

**BRUNO ROBSON PINTO**

**Pesquisa, Projeto e Construção de um Sistema de Ignição por Magneto de Baixa  
Tensão**

Guaratinguetá - SP  
2016

BRUNO ROBSON PINTO

**Pesquisa, Projeto e Construção de um Sistema de Ignição por Magneto de Baixa Tensão**

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 - SP  
2016

P659p	<p>Pinto, Bruno Robson Pesquisa, projeto e construção de um sistema de ignição por magneto de baixa tensão / Bruno Robson Pinto – Guaratinguetá, 2016. 44 f : il. Bibliografia: f. 44</p> <p>Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016. Orientador: Prof. Dr. João Zangrandi Filho</p> <p>1. Sistemas de Ignição. 2. Magneto. I. Título</p> <p style="text-align: right;">CDU 621</p>
-------	---

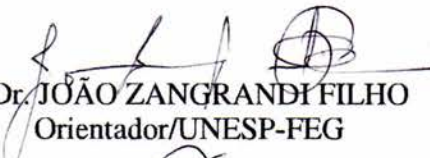
**BRUNO ROBSON PINTO**

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. JOSÉ ELIAS TOMAZINI  
UNESP-FEG

  
Prof. Dr. MARCELO SAMPAIO MARTINS  
UNESP-FEG

Novembro de 2016

## **DADOS CURRICULARES**

**BRUNO ROBSON PINTO**

**NASCIMENTO** 26.04.1990 – MOGI DAS CRUZES / SP

**FILIAÇÃO** Wilson Roberval Pinto  
Vera Lucia Vidal Pinto

**2012/2016** Curso de Graduação  
Engenharia Mecânica - Universidade Estadual Paulista

Dedico este trabalho, de modo especial,  
aos meus familiares, amigos e a todos os  
mestres que me ajudaram a conquistar  
essa vitória.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, fonte da vida e da graça. Por tudo que me deu e possibilitou a fazer e a ser.

Aos meus pais *Wilson Roberval Pinto e Vera Lucia Vidal Pinto* pelo incentivo, pelo carinho e pelo apoio para a realização desse sonho. Aos meus Familiares e amigos, os quais, juntamente com meus pais, foram construindo minha história com seus momentos felizes e tristes que me ajudaram a enfrentar os desafios e moldaram a pessoa que me tornei.

A todos os professores que passaram pela minha vida, por terem me ensinado a raciocinar, terem despertado a vontade de aprender e por terem me passado o conhecimento que norteou a minha vida acadêmica.

Agradeço aos professores *Dr. João Zangrandi Filho e Dr. José Alexandre Matelli*, por terem me orientado em minhas pesquisas acadêmicas, pelo incentivo e pela dedicação ao me passar conhecimento.

Aos colaboradores e funcionários das instituições por onde passei, os quais indiretamente me proporcionaram um ambiente harmonioso. E aos que me atenderam com dedicação e alegria.

“ Os únicos limites das nossas realizações de amanhã  
são as nossas dúvidas e hesitações de hoje. ”  
Franklin Roosevelt

PINTO, B. R. **Pesquisa, Projeto e Construção de um Sistema de Ignição por Magneto de Baixa Tensão**. 2016. 44f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

## RESUMO

O presente trabalho visa estudar os sistemas de ignição desde sua invenção até os sistemas atuais. Neste trabalho se expõe a diferença entre o sistema de ignição por magneto com imã fixo e com imã rotativo. São apresentadas fotos de sistemas de ignição antigos para ilustrar a evolução. O estudo passa também pelos sistemas de ignição por bateria apresentando as diferenças e evoluções que ocorreram neste sistema até os dias de hoje. Para realizar a explicação de tais sistemas utilizou-se esquemas produzidos em software de CAD. Além do estudo dos sistemas de ignição, o objetivo prático deste trabalho é a construção de uma bancada com sistema de ignição por magneto de baixa tensão. Para isso foi utilizado o magneto da motocicleta Honda de 125cc montado em uma estrutura projetada e usinada no campus de Guaratinguetá da UNESP. O acionamento rotativo do magneto é realizado por um motor de indução trifásico que é alimentado por um inversor trifásico. O acoplamento entre o motor e o magneto é feito através de uma correia. Esta bancada foi idealizada para que fosse possível realizar um estudo com mais detalhes sobre questões do magneto que não são encontradas na literatura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistemas de ignição. Magneto. Baixa tensão.

PINTO, B. R. **Research, project and production of an ignition system of magneto of low voltage.** 2016. 44f. Undergraduate Work (Undergraduate in Mechanical Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

### **ABSTRACT**

The present work will study the ignition systems from its invention to the nowadays systems. This work also explains the difference between the magnet ignition system with fixed magnet and rotating magnet. To illustrate the evolution of ignition systems it was used some pictures of old systems. The study also goes through the battery ignition systems presenting the differences and evolutions that have occurred in this system until today. To make an explanation of such systems, we use schemas produced in CAD software. In addition to the study of ignition systems, the practical objective of this work is the construction of a bench with a low-tension magneto ignition system. In this way a structure designed and manufactured in the campus of UNESP - GUARATINGUETÁ, is mounted the magneto of the ignition system, which belongs to motorcycle Honda de 125cc. The rotary drive of the magnet was carried by a three-phase induction motor, which is powered by a three-phase inverter. The coupling between the motor and the magneto was accomplished by a belt. A more detailed study about low-tension magneto ignition systems, which are not found in the literature, will be possible with a bench that was designed in the present work.

**KEYWORDS:** Ignition system. Magnto. Low voltage.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de sistema de ignição por magneto com imã fixo.....	17
Figura 2 - Magneto com bobinas, capacitor e platinado rotativos.....	17
Figura 3 - Magneto com bobina de baixa tensão rotativa.....	18
Figura 4 - Magneto com parte ferromagnética rotativa.....	19
Figura 5 - Foto magneto de alta tensão Eisemann.....	19
Figura 6 - Magneto com movimento alternativo.....	20
Figura 7 - Sistema magneto - alta tensão - platinado fechado - tensão zero.....	22
Figura 8 - Sistema magneto - alta tensão - platinado fechado.....	23
Figura 9 - Sistema magneto - alta tensão - platinado aberto - faísca na vela.....	23
Figura 10 - Foto de magneto de alta tensão - monocilindro.....	24
Figura 11 - Sistema magneto - alta tensão - com distribuidor.....	25
Figura 12 - Foto de magneto de alta tensão - motor dois cilindros.....	25
Figura 13 - Foto de magneto de alta tensão - motor quatro cilindros.....	26
Figura 14 - Sistema magneto - imã rotativo - baixa tensão - não há faísca.....	27
Figura 15 - Sistema magneto - imã rotativo - baixa tensão.....	27
Figura 16 - Sistema magneto - imã rotativo - baixa tensão.....	28
Figura 17 - Sistema magneto - imã rotativo - baixa tensão – duas velas.....	29
Figura 18 - Foto de sistema ignição - imã rotativo - magneto baixa tensão.....	29
Figura 19 - Sistema de ignição por bateria - platinado.....	30
Figura 20 - Bobina de ignição - tipo cilíndrica - circuito magnético aberto.....	30
Figura 21 - Sistema de ignição eletrônica - com distribuidor - sensor indutivo.....	32
Figura 22 - Bobina de ignição - tipo transformador - circuito magnético fechado.....	33
Figura 23 - Ignição com sensor Hall.....	34
Figura 24 - Esquema do sistema de ignição - em distribuidor - motor de 6 cilindros.....	35
Figura 25 - Esquema do sistema de ignição - sem distribuidor - motor de 4 cilindros.....	35
Figura 26 - Bobina de ignição saída dupla - motor 4 e 6 cilindros.....	36
Figura 27 - Esquema do sistema de ignição - sem distribuidor - COP.....	37
Figura 28 - Bobina de ignição - tipo COP.....	37
Figura 29 - Desenho da estrutura mecânica do magneto.....	39
Figura 30 - Foto da bancada do magneto de baixa tensão.....	40
Figura 31 - Desenho do eixo com os rolamentos fixados.....	40
Figura 32 - Desenho da carcaça com o rolamento fixado.....	41
Figura 33 – Desenho da polia acoplada ao conjunto eixo/carcaça.....	41

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AWG	American Wire Gauge
DME	Departamento de Engenharia Mecânica
CDI	Capacitor Discharge Ignition
SIC	Sistema de Ignição Convencional
PMS	Ponto Morto Superior
SRC	Silicon Controlled Rectifier
COP	Coil On Plug
IGBT	Isolated Gate Bipolar Transistor
CAD	Computer Aided Design
FEG	Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá
UNESP	Universidade Estadual Paulista

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1	OBJETIVOS .....	13
1.2	METODOLOGIA.....	13
1.3	MOTIVAÇÃO DO TRABALHO .....	14
<b>2</b>	<b>EVOLUÇÃO DO SISTEMA DE IGNIÇÃO .....</b>	<b>16</b>
2.1	SISTEMA DE IGNIÇÃO POR MAGNETO - IMÃ FIXO.....	16
2.2	SISTEMA DE IGNIÇÃO POR MAGNETO - IMÃ ROTATIVO - ALTA TENSÃO .....	21
2.3	SISTEMA DE IGNIÇÃO POR MAGNETO - IMÃ ROTATIVO - BAIXA TENSÃO .....	26
2.4	SISTEMA DE IGNIÇÃO POR BATERIA - DISTRIBUIDOR - PLATINADO .....	30
2.5	SISTEMA DE IGNIÇÃO POR BATERIA - DISTRIBUIDOR - ELETRÔNICO -SENSOR INDUTIVO.....	31
2.6	SISTEMA DE IGNIÇÃO POR BATERIA - DISTRIBUIDOR - ELETRÔNICO - SENSOR HALL.....	33
2.7	SISTEMA DE IGNIÇÃO POR BATERIA - SEM DISTRIBUIDOR - ELETRÔNICO .....	34
2.8	SISTEMA DE IGNIÇÃO POR BATERIA - SEM DISTRIBUIDOR - BOBINA DE SAÍDA SIMPLES .....	36
<b>3</b>	<b>PARTE EXPERIMENTAL .....</b>	<b>38</b>
3.1	O QUE FAZ A BANCADA.....	38
3.2	APLICAÇÕES DA BANCADA.....	38
3.3	PROJETO MECÂNICO DA BANCADA COM MAGNETO DE BAIXA TENSÃO .....	38
3.4	MONTAGEM DO MAGNETO NA CARÇAÇA.....	40
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>42</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>43</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema de ignição, desde a sua criação, passou por diversas modificações com o passar do tempo, e assim existem praticamente cinco sistemas diferentes: por chama piloto, por tubo quente, por magneto, por bateria e, atualmente, a ignição eletrônica. Este sistema foi um dos que mais sofreram alterações ao longo das últimas décadas quando se trata de controle do funcionamento do motor (OLIVEIRA, 2015).

Otto e Langen criaram o motor atmosférico por volta de 1882, o qual utilizava a ignição por chama piloto, que funcionava a 3 tempos sem compressão. O sistema consistia em um maçarico que ficava posicionado no lado externo do cilindro e era mantido aceso enquanto o motor funcionava. Uma válvula de correr, por um breve momento, permitia a aspiração da chama para o cilindro e assim ocorria a combustão (ROSTAND, 2015).

Como o ciclo Otto evoluiu e passou a ter a fase de compressão não era possível ter uma válvula de correr para absorver a chama, pois o cilindro era hermeticamente fechado para se manter a pressão no interior deste na fase de compressão da mistura ar/combustível. Assim, era necessário uma mudança na forma de ignição e com isso surgia a ignição por tubo quente. Nesse tipo de ignição um tubo se prolongava da câmara de compressão até o exterior e o tubo era aquecido por um maçarico. Com isso se transferia o calor ao invés da chama (ROSTAND, 2015). Mas essa evolução se mostrou frágil e estava sujeito a falhas.

O objetivo de um sistema de ignição é dar a faísca em um determinado cilindro no quando o mesmo atinge o ponto morto superior, para que ocorra a combustão. Esse sistema é um conjunto elétrico, magnético e mecânico (Di Lucci, 1941).

O sistema de ignição por **magneto** foi utilizado pela primeira vez por volta de 1900, e até os dias de hoje existem motores que usam este sistema como por exemplo: motoserras, motores aeronáuticos de pistão (com presença de distribuidor), cortadores de grama, etc. É um sistema que tem uma fonte geradora de energia, sendo assim é autosuficiente.

Em seguida, o Sistema de Ignição Convencional (SIC) surgiu e a principal diferença foi a substituição da fonte de energia onde o magneto foi trocado pela bateria. Assim o sistema deixou de ser autosuficiente, deixando de gerar a energia necessária para seu funcionamento. Mas o surgimento do SIC não excluiu o uso do sistema anterior.

Um novo sistema de ignição surgiu por volta de 1979, conhecido como Sistema de Ignição Eletrônica. Neste sistema houve a substituição do platinado, por um sistema eletrônico para cortar a corrente no enrolamento primário da bobina de ignição. Este sistema teve duas fases:

- a) Por volta de 1989 até 1992 - Sistema de Ignição Eletrônica com gerador de sinal por indução;
- b) No período de 1992 a 1998 - Sistema de Ignição Eletrônica com gerador de sinal pelo efeito Hall.
- c) De ±1998 até os dias de hoje - Sistema de Ignição Eletrônica com gerador de sinal por indução.

Atualmente todos os automóveis usam o sistema de ignição sem distribuidor. (*Distributor Less Ignition System*).

Vale lembrar que existe o sistema de ignição CDI (*Capacitor Discharge Ignition*). O CDI foi testado em automóveis, mas se demonstrou pouco eficiente. Este sistema foi mais utilizado em motocicletas, em motores de barcos, entre outros (MOTO HONDA DA AMAZÔNIA LTDA, n d).

No presente trabalho focaremos o sistema de ignição por magneto de baixa tensão.

## 1.1 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho são:

- Pesquisar o sistema de ignição desde quando foi criado para ser utilizado em motores de combustão interna, até os dias de hoje;
- Projetar uma bancada para demonstração de um sistema de ignição por magneto de baixa tensão para o Departamento de Engenharia Mecânica da UNESP.

## 1.2 METODOLOGIA

A princípio foi realizada uma pesquisa bibliográfica nos livros, artigos e sites da internet, a fim de listar os tipos de sistemas de ignição. Com os tipos definidos, realiza-se o estudo do funcionamento de cada sistema, que será auxiliado pela pesquisa tátil-visual de peças disponíveis no DME.

Logo após o levantamento de dados por pesquisa é realizado o pré-dimensionamento da bancada de demonstração de um sistema de ignição. E assim, inicia-se o desenho de conjunto e os detalhes necessários para construção. A sequência usual em um projeto mecânico é utilizada neste trabalho, e é apresentada a seguir:

- a) Estudo bibliográfico;
- b) Estudo tátil-visual;

- c)Pré-dimensionamento;
- d)Usinagem;
- e)Montagem da parte mecânica;
- f) Testes.

A seguir cada etapa é detalhada:

- **Estudo bibliográfico:** nesta etapa busca-se todas as informações possíveis sobre o sistema a ser projetado. Através de uma pesquisa detalhada foi possível entender o funcionamento para construir um projeto do sistema.
- **Estudo tátil-visual:** realiza-se visitas regulares ao laboratório de motores do DME da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá - UNESP para visualizar os detalhes dos componentes de cada sistema e analisar o mecanismo de funcionamento. Além disso, realiza-se uma busca de motos com o sistema de ignição por magneto de baixa tensão dentro do campus. A fim de visualizar o sistema instalado em uma motocicleta, e visualiza-se cada componente e sua posição na moto.
- **Pré-dimensionamento:** como o magneto disponível era de uma motocicleta Honda de 125cc, foi necessária construir uma carcaça e um eixo para instalar o magneto. Assim, essa etapa teve como base as informações obtidas através de medições realizadas no magneto. A partir dessas informações foram usinados um eixo e uma carcaça para o magneto dentro da faculdade, a partir de tarugos cilíndricos disponíveis no DME.
- **Usinagem:** o desenho é realizado a partir das medições e cálculos preliminares, em seguida através do posicionamento das peças no CAD ajusta-se as medidas para usinar-se as peças.
- **Montagem da parte mecânica:** após a usinagem monta-se os componentes do sistema e realiza-se as ligações elétricas necessárias.

### 1.3 MOTIVAÇÃO DO TRABALHO

Atualmente o país depende de tecnologia importada para fabricar esses componentes.

É importante a realização de trabalhos relacionados a estes assuntos para o desenvolvimento de tecnologia nacional.

O orientador pretende estudar mais sobre o assunto, através do uso do osciloscópio para obter mais detalhes sobre a corrente que vai para enrolamento primário da bobina de ignição do sistema de ignição por magneto de baixa tensão.

## 2 EVOLUÇÃO DO SISTEMA DE IGNIÇÃO

A seguir mostra-se um histórico da evolução do sistema de ignição e explica-se o funcionamento de cada sistema.

### 2.1 SISTEMA DE IGNIÇÃO POR MAGNETO - IMÃ FIXO

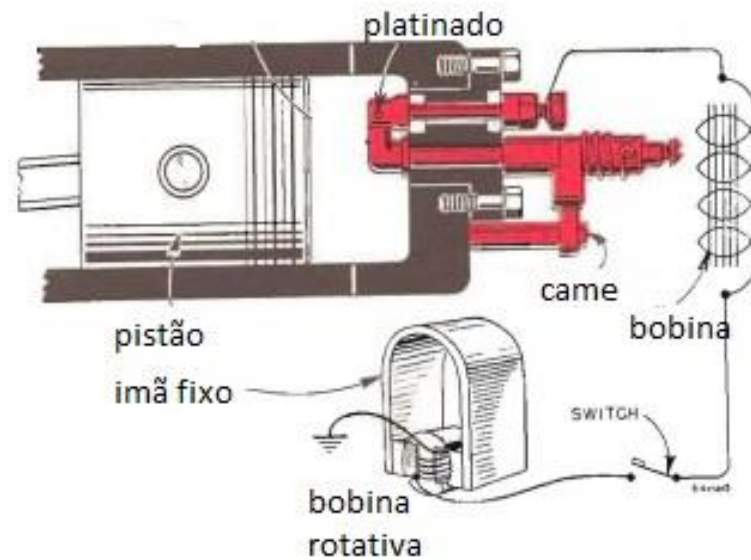
O sistema de ignição por magneto foi o primeiro conjunto elétrico, magnético e mecânico a substituir por faísca a chama e a transferência de calor por tubo quente, e isto em torno de 1890. A substituição da chama por centelha permitiu um maior controle sobre o tempo de início da combustão, o que resultou em um sistema mais seguro e com maior durabilidade. Normalmente em aviões esse sistema é separado dos demais, a fim de minimizar falhas, e assim aumentar a segurança (OLIVEIRA, 2015).

Quando um circuito elétrico em série, consistindo de uma fonte de tensão e uma bobina, é fechado ele conduz uma corrente elétrica. Se esse circuito for interrompido por uma chave, neste ponto do circuito ocorre uma faísca devido a auto-indução.

A fim de utilizar esta faísca para a ignição de uma mistura ar/combustível, a chave, ou platinado, desse circuito precisa ser colocado e operada dentro do cilindro. Para abrir e fechar este platinado várias formas foram utilizadas, sendo a mais comum uma barra que era colocada em uma bucha na cabeça do cilindro do motor que quando operada externamente por um came abria ou fechava o platinado dentro do cilindro, a Figura 1 ilustra o funcionamento desse tipo de sistema. Outro sistema usado para abrir e fechar o platinado era operado por um pino colocado na cabeça do pistão, o qual quando no fim de curso abria o platinado que depois era fechado por uma mola externa.

A fonte de tensão inicialmente era uma bateria que depois foi substituída por um magneto, onde uma bobina rotativa gerava a baixa tensão que alimentava o circuito (COLT INDUSTRIES, 1966).

Figura 1 - Esquema de sistema de ignição por magneto com imã fixo.

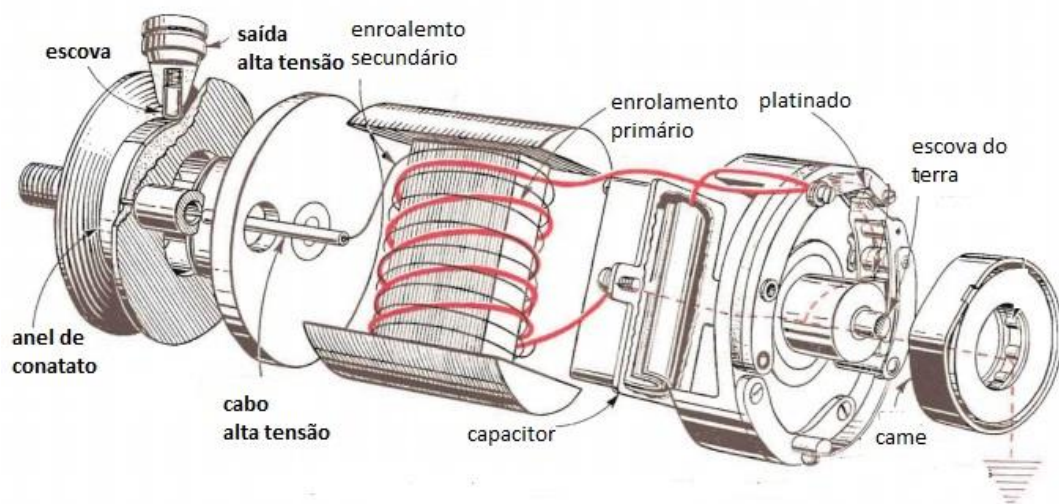


Fonte: Adaptado de (COLT INDUSTRIES, 1966).

O primeiro magneto de alta tensão era do tipo “shuttle-wound”. Na sua forma convencional consistia de um ímã permanente fixo na forma de U montado na parte estacionária e a parte rotativa consistia do enrolamento primário, enrolamento secundário, platinado e capacitor. Todas as conexões do circuito eram dentro da parte rotativa, exceto uma conexão da bobina de alta tensão que era transferida para o exterior por meio de um anel coletor e uma escova de carvão.

A principal desvantagem deste sistema, na época, era a complexidade da montagem da parte rotativa e as forças que elas eram sujeitas devido a rotação (Figura 2).

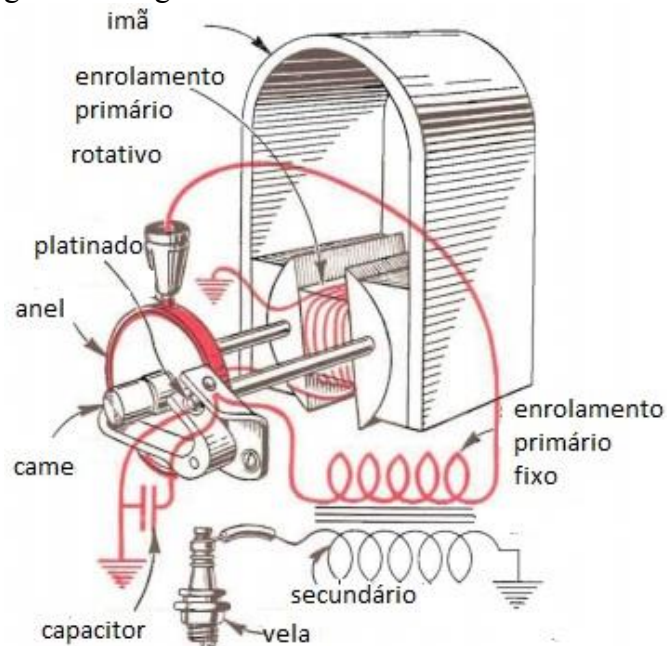
Figura 2 - Magneto com bobinas, capacitor e platinado rotativos.



Fonte: Adaptado de (COLT INDUSTRIES, 1966).

Uma variação deste sistema foi manter apenas uma bobina dentro da parte rotativa, com a finalidade de se obter uma fonte de baixa tensão, a qual era transferida para o meio exterior através de um anel coletor e escova de carvão. O platinado e o capacitor e um novo componente chamado bobina de ignição ficavam na carcaça do sistema. A bobina de ignição consistia de um enrolamento primário de fio grosso, ou enrolamento de baixa tensão, e de um enrolamento secundário, ou enrolamento de alta tensão, constituída de muitas voltas de fio fino (Figura 3). A tensão baixa da bobina rotativa alimentava a bobina de baixa tensão da bobina de ignição. Em um determinado instante o platinado se abria interrompendo a corrente no enrolamento primário que por sua vez variava o campo magnético no enrolamento secundário gerando uma alta tensão nos seus terminais. Um desses terminais era ligado a vela de ignição onde uma fâsca entre os eletrodos da vela ionizava a mistura ar/combustível dentro do cilindro (COLT INDUSTRIES, 1966).

Figura 3 - Magneto com bobina de baixa tensão rotativa.

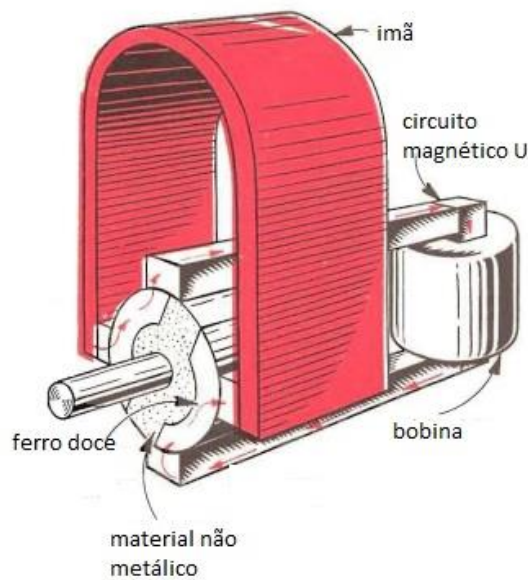


Fonte: Adaptado de (COLT INDUSTRIES, 1966).

Uma nova variação do sistema de ignição por magneto foi tirar a bobina geradora de baixa tensão da parte rotativa do aparelho. É importante observar que ainda se mantinha o ímã estático e na forma de U. Neste novo sistema um rotor de material ferromagnético girava entre os pólos do ímã e de um novo U, um circuito magnético, composto também de material ferromagnético como ilustra a Figura 4. Na realidade este rotor era composto de duas metades separadas por um material não ferromagnético. Quando os dois lados deste rotor

ficavam alinhados com os dois pólos do imã não havia linhas de campo magnético na peça em formato de U. No entanto, se o rotor girasse determinado ângulo haveria linhas de campo magnético passando pelo U, ao mesmo tempo que passavam no interior da bobina de ignição. Analisando o funcionamento com estas informações preliminares pode-se deduzir que um momento de máxima variação do campo magnético na peça em formato de U e, portanto, na bobina de ignição, ocorre quando as duas metades do rotor estão alinhadas com os pólos do imã. Um exemplo deste magneto é o magneto EISEMANN, foto na Figura 5.

Figura 4 - Magneto com parte ferromagnética rotativa.



Fonte: Adaptado de (COLT INDUSTRIES, 1966).

Figura 5 - Foto magneto de alta tensão Eisemann.

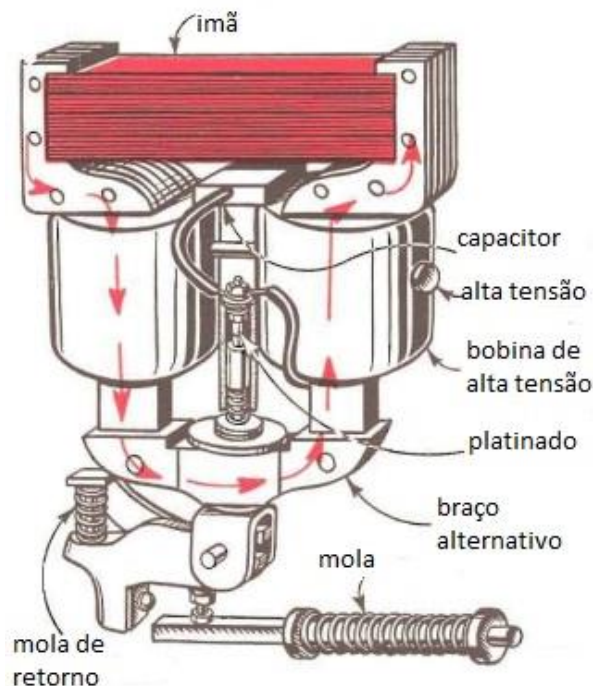


Fonte: Arquivo pessoal.

Um outro sistema de magneto de alta tensão é aquele que não possui partes rotativas (Figura 6). Existe um núcleo fixo em forma de U onde há uma bobina de baixa tensão em um dos braços paralelos e uma bobina de alta tensão no outro braço. No braço superior é alojado um ímã permanente. Na face oposta ao ímã fica alojado um outro braço que se movimenta de tal forma que se afasta ou aproxima dos braços paralelos das bobinas. Este movimento é realizado através de um mecanismo composto de um came e de um sistema de barras sincronizado com os movimentos do motor.

Quando a barra móvel está em contato com os braços das bobinas, existe um campo magnético estático e fechado no circuito magnético que é composto dos quatro lados do sistema, isto é, a estrutura em U mais o lado móvel. No entanto, quando a barra móvel é afastada, o campo magnético varia dentro das bobinas. Estando fechado o circuito da bobina de baixa tensão circulará uma corrente e formará um campo magnético nesta bobina. Um instante após abrirá o platinado com o afastamento do braço móvel, fazendo com que este campo magnético decresça e induza na bobina de alta tensão uma voltagem suficiente para gerar a faísca na vela. Um exemplo deste magneto é o magneto WICO EK (COLT INDUSTRIES, 1966).

Figura 6 - Magneto com movimento alternativo.



Fonte: Adaptado de (COLT INDUSTRIES, 1966).

Uma grande mudança no sistema de ignição por magneto aconteceu com a introdução do imã permanente rotativo neste sistema. Desta época em diante praticamente todos os fabricantes passaram a adotar esta configuração. A energia elétrica é gerada pelo movimento dos pólos de imã permanente em um circuito magnético onde está alojada a bobina de baixa tensão geradora da energia elétrica. O movimento rotativo do imã permanente, fonte de energia mecânica, é realizado pelo próprio motor. Deve-se lembrar que a energia elétrica que aparece na bobina de baixa tensão é devida à lei de Faraday, isto é, o campo magnético varia com o tempo no circuito magnético (COLT INDUSTRIES, 1966).

Os magnetos passaram então a ser chamados de duas formas: **magneto de alta tensão** e **magneto de baixa tensão**. No primeiro caso as bobinas de alta e baixa tensão são colocadas no mesmo circuito magnético. No outro caso, a bobina de baixa tensão, geradora da energia elétrica, está localizada no circuito magnético que contém o imã rotativo, ao passo que a bobina de alta tensão está localizada em um outro circuito magnético junto com uma outra bobina de baixa tensão, as quais juntas formam a bobina de ignição. A seguir serão detalhados o funcionamento destes dois sistemas.

## 2.2 SISTEMA DE IGNIÇÃO POR MAGNETO - IMÃ ROTATIVO - ALTA TENSÃO

Por volta de 1902, Bosch introduziu um sistema com uma bobina de baixa tensão, uma bobina de alta tensão, um capacitor, interruptor de contato ou platinado e o imã girante. É importante salientar que este sistema gera sua própria energia elétrica a partir do movimento do imã permanente que recebe energia mecânica do próprio motor.

Este sistema 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 a pistão, motosserras, cortadores de grama, motocicleta Lambreta, etc.

Quando o imã gira e fica na posição da Figura 7, na horizontal, praticamente não existe variação do campo magnético com o tempo no material ferro magnético da bobina e, portanto, praticamente não existe variação com o tempo do campo magnético no enrolamento primário, ou mínima variação, e a tensão induzida no enrolamento secundário é zero ou muito pequena. Mas, quando o imã fica com os polos na posição vertical como ilustra a Figura 8, a variação com o tempo das linhas de campo magnético é máxima. E com o platinado fechado circulará uma corrente no enrolamento primário gerando um campo magnético, que estará dentro do enrolamento secundário.

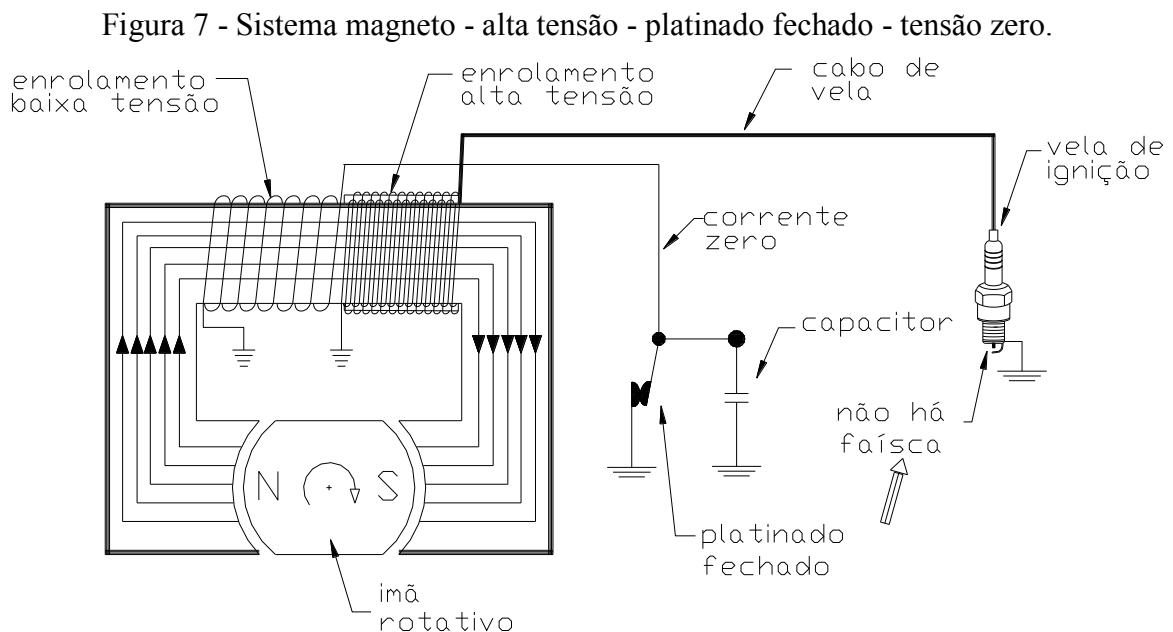
Um instante após, quando o platinado é aberto (Figura 9), a corrente no enrolamento primário decairá bruscamente, fazendo com que o campo magnético produzido pela bobina também varie. Com isso, devido a Lei de Faraday, é induzida uma alta tensão no enrolamento secundário, ou enrolamento de alta tensão, que possui muitas voltas de fio fino (AWG  $\approx$  44).

Devido a esta alta tensão ocorrerá uma faísca no terminal da vela, pois a corrente que chega no terminal da vela é suficiente para ionizar o ar. Esta faísca é o objetivo desse sistema.

Neste sistema o capacitor possui duas funções: **evitar o faiscamento no platinado e fazer a corrente ou o campo variar de forma mais rápida.**

Existe uma variação construtiva do magneto de alta tensão, no qual o imã permanente é colocado num volante e o material ferro magnético, as bobinas, platinado e capacitor ficam internamente a este volante (OLIVEIRA, 2015).

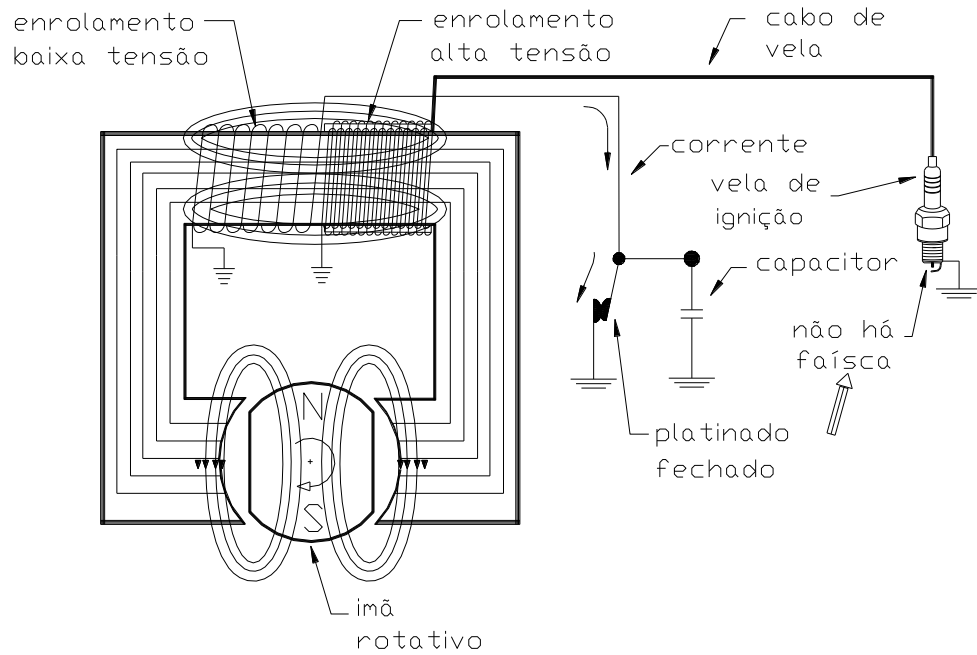
A Figura 10 é uma foto de um sistema de magneto de alta tensão que o DME possui.



Fonte: Próprio Autor.

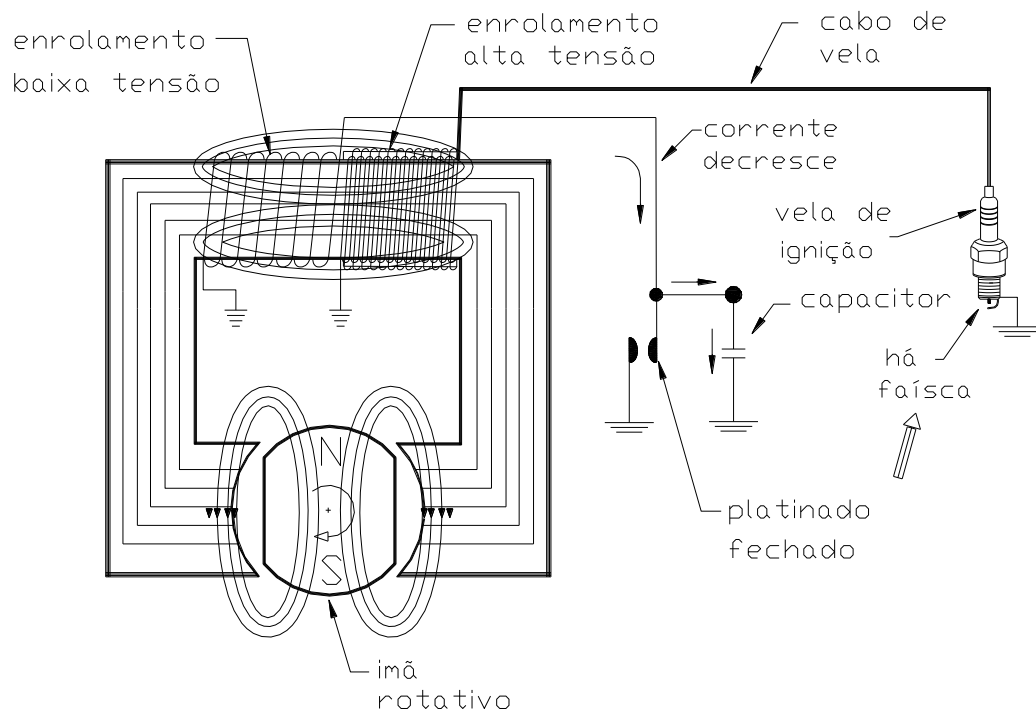
Sistema análogo desta forma construtiva é feito colocando os ímãs permanentes na periferia externa do volante e o circuito magnético, bobina, platinado e capacitor também são dispostos convenientemente fora do volante.

Figura 8 - Sistema magneto - alta tensão - platinado fechado.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 9 - Sistema magneto - alta tensão - platinado aberto - faísca na vela.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 10 - Foto de magneto de alta tensão - monocilindro.



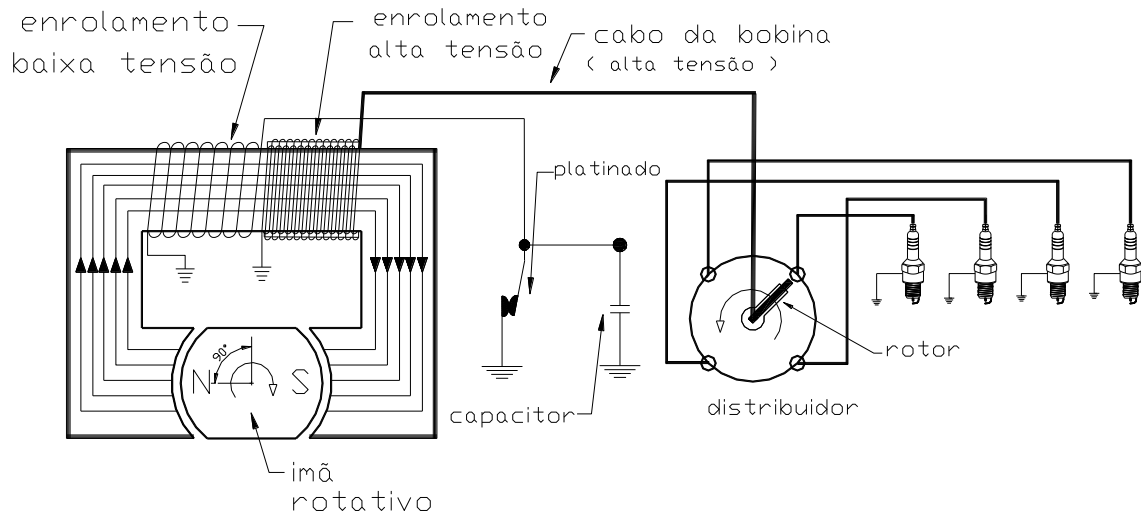
Fonte: Próprio Autor.

Os magnetos de alta tensão são utilizados em motores monocilíndricos ou em motores multicilíndricos. No primeiro caso os elementos que se movimentam são apenas o came e o platinado. No entanto, quando o magneto de alta tensão é utilizado para motores multicilíndricos são necessários outros elementos, tais como, um rotor e um distribuidor. Estes dois novos elementos direcionarão a faísca para a vela de cada cilindro de acordo com a ordem de ignição do motor. Também pode haver uma variação do número de pólos do ímã rotativo, ou seja, dois, quatro ou mais número par de pólos. A Figura 11 mostra um esquema com ímã de dois pólos para motor com quatro cilindros.

Praticamente todos os motores que eram acionados por magneto não possuíam motor de arranque. Eles necessitavam de um dispositivo chamado manivela que era acoplado na extremidade do eixo de virabrequim, junto com a polia, e acionado manualmente pelo operador. Mesmo, hoje em 2016, motor de pequenos aviões, como o Paulistinha CAP 4, não possui motor de arranque. Neste caso a partida é realizada com o acionamento manual da

hélice que está acoplada na extremidade do eixo de virabrequim. Para a partida utilizando a hélice existe um procedimento especial tendo em vista a segurança do operador.

Figura 11 - Sistema magneto - alta tensão - com distribuidor.



Fonte: Próprio Autor.

A Figura 12 mostra um magneto de alta tensão marca Caterpillar utilizado em motor de trator agrícola.

Figura 12 - Foto de magneto de alta tensão - motor dois cilindros.



Fonte: Próprio Autor.

A Figura 13 mostra um magneto de alta tensão marca Bendix utilizado em motor de avião de quatro cilindros tipo boxer.

Figura 13 - Foto de magneto de alta tensão - motor quatro cilindros.



Fonte: Próprio Autor.

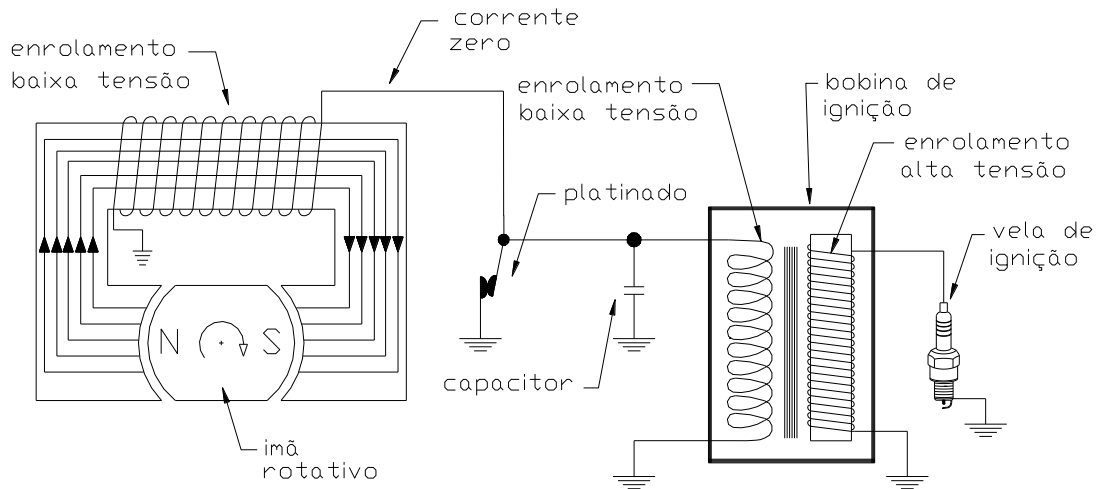
### 2.3 SISTEMA DE IGNIÇÃO POR MAGNETO - IMÃ ROTATIVO - BAIXA TENSÃO

Este sistema é mais novo que o tipo visto anteriormente. Ele consiste de uma bobina geradora de baixa tensão, imã girante, platinado, capacitor e uma bobina de ignição. Esta bobina de ignição consiste de um enrolamento primário e enrolamento secundário e funciona como um transformador de tensão.

A bobina geradora de baixa tensão, fonte de energia elétrica, funciona pela variação do campo magnético devido a rotação do imã permanente no circuito magnético. Esta bobina alimenta o enrolamento de baixa tensão da bobina de ignição. Quando o imã está na posição mostrada na Figura 14 a corrente que circula no enrolamento de baixa tensão e pelo platinado é zero, pois a tensão induzida é zero. Também é zero a corrente no enrolamento de baixa

tensão da bobina de ignição, pois além de não ter tensão de alimentação ela se encontra em curto com o fio terra através do platinado. Portanto, não há faísca na vela de ignição.

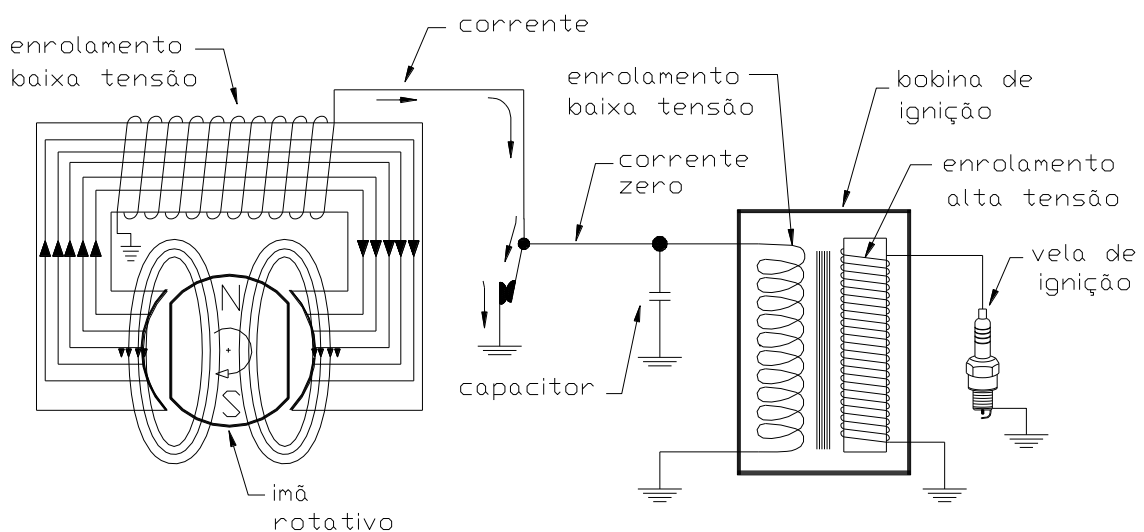
Figura 14 - Sistema magneto - imã rotativo - baixa tensão - não há faísca.



Fonte: Próprio Autor.

O ímã permanente gira 90 graus atingindo uma posição onde há máxima variação do campo magnético com o tempo, gerando uma tensão máxima no enrolamento de baixa tensão. Como este enrolamento está ligado à massa através do platinado fechando o circuito, uma corrente circula neste ramo, mas não através do enrolamento primário da bobina de ignição, pois este ainda continua em curto circuito com o fio terra, como mostrado na Figura 15.

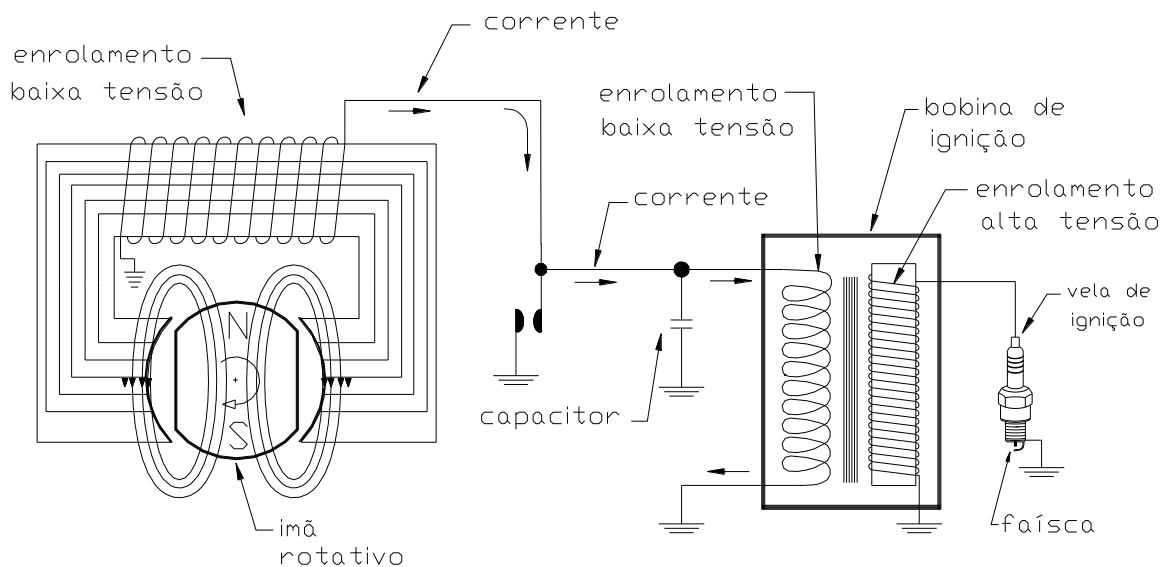
Figura 15 - Sistema magneto - imã rotativo - baixa tensão.



Fonte: Próprio Autor.

Entretanto, um instante após, o platinado se abre automaticamente comandado por um came do motor. Desta forma a corrente deixa de circular para o fio terra através do platinado e segue para o primário da bobina de ignição e carrega o capacitor. Em seguida esta corrente decresce rapidamente gerando uma alta tensão no enrolamento secundário da bobina de ignição e conseqüentemente a faísca na vela de ignição, com mostrado na Figura 16.

Figura 16 - Sistema magneto - imã rotativo - baixa tensão.



Fonte: Próprio Autor.

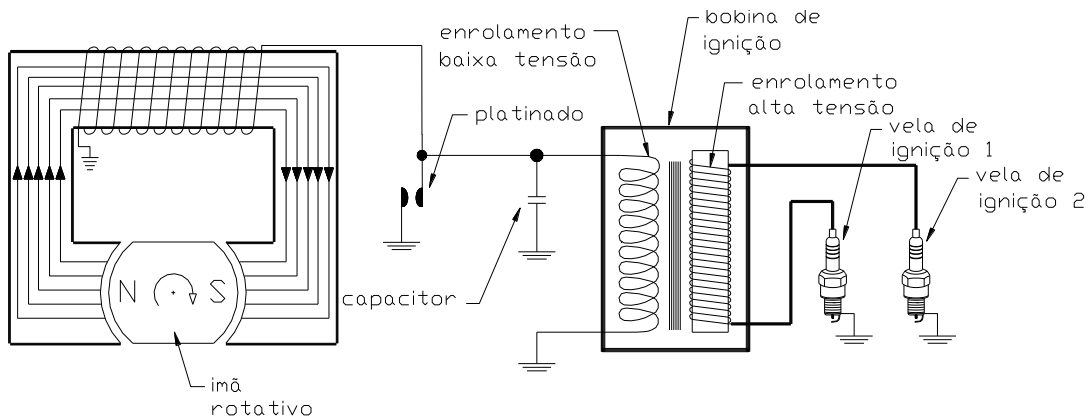
A diferença entre este sistema e o anterior é mostrada a seguir:

No sistema de ignição por magneto de alta tensão, quando o **platinado abre a corrente que circula pelo enrolamento primário decai de forma brusca** resultando na variação com o tempo nas linhas de campo magnético do material de ferro magnético e por conseqüência gera uma alta tensão no enrolamento secundário. Já **no sistema atual**, quando o **platinado é aberto a corrente** deixa de circular pelo terra e **surge no enrolamento primário da bobina de ignição**, e assim gera uma variação no campo magnético e induz a alta tensão no enrolamento secundário quando essa corrente é cortada devido a rotação do imã para a posição horizontal.

Uma variação deste sistema é apresentada na Figura 17, na qual existem duas saídas de alta tensão da bobina de ignição (saída dupla), ou seja, existem duas velas ligadas as saídas do enrolamento secundário da bobina de ignição. Anteriormente foi apresentada na Figura 14 a bobina de ignição de saída simples onde uma saída do enrolamento secundário está ligada a vela e a outra saída está ligada ao terra.

Neste sistema, a bobina de ignição fica afastada do circuito magnético, platinado, imã girante e capacitor. É comum o capacitor ser colocado junto com a bobina de ignição como mostrado na foto da Figura 18.

Figura 17 - Sistema magneto - imã rotativo - baixa tensão – duas velas.



Fonte: Próprio Autor.

Exemplos de sistema de ignição por magneto – baixa tensão

- Motocicleta Honda CG de 125cc
- Motocicleta Yamaha

A Figura 18 ilustra uma foto dos componentes de um sistema de ignição por magneto de baixa tensão. A esquerda está o volante com os ímãs permanentes; no meio está a bobina geradora que irá alimentar o primário da bobina de ignição, mostrada à direita. Ligado ao cabo de alta tensão está fixada a vela (OLIVEIRA, 2015).

Figura 18 - Foto de sistema ignição - imã rotativo - magneto baixa tensão.

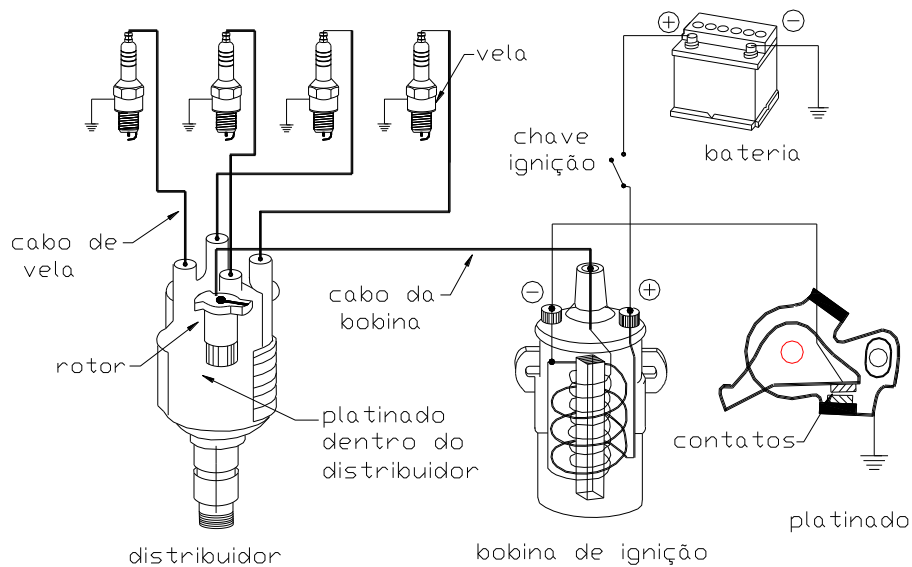


Fonte: (OLIVEIRA, 2015).

## 2.4 SISTEMA DE IGNIÇÃO POR BATERIA - DISTRIBUIDOR - PLATINADO

Também conhecido como sistema de ignição convencional (SIC) é apresentado na Figura 19, praticamente não é fabricado mais. Esse sistema consiste em uma bateria, chave de ignição, capacitor, bobina de ignição, tampa do distribuidor, distribuidor, carcaça e eixo, avanço a vácuo, avanço centrífugo, cabos de alta tensão e velas de ignição.

Figura 19 - Sistema de ignição por bateria - platinado.



Fonte: Próprio Autor.

A Figura 20 ilustra uma bobina usada no SIC por muitos anos. Este tipo de bobina de ignição possui um circuito magnético aberto, o qual não é considerado um bom sistema.

Figura 20 - Bobina de ignição - tipo cilíndrica - circuito magnético aberto.



Fonte: (OLIVEIRA, 2015).

O SIC pode ser dividido em componentes mecânicos puros e eletromecânicos. Assim os componentes mecânicos são o avanço à vácuo e o avanço centrífugo e os eletromecânicos são o rotor e o platinado, pois fazem parte do sistema elétrico.

Este sistema utiliza a bateria como fonte de energia e por isso foi adicionado a chave de ignição no sistema, a fim de ligar e desligar a corrente que vai para o enrolamento primário da bobina de ignição. Da mesma forma que nos sistemas de ignição por magneto, esse sistema utiliza a abertura e o fechamento do platinado, através de um came e com isso liga e desliga a bobina o que resulta em pulsos no enrolamento primário para gerar faíscas nas velas.

A corrente que vem da bateria circula no enrolamento primário da bobina de ignição quando a chave de ignição está fechando contato (na posição ligado), isso gera uma variação no campo magnético do núcleo de ferromagnético e assim gera uma tensão no enrolamento secundário. Porém essa tensão não é suficiente para gerar a faísca. Quando o platinado (que está localizado no distribuidor) se abre, ocorre uma interrupção de forma brusca na corrente que passa pelo enrolamento primário, e devido a este fato uma variação nas linhas de campo magnético do material ferromagnético da bobina de ignição, o que resulta em uma alta tensão no enrolamento secundário, que será suficiente para gerar a faísca.

A corrente que surge no enrolamento secundário devido à alta tensão vai pelos cabos de alta tensão até a tampa do distribuidor e através de um contato de carbono passa para o rotor que distribui a corrente para as velas através do movimento do motor. Em seguida, a corrente ioniza o ar (faísca) entre o contato de metal, que está ligado ao fio que vai para a vela, e o rotor. E assim ocorre a faísca na vela correspondente ao pistão em que se dará combustão devido a ionização do ar entre os contatos da vela.

O capacitor tem as mesmas funções neste sistema que são: evitar que ocorra faísca no platinado e aumentar a velocidade de decaimento da corrente no enrolamento primário.

Uma boa faísca deve ter as seguintes características: deve ser espessa e azulada. Já uma péssima faísca é aquela que é pouco espessa e avermelhada (OLIVEIRA, 2015).

## 2.5 SISTEMA DE IGNIÇÃO POR BATERIA - DISTRIBUIDOR - ELETRÔNICO - SENSOR INDUTIVO

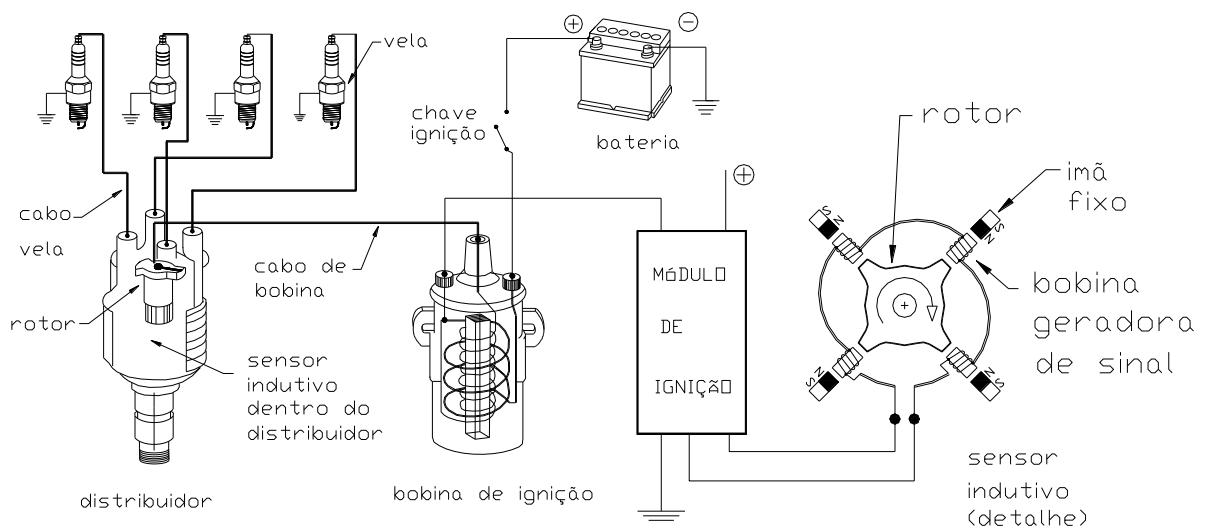
Nesse sistema a principal evolução foi a substituição do platinado por um sensor indutivo. E assim, ocorreu a eliminação do platinado no sistema de ignição. No circuito eletrônico desse sistema estão presentes elementos como diodos, transistores, SRC, IGBT, etc.

Esse sistema foi usado no Brasil por volta de 1979 e permaneceu até o ano de 1992. Ele possui um módulo de ignição, o qual acomoda em seu interior um circuito eletrônico que ao receber a tensão de disparo proveniente do sensor de indução corta a corrente no enrolamento primário da bobina de ignição. E a partir desse ponto a geração da faísca ocorre da mesma forma que no SIC.

O sensor indutivo (Figura 21) é composto por ímã permanente, bobina cilíndrica geradora de sinal e duas peças ferromagnéticas que são espaçadas de forma igual ao que gera quatro braços, o conjunto é colocado de forma concêntrica com o rotor e no mesmo eixo do rotor. Esse sensor funciona da seguinte forma: uma das peças ferromagnética é fixa e a outra rotacional em harmonia com o rotor, o que gera uma variação nas linhas de campo magnéticos do material ferromagnético das bobinas e assim pela Lei de Faraday gera-se uma tensão nos terminais das bobinas que é chamada de tensão de disparo. Essa tensão é levada até o módulo de ignição por dois terminais.

A bobina de ignição deste sistema era inicialmente a mesma do SIC, mas com o passar do tempo ela sofreu modificações e deixou de ser cilíndrica (Figura 22), além disso o circuito magnético passou a ser isolado, para se evitar dispersões do campo magnético, e com isso aumentar sua eficiência.

Figura 21 - Sistema de ignição eletrônica - com distribuidor - sensor indutivo.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 22 - Bobina de ignição - tipo transformador - circuito magnético fechado.

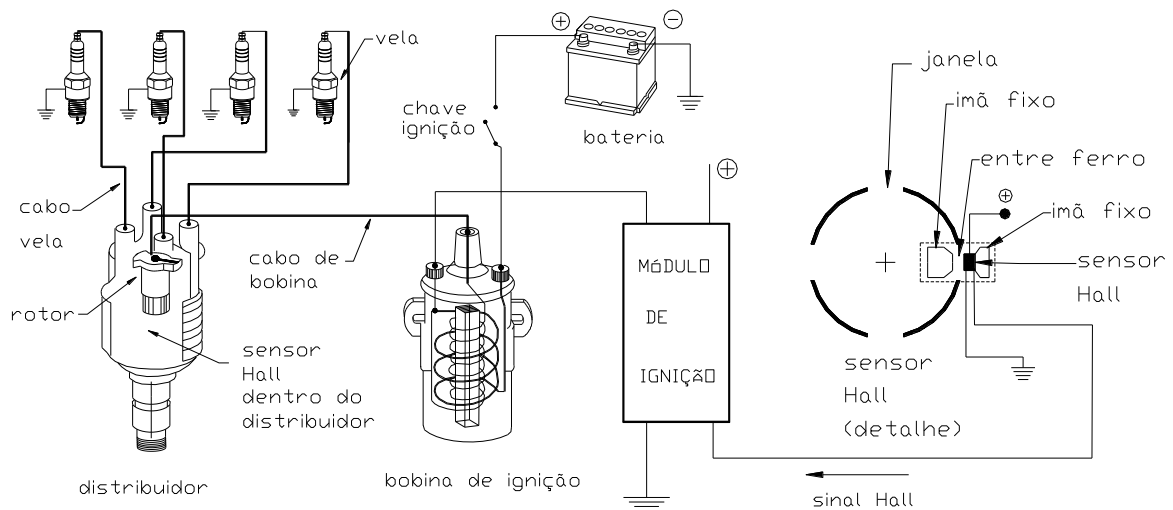


Fonte: (OLIVEIRA, 2015).

## 2.6 SISTEMA DE IGNIÇÃO POR BATERIA - DISTRIBUIDOR - ELETRÔNICO - SENSOR HALL

Da mesma forma que o sistema anterior esse sistema (Figura 23) também apresenta uma alternativa para substituir o platinado, que é o sensor Hall. Diferentemente do sensor por indução este sistema não é autossuficiente, ou seja, ele não gera energia para seu funcionamento. E por esse motivo são necessários três terminais, onde dois deles são utilizados para fornecer tensão para o sensor, essa tensão é proveniente da bateria. O outro terminal é usado para emitir o sinal Hall. Este sistema é composto de ímã permanente, entre ferro, uma peça em forma de copo com janelas de material ferromagnético e o sensor propriamente dito. O funcionamento se dá pela rotação da peça ferromagnética que fica entre o sensor e o ímã, quando a janela passa por este ponto o sensor capta e envia o sinal Hall para o módulo de ignição, o qual de forma análoga ao sistema anterior corta a corrente no enrolamento primário da bobina de ignição e assim gera a faísca de forma análoga ao SIC.

Figura 23 - Ignição com sensor Hall.



Fonte: Próprio Autor.

## 2.7 SISTEMA DE IGNIÇÃO POR BATERIA - SEM DISTRIBUIDOR - ELETRÔNICO

Neste sistema o distribuidor, o sistema de avanço à vácuo, sensor Hall, sensor indutivo foram removidos e substituído pelo módulo de ignição, todos os elementos que foram retirados estão embutidos indiretamente dentro do módulo de ignição. Aqui a bobina de ignição utilizada depende do número de cilindros, existe uma ou várias bobinas de saídas dupla se o número de cilindros for par, caso o número de cilindros for ímpar as bobinas serão de saída simples.

Nesses motores existe um sensor de posição no pistão de número "1", através da análise da posição e das condições do motor em cada instante (rpm, temperatura, posição da borboleta, etc.) a central de comando emite um sinal para a faísca ser dada. No entanto existem sistemas mais modernos que possuem mais um sensor indutivo colocado no eixo de comando de válvulas. Quando existem bobinas de saídas duplas, geralmente liga-se seus terminais em velas que estão em pistões que atingem o PMS ao mesmo tempo, assim ocorre a perda de uma das faíscas. E assim esse sistema também é conhecido como sistema de ignição de faísca perdida.

A Figura 24 apresenta um esquema de um sistema para um motor de 6 cilindros, já na Figura 25 é exibido um esquema para um motor de 4 cilindros. Em ambas as bobinas de ignição são de saída dupla.

Figura 24 - Esquema do sistema de ignição - em distribuidor - motor de 6 cilindros.

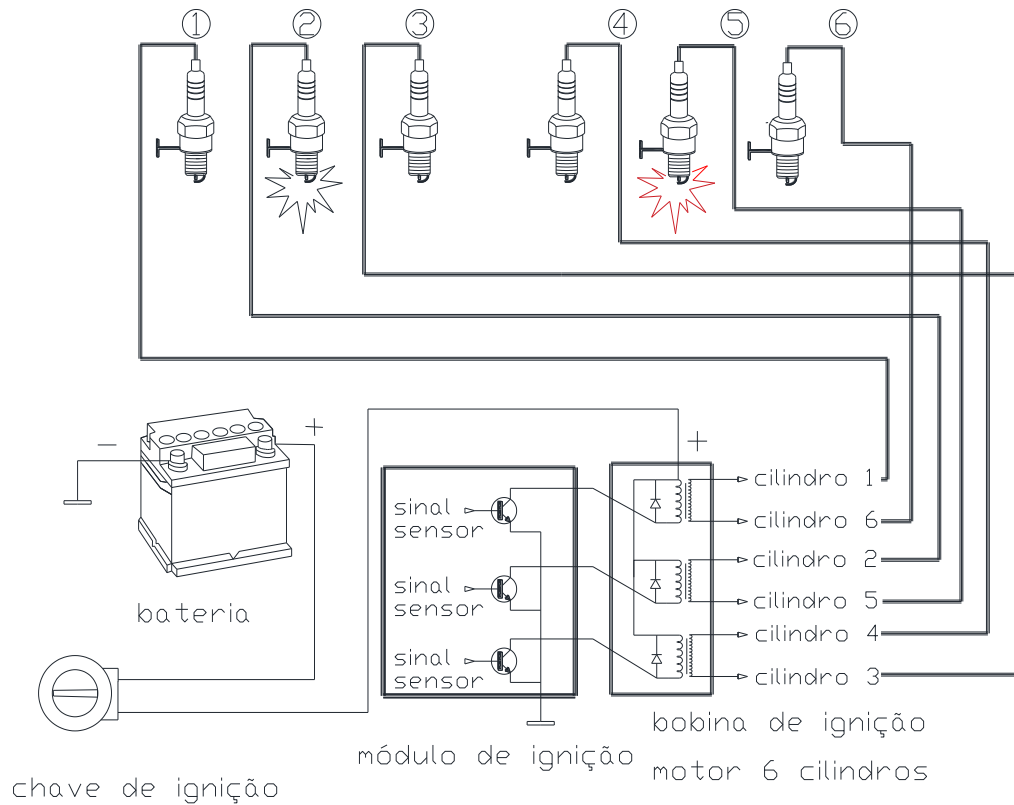
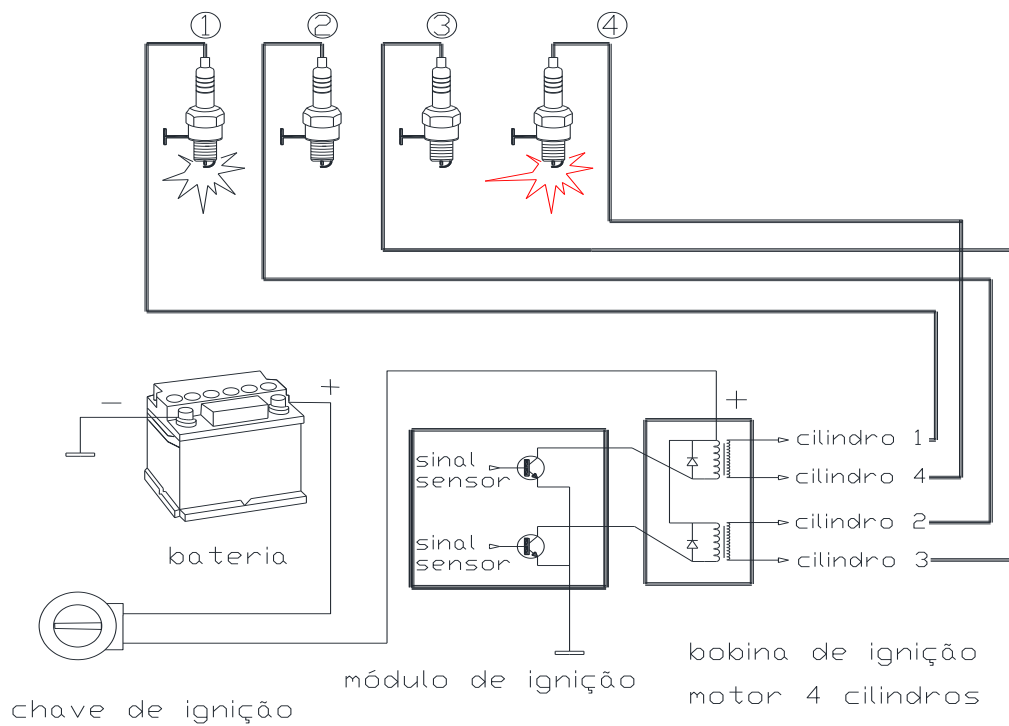


Figura 25 - Esquema do sistema de ignição - sem distribuidor - motor de 4 cilindros.



Com a introdução da bobina de saída dupla houve uma mudança significativa no seu circuito magnético, pois ele passou a ser fechado, semelhante ao circuito usado nos transformadores da rede elétrica domiciliar e industrial. Observar que a bobina de forma cilíndrica utilizada no SIC possuía um circuito magnético aberto não tão eficiente. Na foto da Figura 26 a bobina para um motor de quatro cilindros possui quatro saídas o que significa que existem duas bobinas de saída dupla colocadas num mesmo bloco. Analogamente, para um motor de seis cilindros existe um bloco com três bobinas de saída dupla e, portanto, seis saídas, ou seis torres, como são chamadas.

Figura 26 - Bobina de ignição saída dupla - motor 4 e 6 cilindros.



Fonte: Próprio Autor.

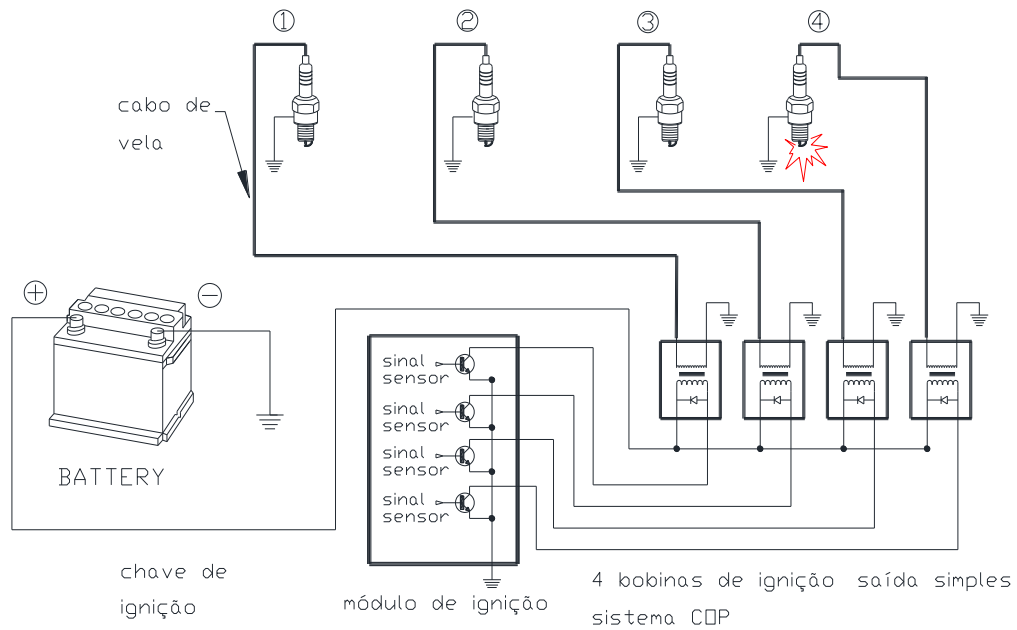
## 2.8 SISTEMA DE IGNIÇÃO POR BATERIA - SEM DISTRIBUIDOR - BOBINA DE SAÍDA SIMPLES

Este é o mais moderno até os dias de hoje. Assim como o sistema do item 2.7, não possui distribuidor. A principal diferença é que esse sistema não possui faísca perdida. Para cada pistão existe uma bobina de saída simples que está ligado a uma vela. Esse sistema é útil para motores com número ímpar de cilindros, mas ultimamente vem sendo usada para motores de número par de cilindros também. A principal vantagem desse sistema é a proximidade da bobina com a vela, o que elimina o cabo de vela. Conhecido como COP, *Coil on Plug*, o que significa bobina na vela.

Na Figura 27 é apresentado um esquema para um motor de 4 cilindros.

Outra vantagem é que devido à proximidade com a vela evita-se a fuga de alta tensão e assim evita-se a falha do sistema e aumenta a confiabilidade.

Figura 27 - Esquema do sistema de ignição - sem distribuidor - COP.



Fonte: Próprio Autor.

A Figura 28 mostra uma bobina do tipo COP.

Figura 28 - Bobina de ignição - tipo COP.



Fonte: Próprio Autor.

Este sistema finaliza a apresentação dos sistemas de ignição usados desde sua invenção, pela necessidade de uma nova forma de fonte de ignição, até os dias atuais, 2016.

### **3 PARTE EXPERIMENTAL**

#### **3.1 O QUE FAZ A BANCADA**

Essa bancada demonstra o funcionamento do sistema de ignição por magneto de baixa tensão, ou seja, quando se liga a bancada inicia-se o processo de centelhamento na vela. O inversor pode aumentar ou diminuir a rotação do motor de indução trifásico através da variação da frequência.

#### **3.2 APLICAÇÕES DA BANCADA**

Foi construído uma bancada de demonstração para ser utilizada de forma didática. Pode-se utilizar esta bancada para demonstrar uma das aplicações da Lei de Faraday, e assim demonstrando a importância dessa lei visando interessar os alunos nas disciplinas de física. Além disso, o departamento da mecânica poderá oferecer uma disciplina de sistemas de ignição e usar esta bancada para explicar e ilustrar um desses sistemas. Um outro motivo para criação dessa bancada foi a intenção de se estudar com detalhes o que acontece com a corrente no enrolamento primário da bobina de ignição.

#### **3.3 PROJETO MECÂNICO DA BANCADA COM MAGNETO DE BAIXA TENSÃO**

Para o desenvolvimento da bancada foram seguidos os passos necessários para a realização de um projeto mecânico.

Inicialmente foi realizado um estudo bibliográfico de um sistema de ignição por magneto de baixa tensão. Esta etapa foi realizada em catálogos de manutenção de fabricante de motocicletas da marca Honda. Nesta literatura existe boa informação de como se monta e desmonta este sistema. O funcionamento deste sistema de ignição é fornecido por alguns sites na internet tanto teórico como prático. Alguns livros também exibem desenhos em corte deste tipo de magneto o que foi importante para o projeto da parte mecânica deste trabalho.

Na etapa referente ao estudo tátil-visual foi utilizado o laboratório de motores do Departamento de Mecânica onde as etapas práticas foram realizadas, tais como, colocar e retirar o volante com auxílio de ferramentas especiais, regular o platinado e detectar possíveis defeitos mais comuns.

Para realizar o pré-dimensionamento inicialmente foram medidas todas as cotas do magneto e colocadas na forma de desenho 2D no software AutoCAD. De posse do desenho

com as medidas bastante precisas e alguns cálculos preliminares dos rolamentos e anéis elásticos, esta etapa foi concluída.

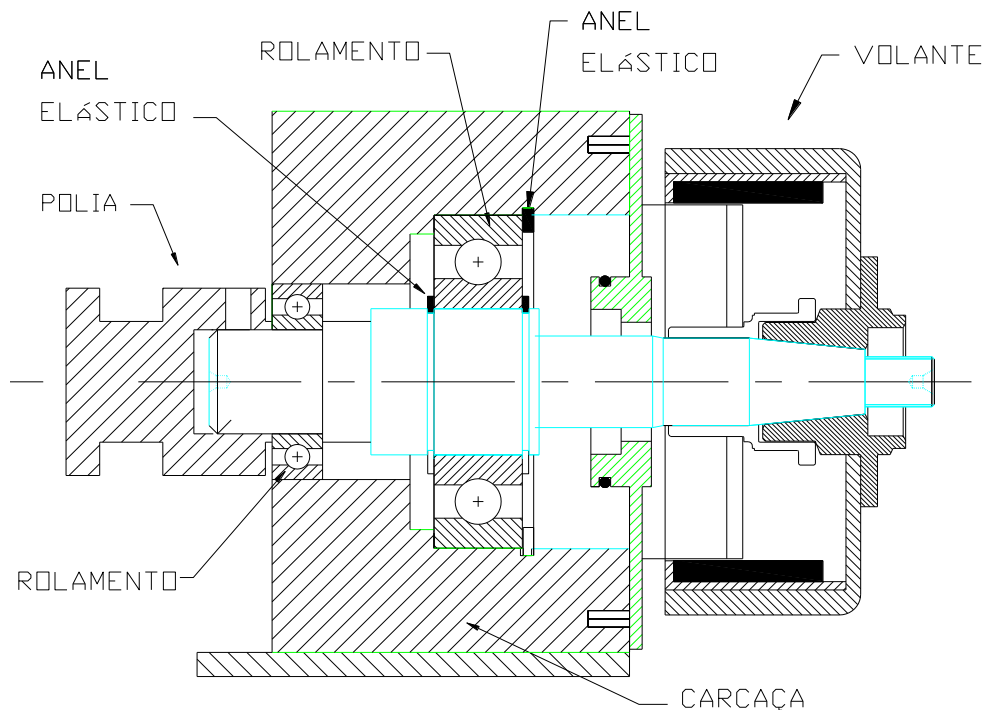
Com os dados do pré-dimensionamento pode-se iniciar o desenho de conjunto que foi a etapa mais longa. A carcaça foi projetada a partir de um tarugo maciço de alumínio tendo em vista que já existia no departamento de mecânica e levando em conta também a facilidade de usinagem. Após várias iterações entre cálculos, material disponível e desenhos um conjunto foi definido o desenho em corte da estrutura mecânica do magneto (Figura 29) e que fosse possível usinar com as máquinas operatrizes disponíveis neste campus.

Com a usinagem e montagem do conjunto do magneto um novo estudo foi realizado tendo em vista o layout de todas as peças para definir a bancada completa. Após tentativas e erros ficou definido o posicionamento de cada elemento. Em seguida uma placa de madeira tipo compensado naval de 20 mm de espessura foi cortada e colocados quatro pés de barra rosqueada.

Outros elementos da bancada não foram projetados, foram aproveitados aqueles que estavam disponíveis no departamento de mecânica.

Nesta placa também foram colocados o motor trifásico de  $\frac{3}{4}$  cv, conjunto do magneto, correia, inversor trifásico, bobina de ignição e capacitor, vela de ignição e fios de conexão.

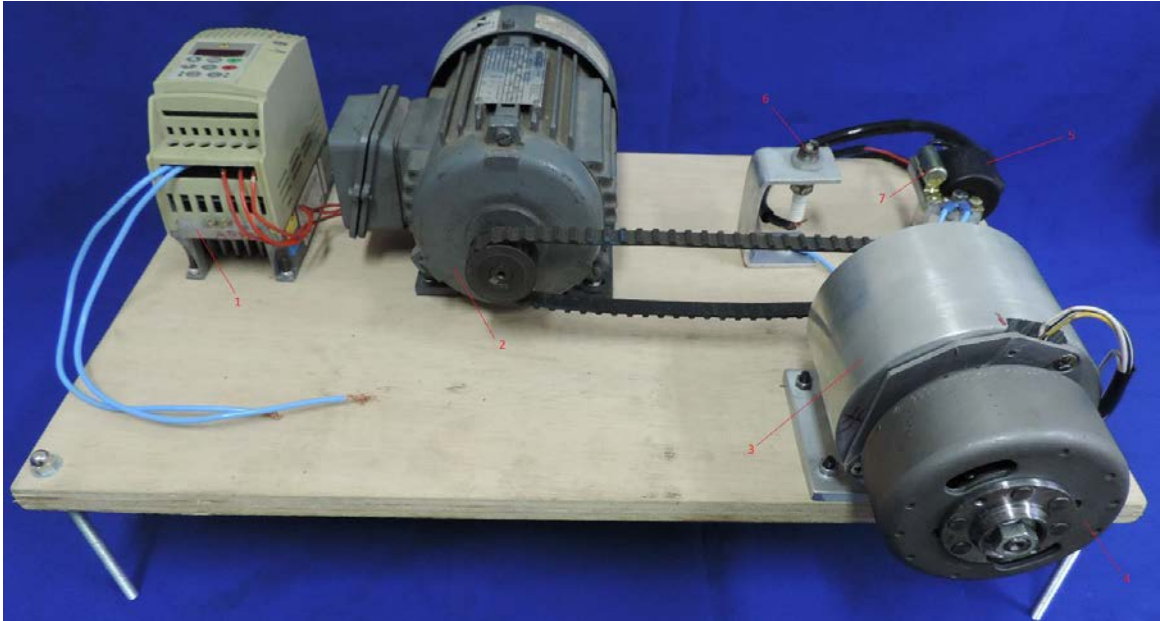
Figura 29 - Desenho da estrutura mecânica do magneto.



Fonte: Próprio Autor.

O conjunto com a montagem final é mostrado na Figura 30. Onde: 1 Inversor trifásico; 2 Motor elétrico trifásico; 3 Carcaça; 4 Magneto da motocicleta Honda de 125 cc; 5 Bobina de ignição; 6 Vela; 7 Capacitor.

Figura 30 - Foto da bancada do magneto de baixa tensão.

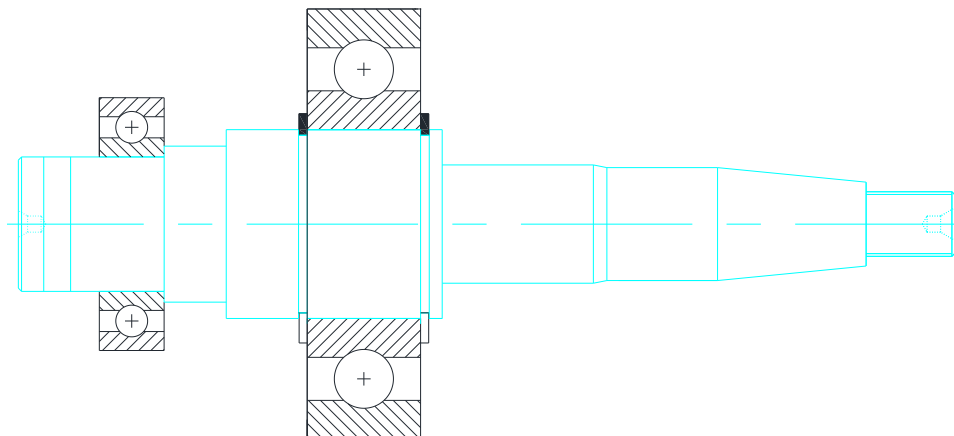


Fonte: Próprio Autor.

### 3.4 MONTAGEM DO MAGNETO NA CARÇAÇA

Inicialmente deve-se prensar no eixo os rolamentos. O rolamento de diâmetro maior deve ser fixado por meio de dois anéis elásticos, e o de diâmetro menor deve ser prensado até o escalonamento do eixo (Figura 31).

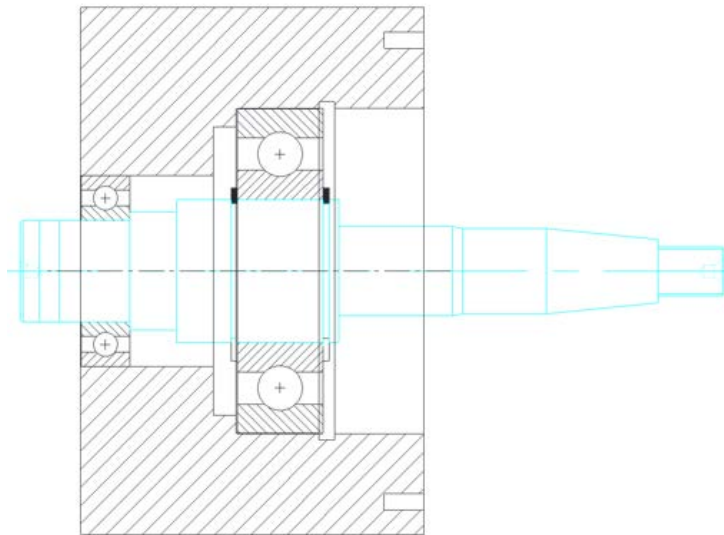
Figura 31 - Desenho do eixo com os rolamentos fixados.



Fonte: Próprio Autor.

Em seguida, deve-se colocar o eixo na carcaça até que o rolamento encoste no escalonamento da carcaça, e deve-se fixá-lo com um anel elástico (Figura 32).

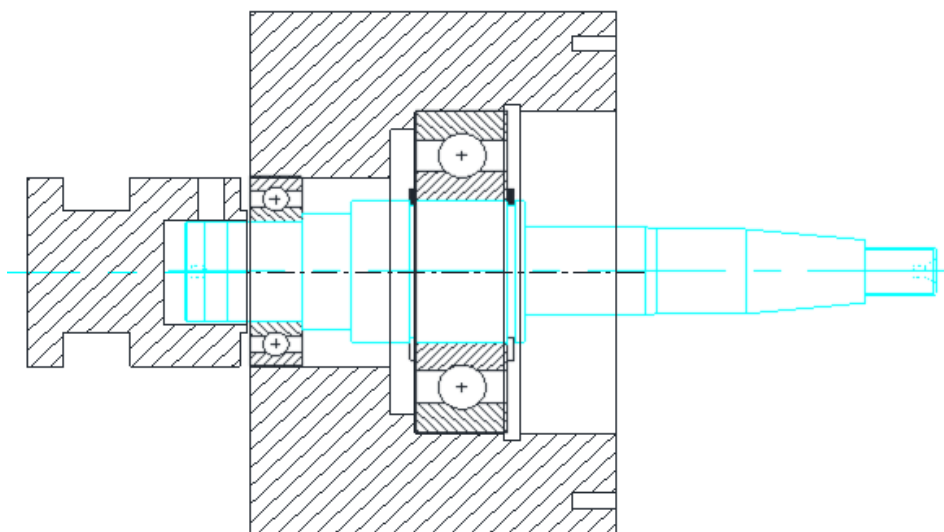
Figura 32 - Desenho da carcaça com o rolamento fixado.



Fonte: Próprio Autor.

O próximo passo é colocar a polia no eixo e fixá-la com um parafuso, com isso o rolamento de diâmetro menor não poderá se deslocar para a esquerda (Figura 33).

Figura 33 – Desenho da polia acoplada ao conjunto eixo/carcaça.



Fonte: Próprio Autor.

Por fim, fixa-se o magneto da motocicleta Honda de 125cc (Figura 29).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para o projeto e implementação desta bancada vários magnetos e circuitos de ignição foram estudados e testados para melhor conhecê-los e entendê-los. Desta forma o estudo tátil-visual de cada componente da bancada foi importante.

Com a realização deste trabalho foi importante descobrir que os primeiros magnetos possuíam os ímãs permanentes em forma de U e que todos eles eram estáticos. Um destes magnetos raros e antigos, encontra-se no departamento de mecânica, que é o magneto Eisemann, um magneto de fabricação americana. Outro magneto obtido foi aquele fabricado pela International Harvester que eram usados em motores monocilíndros que acionavam picadeiras de cana. Foi analisado também um magneto fabricado pela American Bosch que era utilizado em pequenos tratores Caterpillar e um magneto Bendix, um tipo mais atualizado, que era usado em motores Continental e Lycoming, de 4 cilindros opostos, usado em pequenos aviões. Também se estudou o magneto utilizado em motor monocilíndrico da marca Briggs Stratton, o magneto de motor monocilíndrico de motosserra, o magneto Fairbanks Morse para motor de 2 cilindros e um magneto de projeto alemão utilizado em motores de 6 cilindros. É importante frisar que todos os magnetos citados são magnetos de alta tensão, sendo assim todos possuem o enrolamento de alta tensão situados no mesmo circuito magnético da bobina geradora de energia.

No entanto, pode-se estudar também o magneto de baixa tensão que foi utilizado para a produção da bancada do presente trabalho, esse magneto é o da moto Honda, além disso outros magnetos foram visualizados em motos presentes no campus da UNESP.

Com a elaboração deste trabalho foram adquiridos conhecimentos como desenho de conjunto em software CAD e regulamento de abertura do platinado por came usado em sistemas de ignição.

Com o estudo realizado pode-se concluir que o sistema de ignição por magneto foi e é utilizado até os dias de hoje. E provavelmente será usado por um longo período.

## 5 CONCLUSÃO

O objetivo inicial deste trabalho foi alcançado com êxito, pois a bancada produzida será mais um elemento para poder ministrar cursos sobre magneto de baixa tensão e alta tensão neste campus. Este trabalho foi finalizado com uso de muitos materiais existentes no departamento e que foram frutos de doações. Em determinadas situações foi necessário reavaliar, ou até mesmo abandonar determinadas ideias, por causa das restrições encontradas no projeto.

Através desta bancada e de aparelhos de precisão, como o osciloscópio TEKTRONIX TDS 1002, poderá ser explicado melhor o comportamento eletromagnético deste sistema de ignição.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, H.W. et al. **Motor`s auto repair manual**. Nova York: Motor, 1962. 1149p.
- BRUNETTI, F. **Motores de combustão interna**. São Paulo: Editora Edgar Blucher, 2012. 553p.
- COLT INDUSTRIES. **Mag Early Ign Systems**. Morse, Fairbanks, p. 23-31, 1966. Disponível em: <[http://www204.pair.com/bbg46/FM%20Mag%20Manual/Mag%20Early%20Ign%20Systems\(23-31\).pdf](http://www204.pair.com/bbg46/FM%20Mag%20Manual/Mag%20Early%20Ign%20Systems(23-31).pdf)>. Acesso em: 18 nov. 2016.
- Di LUCCI, A. J. **Internal combustion engine ignition system**. Google Patents, 1941. Disponível em: <<https://www.google.com/patents/US2253204>>. Acesso em: 18 nov. 2016.
- MEYER, F. et al. **Automotive electric/electronic systems**. Stuttgart, FDR: Robert Bosch GmbH, 1988. 347p.
- MOTO HONDA DA AMAZÔNIA LTDA. **Manuais Motocicletas Honda 23: sistemas de ignição**. Disponível em: <<http://manuaishonda.yolasite.com/resources/IGNICAO.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2016.
- OLIVEIRA, R.L.G. **Pesquisa, projeto e construção de um sistema de ignição sem distribuidor**. 2015. 43f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.
- ROSTAND, R. **Motores de Combustão: ignição nos motores a explosão: o domínio da centelha sobre a chama**, 2015. Disponível em: <<http://motoresdecombustao.blogspot.com.br/2015/03/ignicao-nos-motores-explosao-o-dominio.html>>. Acesso em: 6 nov. 2016.
- Ward, M. A. V. **Electromagnetic ignition: an ignition system producing a large size and intense capacitive and inductive spark with an intense electromagnetic field feeding the spark**. Google Patents, 1988. Disponível em: <<https://www.google.com/patents/US4774914>>. Acesso em: 18 nov. 2016.