

**RODRIGO LEANDRO GOMES DE OLIVEIRA**

**Pesquisa, Projeto e Construção de um Sistema de Ignição Sem Distribuidor**

**Rodrigo Leandro Gomes de Oliveira**

**Pesquisa, Projeto e Construção de um Sistema de Ignição Sem Distribuidor**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. João Zangrandi Filho

Guaratinguetá  
2015

O48p

Oliveira, Rodrigo Leandro Gomes de  
Pesquisa, projeto e construção de um sistema de ignição sem  
distribuidor./ Rodrigo Leandro Gomes de Oliveira– Guaratinguetá, 2015.  
41 f. : il.

Bibliografia : f. 41

Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade  
Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015.

Orientador: Prof. Dr. João Zangrandi Filho

1. Automóveis - Projetos e construção 2. Automóveis - Ignição  
3. Resistência à tração I. Título

CDU 629.113

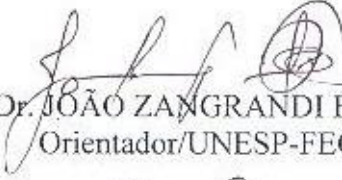
**RODRIGO LEANDRO GOMES DE OLIVEIRA**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO  
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE  
“GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

  
Prof. Dr. MARCELO SAMPAIO MARTINS  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**

  
Prof. Dr. JOÃO ZANGRANDI FILHO  
Orientador/UNESP-FEG

  
Prof. Dr. MAURO PEDRO PERES  
UNESP-FEG

  
Prof. Dr. JOSÉ GERALDO TRANI BRANDÃO  
UNESP-FEG

**Dezembro de 2015**

## **DADOS CURRICULARES**

**Rodrigo Leandro Gomes de Oliveira**

**NASCIMENTO** 21.09.1989 – JACUTINGA / MG

**FILIAÇÃO** Neemias Gomes de Oliveira Filho  
Rosangela Leandro Gomes de Oliveira

**2009/2015** Curso de Graduação  
Engenharia Mecânica - Universidade Estadual Paulista

...de modo especial, à minha família e amigos, que mesmo em meio as dificuldades, sempre me apoiaram e incentivaram para que este sonho se tornasse realidade.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte da vida e da graça. Agradeço pela minha vida, minha inteligência, minha família e meus amigos,

Ao meu orientador, *Prof. Dr. João Zangrandi Filho* pelo incentivo. Sem a sua orientação, dedicação e auxílio, o estudo aqui apresentado seria praticamente impossível.

Aos meus pais *Neemias Gomes de Oliveira Filho e Rosangela Leandro Gomes de Oliveira*, meu irmão *Renato*, minha noiva *Nathalia*, meus avós *João e Antonieta*, minhas tias *Vanice, Maria Alice e Helenice*, meu tio *Geraldo* e meu primo *Pietro* que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre incentivaram meus estudos e fizeram o possível e o impossível para que o sonho se concretizasse.

Ao meu tio *Isac Possato e família* que muito me ajudaram para que este sonho se tornasse realidade,

Aos meus amigos, como *Marco Aurélio (Pops), Walmir Nunes e família, Benedito França (Didi) e família, Pastor Daniel Gonçalves e família* que sempre apoiaram e ajudaram,

Às funcionárias e funcionários da Biblioteca e do Campus de Guaratinguetá pela dedicação, presteza e principalmente pela vontade de ajudar,

À EMBRAER S.A., em especial à área de Desenvolvimento de Ensaios Estruturais, em particular na pessoa do engenheiro *José Mauricio Fernandes Júnior*, pela oportunidade e confiança em me contratar, pelo conhecimento passado que serviu de grande desenvolvimento pessoal e profissional.

“I will study and prepare myself, and then, someday, my chance will come.”

Abraham Lincoln



OLIVEIRA; R.L.G. **Pesquisa, projeto e construção de um sistema de ignição sem distribuidor**. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, 2015.43f. Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

## RESUMO

Este trabalho visa conhecer os mais diversos tipos de circuitos de ignição, realizando um estudo de sua história, princípio de funcionamento, aplicação, alguns exemplos específicos e a montagem de um sistema de ignição de fâsca perdida. Todos os veículos movidos a motores de combustão interna necessitam de um sistema de ignição que permita que o motor possa realizar a combustão da mistura ar-combustível da melhor forma possível. O objetivo final de um sistema de ignição é obter uma centelha com energia suficiente para iniciar a reação química do oxigênio com o combustível. Foi realizado um estudo sobre os vários tipos de sistemas de ignição desde a sua criação no início do século XX até 2015. Iniciando com o sistema de ignição com magneto de alta tensão, passando pelo sistema de ignição com magneto de baixa tensão, continuando com o sistema de ignição convencional, o estudo termina com os vários tipos de sistemas de ignição eletrônica. Foi estudado e implementado um circuito eletrônico para acionar um sistema de ignição eletrônica para uma bobina de saída dupla, também conhecido como sistema de ignição de centelha perdida, ou de fâsca perdida. Este circuito está montado com um gerador de pulsos com sensor eletromagnético acionado mecanicamente por um motor de corrente contínua de rotação variável. Este sistema vai finalmente servir como uma pequena bancada onde poderão ser estudados todos os principais parâmetros de um circuito de ignição com bastante detalhes, pois o mesmo permite fácil acesso aos pontos da placa de circuito impresso quando se utilizar um osciloscópio.

**PALAVRAS-CHAVE:** sistemas de ignição; magneto; circuito eletrônico; fâsca perdida; sem distribuidor

OLIVEIRA; R.L.G. **Research, design and assembly of a distributor less ignition system.** Graduate Work (Graduate in Mechanical Engineering) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015. 43p.

### **ABSTRACT**

This work intends to know the most types of ignition systems, studying its history, the way it works, applications and some examples. The assembly of a distributor less ignition system is also required. All vehicles powered by internal combustion engines need an ignition system that allows this engine to ignite the air-fuel mixture using its ignition system in the best possible manner. The main goal of an ignition system is to obtain a spark having enough energy to start the chemical reaction of the oxygen and the fuel. It took a study dealing with the various types of ignition systems since their creation at the beginning of the last century until 2015. The work starts studying the high tension magneto ignition system and later together with the low tension ignition system, going on with the conventional ignition system and finally accomplishing with the various types of electronic ignition systems. It was studied and implemented an electronic circuit to power a double spark ignition system also known as wasted spark ignition system. This circuit was assembled with an electric pulse generator and powered mechanically by a dc electric motor of the variable rpm type.

**KEYWORDS:** Ignition systems; magneto; electronic circuit; wasted spark; distributor less

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema Magneto – Alta Tensão – Platinado Fechado.....	17
Figura 2 – Sistema Magneto – Alta Tensão – Platinado Aberto .....	17
Figura 3 – Foto de Sistema de Ignição – Magneto Alta Tensão.....	18
Figura 4 – Sistema Magneto – Baixa Tensão – Uma Vela.....	19
Figura 5 – Sistema Magneto – Baixa Tensão – Duas Velas.....	20
Figura 6 – Foto de um Sistema Ignição – Magneto Baixa Tensão.....	21
Figura 7 – Sistema de Ignição Convencional .....	22
Figura 8 – Bobina de Ignição – Tipo Cilíndrica –Circuito Magnético Aberto.....	22
Figura 9 – Sistema de Ignição Eletrônica – Com Distribuidor - Sensor Indutivo.....	27
Figura 10 – Bobina de Ignição - Tipo Transformador - Circuito Magnético Fechado .....	27
Figura 11 – Ignição Eletrônica com Sensor Hall.....	28
Figura 12 – Esquema do Sistema de Ignição – Em Distribuidor - Motor de 6 Cilindros.....	29
Figura 13 – Esquema do Sistema de Ignição – Sem Distribuidor - Motor de 4 Cilindros .....	30
Figura 14 – Bobina de Ignição Saída Dupla – Motor 4 Cilindros.....	30
Figura 15 – Esquema do Sistema de Ignição – Sem Distribuidor - COP.....	31
Figura 16 – Bobina de Ignição – Tipo COP .....	32
Figura 17 – Geração do Sinal Elétrico.....	33
Figura 18 – Circuito Amplificador de Sinal .....	34
Figura 19 – Relé de Proteção da Bobina de Ignição.....	34
Figura 20 – Geração do Pulso de Chaveamento.....	35
Figura 21 – Bobina de Ignição Chaveada.....	36
Figura 22 – Placa de Circuito Impresso – Lado dos Componentes.....	36
Figura 23 – Trilhas Vistas do Lado dos Componentes.....	37
Figura 24 – Trilhas Vistas do Lado do Cobre .....	37
Figura 25 – Experimento Finalizado .....	38

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AWG – American Wire Gauge  
DME – Departamento de Engenharia Mecânica  
CDI – Capacitor Discharge Ignition  
SIC – Sistema de Ignição Convencional  
PMI – Ponto Morto Inferior  
PMS – Ponto Morto Superior  
SRC – Silicon Controlled Rectifier  
COP – Coil On Plug  
IGBT – Isolated Gate Bipolar Transistor  
CAD – Computer Aided Design

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1 OBJETIVOS .....	13
1.2 METODOLOGIA .....	13
1.3 MOTIVAÇÃO DO TRABALHO .....	14
<b>2 SISTEMA DE IGNIÇÃO POR MAGNETO .....</b>	<b>16</b>
2.1 SISTEMA POR MAGNETO - BOBINA GERADORA DE TENSÃO E BOBINA DE FAÍSCA JUNTAS .....	16
2.2 SISTEMA MAGNETO - BOBINA GERADORA DE TENSÃO COM BOBINA DE FAÍSCA EXTERNA .....	19
<b>3 SISTEMA DE IGNIÇÃO CONVENCIONAL .....</b>	<b>22</b>
<b>4 SISTEMA DE IGNIÇÃO ELETRÔNICA.....</b>	<b>26</b>
4.1 SISTEMA DE IGNIÇÃO ELETRÔNICA – COM DISTRIBUIDOR – SENSOR INDUTIVO.....	26
4.2 SISTEMA DE IGNIÇÃO ELETRÔNICA - COM DISTRIBUIDOR - SENSOR POR EFEITO HALL.....	28
4.3 SISTEMA DE IGNIÇÃO ELETRÔNICA - SEM DISTRIBUIDOR – BOBINA DE SAÍDA DUPLA.....	28
4.4 SISTEMA DE IGNIÇÃO ELETRÔNICA - SEM DISTRIBUIDOR – BOBINA DE SAÍDA SIMPLES .....	31
<b>5 CIRCUITO ELETRÔNICO.....</b>	<b>33</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>39</b>
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>40</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>41</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos cem anos, existiram basicamente cinco sistemas de ignição: por chama piloto, por tubo quente, por magneto, por bateria e, mais recentemente, a ignição eletrônica. O sistema de ignição foi o que mais sofreu modificações ao longo das últimas décadas quando se fala em controle do funcionamento do motor.

Em uso desde o fim década de 1880, o sistema de ignição por chama piloto consistia na exposição de uma mistura ar/combustível a uma chama piloto através de um ou mais orifícios, o que se mostrou muito perigoso. Já a ignição por tubo quente, apesar de uma evolução, se mostrou muito frágil, com um comportamento irregular e sujeito a falhas.

O sistema de ignição é um conjunto elétrico, mecânico e magnético com um único objetivo:

- Fazer com que seja dada uma faísca numa determinada vela do motor num determinado instante.

O sistema de ignição surgiu por volta de 1900 com o nascimento do automóvel. Inicialmente, o sistema de ignição era por **Magneto**. No entanto, este sistema existe até recentemente sendo utilizado em muitos motores, tais como: motores estacionários, motores de aviões à pistão, motores de barco, de moto serras, entre outros.

Em seguida aparece o Sistema de Ignição Convencional, onde basicamente se substituiu o imã pela bateria. Mas isto não significa que esse sistema substitui aquele do tipo Magneto, como ocorre no caso dos motores de avião.

Depois, no Brasil, por volta de 1979, apareceu o Sistema de Ignição Eletrônica, junto com o motor a álcool. Basicamente, o que houve foi a substituição do platinado por um circuito eletrônico. O sistema de Ignição Eletrônica teve 2 fases:

- a) De ±1989 a ±1992 – Sistema de Ignição Eletrônica com gerador de sinal por indução;
- b) De ±1992 a ±1998 – Sistema de Ignição Eletrônica com gerador de sinal pelo Efeito Hall.
- c) De ±1998 até hoje – Sistema de Ignição Eletrônica com gerador de sinal por indução

Onde todos os automóveis em fabricação, usam o sistema de ignição “sem distribuidor” (Distribuidor Less Ignition System).

Deve-se ainda lembrar que existe um sistema de ignição chamado CDI (Capacitor Discharge Ignition). Este sistema foi experimentado em automóveis há algum tempo atrás, mas não foi muito utilizado, pois não era muito eficiente. No entanto, o sistema CDI foi muito

utilizado em motores de motocicletas (praticamente todas em fabricação), em motores de barcos, motores de motosserra, entre outros.

O foco deste estudo concentra-se nos sistemas de ignição por bateria.

## 1.1 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho são:

- Pesquisar o sistema de ignição desde o início quando foi utilizado nos motores de combustão interna. Sistema utilizando magneto e sistemas utilizando bateria. Sistemas utilizando platinado e sistemas, como os atuais, sem platinado;
- Projetar uma bancada para demonstração de um sistema utilizado nos carros atuais que funcionam com sensores magnéticos e não com platinado, assim como não utilizam distribuidor, daí serem também chamados de sistema de ignição sem distribuidor ou de faísca perdida.

## 1.2 METODOLOGIA

Inicialmente será feita uma pesquisa bibliográfica nos livros, publicações e pesquisas na Internet de modo a catalogar diversos tipos de sistemas de ignição para a realização de um estudo teórico bastante abrangente da sua história e evolução. Em seguida foi realizado um estudo mais aprofundado sobre seu funcionamento, utilizando material prático, principalmente peças em corte, disponível no DME.

Numa outra etapa será realizado o pré-dimensionamento da bancada de teste do sistema de ignição utilizando os dados de projeto. Depois, pode-se iniciar desenho de conjunto seguido dos detalhes. Pode-se resumir a sequência amplamente utilizada em projeto mecânico, da seguinte forma:

- a) Estudo bibliográfico;
- b) Estudo tátil-visual;
- c) Pré-dimensionamento;
- d) Montagem da parte mecânica e usinagem necessárias
- e) Confeção do Circuito Impresso e Soldagem dos componentes;
- f) Montagem e testes.

Cada uma destas etapas de trabalho pode, então, ser melhor explicada:

- **Pesquisa bibliográfica:** desenvolvida com a finalidade de se obter o maior número de informações possíveis sobre este tipo de mecanismo. Através da literatura é possível entender o funcionamento dos mecanismos. Também foram realizadas visitas na biblioteca da UNESP, assim como sites da internet, com o objetivo de levantar a literatura existente sobre este tipo de equipamento.
- **Pesquisa tátil-visual:** onde vários mecanismos são desmontados para se estudar os tipos de usinagem, graus de acabamento das peças, mecanismos de funcionamento, materiais utilizados, tipos de conexões, etc. Esta etapa é importante, pois a utilização de informações sobre máquinas já existentes racionaliza o tempo e condiciona a confiabilidade de determinadas peças. Esta etapa, para este trabalho, foi realizada no laboratório da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – UNESP;
- **Pré-dimensionamento:** os primeiros cálculos são desenvolvidos utilizando os dados iniciais de projeto, ou seja, a parte alternativa e estrutural do circuito elétrico e componentes do sistema de ignição encontram-se disponível no campus de Guaratinguetá e que foi totalmente projetado e usinado neste campus;
- **Usinagem:** Nesta fase o desenho é iniciado utilizando-se os cálculos preliminares e as decisões sobre cada elemento de máquina a ser utilizado. Realiza-se os desenhos das peças que serão usinadas. Este processo é dinâmico e iterativo continuando até a finalização dos desenhos e a usinagem dos componentes;
- **Confecção do Circuito Impresso e Soldagem dos componentes: Montagem e testes:** Nesta etapa é então montado todo o conjunto do sistema de ignição na bancada de testes projetada e então serão realizados os testes.

### 1.3 MOTIVAÇÃO DO TRABALHO

A principal motivação para o este trabalho foi a ausência de uma tecnologia 100% nacional específica para desenvolvimento destes sistemas. Através de uma pesquisa verificou-se que existem muitas empresas que detém a tecnologia para a fabricação deste tipo de equipamento, tais como, Ford, GMC, Fiat, Volkswagen, Hyundai, Toyota, Honda, entre outras, sendo todas estas marcas da linha automotiva. Todos estes motores existem novos ou usados aqui no Brasil. E, produzidos por todas essas empresas são absorvidos pelo mercado mundial.



Uma contribuição esperada deste trabalho é a obtenção do conhecimento para a fabricação destes componentes do sistema de ignição com uma tecnologia totalmente brasileira e assim tornar o Brasil independente dos países que atualmente são fornecedores deste tipo de equipamento.

## 2 SISTEMA DE IGNIÇÃO POR MAGNETO

O sistema de ignição por magneto foi o primeiro sistema utilizado para gerar faíscas nos motores, e isto por volta de 1900. Este sistema substituiu a chama por uma centelha, pois desta forma, era permitido controlar a temporização da combustão, além de proporcionar maior leveza, ser mais seguro e ter maior durabilidade, por estes motivos, TODOS os motores de avião utilizam este sistema até hoje. Normalmente nos aviões, este sistema é separado do resto do circuito, por segurança.

Basicamente, este sistema é constituído pelos seguintes elementos:

- Um platinado;
- Um imã permanente, onde ficou popularmente conhecido como **magneto**, como mostrado na figura 1 e figura 2.
- Um capacitor;
- Uma bobina primária (fio grosso);
- Uma bobina secundária (fio fino);
- Um circuito magnético, isto é, material ferromagnético + entre ferro.

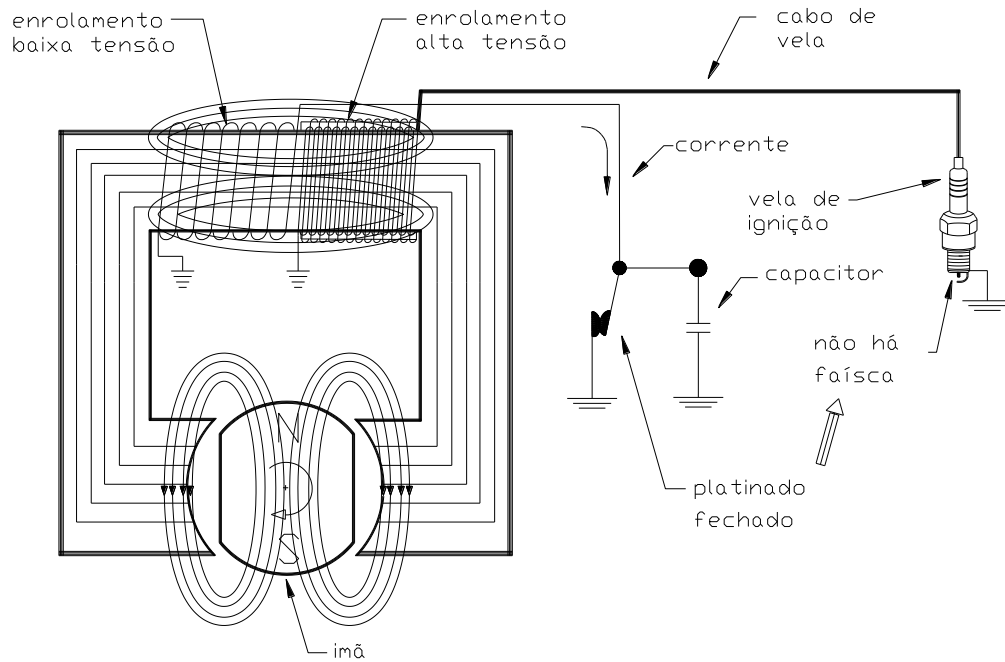
O sistema de ignição por magneto pode ser dividido em: sistema por magneto com bobina geradora coincidente com bobina primária e sistema com bobina geradora de tensão.

### 2.1 SISTEMA POR MAGNETO - BOBINA GERADORA DE TENSÃO E BOBINA DE FAÍSCA JUNTAS

Este sistema também é conhecido com sistema por magneto de alta tensão. Próximo do ano de 1902, Bosch introduziu um magneto de bobina dupla, com uma vela de ignição fixo, e o interruptor de contato fora do cilindro. Magnetos não são usados nos carros modernos, mas porque geram sua própria eletricidade, eles são comumente encontrados em motores de aeronaves com motor a pistão e motores pequenos, como os encontrados em ciclomotores, cortadores de grama, serras, etc., onde um sistema elétrico baseado em bateria não está presente por razão de necessidade, peso, custo e confiabilidade.

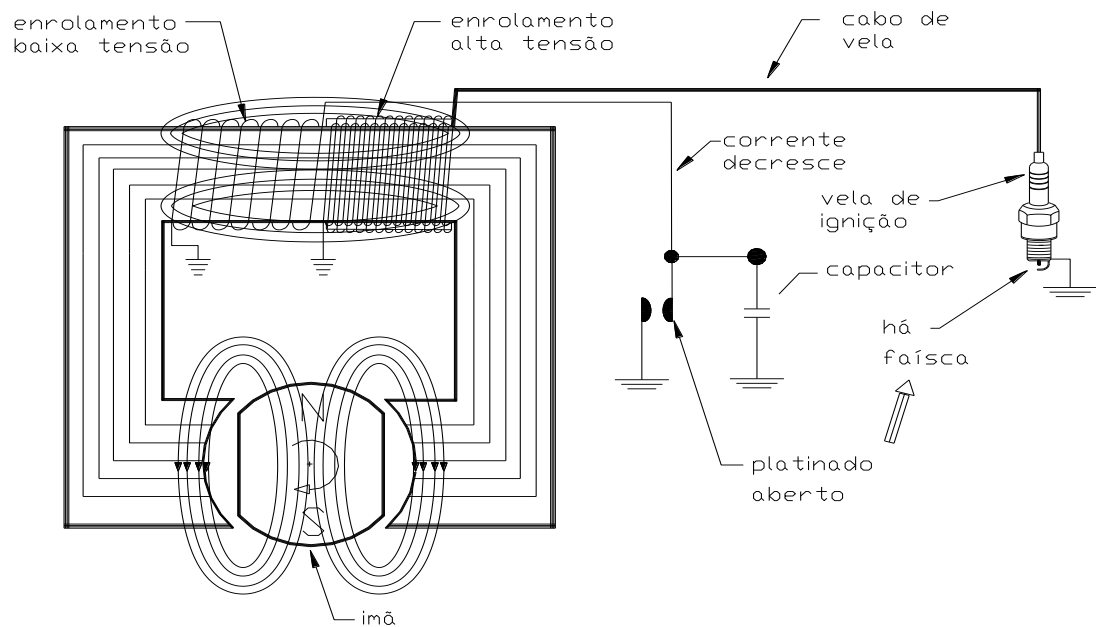
Este sistema foi o primeiro sistema usado e é utilizado até hoje. É um sistema muito compacto e seguro. Foi e é usado em motores de pequeno e grande porte, tais como: motores estacionários, motores de motos, motores de avião, entre outros.

Figura 1 – Sistema Magneto – Alta Tensão – Platinado Fechado



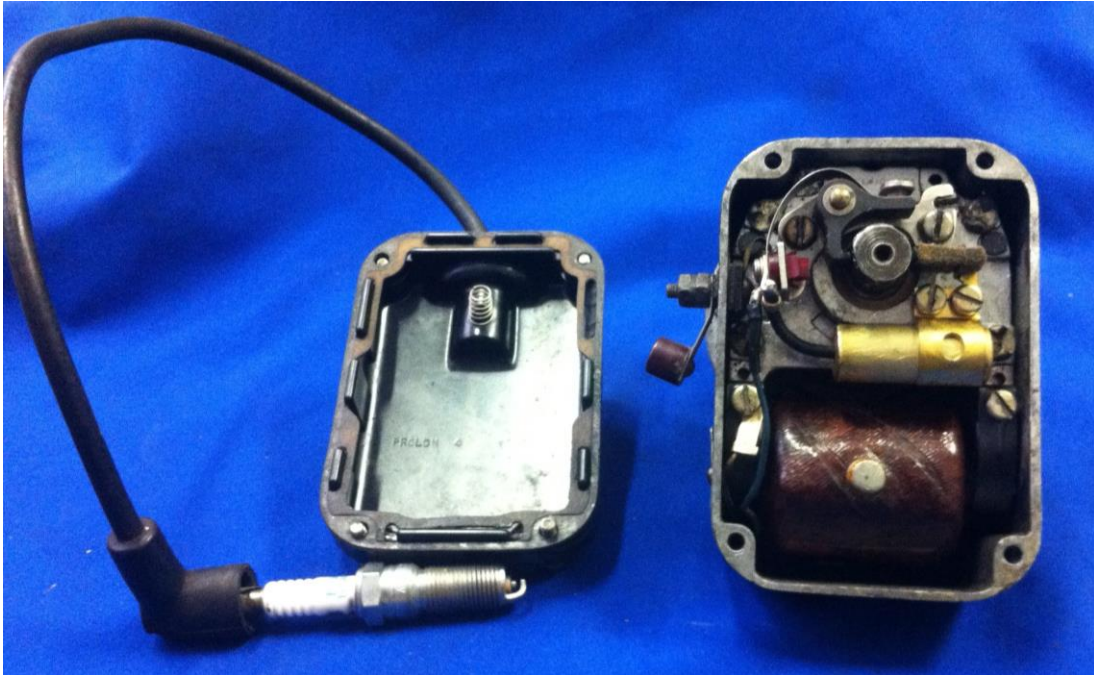
Fonte: Software de CAD.

Figura 2 - Sistema Magneto – Alta Tensão – Platinado Aberto



Fonte: Software de CAD.

Figura 3 – Foto de Sistema de Ignição – Magneto Alta Tensão



Fonte: Arquivo Pessoal

Conforme visualizado na figura 1, o funcionamento do sistema de ignição por magneto, ocorre da seguinte forma:

Quando o ímã gira na posição da figura 1, com os polos na horizontal, não há variação de campo magnético com o tempo, ou a variação é mínima, logo, a tensão induzida é zero ou muito pequena. Por outro lado, quando na posição da figura 2, a variação das linhas de campo magnético com o tempo é máxima. Então como o platinado está fechado, haverá uma corrente circulando no enrolamento primário (fio grosso), gerando um campo magnético que, por sua vez, estará também dentro do enrolamento secundário da bobina (fio fino).

No entanto, se o platinado for aberto, a corrente no primário diminuirá rapidamente, fazendo o campo magnético também variar. Nesse instante é induzida uma alta tensão no secundário que possui muitas voltas de fio fino (AWG  $\approx$  44); este fenômeno ocorre devido à Lei de Faraday. A figura 3 mostra a foto de um sistema de ignição por magneto de alta tensão.

Como consequência desta alta tensão, será gerada uma faísca, ou centelha, nos eletrodos da vela, que é o objetivo deste sistema.

O capacitor tem a mesma função que aquela do sistema de ignição convencional, isto é:

- Evitar o faiscamento no platinado;
- Fazer a corrente ou o campo variar mais rapidamente.

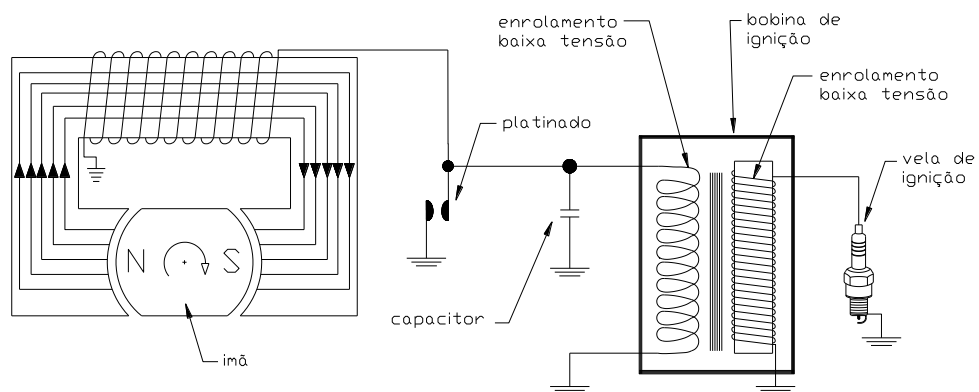
Existe uma variação construtiva deste magneto onde o imã permanente é colocado num volante e o material ferro magnético, as bobinas, platinado e capacitor ficam internamente a este volante.

## 2.2 SISTEMA MAGNETO - BOBINA GERADORA DE TENSÃO COM BOBINA DE FAÍSCA EXTERNA

Este sistema também é conhecido com sistema magneto de baixa tensão. É bem mais novo que o tipo visto anteriormente. Ele consiste de uma bobina geradora de tensão que alimenta o primário de uma bobina de ignição externa, na qual existe um enrolamento primário e um enrolamento secundário.

A bobina geradora de tensão funciona pela variação do campo magnético do imã permanente no circuito magnético, da mesma forma que acontece no magneto de alta tensão.

Figura 4 - Sistema Magneto – Baixa Tensão – Uma Vela



Fonte: Software de CAD.

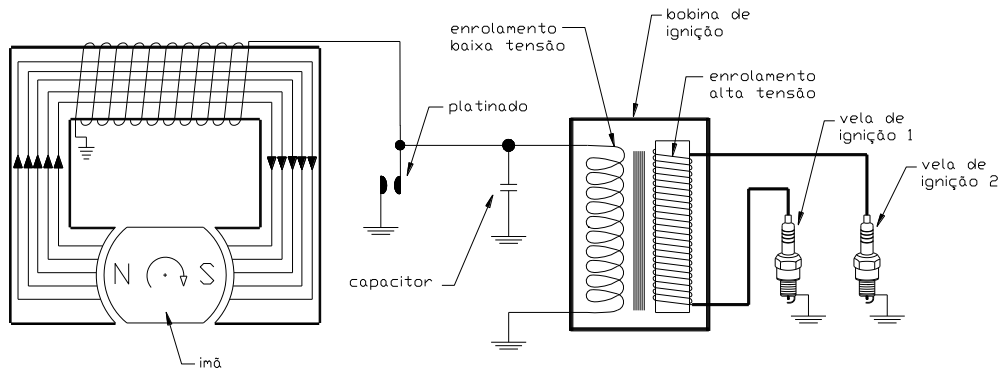
Este sistema se difere do anterior nos seguintes pontos:

No sistema anterior, o platinado abre, e a corrente na bobina de fio grosso decresce, gerando a alta tensão no fio fino. Neste sistema, quando o platinado abre, a corrente aparece no primário da “BOBINA DE IGNIÇÃO”, fazendo variar o campo magnético e induzindo no enrolamento secundário a alta tensão. Este fenômeno ocorre devido à Lei de Faraday, e assim, gera-se a faísca na vela.

Neste sistema, a bobina de ignição fica longe do circuito magnético, platinado, etc., como mostrado no esquema da figura 4.

Este sistema possui ainda uma variação de acordo com a bobina de ignição, a qual pode ter apenas um cabo de vela, isto é, uma saída de alta tensão, ou então, com dois cabos de vela com duas saídas de alta tensão, como mostrado na figura 5.

Figura 5 - Sistema Magneto – Baixa Tensão – Duas Velas



Fonte: Software de CAD.

Exemplos de sistema de ignição com magneto e bobina externa:

➤ Honda 125 antiga (1 Cilindro):

- 1 platinado colocado no eixo do virabrequim com 1 came;
- 1 bobina de saída simples.

➤ Honda 125 antiga (2 Cilindros com manivelas paralelas):

- 1 platinado colocado no eixo de comando com 2 comes a 180° para obter as duas faíscas;
- 1 bobina de saída dupla.

➤ Honda 350 antiga (2 Cilindros com manivelas opostas):

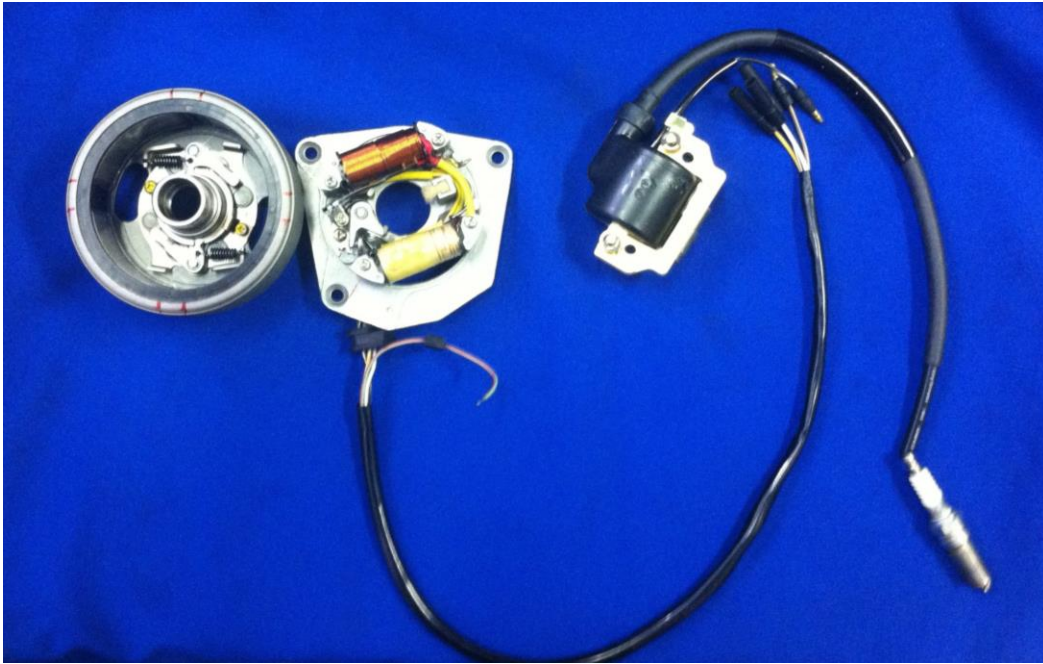
- 2 platinados colocados no eixo de comando a 90° com apenas 1 came;
- 2 bobinas com saída simples.

➤ Honda 500 Four antiga (4 cilindros em linha):

- 2 platinados colocados no eixo do virabrequim a 180° com 1 came;
- 2 bobinas de saída dupla.

A figura 6 mostra uma foto dos componentes de um sistema de ignição por magneto do tipo baixa tensão. No lado esquerdo está o volante com os ímãs permanentes; no centro está a bobina que gera a baixa tensão que irá alimentar o primário da bobina mostrada à direita. Acoplado ao cabo de alta tensão está fixada a vela.

Figura 6 – Foto de um Sistema Ignição – Magneto Baixa Tensão

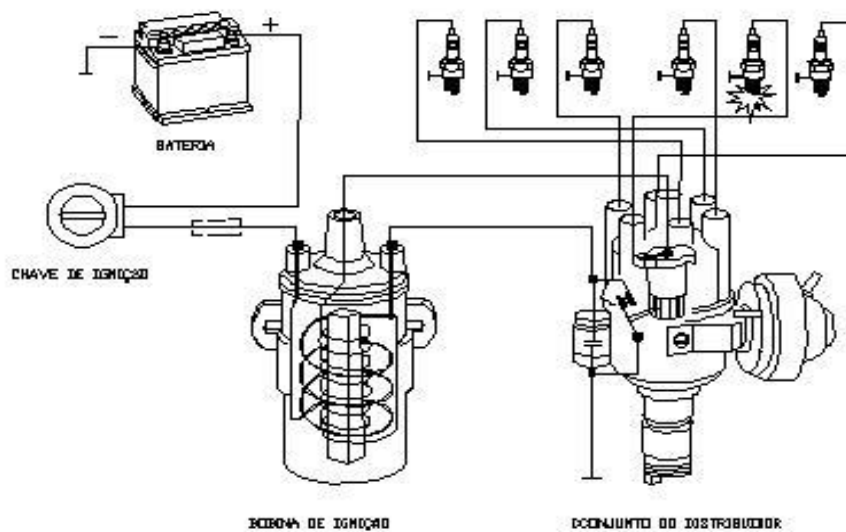


Fonte: Arquivo Pessoal

### 3 SISTEMA DE IGNIÇÃO CONVENCIONAL

Este sistema, apesar de praticamente não ser mais utilizado, ou melhor não mais fabricado, é composto pela bateria, chave de ignição, capacitor ou condensador, bobina de ignição, distribuidor, tampa do distribuidor, carcaça e eixo, mesa, avanço a vácuo, avanço centrífugo, cabos de alta tensão e velas de ignição, conforme ilustrado na figura 7.

Figura 7 - Sistema de Ignição Convencional



Fonte: Software de CAD.

A figura 8 mostra uma bobina de ignição comum usada no sistema de ignição convencional há muitos anos. Este tipo de bobina possui um circuito magnético aberto, o qual não é considerado um bom sistema.

Figura 8 - Bobina de Ignição – Tipo Cilíndrica – Circuito Magnético Aberto



Fonte: Arquivo Pessoal



Pode-se separar os componentes do SIC em componentes mecânicos puros e eletromecânicos, isto é, o avanço centrífugo e o avanço à vácuo, embora façam parte do SIC, são componentes mecânicos. Por outro lado, o rotor e o platinado, que também são componentes mecânicos, fazem parte do circuito elétrico.

Seu funcionamento se dá quando ocorre o fechamento do circuito através da chave de ignição; com o giro do motor que abre e fecha o platinado serão produzidas as faíscas nas velas. A corrente proveniente da bateria, que cresce com o tempo de forma exponencial, pois o circuito é indutivo, passa pelo enrolamento primário constituído de poucas voltas de fio grosso. Desta forma, cria-se um forte campo magnético ao redor do núcleo que, por sua vez, através da Lei de Faraday, gera uma alta tensão no enrolamento secundário (constituído de milhares de voltas de fio muito fino), mas que não é suficiente para fazer soltar uma faísca na vela e entre o rotor e a tampa.

A bobina de ignição, ilustrada na figura 8, assim como um transformador, só consegue operar com variação de corrente e como a tensão de uma bateria é contínua, ela não é apropriada para este dispositivo. Então, para que a corrente seja modificada e a bobina seja acionada somente nos instantes que se necessita de faísca, é então introduzido o **platinado**, localizado no distribuidor, que nada mais é do que um contato elétrico acionado pelo próprio eixo do motor, um eixo excêntrico, ou came, que com seu movimento, pode ligar e desligar a bobina primária gerando pulsos no enrolamento primário da bobina de ignição que resultam em pulsos de alta tensão no secundário e nas velas. No momento em que a corrente é cortada no enrolamento primário quando o platinado se abre, por consequência da Lei de Faraday, é induzida uma corrente de alta tensão no enrolamento secundário da bobina, gerando assim um impulso de alta tensão que é conduzida pelos cabos de alta tensão até a o distribuidor. Por sua vez, o contato móvel (rotor) do distribuidor que gira comandado pela própria ação do motor, distribui a alta tensão recebida convenientemente entre as velas, gerando assim a faísca na vela adequada na hora certa, conforme esquematizado na figura 7.

Com o capacitor, o decréscimo da corrente é mais rápido, fazendo com que a tensão no secundário seja maior. Portanto, o capacitor tem duas funções:

- **Evitar faiscamento no platinado;**
- **Aumentar a tensão no secundário.**

Na realidade, quando o platinado se abre, existe uma corrente oscilante no primário e uma tensão, também oscilante, no secundário.

Quando a faísca segue através do cabo da bobina, ela vai até o centro da tampa do distribuidor. Em seguida, ela passa para o rotor através de um contato de carbono. Depois, a corrente ioniza o ar entre a ponta do rotor e o pino da tampa, gerando uma faísca. Em seguida, a corrente, através do cabo de vela, vai para a vela, onde novamente ela ionizará a mistura ar/combustível fazendo aparecer uma faísca que dará início à combustão desta mistura.

### **Sobre a Faísca**

- Uma boa faísca deve ser espessa e azulada;
- Uma péssima faísca é muito pouca espessa e avermelhada.

### **Sobre o Rotor**

- O rotor gira com metade da rotação do virabrequim num motor quatro tempos;
- O rotor deverá sempre estar direcionado para um pino da tampa, o qual estará conectado ao cabo de vela correto, quando o platinado se abre.

### **Sobre os Cabos de Vela**

Devem ser colocados na ordem correta, isto é, de acordo com a Ordem de Ignição do motor.

### **Avanço da Faísca**

O avanço da faísca em um motor é necessário para que a combustão se complete quando o pistão comece a ir do Ponto Morto Superior (PMS) em direção ao Ponto Morto Inferior (PMI), no terceiro tempo. O avanço da faísca é sempre em relação ao PMS no final do segundo tempo. Sendo assim, se a faísca não avançar, a combustão terminará quando o pistão já estiver se deslocado bastante do PMS em direção ao PMI, fazendo com que a eficiência do motor diminua bastante, isto é, haverá perda de potência. Vale lembrar que, em hipótese alguma, a faísca deve ser dada após o PMS.

Deve-se lembrar que na câmara de combustão de um motor não ocorre uma explosão, mas uma combustão. Uma explosão é uma reação química de alta velocidade, da ordem de microsegundos, enquanto uma combustão tem velocidade bem menor, da ordem de milisegundos.

No SIC existem dois tipos de avanços:

- Avanço a vácuo;
- Avanço centrífugo.

### **Avanço a Vácuo**

Neste tipo de avanço, existe um diafragma onde um lado da membrana que está em contato com a atmosfera e o outro em contato com o Venturi do carburador. Este avanço funciona quando o motorista tira o pé do acelerador, fazendo com que, na região da “borboleta”, crie-se um grande vácuo. Este vácuo atua na membrana movimentando-a, fazendo com que ela puxe uma haste que está ligada ao centro desta membrana e a mesa do distribuidor.

O movimento da haste fará com que a mesa do distribuidor gire de um determinado ângulo; sendo assim, se a mesa girar, ela levará junto o platinado, fazendo com que a fibra do platinado vá de encontro ao came, avançando ao sistema.

A faísca avançará porque o platinado vai ter sua abertura antes daquela que normalmente aconteceria.

### **Avanço Centrífugo**

O avanço centrífugo aparece com o aumento da rotação do motor. O came e o eixo do distribuidor têm um pequeno movimento relativo de rotação entre eles. Existem duas molas helicoidais que mantêm os dois eixos fixos, um em relação ao outro quando elas estão com pouca tração ou quando permitem um pequeno deslocamento entre eles, ou quando a mola é tracionada. Esta mola fica tracionada quando as massas excêntricas são forçadas radialmente com o aumento a rotação.

Este pequeno deslocamento do came em relação ao eixo faz com que o came avance. Sendo assim, o avanço do came faz com que ele vá de encontro à fibra do platinado, abrindo o contato mais cedo.

## 4 SISTEMA DE IGNIÇÃO ELETRÔNICA

O Sistema de Ignição Eletrônica basicamente eliminou o platinado do circuito, substituindo este elemento por sensor de indução e por sensor de Efeito Hall. Este sistema também usa em seu circuito elementos semicondutores tais como: diodos, transistores, SRC, IGBT, etc.

No Brasil, o sistema de ignição eletrônica com seu sensor por indução, surgiu por volta de 1979 com o motor a álcool e durou até cerca de 1992. Foi então substituído pelo sistema que usava o sensor por Efeito Hall que, por sua vez, durou até aproximadamente 1998.

Em seguida, será analisado cada um destes dois tipos de sistemas acima referidos.

### 4.1 SISTEMA DE IGNIÇÃO ELETRÔNICA – COM DISTRIBUIDOR – SENSOR INDUTIVO

Este sistema possui basicamente um circuito eletrônico, acomodado numa caixa, uma bobina, um sensor de indução e os elementos do distribuidor. Possui também os dispositivos de avanço a vácuo e avanço centrífugo.

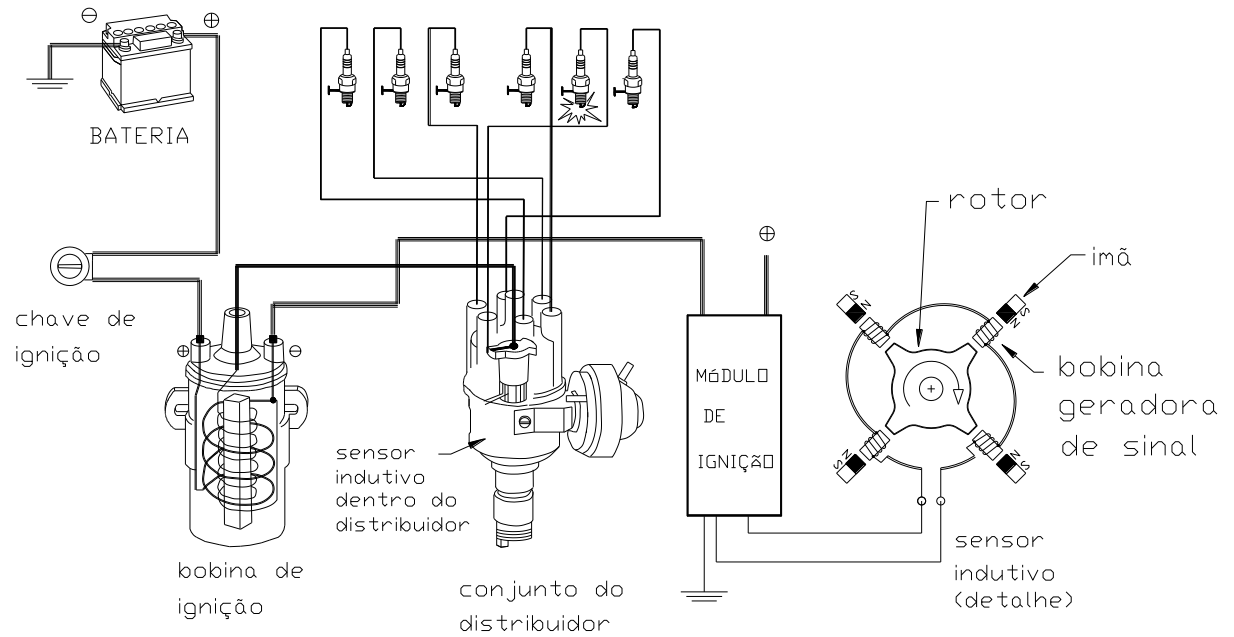
A faísca é dada quando uma tensão de disparo, proveniente da bobina que está dentro do distribuidor, faz com que o circuito eletrônico interrompa a corrente no primário da bobina, de modo análogo ao que acontece no SIC.

No distribuidor a tensão de disparo acontece quando o circuito magnético induz, devido à Lei de Faraday, esta tensão.

Este sensor indutivo é mostrado no lado direito da figura 9. Com mais detalhes, ele é constituído de um ímã permanente, de uma bobina cilíndrica, e duas peças ferromagnéticas com quatro braços igualmente espaçados. Uma dessas peças é fixa e a outra gira juntamente com o rotor. Todos esses elementos do sensor são colocados coaxialmente com o eixo do distribuidor.

Neste sistema, a bobina de ignição utilizada também é a mesma do sistema de ignição convencional. No entanto ela começou a sofrer alguma transformação, passando a não ser mais cilíndrica, mas um tipo semelhante aos transformadores usados na indústria eletrônica. A figura 10 mostra este tipo de bobina.

Figura 9 - Sistema de Ignição Eletrônica – Com Distribuidor - Sensor Indutivo



Fonte: Software de CAD.

Figura 10 - Bobina de Ignição - Tipo Transformador - Circuito Magnético Fechado

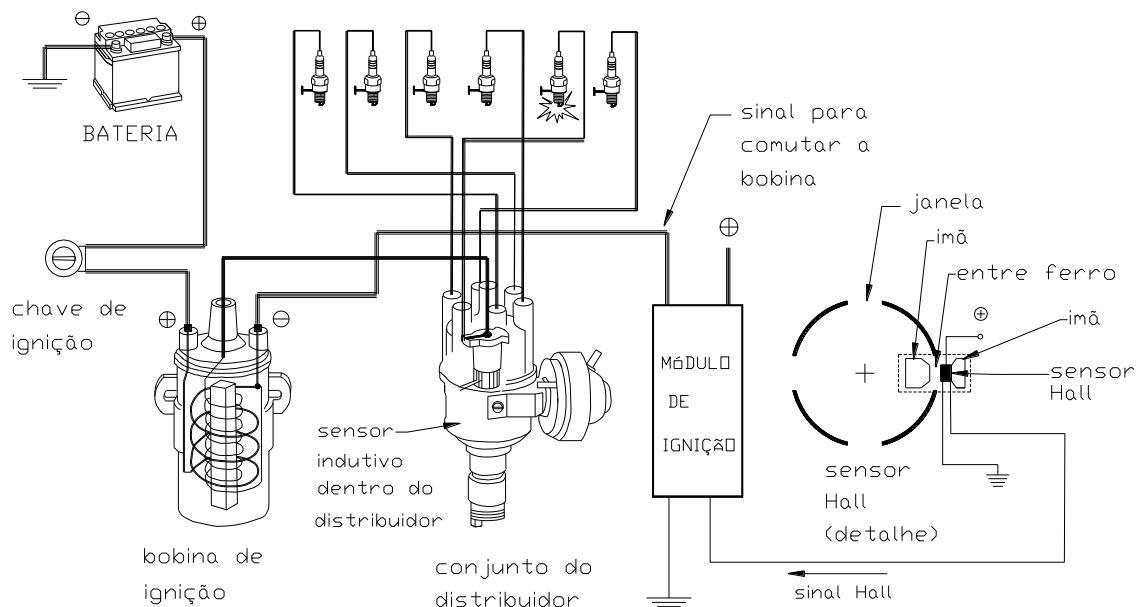


Fonte: Arquivo Pessoal

## 4.2 SISTEMA DE IGNIÇÃO ELETRÔNICA - COM DISTRIBUIDOR - SENSOR POR EFEITO HALL

Este sistema é análogo ao sistema com sensor por indução. A única diferença é, praticamente, no tipo de sensor. Observe que o sensor por indução tem apenas 2 terminais ao passo que o sensor Hall tem três. Na figura 11, o sensor Hall está esquematizado ao lado direito. Este sensor é composto de um ímã permanente, do entre ferro, do sensor propriamente dito e de uma peça ferromagnética cilíndrica em forma de um copo com janelas. São estas janelas que ao passarem pelo entre ferro geral o sinal Hall, o qual será injetado no módulo de ignição gerando um novo sinal para comutar a bobina de ignição.

Figura 11 – Ignição Eletrônica com Sensor Hall



Fonte: Software de CAD.

## 4.3 SISTEMA DE IGNIÇÃO ELETRÔNICA - SEM DISTRIBUIDOR – BOBINA DE SAÍDA DUPLA

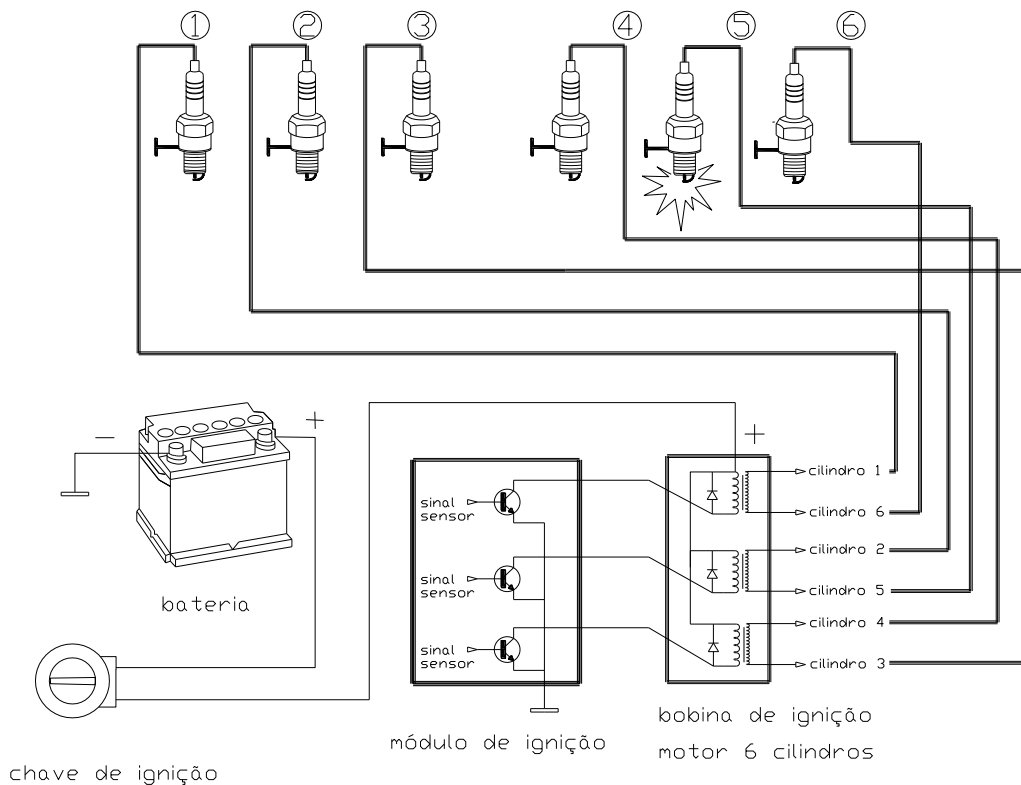
Este sistema, como o próprio nome indica, não possui distribuidor, mas também não possui o avanço à vácuo nem o avanço centrífugo, nem rotor, nem tampa do distribuidor, nem sensor Hall, nem platinado, nem sensor indutivo, nem cabo de bobina e nem capacitor, como visto nos sistemas anteriores. Também é conhecido com sistema de ignição de faísca perdida.

No entanto, o avanço a vácuo, o avanço centrífugo e os outros componentes estão embutidos na “central de comando”, a qual também controla o sistema de injeção.

Neste sistema, o tipo de bobina depende do número de cilindros e existe apenas uma ou mais bobinas de saída dupla se o número de cilindros for par. Entretanto as bobinas serão de saída simples quando o número de cilindros for ímpar.

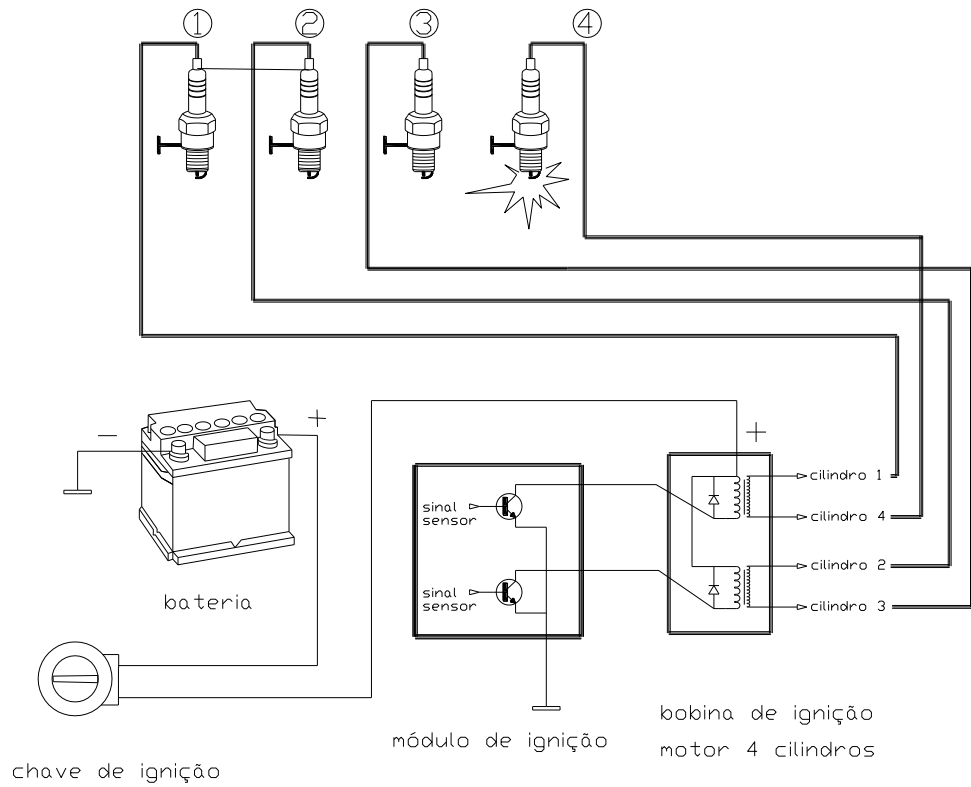
O sinal para o disparo da faísca vem da central de comando, a qual analisa as condições do motor naquele instante (rpm, tipo de mistura, temperatura, posição da “borboleta”, etc.). Normalmente, nestes motores, usando este tipo de sistema de ignição, existe apenas um sensor magnético de posição que, usualmente, é para a posição do cilindro número “1” e, a partir desta posição e das outras informações, é que se processa o sinal para a faísca ser dada. As bobinas de saída dupla são sempre ligadas aos cilindros que atingem o PMS ao mesmo tempo, como no caso dos motores com número par de cilindros. A figura 12 mostra um esquema deste tipo de ignição para um motor de quatro tempos com seis cilindros em linha. Na figura 13 o esquema é para um motor de quatro tempos e quatro cilindros em linha. E, a figura 14, é uma foto de uma bobina de saída dupla para um motor de quatro cilindros em linha.

Figura 12 - Esquema do Sistema de Ignição – Em Distribuidor - Motor de 6 Cilindros



Fonte: Software de CAD.

Figura 13 - Esquema do Sistema de Ignição – Sem Distribuidor - Motor de 4 Cilindros



Fonte: Software de CAD.

Figura 14 – Bobina de Ignição Saída Dupla – Motor 4 Cilindros



Fonte: Arquivo Pessoal



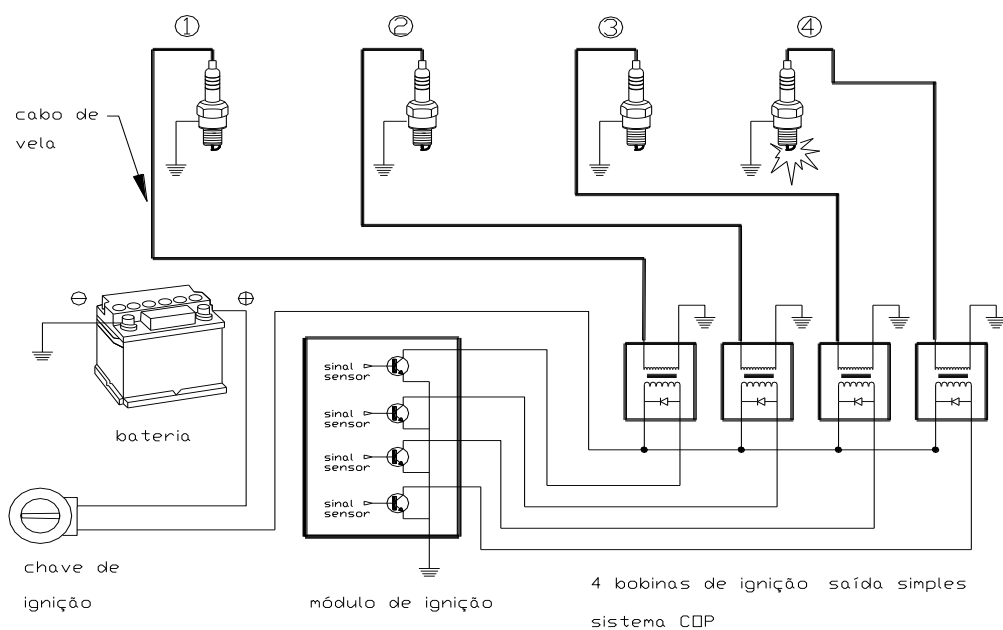
#### 4.4 SISTEMA DE IGNIÇÃO ELETRÔNICA - SEM DISTRIBUIDOR – BOBINA DE SAÍDA SIMPLES

Este sistema é o mais moderno existente até agora, 2015. Este também é um sistema sem distribuidor. No entanto não é um sistema com faísca perdida. Cada vela, no seu respectivo cilindro, é alimentada por uma bobina de saída simples. Apesar de ser útil para motores com número de cilindros ímpar, ele também vem sendo utilizado em motores com número par de cilindros, que parece ser uma tendência. Uma vantagem é que a bobina fica muito próximo da vela, não necessitando do cabo de vela, o qual normalmente tem uma distância relativamente grande entre vela e bobina. Este sistema é conhecido como COP, devido às iniciais de Coil On Plug utilizada em inglês. COP significa, ao pé da letra, bobina na vela. A figura 15 mostra um esquema deste tipo de ignição para um motor de quatro cilindros em linha.

Neste sistema os fios que alimentam cada bobina conduzem corrente de baixa tensão. Esta é uma vantagem em relação aos outros sistemas onde os cabos de alta tensão estão relativamente longe da vela, fazendo com que possa haver fugas ocasionando falhas no sistema. Também se uma bobina falhar as outras podem continuar funcionando levando a um sistema mais confiável.

A figura 16 mostra uma bobina do tipo COP.

Figura 15 – Esquema do Sistema de Ignição – Sem Distribuidor - COP



Fonte: Software de CAD.

Figura 16 – Bobina de Ignição – Tipo COP



Fonte: Arquivo Pessoal

Estes são os principais sistemas de ignição usados desde o início dos motores de combustão interna que começou com o magneto de alta tensão até o sistema com bobina individual COP.

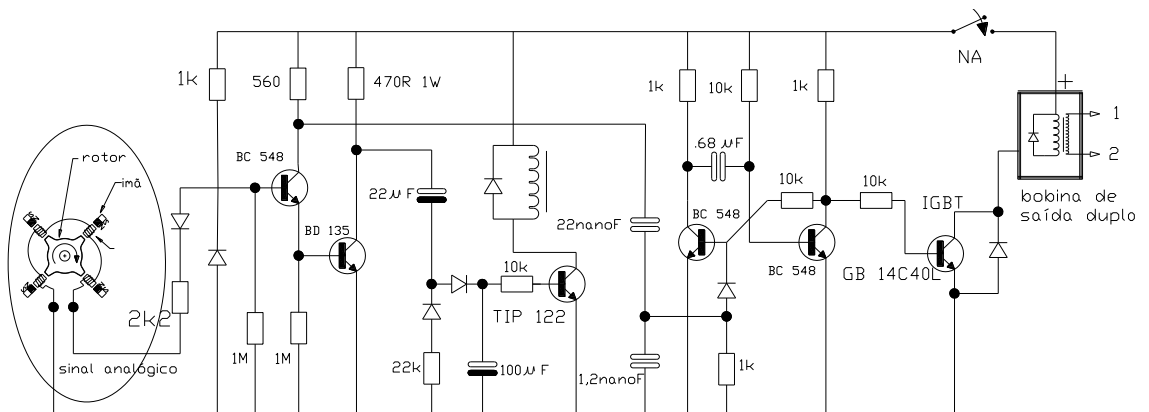
## 5 CIRCUITO ELETRÔNICO

O circuito eletrônico de um sistema de ignição tem como finalidade chavear a bobina de ignição. Este trabalho era feito pelo platinado no sistema de ignição convencional. O platinado era o comandante do instante em que a centelha deveria ocorrer. Ele era auxiliado pelo capacitor para executar esta tarefa e também, ao mesmo tempo, protegido, pois o capacitor evitava o desgaste prematuro dos contatos do platinado.

Por outro lado, no sistema eletrônico não existe mais o platinado. Quem faz a operação de chaveamento da bobina de ignição é um pulso elétrico que comanda um transistor. Este pulso pode ser obtido através de um sensor Hall ou de uma pequena bobina de indução.

No circuito desenvolvido neste trabalho existem cinco etapas bem definidas para que no final a bobina de ignição seja chaveada. A primeira etapa consiste na geração do sinal elétrico, ou um pulso, através de um sensor indutivo, o qual precisa apenas da energia mecânica que o aciona. Este sensor gera seu próprio sinal utilizando uma bobina, um ímã permanente e a lei de Faraday. Esta parte do circuito está mostrada em destaque na figura 17.

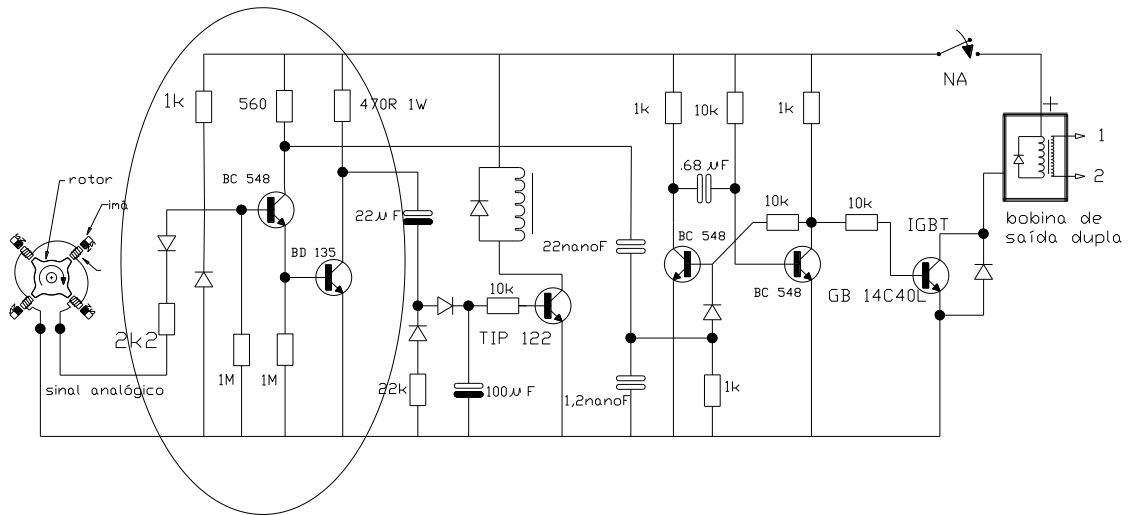
Figura 17 – Geração do Sinal Elétrico



Fonte: Software de CAD.

Em seguida este sinal é amplificado por dois transistores de baixa potência ao mesmo tempo que transforma o sinal analógico do sensor em um sinal digital, como mostrado na figura 18. Este sinal digital servirá para, através do circuito monoastável, chavear a bobina de ignição. Este sensor é acionado por um motor de corrente contínua de tensão variável. Isto permite que se analise o circuito utilizando um osciloscópio, a fim observar como o circuito se comporta de acordo para frequências variáveis.

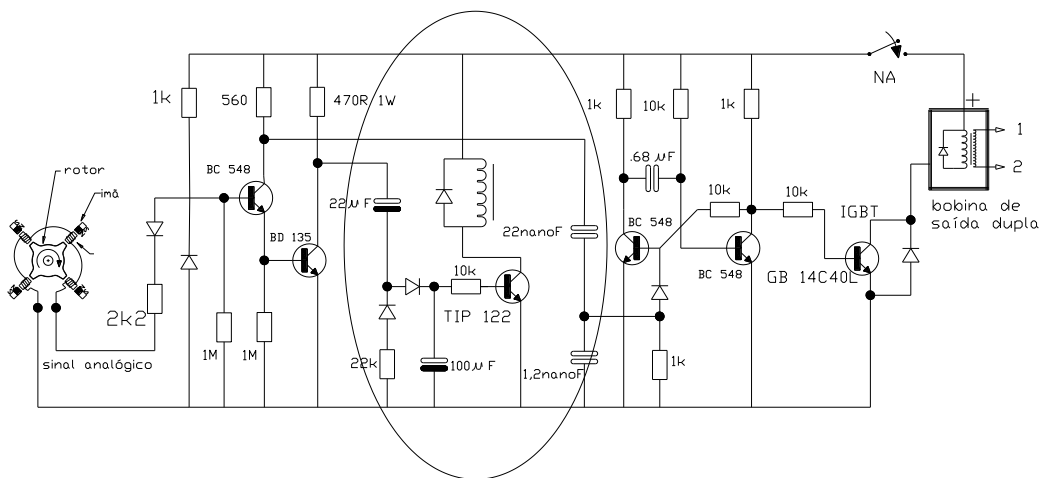
Figura 18 – Circuito Amplificador de Sinal



Fonte: Software de CAD.

Na terceira etapa, há um circuito que serve apenas para acionar um relé. Este, por sua vez, através de um contato normal aberto que, quando tiver energizada a sua bobina, fechará este contato que ligará a bobina de ignição ao terminal positivo do circuito. O relé é energizado somente depois de quatro ciclos. Este isolamento inicial da bobina serve para que ela não fique energizada se não for dada partida no veículo, porque se energizada continuamente, depois de pouco tempo o enrolamento primário poderá ser danificado por superaquecimento. Esta etapa do circuito é mostrada em destaque na figura 19.

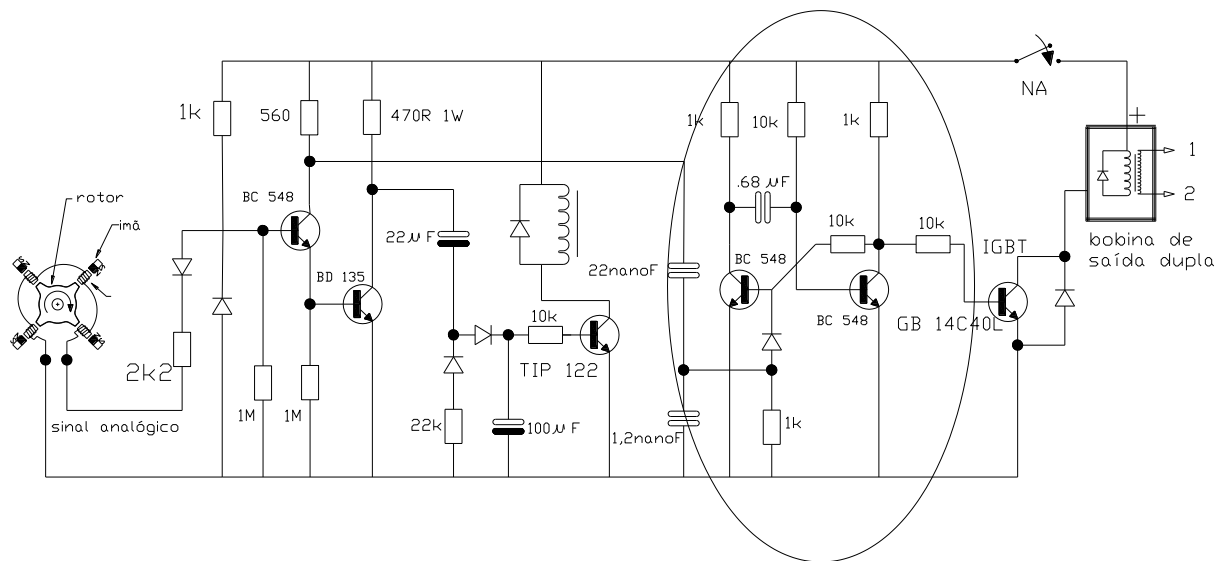
Figura 19 – Relé de Proteção da Bobina de Ignição



Fonte: Software de CAD.

A quarta etapa do circuito recebe o sinal digital da segunda etapa dando início a operação de chaveamento do transistor IGBT que acionará a bobina de ignição. Esta parte do circuito gera um pulso de aproximadamente 4 [ms] o qual é suficiente para energizar a bobina primária com um determinado campo magnético que será extinguido e gerará a alta tensão no secundário. Esta etapa é mostrada na elipse da figura 20.

Figura 20 – Geração do Pulso de Chaveamento



Fonte: Software de CAD.

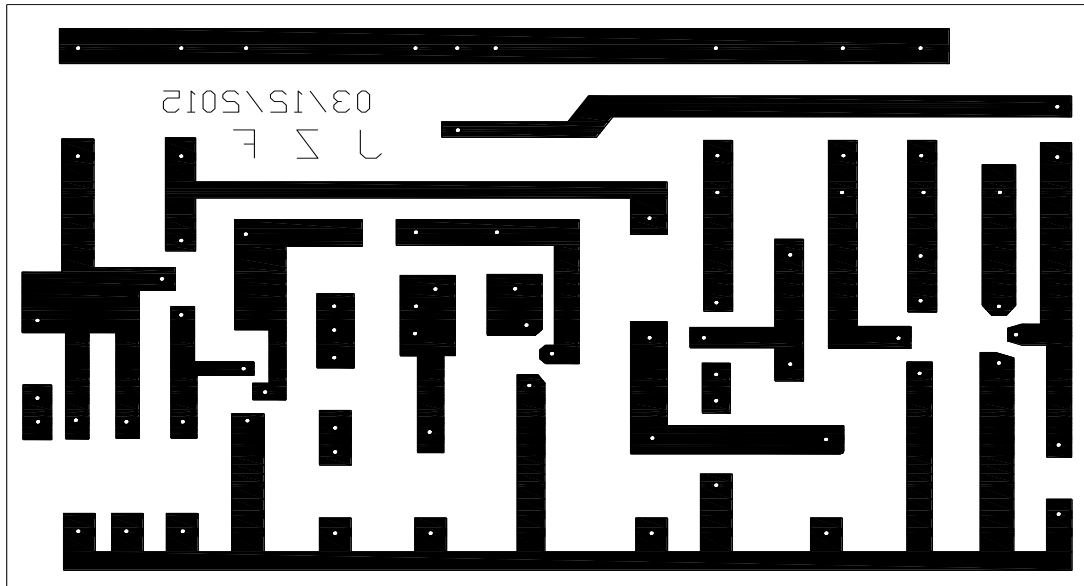
Na última etapa do circuito o transistor IGBT é chaveado ao receber o pulso da etapa anterior. Na realidade ele é ligado e 4 [ms] depois ele é desligado. Portanto a bobina de ignição também é ligada criando um campo magnético no circuito primário e ao ser desligada é gerada a alta tensão nos cabos das velas. Deve-se observar que haverá duas faíscas, conforme proposta deste trabalho, uma em cada vela ao mesmo tempo. Neste instante uma faísca é aproveitada e a outra não. Por este motivo este sistema de ignição chama-se circuito de ignição de centelha, ou faísca, perdida. Esta última etapa é mostrada em destaque na figura 21.

Este circuito serve para acionar um motor de dois cilindros. Caso se desejar acionar um motor de quatro cilindros é necessário modificar para que duas bobinas sejam acionadas separadamente e sincronizadas com o movimento do motor. Isto é conseguido utilizando-se um circuito lógico para fazer este direcionamento com apenas uma fonte de pulso.



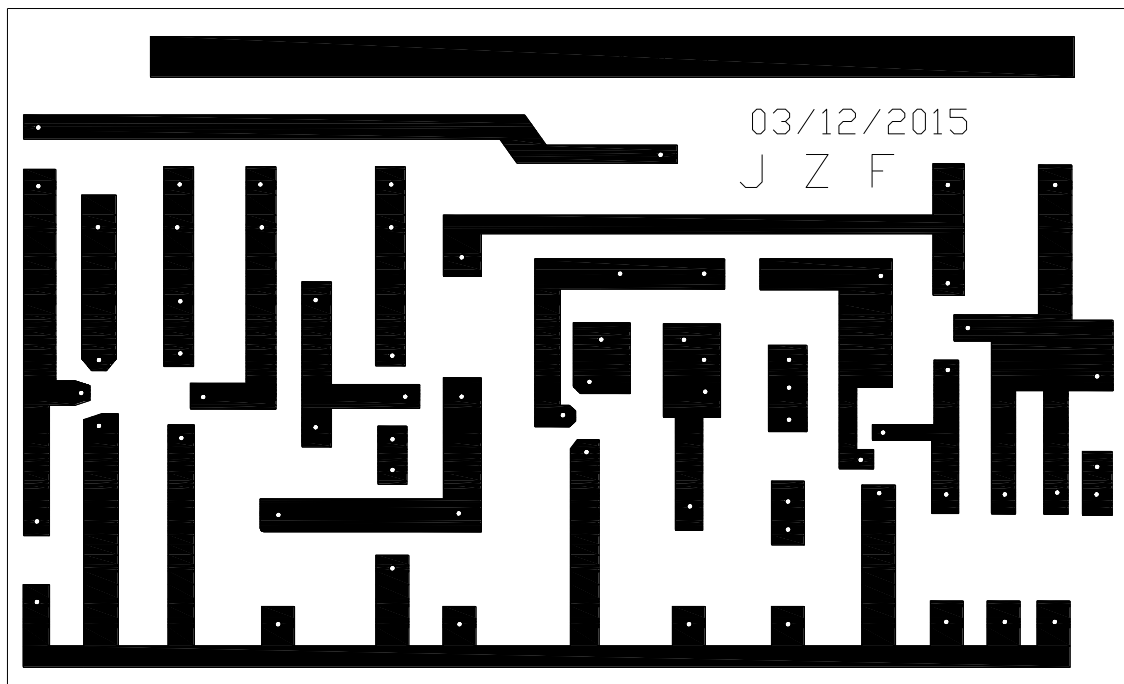
Por outro lado, as trilhas de cobre aparecem como se a placa de circuito impresso fosse transparente. A figura 23 mostra as trilhas vistas do lado dos componentes.

Figura 23 - Trilhas Vistas do Lado dos Componentes



Fonte: Software de CAD.

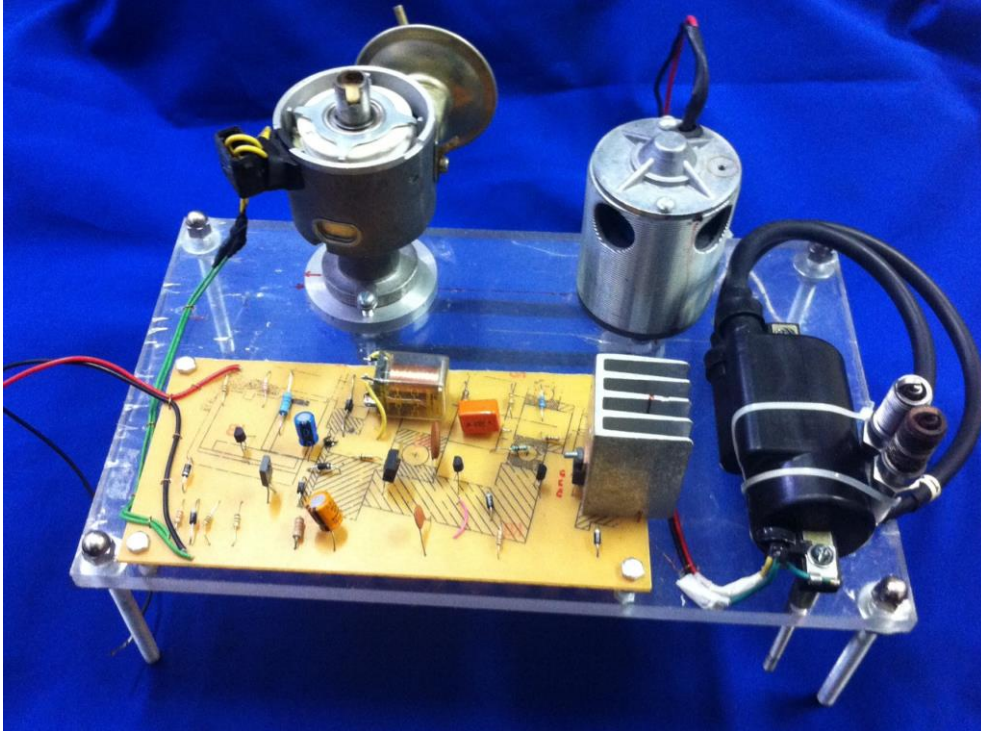
Figura 24 - Trilhas Vistas do Lado do Cobre



Fonte: Software de CAD.

Então quando se olhar do lado do cobre da placa de circuito impresso o que se vê são as trilhas em espelho em relação a figura 23. A figura 24 mostra as trilhas vistas do lado do cobre.

Figura 25 – Experimento Finalizado



Fonte: Arquivo Pessoal

A figura 25 mostra uma foto da bancada finalizada com todos os seus componentes, isto é, o motor DC, o módulo gerador do sinal de indução, a placa de circuito impresso e os seus componentes eletrônicos, a bobina de saída dupla e as duas velas de ignição.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram analisados vários magnetos e circuitos de ignição testando os seus funcionamentos para melhor conhecê-los e entendê-los. Desta forma, o estudo tátil-visual de cada componente da bancada foi importante.

Uma grande oportunidade, com a elaboração deste trabalho, foi conhecer magnetos extremamente raros e antigos, magnetos tais como: Eisemann, um magneto americano que ainda utilizava imã permanente em forma de U; magneto feito pela International Harvester utilizado em motores monocilíndros que fizeram parte de muitas fazendas brasileiras ao acionar picadeiras de cana com a tradicional e característica cor vermelha; magneto fabricado pela American Bosch e utilizado em pequenos tratores Caterpillar; magneto Bendix, um tipo mais moderno, aplicado em motores Continental e Lycoming, de 4 cilindros opostos, de pequenos aviões; magneto que não foi possível identificar o fabricante e utilizado em um motor monocilíndrico inglês da marca Browett; magneto utilizado em motores monocilíndricos da marca Briggs Straton; magnetos de pequenos motores monocilíndricos de moto-serras; magneto Fairbanks Morse para motor de 2 cilindros; e, finalmente um magneto de construção alemã utilizado em um motor de 6 cilindros. Todos estes magnetos, deve-se enfatizar, são magnetos do tipo de alta tensão, isto é, a bobina geradora de energia para o sistema e a bobina de alta tensão são dispostas no mesmo circuito magnético.

Por outro lado, foi possível conhecer apenas alguns magnetos de baixa tensão, isto é, com bobina geradora de faísca longe da geração da energia elétrica para o sistema. Estes magnetos estudados foram aqueles das motos Honda e Yamaha.

Sendo assim, conhecimentos importantes sobre a sua regulagem dos sistemas de ignição foram adquiridos. Os circuitos convencional e eletrônico também foram estudados e testados visando um bom conhecimento teórico e prático. Este conhecimento, assim adquirido, serviu para que se pudesse escrever sobre o assunto. Serviu também para implementar os desenhos esquemáticos utilizando CAD.

Finalmente, ficou muito evidente desse estudo que muitos motores de combustão interna ainda utilizam e vão continuar utilizando o sistema de ignição por magneto por muito tempo.

## **7 CONCLUSÃO**

Pode-se considerar que o objetivo desejado no início do trabalho foi alcançado com êxito, principalmente levando-se em consideração as dificuldades encontradas durante a sua realização. Como em todo trabalho de pesquisa, algumas idéias iniciais foram abandonadas ou reavaliadas, devido às restrições encontradas durante o desenvolvimento deste projeto.

Os resultados obtidos mostram que através deste trabalho mesmo os engenheiros com pouca experiência em projetos podem concluir esta pesquisa através da metodologia aplicada, uma vez que este assunto é pouco abordado na literatura.

## REFERÊNCIAS

- MEYER, F; GERHARD, A; et als. **Automotive electric/electronic systems**. Stuttgart, FDR, Robert Bosch Gmbh, 1988. 347p.
- BRUNETTI, F. **Motores de combustão interna**. São Paulo; Editora Edgar Blucher: 2012. 553p.
- ADAMS, H.W; et als. **Motor`s auto repair manual**. Nova York; Motor: 1962. 1149p.
- FANZERES, A. **Eletricidade e eletrônica no automóvel**. Rio de Janeiro; Editora Tecnoprint: 1985. 37p.