mais eventos de combustão (ou seja, mais cursos de potência) em um determinado período de tempo, o que significa que tal motor pode gerar mais torque do que um motor semelhante com menos cilindros. A desvantagem de ter mais pistões é que, acima de tudo, o motor tenderá a pesar mais e gerar mais atrito interno à medida que maior número de pistões esfregar contra o interior de seus cilindros. Isso tende a diminuir a eficiência do combustível e roubar parte da potência do motor. Para motores a gasolina de alto desempenho que usam materiais e tecnologia atuais (como os motores encontrados em automóveis modernos), parece haver um ponto de interrupção em torno de 10 ou 12 cilindros, após o qual a adição de cilindros torna-se um prejuízo geral para o desempenho e eficiência, embora sejam exceções como o motor W16 da Volkswagen existem. (BRUNETTI, 2012).

2.1.5 Sistema de injeção

Os motores de combustão interna podem ser classificados por seu sistema de ignição. O ponto do ciclo em que a mistura combustível / oxidante é inflamada tem um efeito direto na eficiência e na saída do ICE. Para um motor de automóvel típico de 4 tempos, a mistura em combustão deve atingir sua pressão máxima quando o virabrequim estiver 90 graus após o PMS (ponto morto superior). A velocidade da frente da chama é diretamente afetada pela taxa de compressão, temperatura da mistura de combustível e octanagem do combustível. Os sistemas de ignição

modernos são projetados para acender a mistura no momento certo para garantir que a frente da chama não entre em contato com a coroa do pistão descendente. Se a frente da chama entrar em contato com o pistão, resultará em picadas ou batidas. Misturas mais enxutas e pressões de mistura mais baixas queimam mais lentamente, exigindo um tempo de ignição mais avançado. Hoje, a maioria dos motores usa um sistema de aquecimento elétrico ou por compressão para a ignição. No entanto, sistemas externos de chama e tubo quente têm sido usados historicamente. Nikola Tesla ganhou uma das primeiras patentes no sistema de ignição mecânica em 16 de agosto de 1898. (BRUNETTI, 2012)

Os combustíveis queimam mais rápido e mais completamente quando têm grande área de superfície em contato com o oxigênio. Para que um motor funcione de forma eficiente, o combustível deve ser vaporizado no ar de entrada no que é comumente referido como uma mistura de ar combustível. Existem dois métodos comumente usados para vaporizar combustível no ar: um é o carburador e o outro é a injeção de combustível.

Frequentemente, para motores alternativos mais simples, um carburador é usado para fornecer combustível para o cilindro. No entanto, o controle exato da quantidade correta de combustível fornecida ao motor é impossível. Os carburadores são o dispositivo de mistura de combustível mais difundido atualmente usado em cortadores de grama e outras aplicações de motores pequenos. Antes de meados da década de 1980, os carburadores também eram comuns em automóveis.

Os motores a gasolina maiores, como os usados em automóveis, mudaram principalmente para sistemas de injeção de combustível. Os motores a diesel sempre usam injeção de combustível.

Os motores Auto gás (GLP) usam sistemas de injeção de combustível ou carburadores de circuito aberto ou fechado.

Outros motores de combustão interna, como motores a jato, usam queimadores, e os motores de foguete usam vários conceitos diferentes, incluindo jatos de impacto, cisalhamento de gás / líquido, pré-queimadores entre outros. (BRUNETTI, 2012).

2.1.6 Configuração do motor

Os motores de combustão interna podem ser classificados por sua configuração, que afeta seu tamanho físico e suavidade (com motores mais suaves produzindo menos vibração). As configurações comuns incluem a configuração direta ou em linha, a configuração V mais compacta e a configuração plana ou boxer mais ampla, mas mais suave. Os motores de aeronaves também podem adotar uma configuração radial que permite um resfriamento mais eficaz. Configurações mais incomuns, como "H", "U", "X" ou "W" também foram usadas. (BRUNETTI, 2012)

As configurações de múltiplos virabrequins não precisam necessariamente de uma cabeça de cilindro, mas podem ter um pistão em cada extremidade do cilindro, chamado de projeto de pistão oposto. Este projeto foi usado no motor a diesel Junkers Jumo 205, usando dois virabrequins, um em cada extremidade de um único banco de cilindros, e mais notavelmente nos motores a diesel Napier Deltic, que usavam três virabrequins para servir a três bancos de dois cilindros dispostos em um triângulo equilátero com virabrequins nos cantos. Também foi utilizado em motores de locomotivas de banco único e continua a ser utilizado em motores marítimos, tanto para propulsão como para geradores auxiliares. O motor giratório Gnome, usado em várias das primeiras aeronaves, tinha um virabrequim estacionário e uma série de cilindros dispostos radialmente girando em torno dele. (BRUNETTI, 2012).

2.1.7 Capacidade do motor

A cilindrada de um motor é o deslocamento ou volume varrido pelos pistões do motor. Geralmente é medido em litros (L) ou polegadas cúbicas (ci ou in³) para motores maiores e centímetros cúbicos (abreviado para cc) para motores menores. Os motores com maiores capacidades são geralmente mais potentes e fornecem maior torque em baixas rotações, mas também consomem mais combustível. (BRUNETTI, 2012)

Além de projetar um motor com mais cilindros, existem duas maneiras de aumentar a cilindrada de um motor. O primeiro é aumentar o curso e o segundo é aumentar o diâmetro do pistão. Em ambos os casos, pode ser necessário fazer mais ajustes na entrada de combustível do motor para garantir o desempenho ideal.

A capacidade orçada de um motor pode ser mais uma questão de marketing do que de engenharia. O Morris Minor 1000, o Morris 1100 e o Austin-Healey Sprite Mark II foram todos equipados com um motor BMC Série A de mesmo curso e diâmetro de acordo com suas especificações e eram do mesmo fabricante. No entanto, as capacidades do motor foram citadas como 1000cc, 1100cc e 1098cc, respectivamente. (BRUNETTI, 2012).

2.1.8 Rendimento

A eficiência de vários tipos de motores de combustão interna varia. É geralmente aceito que a maioria dos motores de combustão interna movidos a gasolina, mesmo quando auxiliados por turbocompressores e auxiliares de eficiência de estoque, têm uma eficiência mecânica de cerca de 20%.

A maioria dos motores de combustão interna desperdiça cerca de 36% da energia da gasolina como calor perdido para o sistema de resfriamento e outros 38% pelo escapamento. O resto, cerca de 6%, é perdido por atrito. A maioria dos engenheiros não tem conseguido aproveitar com sucesso a energia desperdiçada para qualquer propósito significativo, embora existam vários dispositivos e sistemas adicionais que podem melhorar muito a eficiência da combustão.

A injeção de combustível de hidrogênio, ou HFI, é um sistema adicional de motor conhecido por melhorar a economia de combustível dos motores de combustão interna ao injetar hidrogênio como um aprimoramento da combustão no coletor de admissão.

Podem ser vistos ganhos de economia de combustível de 15% a 50%. Uma pequena quantidade de hidrogênio adicionada à carga de ar-combustível de admissão aumenta a taxa de octanagem da carga de combustível combinada e aumenta a velocidade da chama, permitindo assim que o motor opere com um ponto de ignição mais avançado, uma taxa de compressão mais alta e uma mistura ar-combustível mais pobre do que de outra forma possível.

O resultado é menos poluição com mais energia e maior eficiência. Alguns sistemas HFI usam um eletrolisado de bordo para gerar o hidrogênio usado. Um pequeno tanque de hidrogênio pressurizado também pode ser usado, mas este método requer reabastecimento.

Também tem havido discussão sobre novos tipos de motores de combustão interna, como o motor Scuderi Split Cycle, que utiliza altas pressões de compressão em excesso de 2.000 psi e combustão após centro morto superior (o ponto mais alto e mais comprimido em uma combustão interna curso do pistão). Espera-se que tais motores alcancem eficiência de 50-55%.

2.2 LUBRIFICANTES

Segundo Bhushan e Gupta et al, (1997), a função básica de qualquer lubrificante é atuar como meio que separa duas partes moveis, ou até mesmo uma situação em que apenas uma das peças realiza o movimento. Dentre as características dos lubrificantes eles podem ser tanto líquidos, sólidos e até mesmo gasosos, essa grande variedade nas propriedades dos lubrificantes permite que cada um possua um índice de viscosidade diferente.

Devido à grande versatilidade quanto as aplicações dos lubrificantes, tem sido implantado muitas alterações em suas propriedades, de acordo com o regime de lubrificação no qual ele atua, podendo ser um modelo de lubrificação limite, mista ou hidrodinâmica. Tudo variando de acordo com a quantidade de lubrificante que estará presente entre as partes envolvidas.

Atualmente os lubrificantes passaram a ocupar um papel cada vez mais expressivo durante a concepção de um projeto, devido ao aumento constante na demanda por motores automotivos cada vez mais eficientes, com alto nível de precisão no desenvolvimento de componentes internos e com ampla autonomia. Com isso se tornou necessário também a evolução de seus lubrificantes, já que os mesmos atualmente além de realizar a redução de atrito, passaram a realizar a vedação do sistema. Outras funções são desempenhadas decorrentes do processo de lubrificação, como manutenção da temperatura e proteção química, processo realizado através da manipulação da composição química dos óleos básicos atuando de forma conjunta com aditivos.

De acordo com Souza, (2000) a vida útil de todo equipamento pode ser aumentada, com o uso de lubrificantes. Pelas múltiplas funções que exerce e pelo acesso a vários pontos da máquina, o óleo constitui-se num agente de extrema importância na redução de elementos de desgaste e contaminação dos equipamentos.

2.2.1 Óleos Básicos

A avaliação de óleo básico é feita de acordo com parâmetros de qualidade, permitindo assim o estabelecimento de um padrão de qualidade, atendendo as especificações exigidas pela indústria automotiva. O processo de definição de parâmetros é feito por um conjunto de organizações mundiais, sendo elas o Instituto Americano de Petróleo (API), responsável pela criação do índice API, e a Associação Técnica da Industria Europeia de Lubrificantes (ATIEL). (Junior, 2011)

Com base nesta necessidade foi realizada o agrupamento dos óleos lubrificantes automotivos em seis grupos, adquirindo como critério de classificação o índice de viscosidade, saturação e a quantidade de enxofre presente.

Tabela 1: Classificação API e ATIEL para óleos básicos.

Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo IV	Grupo V	Grupo VI
Saturados < 90 %	Saturados > 90 %	Saturados > 90 %	Polialfa- olefinas (PAO)	Ésteres, poliglicóis, naftênicos, etc.	Polinterna- olefinas (PIO)
Enxofre > 0,03 %	Enxofre < 0,03 %	Enxofre < 0,03 %			
80 < IV < 120	80 < IV < 120	IV > 120			

Fonte: APUD. SANTOS JUNIOR, Araci Araujo, 2011

Outro critério que é amplamente utilizado é a classificação do óleo de acordo com a origem. Sendo os utilizados em motores automotivos os minerais e os sintéticos, sendo os sintéticos divididos também semissintéticos. Todos os óleos básicos automotivos geralmente possuem como matéria prima o petróleo, os óleos minerais são obtidos através do processo de destilação e os sintéticos é obtido pela síntese de compostos com propriedades lubrificantes. Vale ressaltar que os semissintéticos são obtidos através da mistura de óleos minerais e óleos sintéticos, visando adquirir propriedades químicas de ambos os gêneros, conferindo ao

lubrificante a possibilidade de atender de maneira satisfatória um escopo maior de trabalho.

2.2.2 Aditivos

Os aditivos desempenham um papel crucial na atuação dos óleos básicos, devido ao fato do mesmo ser responsável pela expansão das qualidades de cada tipo de óleo básico. A aplicação do aditivo na mistura do óleo básico é capaz de manipular diversas características, tanto do âmbito físico, quanto químico, e essas alterações permitem um aumento na vida útil do óleo básico e do sistema mecânico no qual ele será implantado, garantindo a eficiência de atuação em variadas temperaturas de trabalho, seja na fase fria do motor ou na fase quente.

Do ponto de vista físico o aditivo pode alterar os níveis do índice de viscosidade, densidade e a estabilidade do óleo básico, já do ponto de vista químico, a utilização de aditivos possibilita ao lubrificante a característica protetora, tanto do fluido quanto do equipamento no qual ele será utilizado, atuando na redução dos efeitos causados por contaminantes, adquirindo propriedades que realizam o deslocamento de micro resíduos que estejam presentes no sistema de lubrificação, realizar o controle térmico do fluido e também realizar a eliminação na formação de bolhas do sistema, reduzindo a incidência da cavitação. (MANG DRESEL, 2007)

Dentre os principais aditivos presentes nos óleos básicos automotivos estão:

Antioxidantes: Atuam diretamente na redução da oxidação de componentes metálicos, reduzindo a oxidação gerada através do contato entre o ar presente no sistema e as partes metálicas do motor.

Dispersantes: Desempenham a função de controle do material particulado presente no motor, realizando a redução da formação de crostas que venham a comprometer a passagem do óleo lubrificante ao longo de todo o sistema de lubrificação. Este aditivo é responsável por assegurar que não ocorra o bloqueio de nenhuma via do sistema de lubrificação, consequentemente garantindo uma constante pressão de trabalho do lubrificante e reduzindo possíveis faltas de lubrificantes em qualquer parte do motor. (MANG DRESEL, 2007)

Detergentes: A principal função desta categoria de aditivos é realizar a neutralização de gases ácidos depositados nas superfícies quentes.

Inibidores de ferrugem: Estes aditivos desempenham o papel da proteção de componentes metálicos não ferrosos, causando a redução a ocorrência de ferrugem gerada pela degradação.

Abaixadores do ponto de congelamento: Este aditivo atua no controle térmico do óleo básico, reduzindo a incidência de congelamento do lubrificante. Normalmente esse aditivo está presente apenas em fluídos que destinados a veículos residentes em ambientes de baixa temperatura, evitando a possibilidade de congelamento do óleo básico.

2.2.3 Propriedades dos lubrificantes e aditivos

De acordo com Junior (2011) no que tange a análise de óleos lubrificantes, o conceito geral é feito através da definição do índice de viscosidade (IV) de óleos lubrificantes automotivos baseando se nos mínimos quadrados parciais (PLS) e na realização da espectroscopia do óleo. Analisando do ponto de vista legal, a realização deste processo pode ser realizado de duas formas, um método chamado de Produtor que é feito apenas em lubrificantes que tenham registro no Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e Lubrificantes (SINDICOM) e o Total sendo o segundo aplicado pela Agencia Nacional do Petróleo (ANP).

O processo de análise de óleo automotivo utilizando o PLS em conjunto com a reflexão total atenuada no infravermelho visa reduzir as variáveis possíveis durante o estudo, deixando apenas margens de erro de até 5,2%.

Atualmente os óleos lubrificantes são divididos em duas categorias, sendo cada um deles de uma área de aplicação diferente, um destino a maquinários industriais possui em sua composição uma série de materiais, como os óleos básicos, água e silicone. Nos óleos destinados a motores automotivos são em sua maioria compostos de misturas de óleos básicos e aditivos, sendo esta segunda parte responsável por 7% do volume.

Devido a variadas especificações de óleos automotivos, a Sociedade Automotiva de Engenheiros (SAE) desenvolveu uma lista classificando os óleos

automotivos de acordo com a sua faixa temperatura de trabalho. A classificação do lubrificante ganhou como símbolo a letra W (winter) acompanhando a temperatura mínima de trabalho do fluido, normalmente posicionada do lado esquerdo do informativo, representando a sua faixa de funcionamento em baixas temperaturas. Ao analisarmos o valor numérico, que normalmente está localizado a direita, o mesmo não recebe acompanhamento de nenhum símbolo e o mesmo representa a temperatura de trabalho do fluido em temperatura elevada. Essa mudança colaborou para o estabelecimento de parâmetros utilizados em pesquisas e no comércio, permitindo a criação de uma identidade mais versátil para o público em geral.

Tabela 2: Classificação de óleos lubrificantes automotivos pela norma SAE J 300

Grau de Viscosidade SAE [a]	Viscosidade Máxima a Baixas Temperaturas (cP) [b]	Viscosidade a 100 °C (cSt) [c]
0W	6200 até -35 °C	3,8
5W	6600 até -30 °C	3,8
10W	7000 até -25 °C	4,1
15W	7000 até -20 °C	5,6
20W	9500 até -15 °C	5,6
25W	13000 até -10 °C	9,3
20	-	5,6 a < 9,3
30	-	9,3 a < 12,5
40	-	12,5 a < 16,3
50	-	16,3 a < 21,9
60	-	21,9 a < 26,1

Fonte: Norma SAE, 2015

2.2.3 Viscosidade

O conceito de viscosidade é definido através da facilidade de um determinado fluido realizar o seu escoamento, portanto, a viscosidade é nada mais do que a propriedade de um fluido resistir ao cisalhamento em uma determinada temperatura. Devido à grande variedade de óleos lubrificantes automotivos existentes, houve a necessidade da realização do padrão do mesmo voltado a viscosidade, para isso foi

desenvolvido e implantado a norma SAE J 300, concebida pelo API e pela Sociedade de Engenheiros Automotivos. (SANTOS JUNIOR, 2011)

Realizando um estudo mais criterioso é observado a existência de outros dois tipos de viscosidade, a viscosidade dinâmica e a viscosidade cinemática.

A viscosidade dinâmica é marcada pelo ensaio utilizando o viscosímetro rotativo, neste modelo é utilizado um eixo rotativo para avaliar a resistência do fluido ao escoamento.

A viscosidade cinemática, o ensaio é feito utilizando como parâmetro para estudo do fluido um tubo de ensaio capilar, o processo feito consiste em analisar uma quantidade constante de fluido a uma temperatura ambiente conhecida e avaliar o tempo que o mesmo leva para escorrer ao longo do tubo utilizando apenas a gravidade para gerar movimento ao fluido. (MUNIZ, 2007)

Tabela 3: Propriedade dos óleos.

Tab.7.9 – Propriedades dos óleos (FERGUSON, 2001)

SAE	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg.K)	C_1 (m ² /s)	C_2 (K)	C_3 (K)	C_4 (bar)
5 W	860	1.99	644×10^{-6}	900	162	433
10 W	877	1.96	453×10^{-6}	1066	157	296
15 W	879	1.95	749×10^{-6}	902	173	181
20 W	886	1.94	263×10^{-6}	1361	150	105
20	880	1.95	567×10^{-6}	1028	165	153
30	886	1.94	470×10^{-6}	1361	140	105
40	891	1.92	217×10^{-6}	1396	151	91.7
50	899	1.91	224×10^{-6}	1518	150	75.2

Fonte: APUD Motores de combustão Interna, MARTINS. J, 2006. (Ferguson, 2001)

Após a realização do ensaio de viscosidade dinâmica, é feita a coleta de dados e desenvolvido o cálculo relacionando o tempo de escoamento do fluido pelo produto da constante capilar do tudo, este resultado gera o Índice de Viscosidade.

O IV desempenha um papel fundamental na classificação do óleo automotivo, porque permite identificar qual será o comportamento do fluido em uma determinada temperatura, conceitualmente quanto maior o IV, menos significativa a alteração da temperatura será para a viscosidade.

2.2 SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

A função básica de qualquer sistema de lubrificação é atuar na redução de atrito entre as partes moveis e peças fixas do motor. De modo geral a presença do sistema de lubrificação permite que ocorra a passagem do lubrificante pressurizado ao longo de todo o conjunto mecânico que exerce qualquer tipo de movimento, realizando consequentemente a redução de atrito permitindo o motor desenvolver sua máxima eficiência e reduzindo o desgaste de componentes, proteger os componentes mecânicos de ações corrosivas geradas de reações químicas que ocorrem durante o funcionamento do motor, atuar no controle térmico do motor mantendo o sistema na temperatura ideal de trabalho. (BLAU, 1996)

Geralmente os motores automotivos possuem uma série de componentes presentes no sistema de lubrificação atuando de maneira conjunta com o funcionamento do motor, visando garantir que o fluído lubrificante tenha sempre pressão, volume e pureza adequados. Nos motores quatro tempos convencionais são os seguintes:

Segundo HUTCHINGS (1992), “[...] as condições de atrito e desgaste do sistema tribológico variam de acordo com o regime de lubrificação que o sistema está sujeito [...]”

- Fluxo de retorno do cárter;
- Mancais da arvore de comando de válvulas;
- Mancais da arvore manivelas;
- Filtro de óleo;
- Bomba de óleo;
- Carter;
- Pescador de sucção com o filtro em tela;
- Sensor de pressão de óleo

Realizando a análise de maneira individual é possível identificar que cada componente possui uma função especifica permitindo que o sistema sempre funcione de maneira harmônica em conjunto com o motor, atendo as mais variadas pressões de trabalho necessárias, garantindo o prolongamento da vida útil do motor e

assegurando máxima eficiência. Usualmente o fluxo do fluido lubrificante é: O fluido lubrificante é retirado do cárter de óleo, através do acionamento da bomba de óleo, que realiza o bombeamento do fluido para a válvula de controle e posteriormente para o cooler de óleo. O fluido passa pela válvula de segurança e em seguida pelo filtro, local onde é retido qualquer tipo de material particulado que venha a contaminar a galeria principal de óleo. (B. HEYWOOD, 1988)

Para que a lubrificação ocorra é de extrema importância que o motor possua um sistema dimensionado que permita a passagem desse fluido ao longo de todo o sistema de lubrificação, sendo este um fator crítico para assegurar o funcionamento adequado do motor e de todos os componentes ligados ao processo. Com base nesse conceito se faz necessário citar cada modelo de sistema de lubrificação existente, bem como as variadas formas de aplicação.

2.2.3 Sistema de lubrificação por pressão

O sistema de lubrificação por pressão é um modelo que continua a ser utilizado nos dias de hoje, tendo a sua lubrificação variável de acordo com cada tipo de motor, permitindo assim que a lubrificação seja feita de maneira adequada dentro de cada projeto. A variação de pressão é realizada através de uma válvula reguladora de pressão, que define os limites mínimos e máximos da pressão de óleo dentro do sistema. De maneira geral os sistemas de lubrificação por pressão possuem duas modelos característicos que consiste em uma estrutura com o cárter úmido e outra com o cárter seco.

Esse sistema possui variações de acordo com a aplicação do motor (Jovaj, 1982; Heywood, 1988; Chollet, 1996)

2.2.4 Sistema de lubrificação por cárter úmido

Neste conceito de lubrificação, o processo ocorre por intermédio da pressurização do óleo, que neste caso é feita com o auxílio de uma bomba específica para o óleo, permitindo assim que seja feita a lubrificação de diversas regiões do motor. A concepção do motor que faz uso da lubrificação por cárter úmido possui diversos canais que possibilitam a lubrificação de bielas, cabeçote e árvore manivela.

Contudo a utilização de uma bomba para a pressurização é também um ponto de atenção, já que o fato de toda a lubrificação depender da pressão e do trabalho de uma única bomba, isso faz com que conforme o veículo seja submetido a situações extremas específicas pode ocasionar a queda de pressão de óleo, consequentemente gerando a falta de lubrificação nessas situações extremas, contribuindo para a quebra do motor.

Outro ponto crucial é que neste modelo o óleo sempre irá retornar para o cárter do motor, essa característica faz com que o sistema dependa exclusivamente do nível de óleo percebido no cárter do motor, muitas vezes se concentrando nos extremos da árvore manivela e com isso, caso o nível percebido pela bomba em algum instante seja menor do que o esperado, ou zero, irá afetar diretamente a pressão de óleo do sistema e causar a quebra do motor.

2.2.5 Sistema de lubrificação por cárter seco

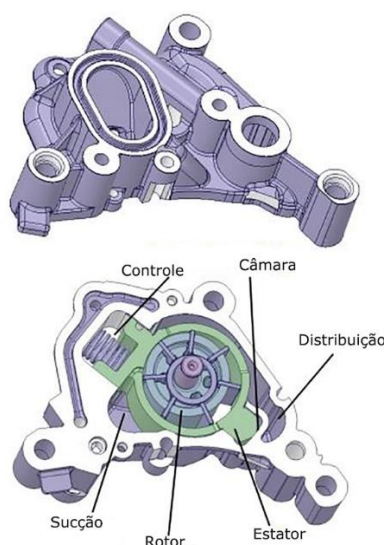
O sistema de lubrificação por cárter seco tem funcionamento muito similar ao sistema anterior, porém estruturalmente falando este modelo conta com duas bombas de óleo e que atuam na distribuição do óleo em outros compartimentos, este efeito evita o acúmulo do óleo unicamente no cárter do motor, fazendo com que o óleo fique melhor distribuído ao longo do sistema garantindo melhor lubrificação ao longo de todo o sistema.

2.2.7 Bomba de Óleo

A bomba de óleo é o mecanismo responsável pela pressurização do óleo ao longo de todo o circuito de lubrificação. O processo tem início no reservatório de óleo, local por onde a bomba pressuriza o óleo realizando a sucção através do pescador, sendo o mesmo direcionado na sequência para a válvula reguladora de pressão e posteriormente para o filtro. O acionamento da bomba de óleo depende exclusivamente da rotação do motor para entrar em funcionamento, sendo assim um sistema harmônico e funcional. ([Jovaj, 1982](#))

Porém o fato de haver uma relação direta entre motor e bomba, faz com que ambos deixem de apresentar o seu máximo desempenho, gerando a essa perda de potência causada por essa estrutura, sendo a relação de transmissão de 1:1 até 1,5:1 (Jovaj, 1982), limitando a rotação de trabalho da bomba entre 4000 e 5000 rpm . Esse modelo de estruturação contribui para um maior consumo de combustível, redução na eficiência energética e consequentemente aumentando o nível de emissões. Outro ponto fundamental é que a pressão exercida pela bomba é afetado tanto pelo funcionamento motor, impedindo o estabelecimento de uma constância, bem como por qualquer outro tipo de resíduo ou obstrução que venha a afetar a pressão de óleo no sistema, reduzindo a pressão passando a comprometer os componentes mecânicos do motor. Estruturalmente o compartimento da bomba de óleo automotiva é composta de uma região de controle, câmara, sucção, distribuição, rotor e estator.

Figura 9: Estrutura da bomba de óleo.



Fonte: Antônio Gaspar, 2018.

Ao utilizarmos o princípio de Bernoulli e a Equação da Continuidade, desprezando grandezas externas é possível realizar o cálculo da transferência de fluido, relacionando a geometria do projeto, velocidade, densidade e a pressão a qual o fluido está submetido, lembrando que o fluido lubrificante em questão é incompressível por isso pode ser utilizado Bernoulli como parâmetro, apresentando como variáveis numéricas o dimensionamento do projeto. (MILTON, 2010)

2.2.8 Filtro de óleo

A estruturação do óleo lubrificante é feita de uma série de componentes de variados materiais, sendo o filtro composto por uma tampa, caneca, válvula e junta de vedação. Todo o óleo antes de chegar ao filtro é bombeado pela bomba de óleo, onde pressurizado é retido pela válvula reguladora de pressão e posteriormente é filtrado. Essa estrutura é feita de modo a contribuir para realizar a retenção de material particulado e impurezas presentes no óleo. (NBR 10.004/2004)

Figura 10: Filtro de óleo automotivo.



Fonte: Imagem da internet.

O filtro de óleo desempenha um papel muito importante na pressão de óleo, porque caso haja alterações mínimas no mesmo devido a contaminação, ele já pode acabar afetando a alimentação de todo o sistema, bem como o controle na válvula de segurança do mesmo, que impede que a pressão chegue de maneira acima dos padrões para o filtro, como impede também o retorno de óleo. Seja por estar com o estado de conservação comprometido pelo uso ou até mesmo pela validade,

lembrando que este fator varia de acordo com o fabricante, porém a redução no número de substituições iria tornar a manutenção mais precisa, reduzindo consequentemente uma série de custos. Esse efeito se deve também por causa do alto nível de toxicidade do mesmo e a dificuldade em se realizar a limpeza dos componentes de maneira eficiente, sendo assim, de grande importância a redução do descarte de filtros de óleo de maneira precoce, reduzindo a geração de custos desnecessário e consequentemente danos ao meio ambiente.

2.2.8 Válvula de curto circuito

A válvula de segurança desempenha um papel fundamental no gerenciamento da passagem de lubrificante para o motor, por controlar o fluxo de óleo para todos os componentes fixos e moveis que ficam posicionados posteriormente ao filtro.

O seu acionamento ocorre em duas situações, na fase fria, quando os componentes moveis do motor precisam vencer o estado de repouso, necessitando de uma maior pressão de óleo para iniciar e causar a passagem do lubrificante entre os componentes moveis do motor e quando o filtro de óleo está com elevado nível de contaminação, já que neste momento a prioridade deixa de ser filtragem do óleo e passa a ser exclusivamente a lubrificação do motor, já que a presença de lubrificante é crucial para o funcionamento do motor.

A abertura desta válvula de curto circuito ocorre quando a pressão de óleo no sistema está na faixa de 1,9 – 2,5 bar de pressão.

2.2.8 Sensor de Pressão de Óleo

O princípio básico de funcionamento de um sensor de pressão é realizar o comparativo entre dois parâmetros, normalmente a pressão atmosférica é utilizada como referencial para a definição dos dados obtidos.

O sensor de pressão de óleo em motores automotivos desempenha um papel fundamental, já que ele é responsável por informar a unidade de controle (ECU) o nível de pressão do motor e com base neste valor a ECU realiza o gerenciamento da pressão gerada pela bomba de óleo. Outro papel fundamental do sensor é informar ao condutor o valor da pressão de óleo no sistema, alertando para possíveis anomalias no funcionamento, através do interruptor do indicador sonoro da pressão

de óleo, entrando em funcionamento quando o motor está com a pressão de óleo entre 1,6 a 2 bar e rotação do motor acima de 2000 rpm e o interruptor da lâmpada indicadora da pressão de óleo.

Durante o seu funcionamento o sensor, desempenha um papel crucial para o gerenciamento na fase quente do motor, já que na fase fria a pressão de óleo é menor, por isso o monitoramento do fluido lubrificante é crítico na fase quente do motor sendo este o momento em que ocorre as maiores alterações nas propriedades dos óleos e seus aditivos, em especial a viscosidade do fluido.

Segundo Sá, Milton (2010) p. 88; p. 100 podemos analisar o comportamento de fluidos lubrificantes levando em consideração diversos parâmetros estabelecidos pelas equações de Bernoulli, da Continuidade e Número de Reynolds, como velocidade laminar, densidade do fluido, viscosidades dinâmicas e cinemáticas, diâmetro do duto de escoamento do fluido e a pressão, para compreender o comportamento de fluidos lubrificantes durante as diversas fases de funcionamento e pressão.

Equação 1: Bernoulli

$$p + \rho \frac{v^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h = \textit{Constante}$$

- $p = \textit{Pressão [Pa]}$
- $\rho = \textit{Densidade do fluido [kg/m}^3\textit{]}$
- $h = \textit{Altura [m]}$
- $g = \textit{Aceleração da gravidade [m/s}^2\textit{]}$
- $v = \textit{Velocidade [m/s]}$

Equação 2: Equação da Continuidade.

$$Q = A_2 \cdot v_2 = A_1 \cdot v_1$$

- $Q = \text{Vazão [kg]}$
- $A = \text{Área [m}^2\text{]}$
- $V = \text{Velocidade [m/s]}$

Equação 3: Número de Reynolds.

$$RE = \frac{VL}{\nu} \text{ ou } RE = \frac{\rho VL}{\mu}$$

- $RE = \text{Número de Reynolds.}$
- $V = \text{Velocidade de escoamento. [m/s]}$
- $L = \text{Diâmetro para conduto forçado. [m]}$
- $\nu = \text{viscosidade cinemática. [m}^2\text{/s]}$
- $\rho = \text{Densidade absoluta do fluido. [kg/m}^3\text{]}$
- $\mu = \text{viscosidade dinâmica}$

2.3 ARDUINO

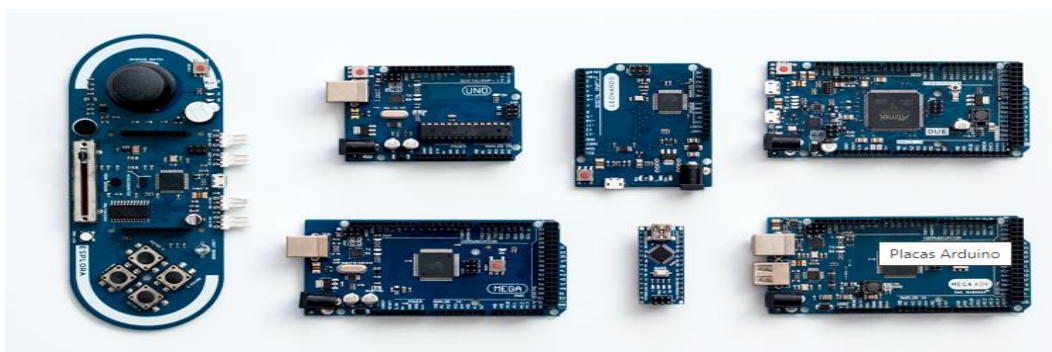
O Arduino foi criado em 2005 por um grupo de cinco pesquisadores: Massimo Banzi, junto a outros colaboradores. Com o objetivo de elaborar um dispositivo funcional, barato e fácil de programar e acessível a estudantes e projetistas amadores, ou seja, qualquer um pode montar, modificar, melhorar e personalizar o Arduino partindo do hardware básico.

Foi desenvolvida uma placa composta por um microcontrolador Atmel, onde circuitos de entrada/saída são facilmente conectados à um computador e programados via IDE (integrated development environment, ou seja, ambiente de Desenvolvimento integrado) utilizando-se de linguagem baseada em C/C++, utilizando apenas o cabo USB.

Após ser programado, o microcontrolador pode ser usado de forma independente, controlando de um robô, um ventilador, as luzes residenciais, mas para que isso seja possível, o Arduino conta com uma série de sensores e componentes auxiliares como resistores, capacitores e LEDs. Além desses componentes também é

possível utilizar os chamados Shields, que são placas que tem a capacidade de expandir a funcionalidade do Arduino, como acessar a uma rede ou até mesmo a internet, possibilitando assim manter os demais pinos disponíveis para receber dados como temperatura e umidade de um ambiente, e consultar os dados de qualquer lugar do planeta.

Figura 11: Modelos de placas Arduino.



Fonte: <https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>

Os tipos de placa vão das opções mais comuns, como o Arduino Uno que conta com 14 portas digitais e 6 analógicas, passando por placas com maior capacidade de processamento, como o Arduino Mega com microcontrolador ATmega2560 e 54 portas digitais.

2.3.1 Estrutura de um programa em Arduino.

Ao conectá-lo a um computador por meio de cabo USB, a programação pode ser feita em um ambiente de programação chamado IDE, onde é digitado o programa e onde também é possível realizar testes para encontrar eventuais falhas na programação e transferir o programa para o dispositivo.

Temos um exemplo de IDE com um programa carregado.

Figura 12: Exemplo de programação

```

1  //Programa : Pisca Led Arduino
2  //Autor : FILIPEFLOP
3
4  void setup()
5  {
6      //Define a porta do led como said
7      pinMode(13, OUTPUT);
8  }
9
10 void loop()
11 {
12     //Acende o led
13     digitalWrite(13, HIGH);
14
15     //Aguarda o intervalo especificad
16     delay(1000);
17
18     //Apaga o led
19     digitalWrite(13, LOW);
20
21     //Aguarda o intervalo especificad
22     delay(1000);
23 }

```

Fonte: www.filipeflop.com › Blog › Arduino

Algoritmo

No desenvolvimento do projeto foram definidos diversos procedimentos a quais o mesmo deveria atender para poder exemplificar de maneira adequada a pesquisa. Com isso foram desenvolvidas as seguintes premissas:

1° Motor frio, chave não está acionada – O led não deverá acender o sensor de pressão e sensor de temperatura não deverá gerar nenhuma leitura, já que o motor está desligado.

2° Motor frio, chave de ignição acionada – O led deverá acender, o sensor de pressão de óleo e o sensor de temperatura do motor não ira gerar leitura, devido ao fato do motor estar frio.

3° Motor frio, chave de ignição acionada, o motor entrou em funcionamento – O led deverá apagar, o sensor de pressão de óleo e o sensor de temperatura do motor irão funcionar e não irá gerar dados até o motor atingir a marcha lenta.

4° Motor aquecido, chave de ignição acionada, o motor em funcionamento – O led irá acender se o moto estiver na rotação de marcha lenta (1000 rpm), o sensor de temperatura do motor e o sensor de pressão de óleo estão em funcionamento, monitorando o sistema.

5° Motor aquecido, chave de ignição acionada, o motor em funcionamento – O led irá estar apagado, se o motor estiver em alta rotação. Porém o sensor de temperatura do motor e o sensor de pressão de óleo estão em funcionamento, realizando o monitoramento do sistema.

De modo geral as variáveis que definirão o funcionamento do led são a pressão de óleo, temperatura do motor e rotação do motor, já que são esses três parâmetros que definem qual o estado de trabalho do motor, bem como as quais variáveis atuam em cada momento.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto foi elaborado utilizando o sistema da AutoDesk, TinkerCad. O mesmo conta com uma série de ferramentas e equipamentos que permitem a simulação mais próxima o possível do que seria estruturado na realidade. O trabalho em si tem como principal objetivo montar um sistema que possa medir a temperatura, pressão e a rotação do motor, por que estas são as principais variáveis que interagem com o objetivo final do trabalho, que é o monitoramento da pressão de óleo para estipular o momento correto de realizar a substituição do filtro de óleo.

Para a realização desta simulação foram necessárias realizar uma série de adaptações e adoção de valores próximos aos gerados na realidade, podendo assim comprovar a viabilidade do monitoramento eletrônico utilizando a lógica e a programação para monitorar a vida útil do filtro de óleo, evitando a substituição desnecessária do mesmo e consequentemente reduzindo o descarte excessivo de resíduos ao meio ambiente.

Vale ressaltar que o mesmo tem limitações, por que esta ferramenta não possui um modo de simulação hidráulico, por isso foi necessário antecipar as informações que seriam enviados ao sistema eletrônico do veículo, sendo assim a simulação realizada

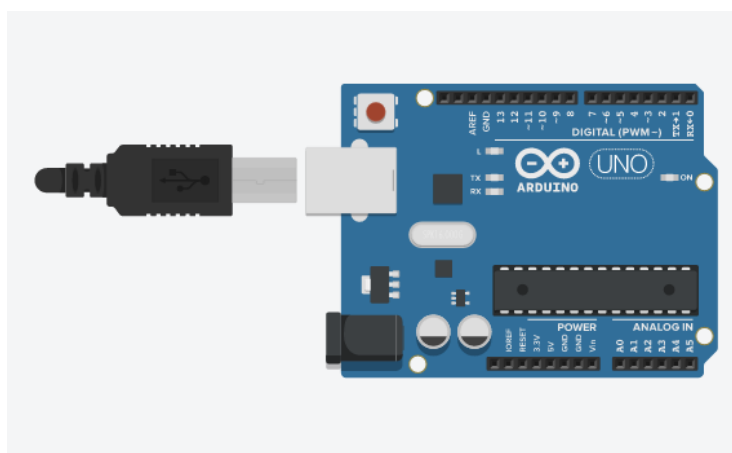
parte do ponto onde os dados gerados pelo sistema hidráulico já foram convertidos para informações digitais e analógicas.

O algoritmo desenvolvido no projeto precisa levar em consideração as variáveis temperatura, pressão do sistema de lubrificação e rotação do motor, já que as mesmas são importantes para realizar o monitoramento adequado do regime de funcionamento do motor, permitindo o funcionamento adequado do monitoramento de dados e consequentemente realizando a tomada correta de decisões que posteriormente resultarão na informação ao condutor do veículo se deverá ser feita a substituição do elemento filtrante.

As ferramentas utilizadas do TinkerCad foram:

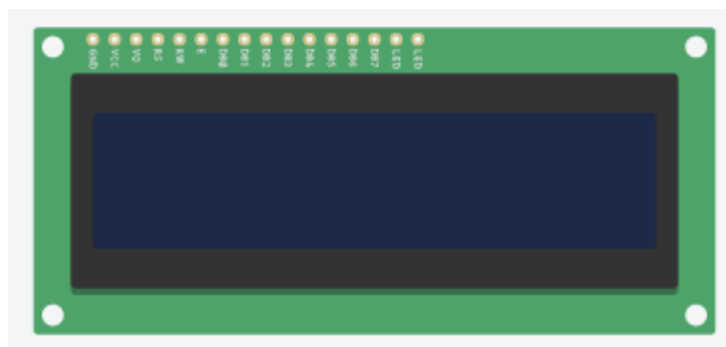
Arduino UNO R3;

Figura 13: <https://www.tinkercad.com/things/eCA6acY9CCD-leitura-de-pressao-de-oleo/editel>



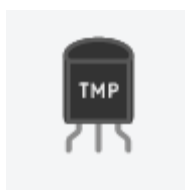
LCD 16 x 2;

Figura 14 www.tinkercad.com/things/eCA6acY9CCD-leitura-de-pressao-de-oleo/editel



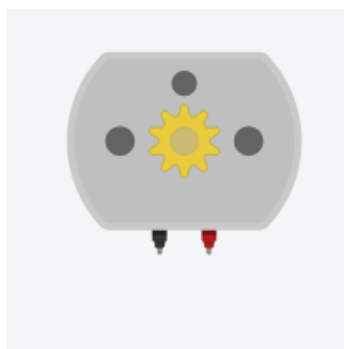
Sensor de Temperatura TMP 36;

Figura 15: www.tinkercad.com/things/eCA6acY9CCD-leitura-de-pressao-de-leo/editel



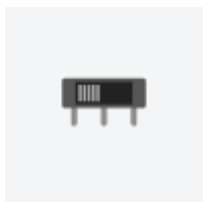
Motor CC;

Figura 16 www.tinkercad.com/things/eCA6acY9CCD-leitura-de-pressao-de-leo/editel



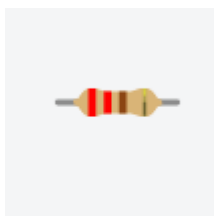
2 Botões deslizantes;

Figura 17: www.tinkercad.com/things/eCA6acY9CCD-leitura-de-pressao-de-oleo/editel



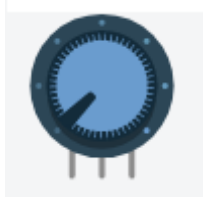
3 Resistores 220 Ohms;

Figura 18: www.tinkercad.com/things/eCA6acY9CCD-leitura-de-pressao-de-leo/editel



3 Potenciômetros;

Figura 19 www.tinkercad.com/things/eCA6acY9CCD-leitura-de-pressao-de-oleo/editel



2 LEDs, sendo um deles na cor vermelha e o outro na cor verde.

Figura 20 www.tinkercad.com/things/eCA6acY9CCD-leitura-de-pressao-de-oleo/editel

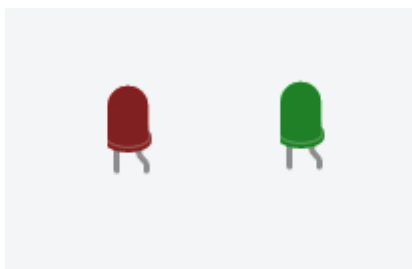
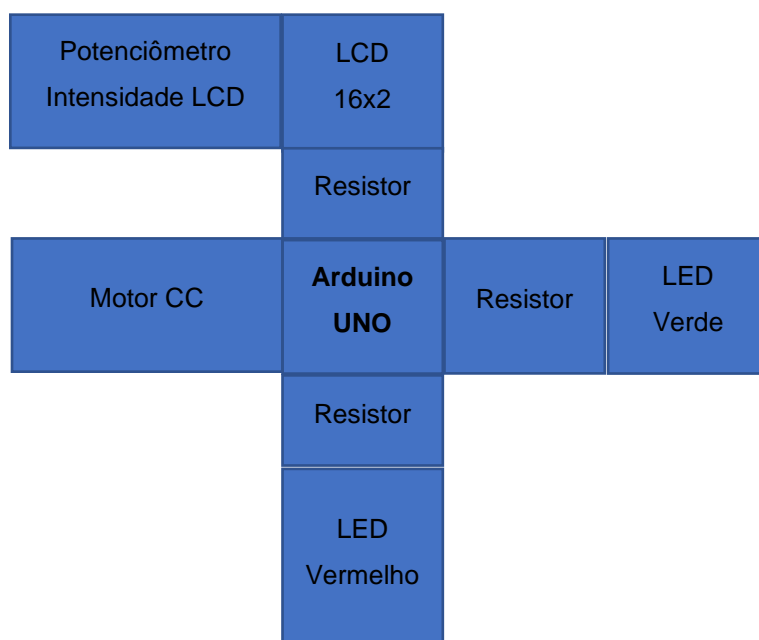
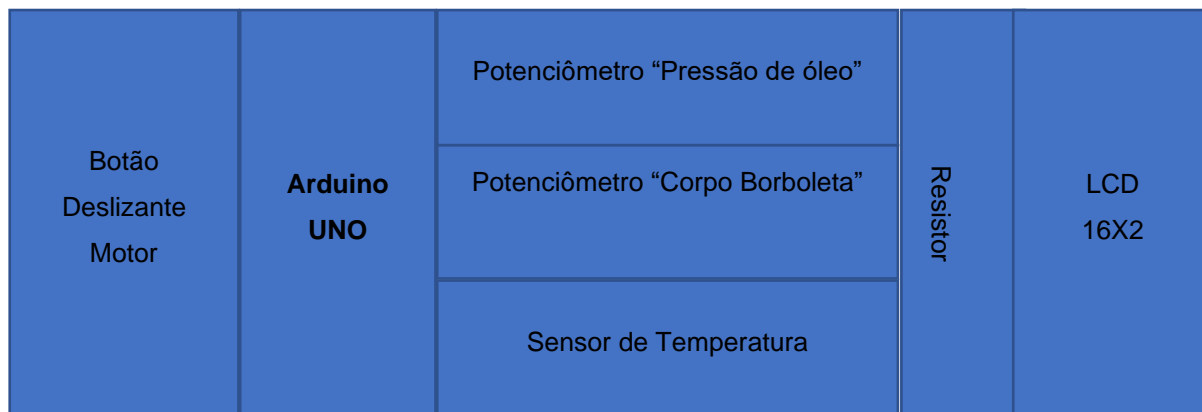


Diagrama elétrico.



4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.

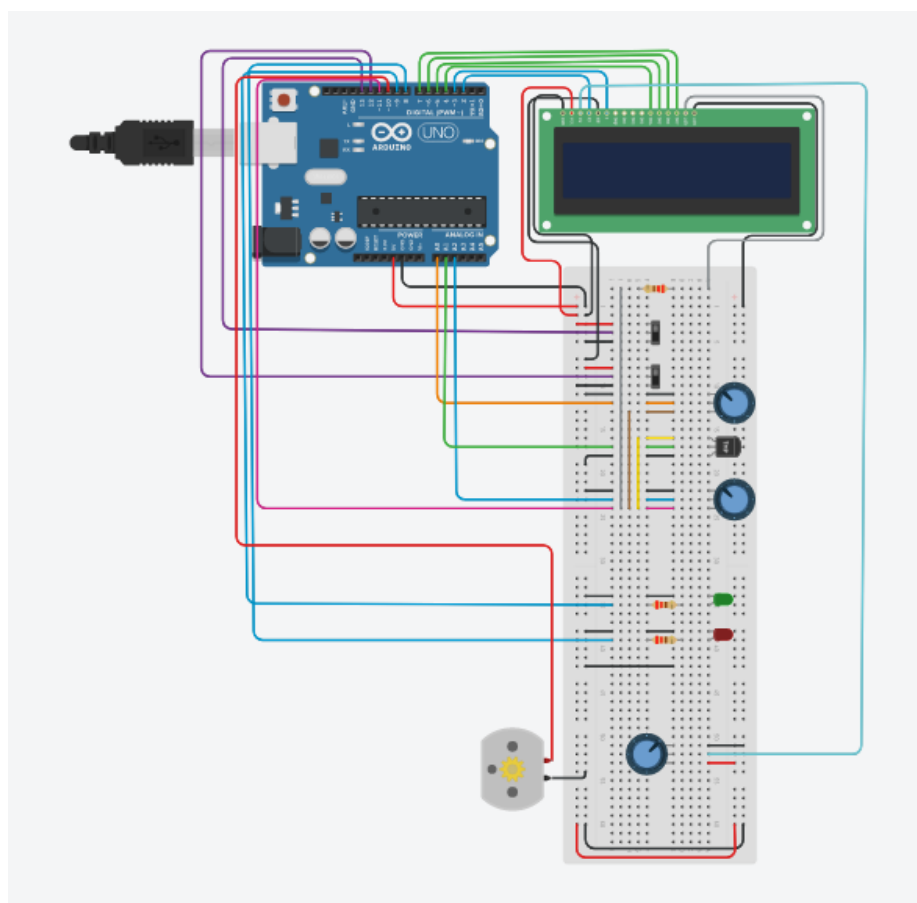
No máximo 3 linhas descrevendo o capítulo OK

Ao longo do desenvolvimento do projeto na plataforma TinkerCad, foram necessárias diversas adaptações e conversões de sinais analógicos em sinais digitais, tornando possível suprir a ausência de um sistema hidráulico.

4.1 Montagem do circuito

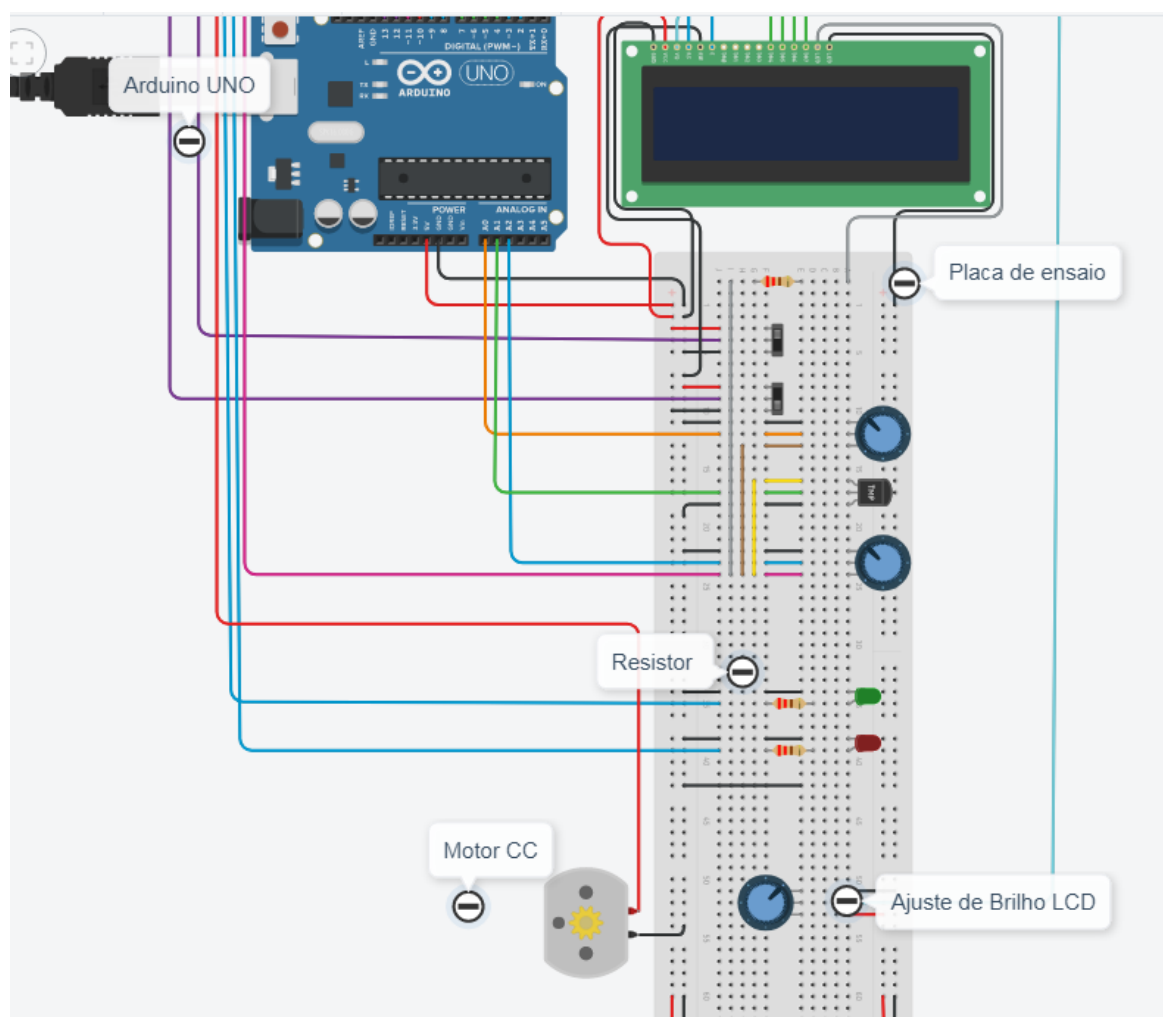
Ao longo do levantamento dos parâmetros a serem estudados, o processo de monitoramento da pressão de óleo se tornou possível através da elaboração do esquema eletrônico mostrado na figura 21, o mesmo também se mostrou eficiente em suprir a ausência do sistema hidráulico, por possuir componentes capazes de gerar sinais eletrônicos e assim realizar o objetivo proposto no trabalho.

Figura 21: www.tinkercad.com/things/eCA6acY9CCD-leitura-de-pressao-de-oleo/editel



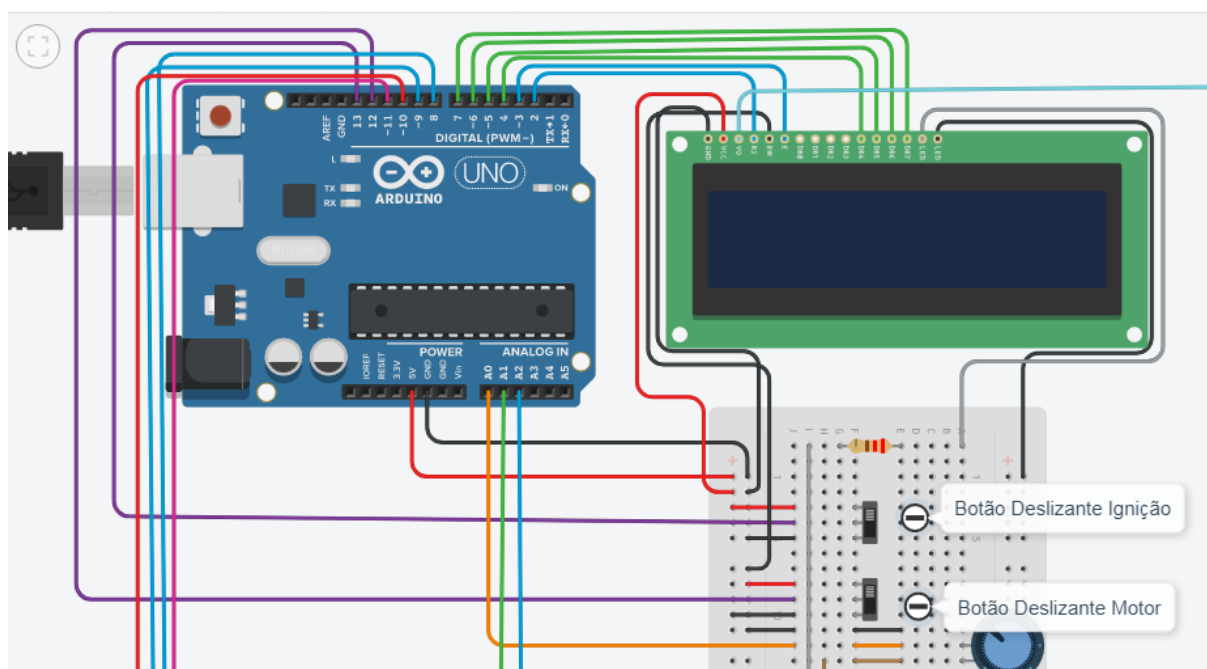
Como ferramentas iniciais para desenvolvermos uma lógica de programação, realizamos a definição de quais ferramentas serviriam de base para montarmos o projeto. Por isso notamos a necessidade inicialmente notamos a necessidade de um processador, para realizar o processamento lógico de informações e a leitura de parâmetros, posteriormente a dimensão e modelo da placa de ensaio no qual o estudo seria desenvolvido e também a definição de qual motor seria utilizado na simulação do projeto. A figura 22 exemplifica as ferramentas estruturais escolhidas, dentre elas tem modelo do Arduino escolhido, o modelo Uno R3, placa de ensaio pequena, potenciômetro responsável por controlar a iluminação do LCD, motor CC, já que o mesmo irá atuar apenas com finalidade ilustrativa e 3 resistores de 220 Ohms, cada um posicionado em série, sendo responsável por reduzir a tensão do sistema e proteger os componentes a serem posicionados.

Figura 22: www.tinkercad.com/things/eCA6acY9CCD-leitura-de-pressao-de-oleo/editel



Ao iniciarmos uma definição de quais ferramentas seriam necessárias para a realização do trabalho, vimos a necessidade da instalação de dois botões deslizantes independentes. Conforme demonstrado na figura 23, um sendo responsável exclusivamente por simular o instante da ignição e outro responsável por simular a fase de funcionamento do motor. Cada um deles responsável pelo fornecimento de um sinal digital independente.

Figura 23: www.tinkercad.com/things/eCA6acY9CCD-leitura-de-pressao-de-oleo/editel



O botão deslizante da ignição representado na figura 23, realiza o envio do sinal digital através da porta D13, a este botão está atribuído apenas a função de enviar sinal digital para as linhas D9 e D8, realizando o acionamento dos LEDs verde e vermelho exemplificado na figura 24 (Desligado) e 25 (Ligado), vale lembrar que ao mesmo está atribuída a função ON/OFF, representando exclusivamente a etapa de ignição do veículo.

A imagem também demonstra a posição da luz da bateria, que está representada na cor verde, e a luz indicadora da pressão de óleo, representada em vermelho. Ambos recebendo sinais digitais independentes.

Figura 24: www.tinkercad.com/things/eCA6acY9CCD-leitura-de-pressao-de-oleo/editel

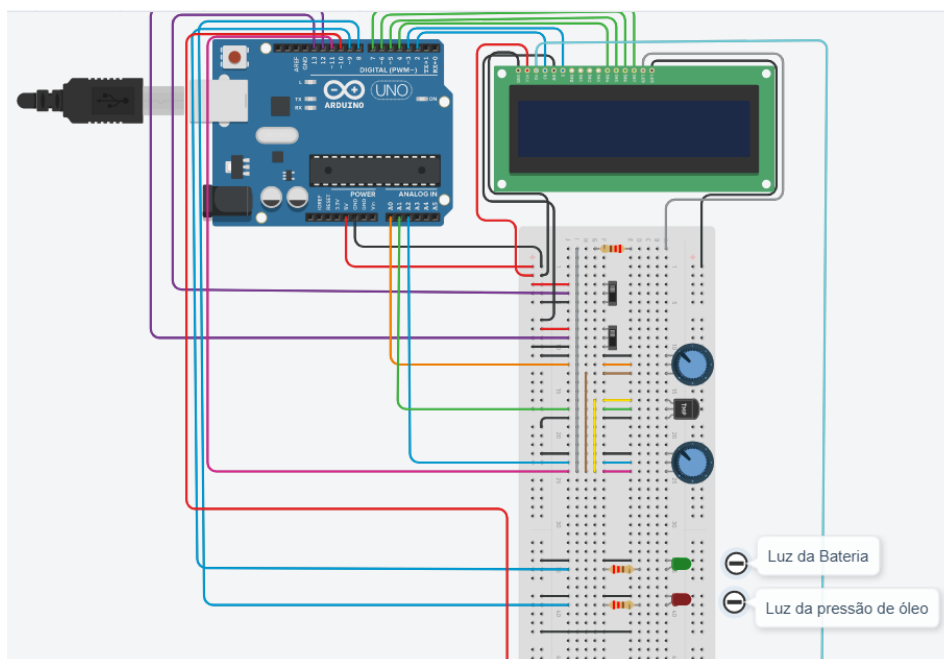
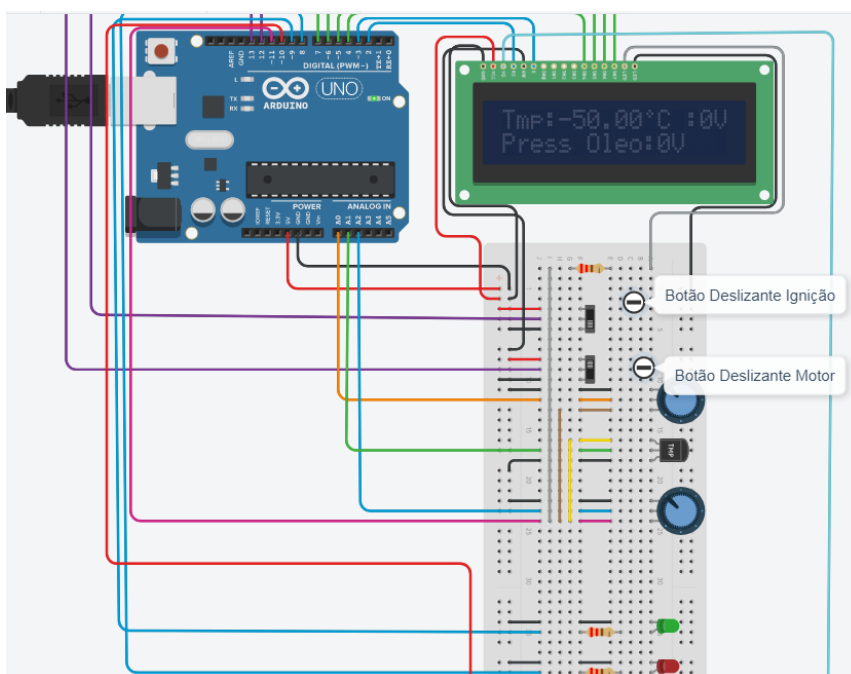


Figura 25: www.tinkercad.com/things/eCA6acY9CCD-leitura-de-pressao-de-oleo/editel



Ao observarmos o botão deslizante motor, mostrado na figura 23, o mesmo além de gerar o envio do sinal digital alto para a porta D12, o mesmo é responsável por enviar sinal alto para a porta digital D11, porta dedicada a realizar a comunicação com outros

4 componentes independentes conforme figura 26 representando a situação de desligado e a figura 27 representando o botão deslizante motor na posição de ligado. O sinal digital alto que sai da porta D11 é o que de fato dá vida para os componentes que irão simular as principais variáveis do projeto, pressão, temperatura e posição do corpo de borboleta. Estão conectados em paralelo o potenciômetro responsável pela simulação de pressão posicionado no endereço analógico 0 (A0), utilizando a variável tensão; Aciona o potenciômetro responsável pela simulação do corpo de borboleta conectado ao pino analógico 2 (A2), ferramenta que realiza o aumento da rotação do motor e também gera uma variação de tensão; Ativa o sensor de temperatura TMP 36 conectado ao pino analógico 1 (A1), parâmetro responsável por monitorar a temperatura do motor; Aciona o funcionamento da tela LCD 16x2, responsável por demonstrar os valores gerados na simulação pelos potenciômetros e pelo sensor de temperatura; Aciona o motor CC, motor adicionado apenas com finalidade ilustrativa,

Figura 26: www.tinkercad.com/things/eCA6acY9CCD-leitura-de-pressao-de-oleo/editel

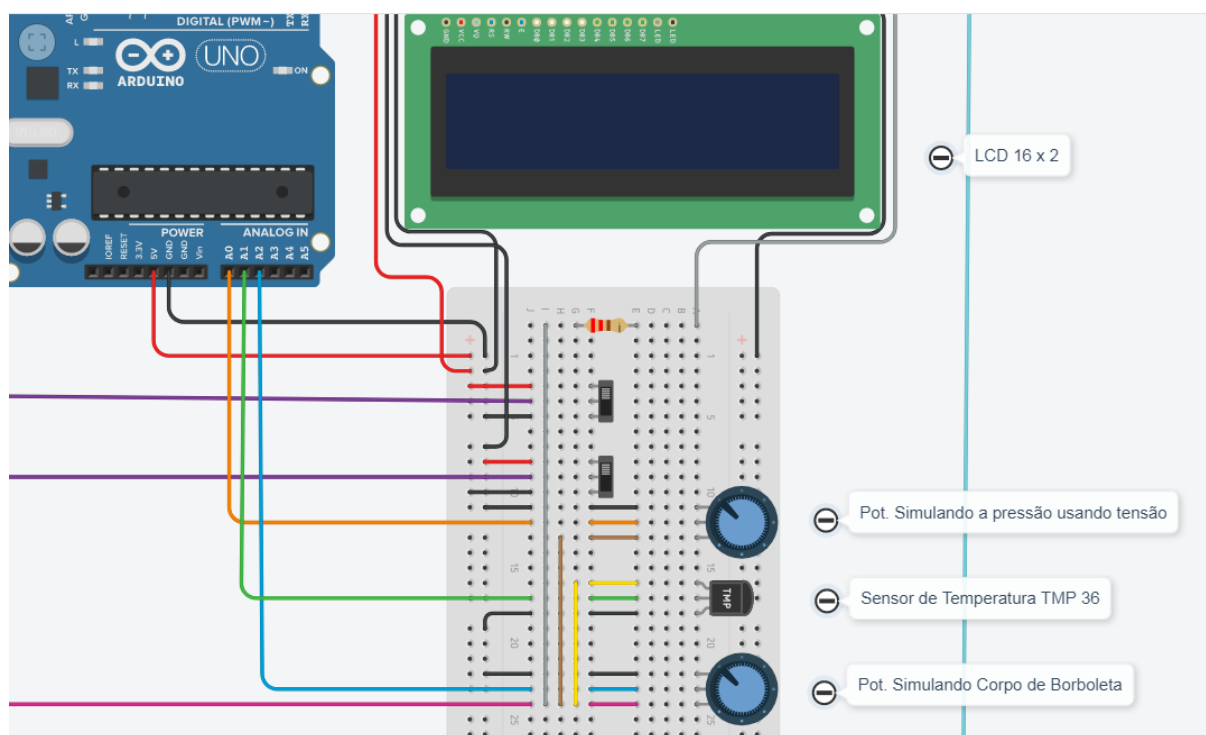
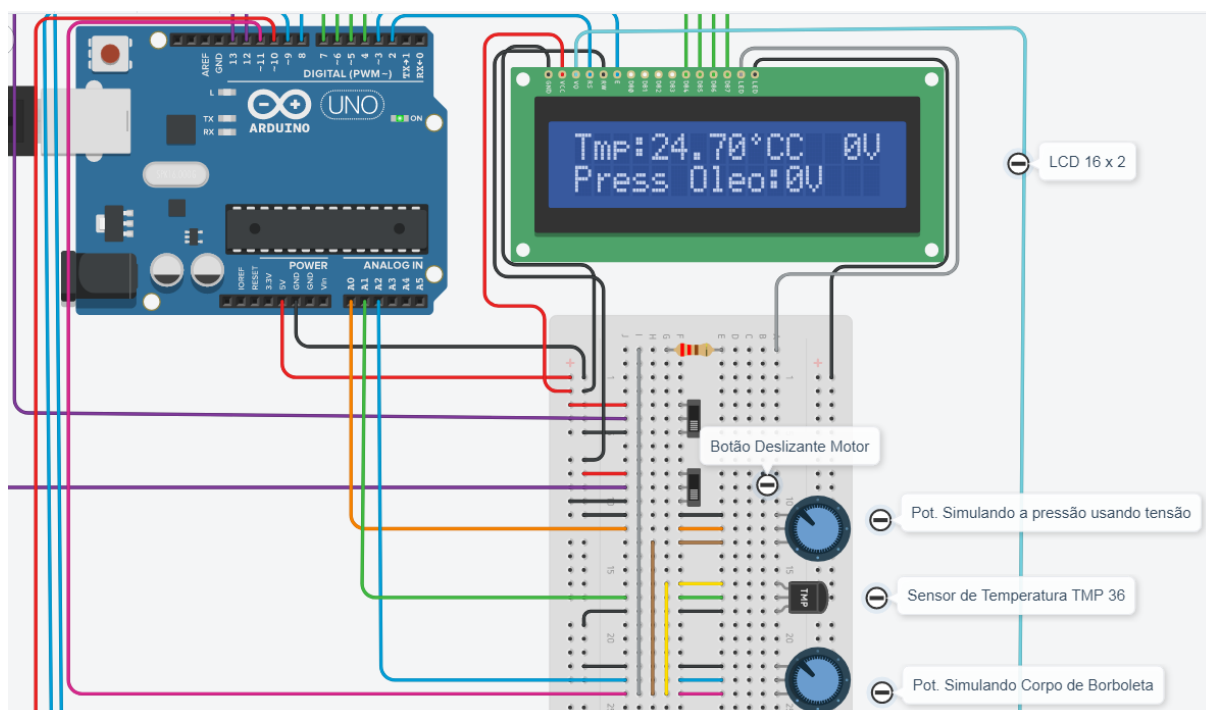


Figura 27: www.tinkercad.com/things/eCA6acY9CCD-leitura-de-pressao-de-oleo/editel



Descrição dos componentes e ligações. OK

Ex: on, off, simulação dos botões OK

4.2 Lógica de funcionamento.

A definição da lógica de funcionamento do sistema deve levar em consideração o estado de funcionamento do sistema, por isso houve a divisão em duas etapas utilizando dois botões distintos, botão deslizante ignição D13 e botão deslizante motor D12.

No instante que o botão deslizante ignição está enviando sinal digital baixo, nenhuma luz no sistema deverá se acender, já que neste instante todas as ferramentas estão desligadas, esta situação está representada na figura 28. Porém ao ser acionado o botão ignição, este caso pode ser observado na figura 29, existem dois eventos que devem ocorrer, a luz da bateria posicionada na porta digital D9 e a luz da pressão de óleo também deverá acender quando ocorrer a ignição, para sinalizar ao condutor que

a lâmpada da luz de óleo está funcionando, bem como informar que o veículo possui bateria.

Figura 28: www.tinkercad.com/things/eCA6acY9CCD-leitura-de-pressao-de-oleo/editel

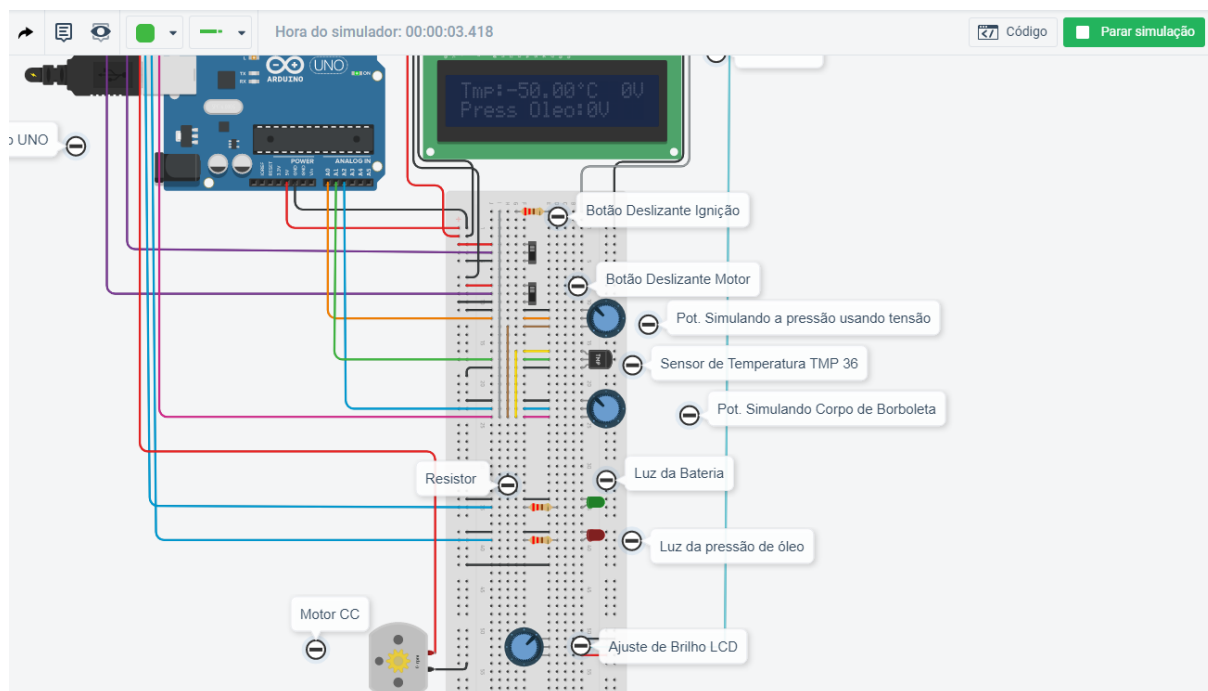
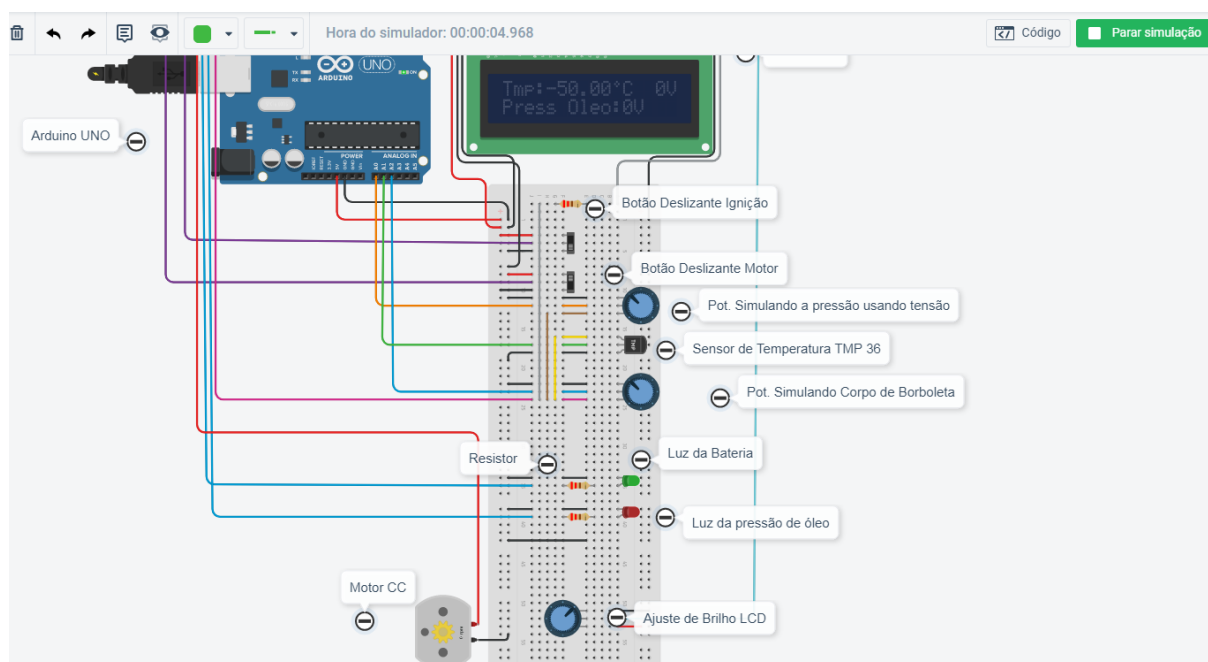


Figura 29: www.tinkercad.com/things/eCA6acY9CCD-leitura-de-pressao-de-oleo/editel



Este efeito só foi possível de ser realizado devido a programação em linguagem C++! A definição clara dos botões foi crucial para a organização de todo o processo de funcionamento. A figura 30, exemplifica a metodologia aplicada na definição de função de cada botão e a figura 31 a decisão a ser tomada pelo Arduino em cada uma das situações, lembrando que os pinos D9 e D8, só deverão acender em caso de sinal alto no pino

Figura 30: www.tinkercad.com/things/eCA6acY9CCD-leitura-de-pressao-de-oleo/editel

```
bool ign = 13 ; // Botão Ignição
bool motor = 12 ; // Botão Motor
```

Figura 31: www.tinkercad.com/things/eCA6acY9CCD-leitura-de-pressao-de-oleo/editel

```
{// Programação ignição e motor.
ign = digitalRead (13);
motor = digitalRead (12);

if (ign)
{
digitalWrite (9, LOW);
digitalWrite (8,LOW);
}

else
{
digitalWrite (9,HIGH);
digitalWrite (8,HIGH);
}
```

Posteriormente a este evento, a luz da bateria não deverá acender em nenhuma outra situação ao longo da simulação. A partir daí, com o botão deslizante da ignição desligado, começa se a etapa de verificação do funcionamento correto com o botão deslizante motor D12, desta vez a luz do óleo deve acender durante um único evento, rotação do motor em estado de marcha lenta, esta indicada pela posição do corpo de borboleta (A2), pressão de óleo elevada e posição, indicada no pino analógico (A1) e temperatura do motor superior a 80°C, indicado na porta analógica (A0). Excluindo

este evento, nenhuma outra luz deverá acender ao longo do experimento conforme será observado na figura 32.

Para a realização da simulação foram necessárias, uma série de adaptações ao longo do desenvolvimento da lógica de programação, especialmente nos valores gerados e interpretados ao longo da comunicação entre potenciômetros e Arduino.

No potenciômetro responsável pela simulação da pressão de óleo, o valor máximo adotado foi de 2V ou maior é um valor de alerta e a sua escala varia de 0V até 3V, sendo que o valor real de abertura da válvula de curto circuito ocorre em 1.9V. Este valor é responsável por indicar quando a válvula de curto circuito está aberta, só que esta variável só tem importância real quando o veículo se encontra em condição de marcha lenta, sendo simulado este valor apenas na tensão de 1V, possuindo como valores reais 0,7 na marcha lenta e 1,4 em plena potência, tensão esta simulada no estudo pelo potenciômetro de posição do corpo de borboleta posicionado na porta (A2) e temperatura de funcionamento do sistema superior a 80°C. temperatura normal de trabalho. Porque em condição de plena potência, é normal a pressão de óleo no sistema atingir este valor, devido ao regime de funcionamento do motor demandar alta lubrificação. As figuras 32 e 33 comprovam o funcionamento do circuito, mesmo que duas variáveis atinjam os valores pré definidos para que a luz do óleo acenda, a programação não irá gerar nenhum sinal ao condutor, já que a problemática aparece apenas quando o algoritmo combina todas as variáveis envolvidas.

Figura 32: www.tinkercad.com/things/eCA6acY9CCD-leitura-de-pressao-de-oleo/editel

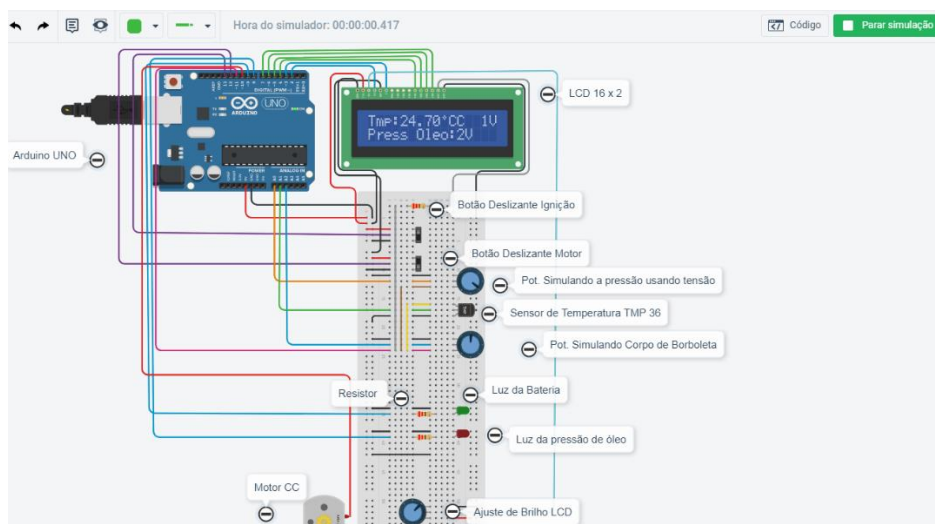
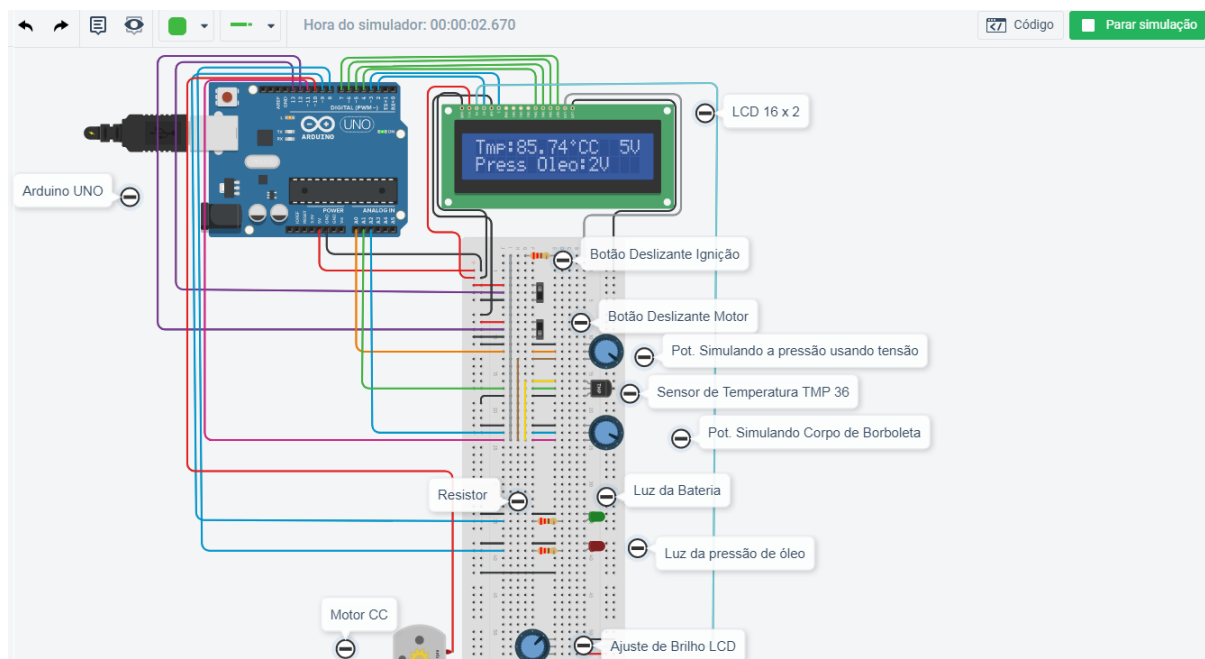


Figura 33: www.tinkercad.com/things/eCA6acY9CCD-leitura-de-pressao-de-oleo/editel



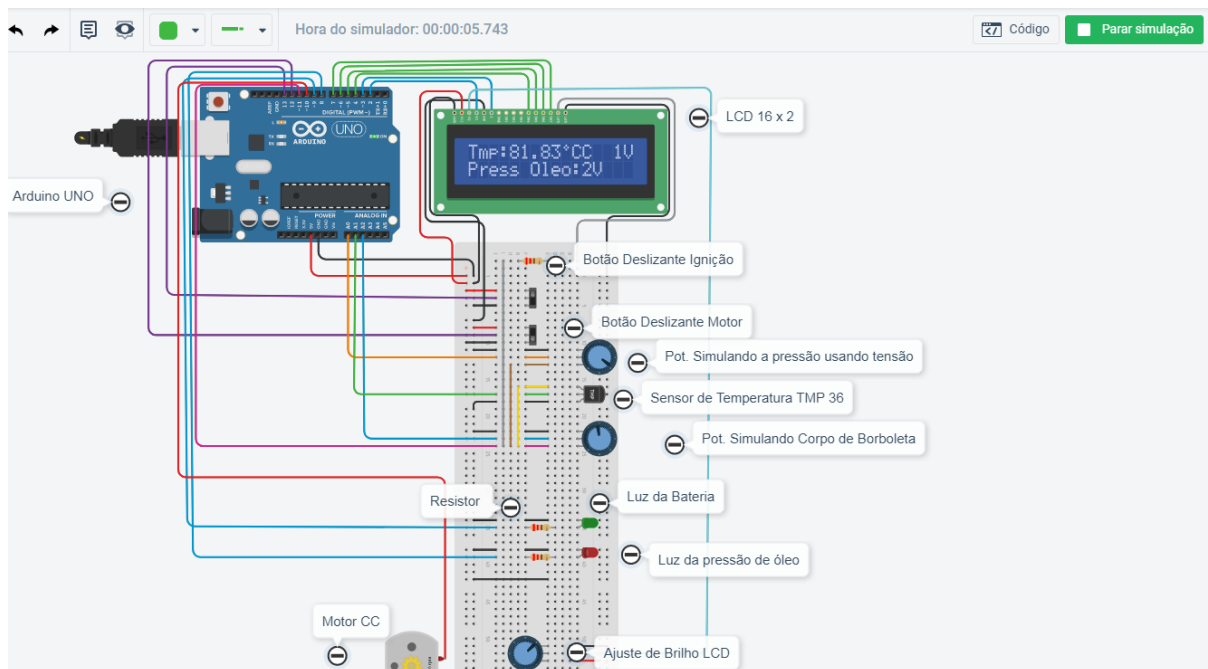
Esse efeito só pôde ser realizado graças ao algoritmo desenvolvido na linguagem de programação C++, a figura 34 demonstra exatamente como foi feita a implantação das variáveis que fazem com que a luz acenda apenas após a combinação das 3 variáveis atingirem os valores estipulados, e não de forma aleatória.

A imagem 35, é a demonstração pratica da combinação lógica entre a programação e a simulação em funcionamento. Demonstrando que o sistema apenas aciona a luz da pressão de óleo quando ocorre a combinação dos 3 fatores, pressão de óleo elevada, temperatura do motor maior de 80°C e motor em condição de marcha lenta.

Figura 34:

```
//COMBINAÇÃO DAS VARIÁVEIS PRESSÃO, CORPO DE BORBOLETA E TEMPERATURA para fazer o LED acender
if ((realDegree > 80)&&(valorcorrigidopot >= 2)&&(valorCorrigidoBorboleta == 1))
{
  digitalWrite (8, HIGH);
}
else
{
  digitalWrite (8,LOW);
}
```

Figura 35:



Explica o funcionamento e os parâmetros OK

Print dos códigos se necessário para explicação OK

Print do circuito funcionando de acordo com cada situação. OK

Explicação antes do print OK

Os principais problemas encontrados foram na implementação do potenciômetro, devido a sua característica de geração de valores analógicos, a conversão via Arduino UNO para informação digital.

- 1- Este problema aconteceu na simulação utilizando o potenciômetro como um gerador de tensão, com a finalidade de testar o valor gerado pelo sensor de pressão no processo de atuação ou não da válvula de segurança presente no filtro de óleo, determinando consequentemente a tomada de decisão pelo sistema ao longo pressão durante a vida útil do filtro de óleo, definindo se

deverá ou não haver comunicação de determinada informação junto a ECU e posteriormente definindo o funcionamento ou não do LED luminoso.

- 2- No processo de simulação de tensão gerada pelo potenciômetro na implantação do sensor de posição do corpo de borboleta. A limitação impede a implantação da aplicação da tensão real gerada no sistema nos diversos regimes de rotação do motor sendo esses os valores decimais de 0,7V e 1,4V, por isso foram adotados outros valores que objetivam simular os valores reais dos estágios de funcionamento do motor no caso variando de 0-5. Sendo adotado como valor “crítico” o valor de 2V.

0V ou tensão nula – Motor encontra-se parado sem nenhuma corrente circulando pelo sistema, nesse estado o valor simulado coincide com o real, representando o não funcionamento do veículo.

3V – Motor está na condição de marcha lenta, com isso se tem corrente circulando pelo sistema, este valor adotado simula o valor de 0,7V, que é o valor real do veículo quando se encontra na marcha lenta.

5V – Motor está na condição de plena potência, simulando a tensão real de 1,4V, a mesma gerada em condição de plena potencia.

5 Conclusão

Descrever as principais razões do trabalho

Dica Momento de atividades online

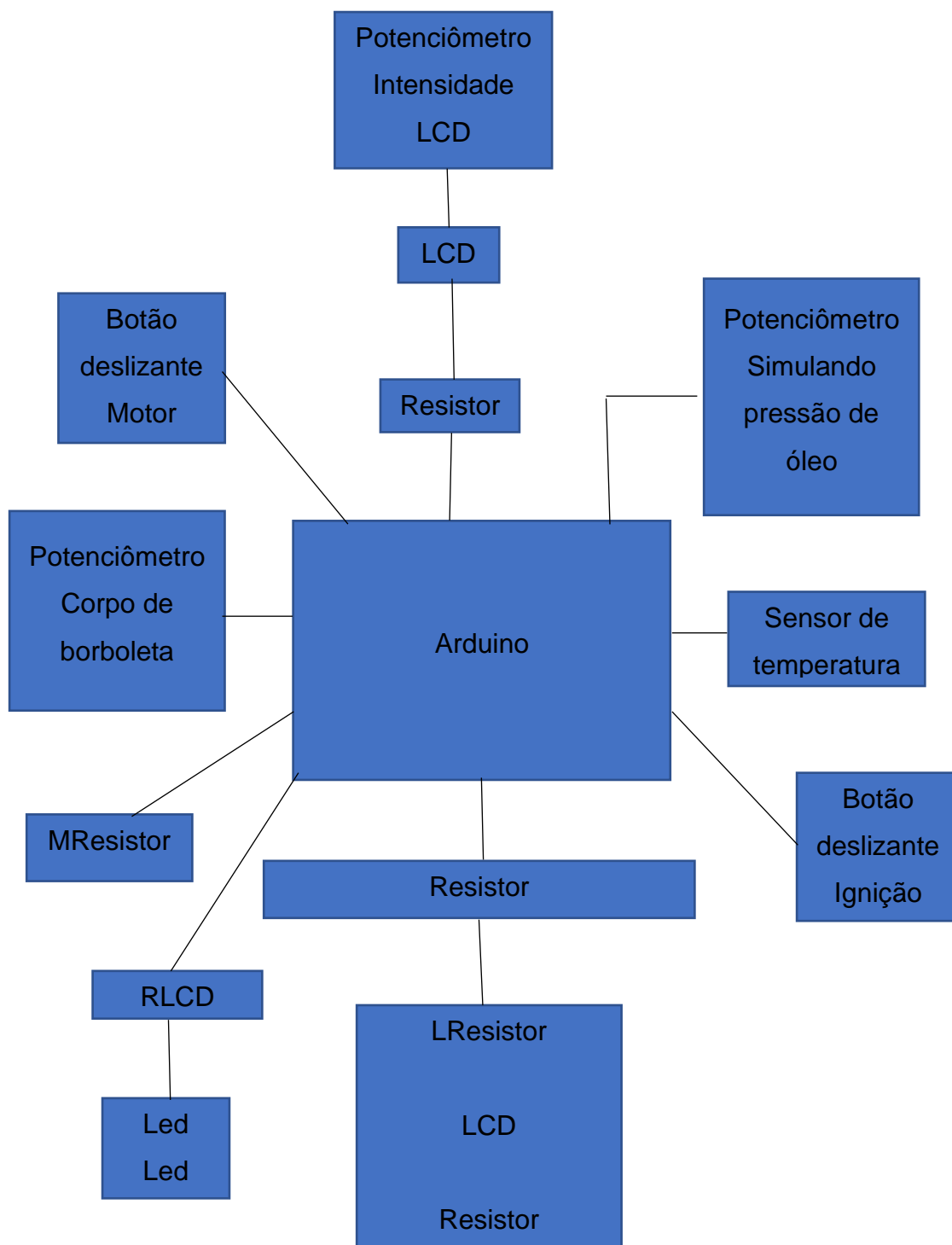
No máximo uma pagina

No final descrever alguma limitação

5.1 Propostas futuras

Conforme identificado

Diagrama elétrico



4 REFERENCIAS

- BLAU, P. J. Friction Science and technology. New York: McGraw-Hill, (1995)
- BRUNETTI, Franco. Motores de Combustão Interna. São Paulo: Mauá, 2012.
- BHUSHAN, B.; GUPTA, B. K. Handbook Of Tribology - Materials, Coatings and Surface Treatments. Malabar - Florida: Krieger Publishing Company. (1997)
- B. HEYWOOD. Internal Combustion Engine Fundamentals, United States of America, McGraw-Hill, 1988.
- CARRETEIRO, R. P., BELMIRO, P. N. A. Lubrificantes e lubrificação industrial. Rio de Janeiro, 2008.
- energiainteligenteufjf.com.br, acessado em 28/11/20
- GASPAR. A. – Oficina Brasil. (2018). Acessado em: 30/11/2020
- HUTCHINGS. I. Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials (1992)
- JÓVAJ, M. S. Motores de automóvil, Moscú, URSS, Mir, 1982, 655p.
- MARTINS. J. Motores de Combustão Interna, Porto, Portugal, 2011, 169p.
- SÁ, M. C. T. Mecânica dos Fluídos, Calor e Massa, Belo Horizonte, Brasil 2010
- SANTOS JUNIOR, Araci Araujo dos. Determinação de parâmetros de óleos lubrificantes de motores de ciclo Otto e ciclo diesel através da espectroscopia no Infravermelho, métodos multivariados e cartas de controle. 2011. xviii, 116 f., il. Dissertação (Mestrado em Química)—Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- SOUZA, M. S. M. Métodos analíticos para lubrificantes e isolantes. Química e Derivados, n 382, p. 20-28, 2000
- T. MANG AND W. DRESEL, Lubricants and lubrication. 2 Ed., 2007
- WAGNER, Mecânica Geral II – Métodos de Lubrificação. ETM – Lins, São Paulo (2018).
- www.analiticaqmcresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf Acessado em: 29/11/2020
- www.researchgate.net/profile/Antonio_Pasqualetto2/publication/322904482_Analise_da_Geracao_de_Residuos_em_Filtros_Lubrificantes_Automotivos_Usados_no_Estado_de_Goias/links/5d6fa271299bf1cb8085807c/Analise-da-Geracao-de-Residuos-em-Filtros-Lubrificantes-Automotivos-Usados-no-Estado-de-Goias.pdf 29/11/2020
- <https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/> o que é um Arduino. Acessado em 27/11/2020.
- www.sae.org/standards/content/j300_201501/ Acessado em:29/11/2020

www.oficinaecia.com.br/bibliadocarro/motor.html Motor. Acesso em: 28/11/2020.