

AUTOMÓVEL

SISTEMA DE CARGA

1ª Edição

Mário Jorge de Andrade Ferreira Alves

Manuel Duarte Matos Lourenço



Departamento de Engenharia Electrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

2009

Esta Sebenta, realizada no âmbito de um trabalho de frequência, constitui parte do material de estudo disponibilizado para a disciplina de Sistemas Automóveis, do 1º ano, do Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Mário Jorge de Andrade Ferreira Alves, malves@dee.isep.ipp.pt

Manuel Duarte Matos Lourenço, 1050381@isep.ipp.pt



Departamento de Engenharia Electrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

18 de Fevereiro de 2009

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	3
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	3
1.2. OBJECTIVOS	5
2. CONSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE CARGA	7
3. DÍNAMO VERSUS ALTERNADOR	8
4. ALTERNADOR	11
4.1. ROTOR	12
4.2. ESCOVAS	12
4.3. ESTATOR.....	13
4.4. PONTE RECTIFICADORA (PLACA DE DÍODOS)	14
4.5. CORRENTE DE PRÉ-EXCITAÇÃO.....	18
4.6. CIRCUITO DA CORRENTE DE CARGA.....	19
4.7. CIRCUITO DA CORRENTE DE EXCITAÇÃO	20
4.8. REGULADOR DE TENSÃO	20
4.9. DESIGNAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DOS ALTERNADORES.....	27
5. DIAGNÓSTICOS DE AVARIAS NO SISTEMA DE CARGA	29
6. (DES)MONTAGEM DO SISTEMA DE CARGA	30
6.1. (DES)MONTAGEM DO ALTERNADOR (DO) NO MOTOR TÉRMICO	32
6.2. (DES)MONTAGEM DAS ESCOVAS.....	34
6.3. (DES)MONTAGEM DA POLIA E DO VENTILADOR	35
6.4. (DES)MONTAGEM DO GRUPO ROTOR.....	38
6.5. (DES)MONTAGEM DO ROTOR.....	39
6.6. SUBSTITUIÇÃO DOS ROLAMENTOS DO ROTOR	41
6.7. (DES)MONTAGEM DO ESTATOR	42
6.8. (DES)MONTAGEM DA PLACA DE DÍODOS.....	43
6.9. SUBSTITUIÇÃO DOS DÍODOS	44
7. DETECÇÃO DE AVARIAS NO SISTEMA DE CARGA	46
7.1. DETECÇÃO DE AVARIAS: ALTERNADOR NO AUTOMÓVEL.....	48
7.2. DETECÇÃO DE AVARIAS: ESTADO DO ROTOR.....	52
7.3. DETECÇÃO DE AVARIAS: BOBINAS DO ESTATOR	53
7.4. DETECÇÃO DE AVARIAS: DÍODOS	54
7.5. DETECÇÃO DE AVARIAS: ESCOVAS.....	57
7.6. DETECÇÃO DE AVARIAS: ALTERNADOR NO BANCO DE ENSAIOS.....	59
8. BATERIA	61
8.1. PROCESSO DE DESCARGA.....	63
8.2. PROCESSO DE CARGA.....	63
9. MANUTENÇÃO DA BATERIA	67
10. PERSPECTIVAS DE FUTURO	74
10.1. SISTEMA ELÉCTRICO 42V	75
10.2. ALTERNOGERADOR	75
7. CONCLUSÃO	78
REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS	79

1. INTRODUÇÃO

O sistema eléctrico de um veículo constitui uma das partes mais importantes que o integram. Para além do apoio e optimização que veio dar à parte mecânica do veículo tem vindo também a facilitar a introdução de novos sistemas mais eficientes dedicados ao conforto e segurança.

1.1. Contextualização

Tendo em conta o número de dispositivos eléctricos que têm que existir em qualquer automóvel, por menor que seja, implica sempre a existência de um sistema eléctrico que, ao mesmo tempo, permita armazenar energia eléctrica e fazer a manutenção dessa energia. Estas reservas de energia permitem ter garantia que os dispositivos eléctricos terão sempre energia para exercer as funções a que estão destinados.

No diagrama da figura 1 estão representados alguns dos consumidores presentes num veículo, bem como as potências consumidas. Estes consumidores estão também agrupados em três grupos em função do tipo de conexão que têm no veículo – permanente, prolongada ou breve, no caso de dispositivos com pouca utilização.

Em resumo, o sistema de carga foi alvo de uma grande evolução ao longo da história automóvel motivada pela necessidade crescente de potência eléctrica disponível no veículo. Não será certamente erróneo afirmar que pode adivinhar-se um futuro ainda mais evolutivo e promissor nesta área.

É neste contexto que surge o alternador, componente do automóvel que está montado no motor, e quando accionado por meio de correias e polias gera energia eléctrica para alimentar todos os consumidores e carregar a bateria. Para isso, o alternador transforma corrente alternada, que ele mesmo gera, em corrente contínua.

Tendo em conta este aspecto importa perceber também um pouco do funcionamento de alguns sistemas mais antigos, que embora já obsoletos, são mais simples e continuam a conter os princípios que estão na base de funcionamento dos mais actuais e complexos sistemas utilizados nos dias de hoje.

Efectivamente, começou-se por utilizar o dínamo como fonte de geração de energia eléctrica. Logo surgiu o alternador, que embora seja a melhor solução encontrada até hoje, não deixou, no entanto, de sofrer várias evoluções tecnológicas que o tornaram mais eficiente.

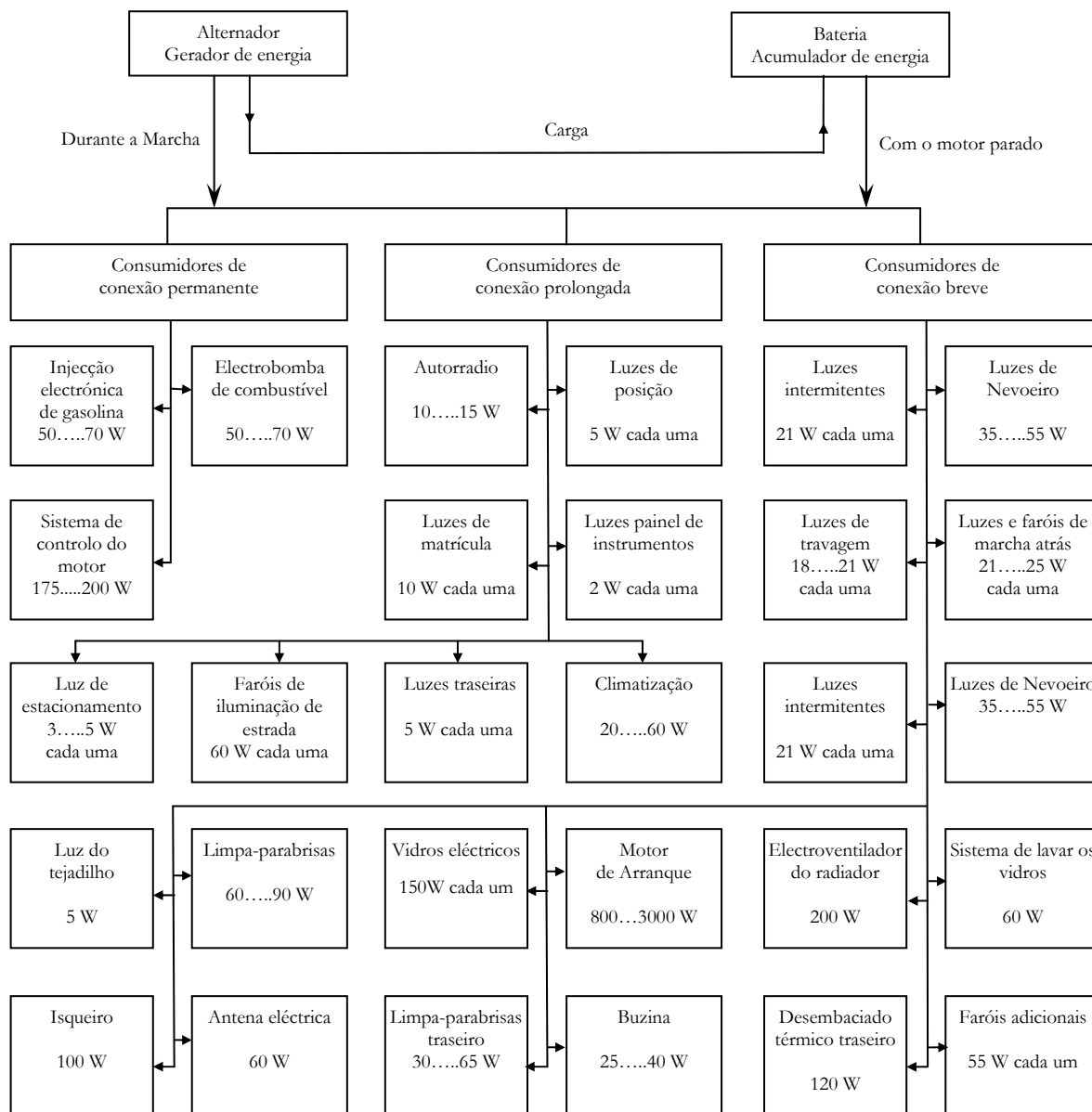


Figura 1 Alguns dos elementos alimentados pelo sistema de carga ([15])

Na actualidade, o alternador e o motor de arranque, tal como os conhecemos estão em vias de ser substituídos por um só componente – Alternogerador – que desempenha as duas funções. Nos híbridos o motor eléctrico vai também, para além da impulsão do veículo, ter a carga estas duas funções.

1.2. Objectivos

Neste trabalho pretende-se fazer uma abordagem ao sistema de carga automóvel, mencionando as diferentes soluções existentes no mercado, bem como a dinâmica de funcionamento.

Os elementos que serão alvos de um estudo mais detalhado serão o Alternador e a bateria, por serem os de maior importância e complexidade no sistema.

O bom funcionamento do sistema de carga é fundamental para que o veículo possa desempenhar as suas funções. Pretende-se, neste contexto, com este trabalho transmitir ao leitor algumas noções básicas dos componentes essenciais do sistema de carga, não esquecendo testes e procedimentos de manutenção.

É também importante perceber que este sistema está em constante evolução, no sentido de dar resposta à crescente necessidade de energia eléctrica necessária para alimentar um número sempre crescente de dispositivos eléctricos existentes no interior de um veículo. Neste contexto pretende-se também fazer uma abordagem àquelas que se prevêem ser as tendências futuras neste ramo tecnológico.

2. CONSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE CARGA

Embora o alternador seja apenas parte do sistema de carga de um automóvel, este sistema é normalmente conhecido apenas por alternador. O sistema de carga é representado na figura seguinte:

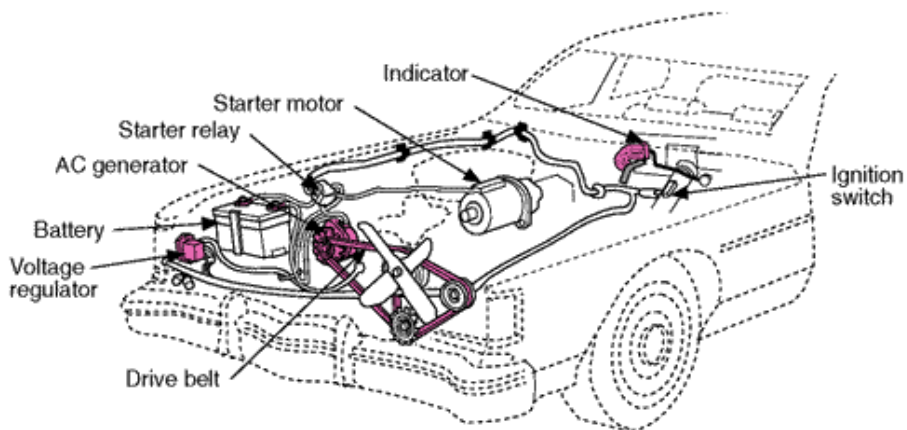


Figura 2 Sistema de carga num automóvel ([7])

Este sistema é constituído basicamente por:

- Bateria;
- Alternador (ou dínamo);
- Correia;
- Regulador de tensão;
- Interruptor (e relê) de ignição;
- Fusível de protecção.

3. DÍNAMO VERSUS ALTERNADOR

Os veículos mais antigos utilizavam para gerar corrente contínua o dínamo. Porém esse dispositivo não possuía eficiência em marcha lenta, o que não ocorre no alternador. Este gera potências de carga mais elevadas a rotações mais baixas.

O quadro a seguir mostra a comparação entre as linhas características da corrente fornecida por um dínamo e por um alternador de potência máxima aproximadamente igual.

Verifica-se que o alternador começa a fornecer energia eléctrica com uma rotação essencialmente mais baixa. Em outras palavras, a bateria já recebe carga estando o motor em baixa rotação.

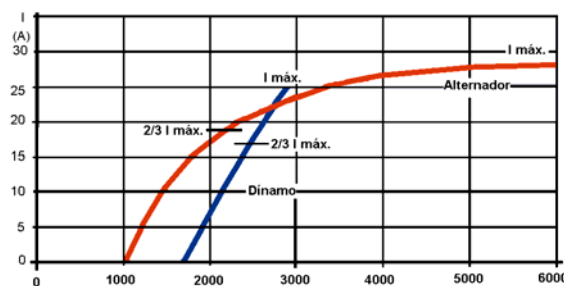


Figura 3: O alternador começa a fornecer corrente eléctrica a rotações mais baixas que o dínamo. ([7])

A curva a vermelho, da *Figura 3*, mostra que sendo o alternador accionado com rotações variáveis, não pode fornecer uma potência uniforme. Este problema é resolvido aplicando um regulador de tensão na saída do alternador, que será estudado em pormenor numa das secções seguintes.

O alternador e o dínamo, são equipamentos que utilizam o princípio da indução electromagnética.

A geração de um campo magnético indutor pode ser efectuada através de:

- Ímãs permanentes (magnetos);
- Electroímãs (bobinas indutoras).

Independentemente disso, os geradores de energia eléctrica (que convertem energia mecânica em energia eléctrica) podem ter dois tipos construtivos:

- O indutor é o estator e o induzido é o rotor;
- O indutor é o rotor e o induzido é o estator.

É muito importante salientar que a corrente necessária para gerar o campo magnético indutor (no caso de se utilizar uma bobina indutora) é bastante inferior à corrente gerada nos enrolamentos induzidos.

O gerador de corrente contínua ou **dínamo** só pode ser feito do primeiro modo, isto é:

- O indutor é o estator e o induzido é o rotor
A f.e.m. induzida no rotor tem de ser recolhida para o exterior através de escovas em contacto com os segmentos do colectora.

Um gerador de corrente alternada ou **alternador** poderá ser construído das duas maneiras.

- O indutor é o estator e o induzido é o rotor
Modo de funcionamento similar ao dínamo, diferenciando apenas em que em vez de se colher a corrente induzida através de segmentos de colectora, utilizam-se dois anéis colectores.
- O indutor é o rotor e o induzido é o estator
A bobina (ou íman) indutora é que roda provocando a indução de f.e.m. no induzido, neste caso o estator.

A produção de energia eléctrica utilizando o alternador, particularmente do segundo tipo, ao invés do dínamo, trás diversas vantagens ([6]):

- O alternador tem menor manutenção. No dínamo, a passagem de corrente elevada dos segmentos do colectora para as escovas provoca o aparecimento de arcos eléctricos, provocando um rápido desgaste do colectora e das escovas.
- O alternador tem melhor arrefecimento que o dínamo. Quanto maior a corrente numa bobina, maior o seu aquecimento. Se a bobina induzida for no estator (exterior), é mais fácil de refrigerar do que se for no rotor (interior). Quanto menores as perdas, melhor o rendimento.
- Para a mesma potência eléctrica gerada, o dínamo é muito mais volumoso e pesado. Enquanto um alternador de automóvel pesa cerca de 4 Kg, um dínamo para a mesma potência pesa de 8 a 10 Kg.
- O alternador tem melhor rendimento que o dínamo.
- O alternador tem uma construção mais simples.

No caso particular do sistema de carga dos automóveis com motores de combustão, as vantagens do alternador face ao dínamo são ainda maiores:

- O dínamo atinge a sua tensão nominal a um número de rotações superior ao do alternador. Enquanto o alternador atinge a sua tensão nominal a partir das 400/600 rpm, o dínamo dificilmente a atingirá abaixo das 1300 rpm. Deste facto resulta que quando o motor está a rodar ao *ralenti*, o alternador já está a alimentar todos os circuitos, o que não acontece com o dínamo.

- No alternador, o rotor pode rodar a velocidades mais elevadas, da ordem das 15000 rpm, valor que é praticamente o dobro do possível de atingir com o dínamo.

Nos automóveis utiliza-se o **alternador trifásico**. Tal como foi já referido na análise dos sistemas trifásicos, considerando dois alternadores, um monofásico e outro trifásico, de igual volume e preço, o segundo tem uma potência aproximadamente 50% superior ao primeiro. Tal deve-se ao facto de haver um maior aproveitamento do perímetro do estator, isto é, há mais bobinas que são sede de f.e.ms. induzidas.

É de salientar que o alternador só começou a substituir o dínamo na década de 60, pois só nessa altura começaram a aparecer os primeiros dispositivos electrónicos rectificadores - os díodos.

Importa referir que alternador automotivo, *Figura 4*, é a designação dada ao conjunto: gerador de corrente alternada, rectificador e regulador de tensão.

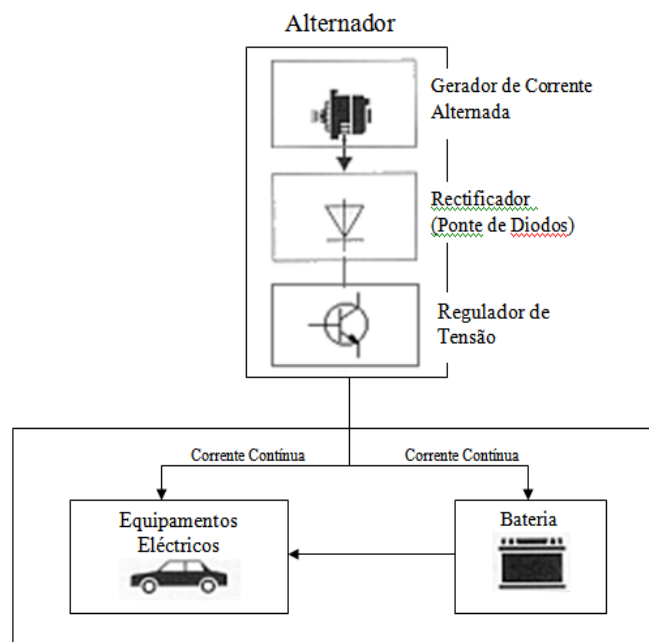


Figura 4 Esquema representativo do sistema eléctrico de um veículo ([8]).

4. ALTERNADOR

O alternador engloba alguns dos elementos do sistema de arranque, como se pode verificar na *Figura 5*:

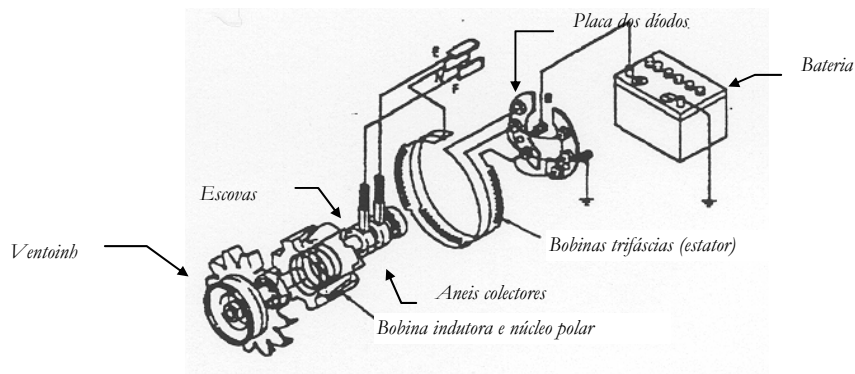


Figura 5: Principais elementos constituintes de um alternador ([8])

São eles:

- Rotor (Veio, rolamentos, bobina indutora, núcleos polares e anéis colectores);
- Escovas;
- Estator (enrolamentos trifásicos, núcleo);
- Ponte rectificadora (díodos);
- Ventoinha de refrigeração;
- Regulador de tensão.

Dado que os reguladores de tensão actuais são de tamanho reduzido (deixaram de ser electromecânicos para passarem a ser electrónicos), o regulador de tensão começa a aparecer incluído dentro do próprio alternador.

Na figura seguinte representa-se o modo como os diversos componentes poderão estar montados:

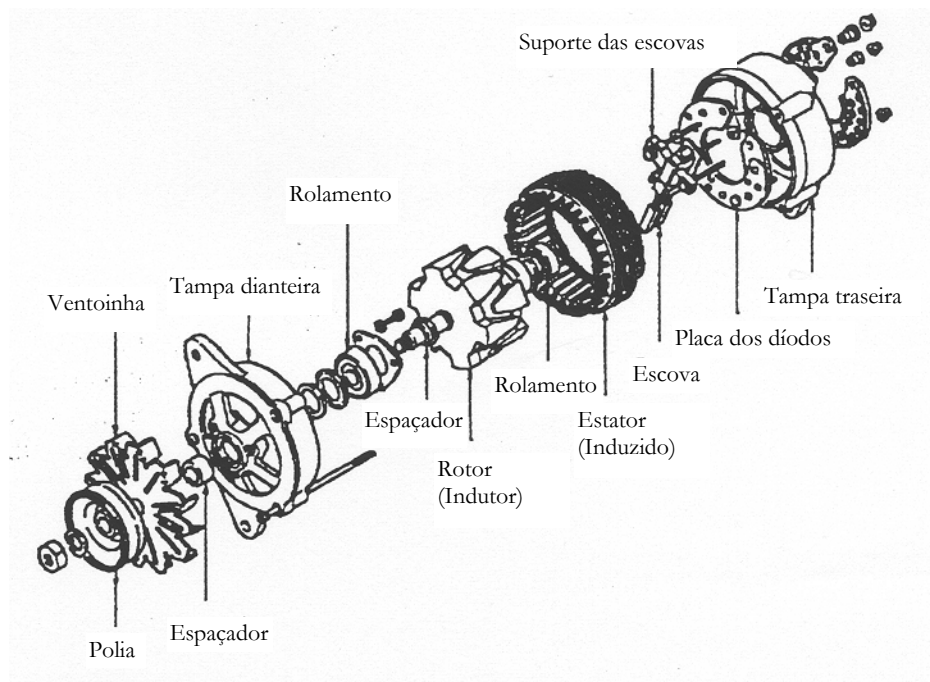


Figura 6: Montagem dos elementos de um alternador ([9])

4.1. Rotor

O **rotor** é constituído por dois núcleos polares (pólos magnéticos Norte e Sul), uma bobina indutora (também chamada bobina de campo), dois anéis colectores e um veio do rotor:

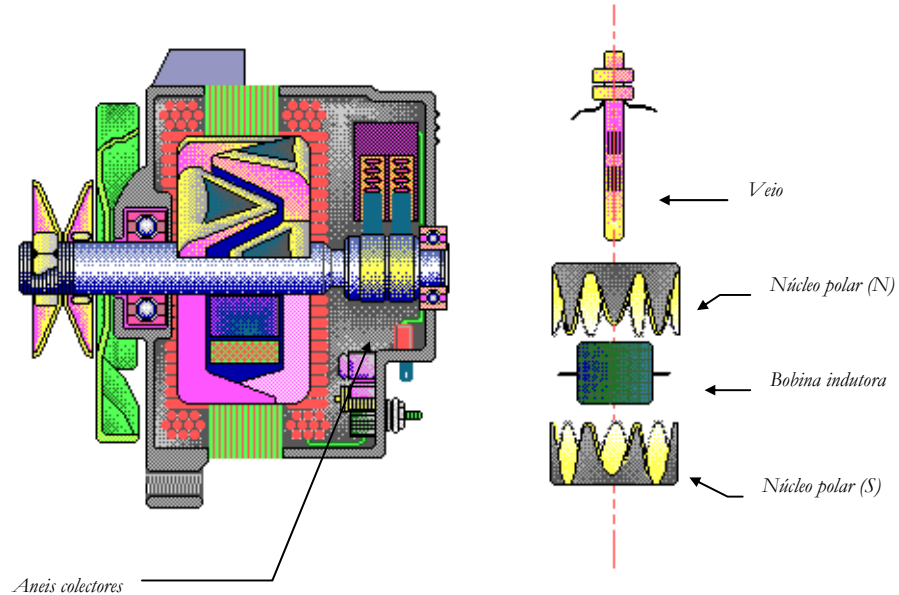


Figura 7: O alternador em corte e o rotor desmontado ([3])

A bobina indutora está enrolada na mesma direcção em que roda o rotor e cada extremidade da bobina está ligada a um anel colector. Os dois núcleos polares estão instalados em cada lado da bobina, envolvendo-a. O fluxo magnético é produzido pela corrente que atravessa a bobina (2 a 5 A, fornecidos pela bateria), levando a que, com a rotação do rotor, os pólos sejam alternadamente Norte e Sul. Os anéis colectores são isolados do veio do rotor.

Saliente-se que existem alternadores em que o campo magnético indutor é produzido por um íman permanente, contudo, nesse caso, não é possível a regulação da tensão através da excitação (não seria possível aumentar ou diminuir a intensidade do campo magnético indutor, como no caso do electroímã). Esta situação será objecto do nosso estudo numa secção mais à frente.

4.2. Escovas

A bobina indutora recebe a corrente através de um par de **escovas**, ver figura, que fazem a sua ligação eléctrica à bateria, através dos anéis colectores:

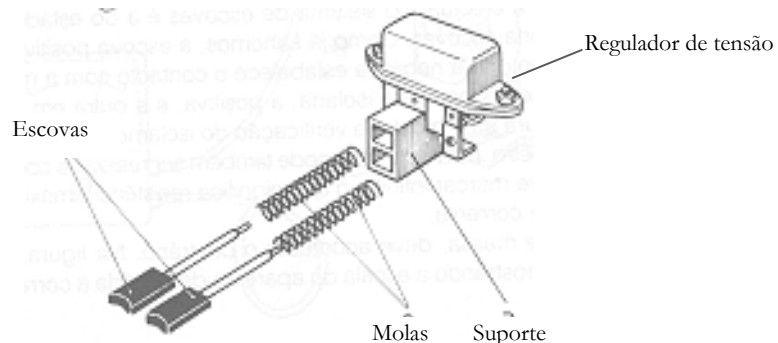


Figura 8: O alternador em corte e o rotor desmontado ([3])

As escovas são “empurradas” contra os anéis colectores através de uns suportes com molas. A baixa corrente (indutora) que têm de conduzir (2 a 5 A) permite-lhes um tempo de vida elevado.

4.3. Estator

O rotor é inserido no interior do **estator**. Existe apenas um ligeiro espaçamento (menos de 1 mm) entre o estator e o rotor, para permitir maximizar o campo magnético que “entra” no estator (minimizando também o fluxo de fugas).

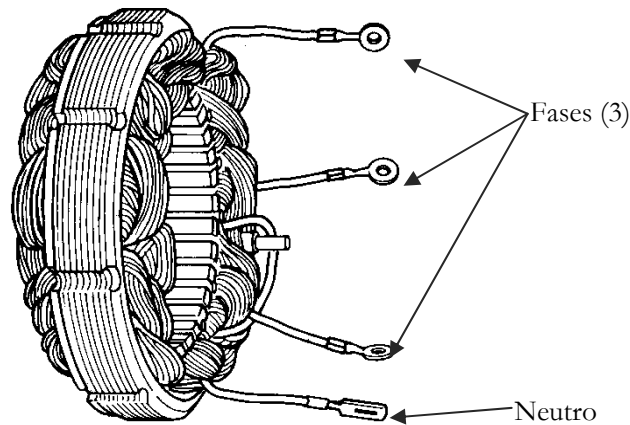


Figura 9: Os três grupos (6 bobinas cada) de enrolamentos do estator ([6])

O estator de um alternador trifásico tem três grupos independentes de enrolamentos, um para cada fase, dispostos à volta de um núcleo ferromagnético laminado (Figura 9).

Cada um dos três enrolamentos deverá ter um número de bobinas múltiplo do número de pares de pólos do rotor (rotor com seis pares de pólos é um valor comum, correspondendo a um estator com $3 \times 6 = 18$ bobinas ou $3 \times 12 = 36$ bobinas).

Esta restrição do número de bobinas do estator garante que, num dado instante de tempo, em todas as bobinas do mesmo enrolamento é induzida uma f.e.m. do mesmo valor, podendo estas ser ligadas em série (constituindo assim um mesmo enrolamento).

Os três grupos de enrolamentos são dispostos alternadamente, com uma ligeira sobreposição, o que é necessário para a geração dos desfasamentos pretendidos ([7]).

Na figura seguinte podemos ver o rotor correspondente ao estator atrás apresentado. Pode verificar-se que o seu núcleo polar tem seis pares de pólos:

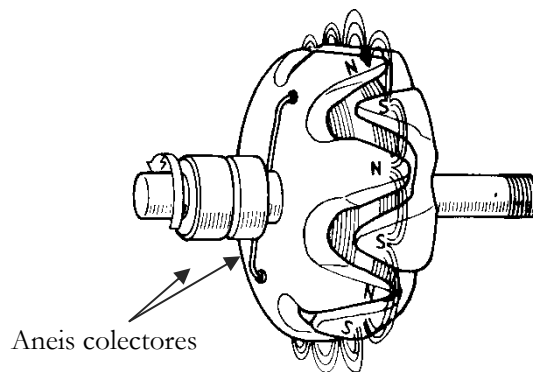


Figura 10: Núcleo polar do rotor (6 pares de pólos) ([6])

Podemos ver na figura seguinte como estão ligadas as bobinas dos três enrolamentos do estator, para um alternador com seis pares de pólos indutores e doze bobinas por enrolamento:

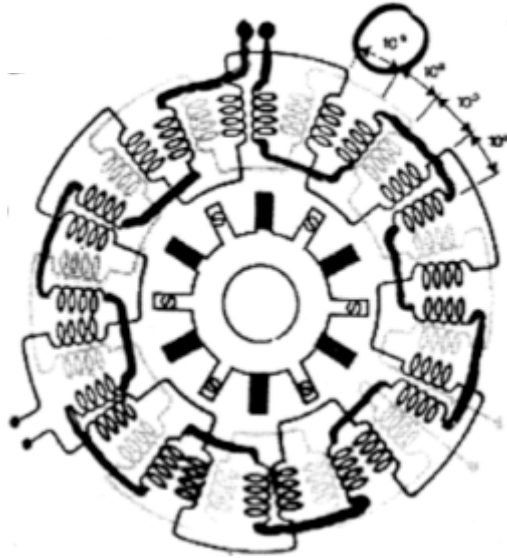


Figura 11: Ligação das bobinas do estator de um alternador ([8])

Saliente-se que, neste caso, para um mesmo enrolamento, **cada bobina está enrolada num sentido contrário das suas vizinhas**. Só assim se consegue um sincronismo das f.e.m. induzidas, pois enquanto que uma está sob a influência de um pólo Norte, uma bobina vizinha está sob a influência de um Pólo Sul.

Obviamente que a frequência da f.e.m. induzida é proporcional ao número de pares de pólos (e à velocidade de rotação do rotor).

A ligação dos três enrolamentos estatóricos pode ser feita em estrela (conhecida em inglês por ligação Y) ou em triângulo (conhecida em inglês por ligação *delta*), sendo mais comum o primeiro caso, *Figura 12* do lado direito.

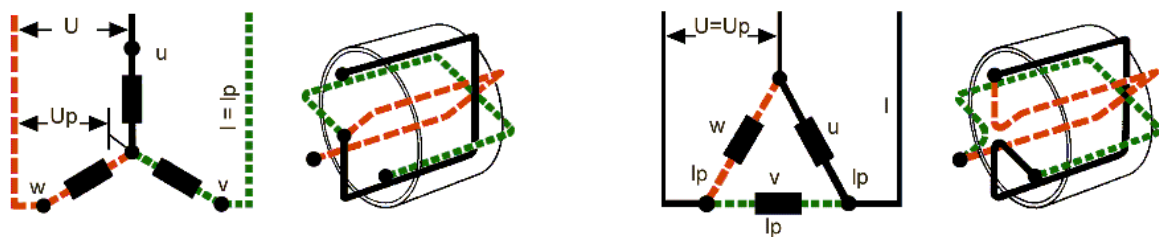


Figura 12 Tipos de conexões possíveis para o estator. Do lado direito: conexão em estrela do enrolamento do estator para corrente trifásica. Do lado esquerdo: conexão em triângulo do enrolamento do estator para corrente trifásica. ([12])

4.4. Ponte rectificadora (Placa de Díodos)

A corrente alternada trifásica gerada pelo alternador terá de ser convertida em corrente contínua, dado que os componentes eléctricos de um automóvel exigem corrente contínua para funcionar. No caso particular da bateria, esta só se pode carregar se o sistema de carga lhe fornecer uma tensão contínua.

O sistema de segmentos de colector que serviria para o dínamo não pode ser utilizado no alternador, pois aqui o induzido não roda (está estacionário). A solução é utilizar um dispositivo rectificador - uma **ponte de díodos** *Figura 13*:

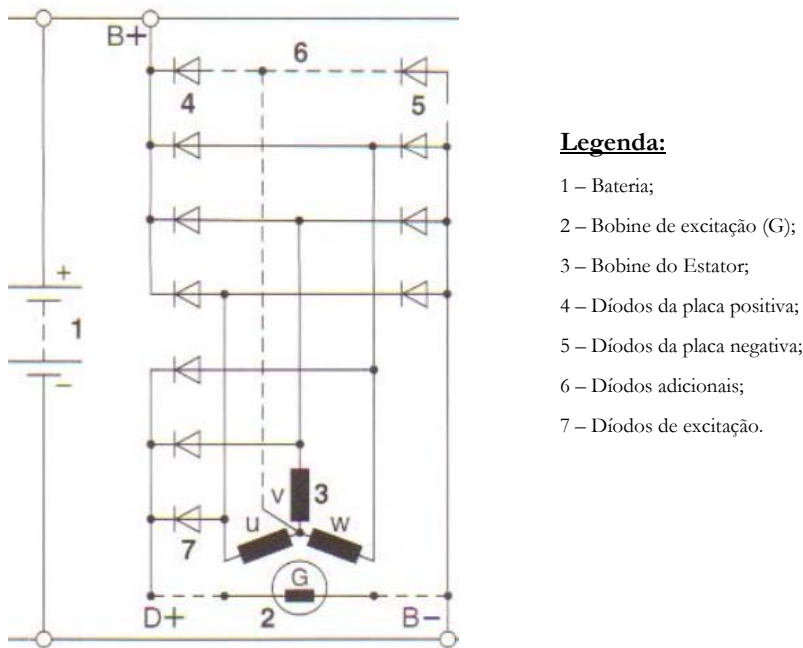


Figura 13: Ponte rectificadora trifásica de onda completa ([15]).

A rectificação (de onda completa) de um sistema trifásico exige **dois díodos para cada uma das fases**, resultando num total de seis díodos. O truque é transformar a “corrente negativa” em corrente positiva. Num dado instante de tempo, apenas dois díodos estão em condução - são aqueles que estão ligados às saídas do alternador que têm o maior potencial (positivo e negativo), nesse mesmo instante de tempo.

Ao serem aplicadas três tensões (U_1 , U_2 e U_3) desfasadas de 120° , o comportamento dos díodos vai ser o seguinte *Figura 14*:

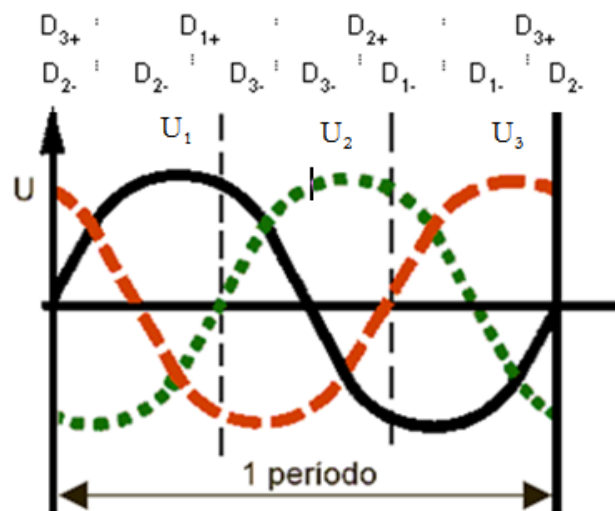


Figura 14: Condução dos díodos em função da tensão trifásica ([12]).

A tensão de saída do sistema (U_{out}) **terá sempre a mesma polaridade**, o que era o objectivo inicial *Figura 15*:

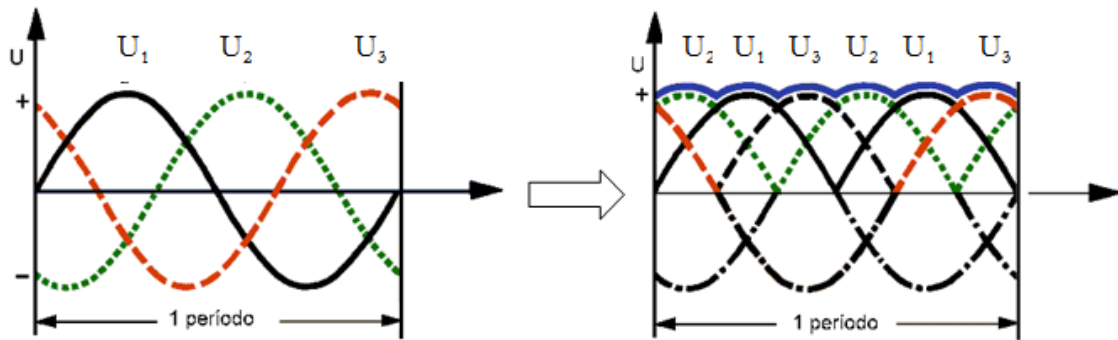


Figura 15: A tensão trifásica de saída é transformada em corrente contínua levemente ondulada ([12])

Nos alternadores, a ponte rectificadora é montada na chamada placa de díodos. Na figura seguinte pode visualizar-se a aplicação da ponte rectificadora à saída do alternador, observando o formato temporal das várias tensões intervenientes:

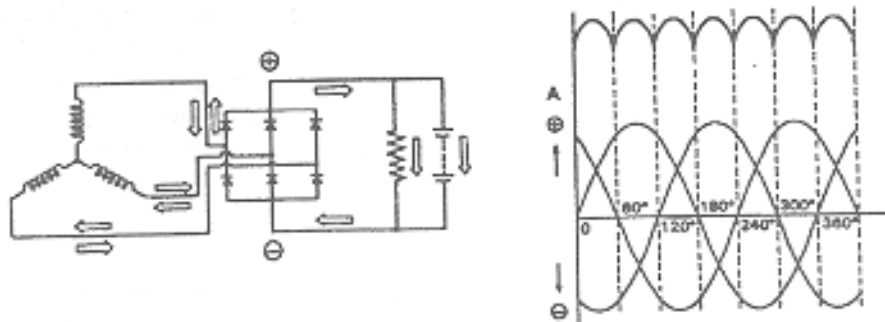


Figura 16: Rectificação da corrente alternada trifásica ([8])

Pode observar-se na figura seguinte, *Figura 17*, que embora o sentido das correntes nas bobinas do estator mude de sentido, o sentido da corrente nas cargas (bateria e receptores) é sempre o mesmo:

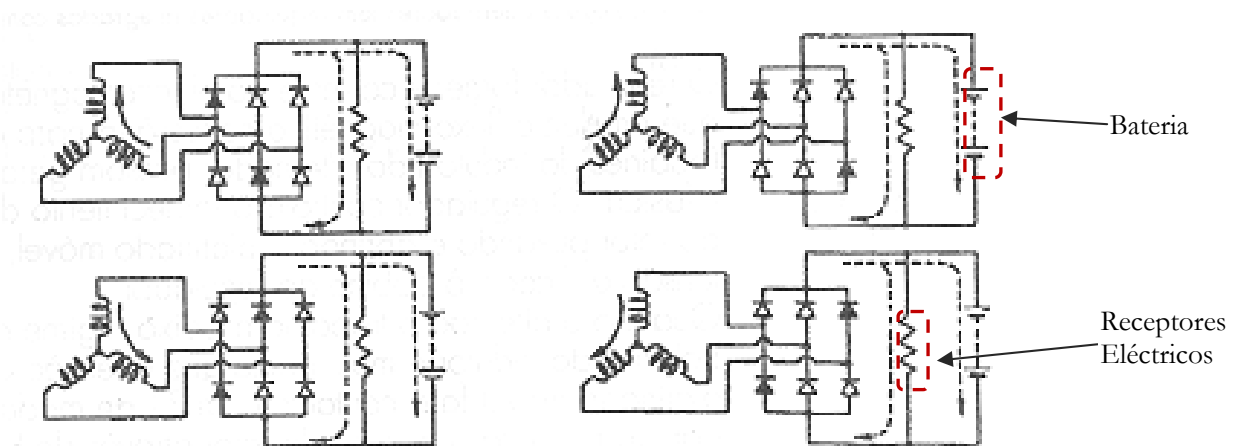


Figura 17: Rectificação da corrente alternada trifásica ([8])

Tal como se verificou nas figuras atrás apresentadas, para um alternador com apenas **um par de pólos e três enrolamentos estatóricos**, em cada volta do rotor irão ocorrer seis picos de tensão. A tensão à saída da ponte rectificadora é, no entanto, **demasiado ondulada**.

Este problema é ultrapassado pelos alternadores trifásicos **com seis pares de pólos e seis bobinas por enrolamento**, em cada revolução do rotor irão ocorrer 36 picos de tensão (18 positivos e 18 negativos):

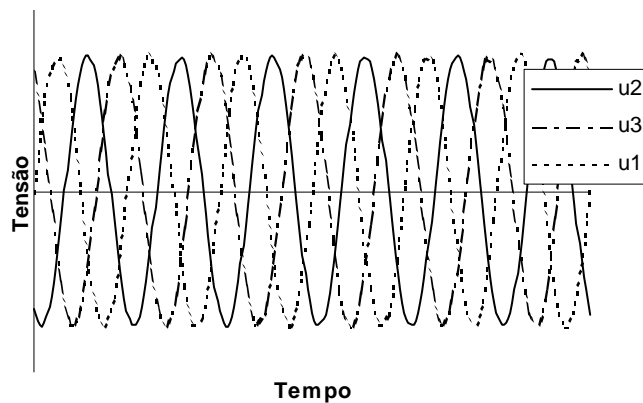


Figura 18: F.e.m. induzidas para 6 pares de pólos e 6 bobinas por enrolamento

A que vai corresponder uma tensão rectificada da seguinte forma, para o mesmo período de tempo que foi considerado anteriormente (uma volta do rotor):

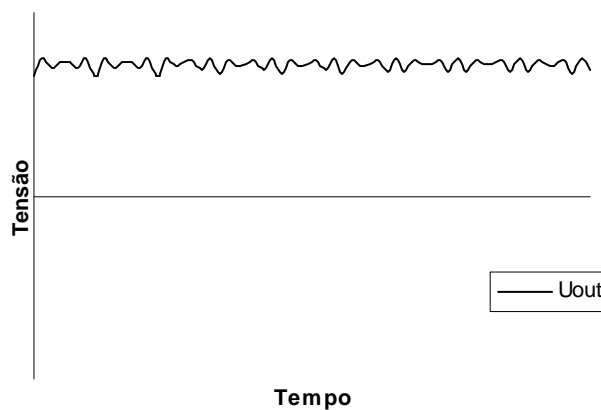


Figura 19: Tensão de saída rectificada para 6 pares de pólos e 6 bobinas por enrolamento

É fácil de notar que **a tensão rectificada é muito mais estabilizada** do que no caso do alternador básico (com 1 par de pólos e 1 bobina por enrolamento).

Esta leve ondulação é anulada pela bateria que filtra os picos de tensão, comportando-se como um filtro passa-baixo.

No alternador há três circuitos de corrente:

- Circuito da corrente de pré-excitação;
- Circuito da corrente de carga;
- Circuito da corrente de excitação.

4.5. Corrente de pré-excitação

Regra geral, os alternadores são **auto-excitantes**, isto é, a **corrente de excitação é obtida na própria máquina**, desviada da corrente principal.

O conceito chave que torna possível a excitação, isto é, o aparecimento de um campo magnético quando ainda não há passagem de corrente de excitação é conhecido por "magnetismo remanescente" ou "remanência magnética".

Ao ser desligada a corrente de um electroímã, o respectivo campo magnético não desaparece por completo, isto é, continua existindo um pequeno resto no núcleo de ferro.

Quando o alternador é accionado pelo motor do veículo, o magnetismo remanescente no núcleo de ferro provocará a formação de uma pequena força electromotriz no enrolamento do alternador. Essa pequena tensão, por sua vez, provocará a passagem de uma pequena corrente eléctrica no circuito fechado do enrolamento de excitação de maneira que o magnetismo remanescente é acrescido de algum electromagnetismo, que reforça o campo de excitação, *Figura 20*. Em virtude do campo de excitação mais forte, resultará uma força electromotriz mais elevada, etc., constituindo-se finalmente o valor desejado da força electromotriz, correspondente à rotação do alternador.

No alternador existem dois díodos no circuito de corrente de excitação, um de excitação e um negativo. A auto-excitação somente pode começar quando o alternador tiver atingido uma tensão de, no mínimo $2 \times 0,6 \text{ V} = 1,2 \text{ volts}$.

O campo de magnetismo remanescente do rotor produzirá a referida tensão somente com uma rotação elevada. Por isso, é necessária a **pré-excitação do alternador** na partida do motor. A forma mais prática é sob a forma de corrente da bateria, através da lâmpada indicadora de carga. Após ligado o motor, a corrente de pré-excitação terá o percurso apresentado na figura a seguir, *Figura 20*.

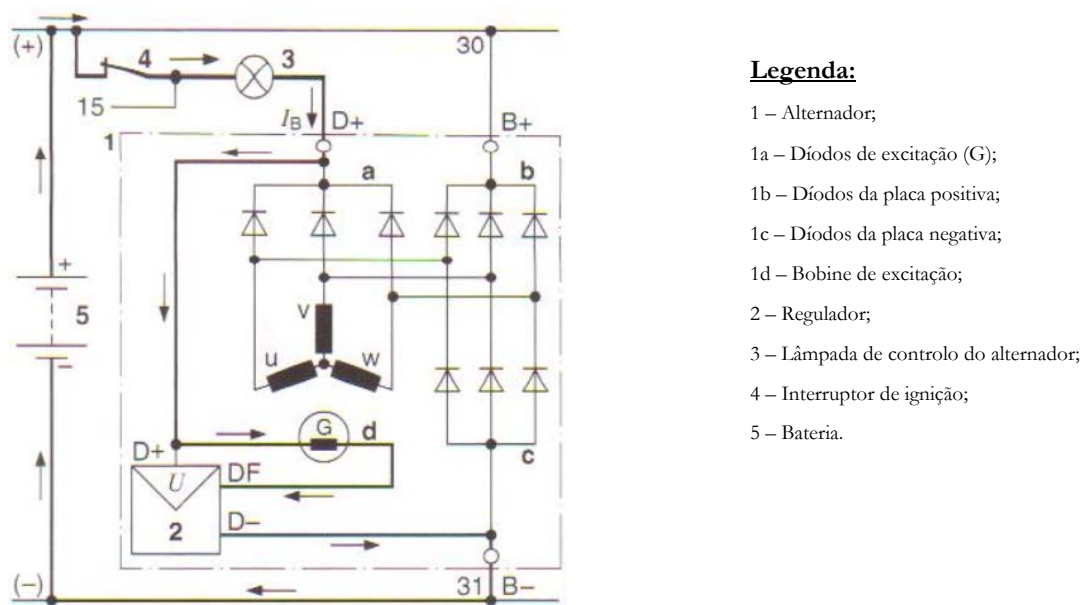


Figura 20 Percurso da corrente no circuito de pré-excitação ([15]).

A corrente de pré-excitação causará, com absorção suficiente de corrente pela lâmpada indicadora, um campo magnético suficientemente grande para o início da auto-excitação do alternador.

4.6. Circuito da corrente de carga

No borne "D-" do alternador, obtém-se a corrente para carregar a bateria e alimentar os consumidores eléctricos do veículo. O percurso da corrente de carga e de consumo é visto na figura a seguir.

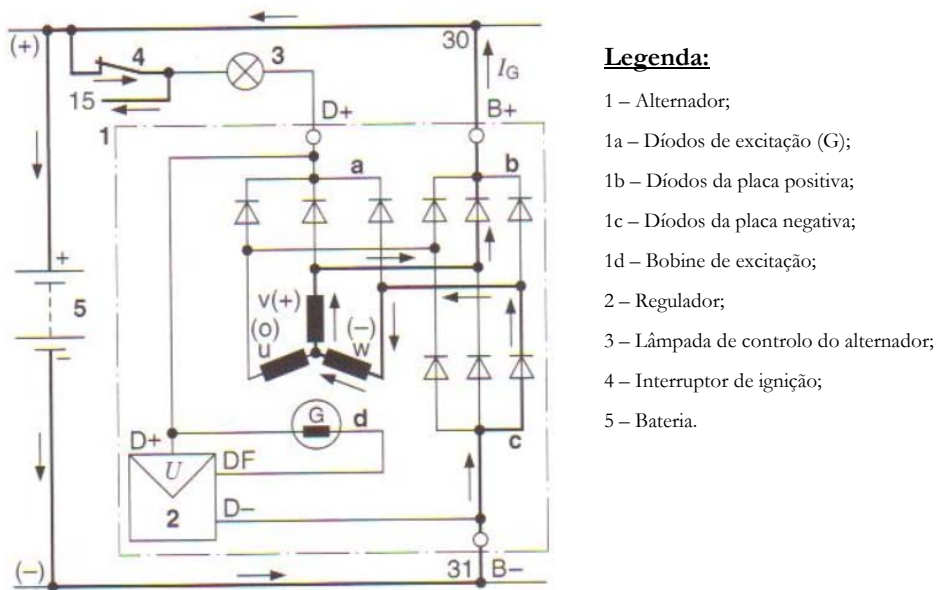


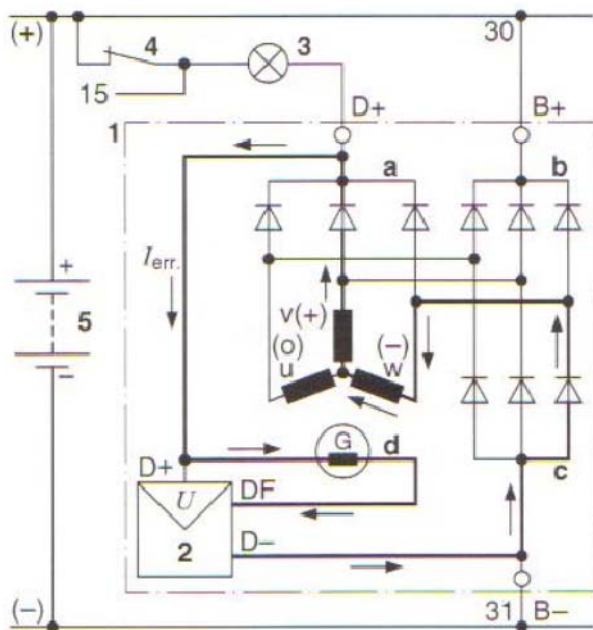
Figura 21 Percurso da corrente no circuito de carga ([15]).

Verifica-se que a tensão na extremidade "U" do enrolamento é positiva, em "W" negativa e em "V" é igual a zero (sem tensão). O percurso da corrente é então o seguinte: extremidade de enrolamento "W", diodo negativo "W", borne de alternador "D-", massa, bateria (consumidor), borne de alternador "B+", diodo positivo "U", extremidade de enrolamento "U", ponto neutro.

Enquanto as correntes de fase modificam o seu valor e trocam de polaridade, a corrente fornecida à bateria (ou aos consumidores eléctricos) mantém sempre o mesmo sentido.

4.7. Circuito da corrente de excitação

A corrente de excitação para a produção do campo magnético é derivada do enrolamento do estactor e retificada por três diodos de excitação especiais e três diodos de potência negativos. O percurso da corrente de excitação é mostrado na figura a seguir, .



Legenda:

- 1 – Alternador;
- 1a – Diodos de excitação (G);
- 1b – Diodos da placa positiva;
- 1c – Diodos da placa negativa;
- 1d – Bobine de excitação;
- 2 – Regulador;
- 3 – Lâmpada de controlo do alternador;
- 4 – Interruptor de ignição;
- 5 – Bateria.

Figura 22 Percurso da corrente no circuito de excitação ([15]).

4.8. Regulador de Tensão

Praticamente todos os instrumentos receptores que equipam o automóvel funcionam correctamente desde que a tensão nominal da rede se mantenha dentro de limites muito estreitos. Ora, a f.e.m. produzida por um dado alternador varia com a velocidade de rotação do rotor e com a corrente de excitação do indutor.

No caso do automóvel, a velocidade de rotação do motor varia muito, desde as 600-900 rpm até às 6000-7000 rpm. No veio do motor existe uma desmultiplicação de cerca de duas vezes o que faz com que o alternador gire entre as 1200-1800 e as 12000-14000 rpm. Nestas condições, a tensão obtida no alternador seria variável, podendo atingir valores na ordem dos 250 V, o que não pode acontecer.

Para resolver este problema recorre-se ao **regulador de tensão**. O objectivo deste aparelho é o de controlar a corrente de excitação da bobina indutora, mediante a velocidade de rotação do motor, reduzido a excitação quando sobem as rotações e aumentando a excitação quando a rotação é mais baixa. Para garantir uma boa carga da bateria e o funcionamento correcto do restante sistema eléctrico, a **tensão à saída do regulador deverá situar-se entre os 13.5 e os 14.5 V**.

Basicamente, um regulador de tensão “sente” o valor da f.e.m. gerada pelo alternador, alimentando a bobina indutora se essa f.e.m. é inferior à pretendida ($\approx 14V$) e interrompendo essa alimentação se a f.e.m. subir acima desse nível.

Apesar de, hoje em dia, todos os reguladores de tensão serem electrónicos, é interessante verificar o princípio de funcionamento dos seus antecessores, i.e. os reguladores electromecânicos.

Regulador Electromecânico

O regulador **electromecânico**, *Figura 23* foi substituído pelo electrónico, pois este último é mais pequeno, mais leve e mais preciso. Apesar disso, o estudo do funcionamento do regulador electromecânico facilita a compreensão dos reguladores electrónicos, pois têm a mesma filosofia de funcionamento.

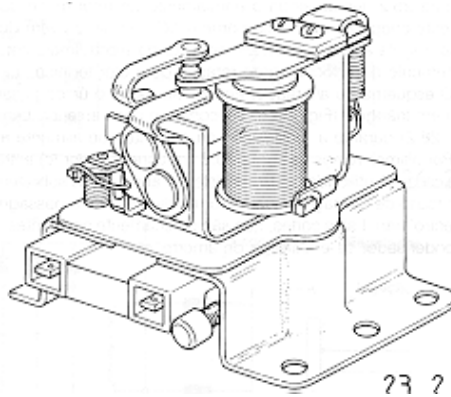
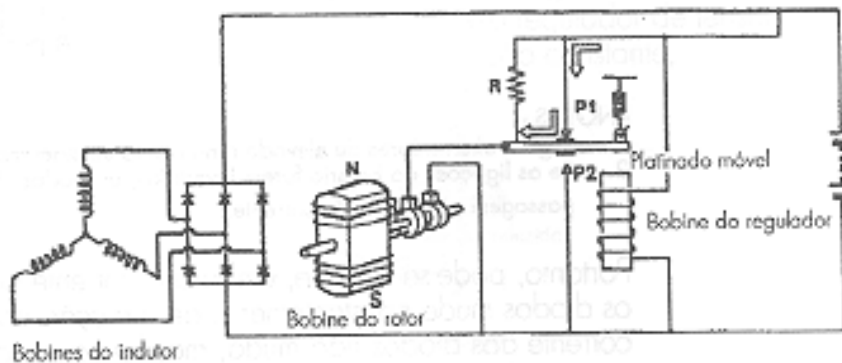


Figura 23: Exemplo de um regulador electromecânico ([6])

Os reguladores electromecânicos funcionam de uma forma equivalente aos relés de protecção electromagnéticos:



*Figura 24: Regulação electromecânica de tensão - corrente de excitação **máxima** ([6Error! Reference source not found.])*

O regulador fornece ou não corrente à bobina indutora (bobina do rotor), que produz o fluxo magnético necessário para que seja induzida f.e.m. alternada trifásica nos três enrolamentos do estator. O fornecimento de corrente (tensão) à bobina do rotor é controlado pelo regulador, através da abertura ou fecho do platina móvel, dependendo da tensão aplicada ao electroímã do regulador.

Quando o alternador trabalha a baixo regime e a tensão à saída do alternador é mais baixa que a tensão da bateria, a força exercida pelo electroímã do regulador não é suficiente para atrair o platina móvel. Na situação de “repouso” faz-se então o contacto com P1, de modo a que a corrente da bateria flui para a bobina do rotor (através de P1). No caso da figura anterior, o regulador está a fornecer uma corrente **máxima** à bobina do rotor.

Quando o rotor do alternador começa a rodar a uma velocidade mais elevada, e a tensão gerada ultrapassa um determinado valor ($\approx 14V$), o electroímã do regulador exerce uma força

suficiente para atrair o platinado móvel, separando-o de P1. O regulador passa a fornecer uma corrente **intermédia** à bobina do rotor:

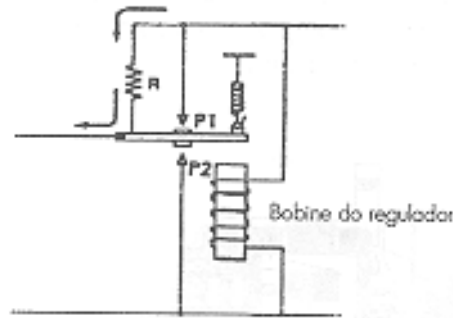


Figura 25: Regulação electromecânica de tensão - corrente de excitação **intermédia** ([6])

Quando o alternador funciona a um regime ainda mais elevado, a força exercida pelo electroímã do regulador é ainda mais elevada, obrigando o platinado móvel a fazer contacto com P2. Neste caso a corrente percorre a resistência R e em seguida flui para P2 (e para a massa). A corrente que flui para a bobina do rotor é portanto **nula**:

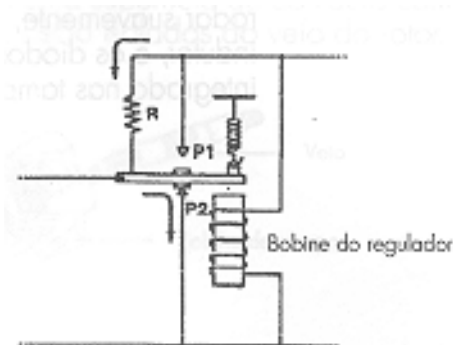


Figura 26: Regulação electromecânica de tensão - corrente de excitação **nula** ([6])

Quando o platinado móvel se afasta de P1, a corrente passa a fluir através da resistência R, reduzindo portanto a sua intensidade. Menos corrente para a bobina do rotor implica que o alternador gere menos f.e.m. Consequentemente, haverá uma menor força de atracção por parte do electroímã do regulador, de modo que o platinado móvel retorna à sua posição de “repouso”, fazendo contacto com P1. Isto, por seu lado, provoca uma subida na corrente que alimenta a bobina do rotor, aumentando novamente a f.e.m. gerada pelo alternador, obrigando o platinado móvel a afastar-se novamente de P1.

Concluindo, quando o motor opera a baixos regimes, o platinado móvel aumenta ou diminui a corrente para a bobina do rotor, estando em contacto ou afastando-se de P1 (entrando a resistência em série), respectivamente. Para alta rotação, a corrente é ou não fornecida à bobina do rotor, conforme o platinado móvel faz contacto com P1 ou P2, respectivamente.

Regulador Electrónico

O segundo tipo de regulador é o **regulador electrónico**. Este tipo de regulador apresenta diversas vantagens em relação ao regulador electromecânico:

- Sendo mais leve e ocupando menos espaço do que os regulador electromecânico, pode ser montado internamente no alternador, evitando a cablagem adicional necessária a um regulador externo.
- Ao contrário do regulador electromecânico, não existem partes em movimento, podendo executar até 7000 operações de ligar/desligar por segundo ([7]). Esta

elevada frequência de operação permite um melhor controlo (mais exacto) da corrente que é fornecida à bobina do rotor (corrente de excitação).

- A ausência de elementos mecânicos é também uma vantagem deste tipo de reguladores, pois não ficam tão sujeitos a desgastes e avarias.

Para alternadores de potências médias e maiores, pelas razões já mencionadas anteriormente, empregam-se para a regulação da tensão **reguladores electrónicos**, com os quais é possível controlar com absoluta segurança as elevadas correntes de excitação dos alternadores. São além disso de elevada durabilidade (funcionamento sem desgaste) pois contêm transistores e diodos Zener, como elementos semicondutores.

Uma vez percebidos os reguladores electromecânicos, cujo elemento chave é o relé (à direita), para perceber os electrónicos é só fazer a substituição por um transistor, à esquerda).

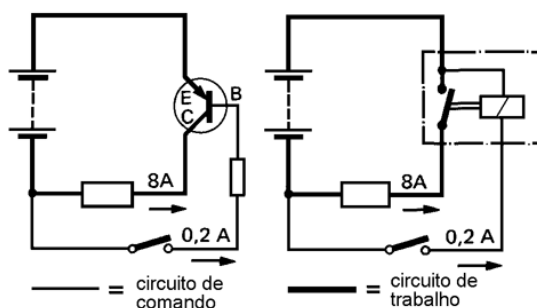


Figura 27 Um relé (figura da direita) pode ser substituído por um transistor (figura da esquerda) ([11]).

Os reguladores electrónicos podem basear-se em dois princípios de funcionamento, dependendo de como é produzido o campo magnético indutor:

- Alternador com **electroímã**

Quando o campo magnético indutor é gerado por um electroímã, a **tensão de saída do alternador pode ser controlada através da maior ou menor corrente de excitação** desse mesmo elemento. Uma das possíveis implementações baseia o seu funcionamento num diodo zener e no funcionamento de um transistor como relê electrónico. O diodo zener, pelas suas características, bloqueia a passagem da corrente até se atingir um determinado valor de tensão aos seus terminais, altura em que passa a conduzir. Se o zener controlar a corrente de base de um transistor, este funcionará como um relê electrónico, estabelecendo ou cortando a corrente de excitação do electroímã.

- Alternador com **ímã permanente**

Se for um ímã permanente a gerar o campo magnético indutor, não é possível controlar a sua intensidade. A única hipótese é **controlar a corrente fornecida pelo alternador** (pelos enrolamentos induzidos do estator), por intermédio de tirístores. Recorre-se também aqui aos diodos zener, elementos que controlam a condução ou corte dos tirístores, permitindo assim a regulação da tensão do alternador.

Uma das possíveis implementações baseia o seu funcionamento num diodo zener e no funcionamento de um transistor como relê electrónico. O diodo zener, pelas suas

características, bloqueia a passagem da corrente até se atingir um determinado valor de tensão aos seus terminais, altura em que passa a conduzir.

É a seguir apresentado um regulador electrónico básico, *Figura 28*:

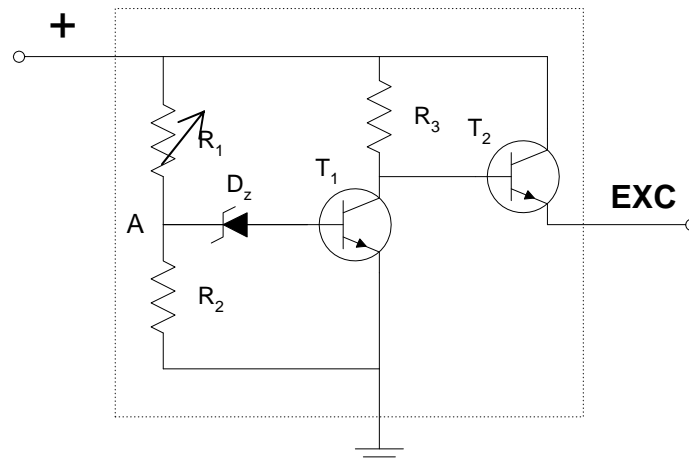


Figura 28: Um regulador electrónico básico ([8])

O díodo zener D_z é utilizado para comandar dois transístores:

T_1 - transístor de comando (que vai pôr T_2 em corte ou em condução)

T_2 - transístor de potência (que vai conduzir ou cortar a corrente de excitação que o regulador fornece à bobina do rotor).

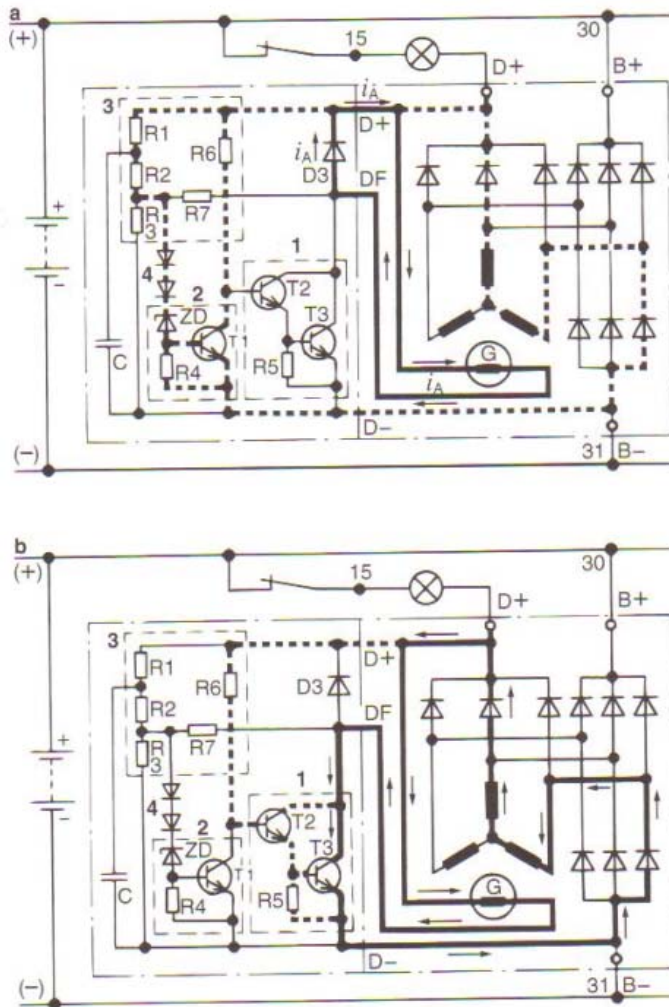
As resistências R_1 e R_2 constituem um divisor de tensão, definindo a tensão que vai fazer funcionar o regulador.

O regulador poderá estar em dois estados distintos:

A TENSÃO DE ENTRADA (+) É BAIXA	A TENSÃO DE ENTRADA (+) É ALTA
<ul style="list-style-type: none"> • O potencial no ponto A não é suficiente para fazer conduzir o díodo zener (não é atingida a tensão de zener) • O potencial na base de T_1 é nulo, o que implica que T_1 fique em corte • Se T_1 está em corte, o potencial na base de T_2 é suficiente para o pôr (T_2) em condução • Se T_2 está em condução, a saída (EXC) vai ficar ao mesmo potencial da entrada (+), pelo que a bobina do rotor é excitada. 	<ul style="list-style-type: none"> • O potencial no ponto A ultrapassa a tensão de zener, colocando D_z em condução • A base de T_1 fica a um potencial positivo, o que implica que T_1 passe a conduzir • Se T_1 está em condução, a base de T_2 fica a um potencial baixo, insuficiente para o pôr (T_2) em condução • Se T_2 está em corte, a saída (EXC) vai ficar ao potencial da massa, pelo que a bobina do rotor não é excitada.

O funcionamento fica claro, se tentarmos perceber os processos que ocorrem ao aumentar e diminuir a tensão aos terminais do alternador. O valor real da tensão do alternador entre os terminais D+ e D- é registado por um divisor de tensão, resistências R1, R2 e R3 da *Figura 29*. Em paralelo com R3 está conectado, com o transistor do valor nominal do regulador, um diodo Z que se encontra submetido a uma tensão parcial proporcional à tensão do alternador. Enquanto o valor real da tensão no alternador é inferior ao valor teórico, verifica-se o **estado de conexão “conectado”**, *Figura 29b*. Nesta situação não se alcançou ainda a tensão de corte do diodo Z, isto é, não passa corrente para a base do transistor T1. Com o transistor T1 em corte, circula corrente desde os díodos de excitação, através do terminal D+ e da resistência R6 até à base do transistor T2, que se torna assim condutor. Ao entrar em condução, o transistor T2 estabelece conexão entre o terminal DF e a base de T3. Portanto, o transistor T3 torna-se também condutor.

Desta forma, através de T3, flui uma **corrente de excitação**, que aumenta durante o tempo de conexão e provoca por sua vez um aumento da tensão do alternador U_G . Ao mesmo tempo aumenta também a tensão no terminal do diodo Z. Se o valor real de tensão do alternador excede o valor teórico, surge o estado de regulação **“desconectado”**, *Figura 29a*.



Legenda:

- a – Corrente de excitação desconectada por T3;
- b – Corrente de Excitação conectada por T3;
- 1 – Etapa de potência;
- 2 – Fase de comando;
- 3 – Divisor de tensão;
- 4 – Díodos de compensação de temperatura;
- C – Condensador para rectificação de tensão;
- D3 – Díodo extintor.

Figura 29 Função do regulador transistorizado tipo EE entre os estados de regulação “conectado ” e “desconectado” ([15]).

Nesta situação, o diodo Z torna-se condutor ao alcançar a tensão de corte e permite circular uma corrente desde D+, através das resistências R1 e R2, até à base do transistor T1, que se

torna também condutor. Como consequência, a tensão da base de T2 cai praticamente a Zero e ambos os transístores T2 e T3 ficam ao corte.

Nesta situação, o circuito de corrente de excitação fica interrompido e deixa de haver excitação, diminuindo a excitação do alternador. Como a tensão cai abaixo do valor nominal e o diodo Z volta ao estado de corte e o circuito de potência conecta de novo a corrente de excitação.

Ao interromper-se a corrente de excitação, devido à auto-indução no enrolamento de excitação – energia magnética acumulada – poderia produzir-se um pico de tensão que destruiria os transístores T2 e T3 se não se aplicasse o “diodo extintor” D3.

O diodo extintor encarrega-se da corrente de excitação no momento da interrupção e impede que se produza um pico de tensão.

O ciclo de regulação de conexão e desconexão do fluxo de corrente ao qual a bobine de excitação é submetida alternadamente – à tensão do alternador ou curte circuitada através do diodo extintor – repete-se periodicamente. A cadência de repetição depende essencialmente da velocidade de rotação do alternador e da carga.

O condensador C rectifica a tensão contínua ondulada do alternador. A resistência R7 assegura uma comutação rápida e exacta dos transístores T2 e T3 o que reduz as perdas de comutação.

4.9. Designação e dimensionamento dos Alternadores

Cada veículo, quando projectado, é equipado com um alternador dimensionado especificamente para dar resposta às suas necessidades energéticas.

Para a selecção de um alternador para um veículo são determinantes os seguintes critérios:

- Tipo de veículo e condições de serviço;
- Margem de revoluções do motor de combustão correspondente;
- Tensão da bateria do sistema eléctrico do veículo;
- Demanda de corrente dos possíveis consumidores;
- Solicitação do alternador por influências do meio ambiente;
- Vida útil previsível;
- Condições de montagem, dimensões;

As exigências impostas a um alternador, bem como os critérios de rentabilidade diferem consideravelmente em função do tipo de utilização. Por este motivo não pode existir um alternador universal que cumpra todas as exigências.

A potência requerida ao alternador depende exclusivamente dos consumidores instalados no veículo.

Nos alternadores consta, além do número de tipo (que começa sempre com 0 1 2...), uma designação com a seguinte significação: [12]

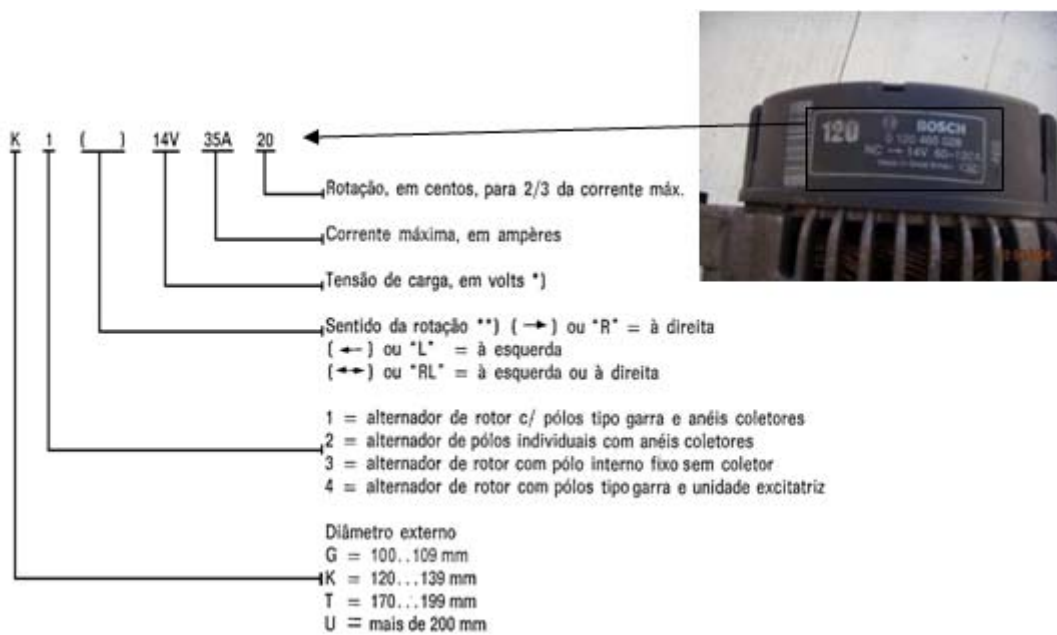


Figura 30 Simbologia utilizada para caracterizar os alternadores automotivos (na chapinha de instruções) ([12])

5. DIAGNÓSTICOS DE AVARIAS NO SISTEMA DE CARGA

O sistema de carga automóvel, ao longo da vida útil do veículo, não está imune a avarias. Estas avarias podem ser motivadas pelas mais variadas causas: desgaste mecânico de componentes, má utilização do veículo, falta de manutenção, etc.

- A bateria não se carrega ou carrega de forma Insuficiente;
- A luz de sinalização do sistema de carga não liga quando o motor está parado e com a chave em posição ON;
- A luz de sinalização do sistema de carga continua ligada com intensidade máxima quando o motor do veículo está em marcha incluindo em regime alto de revoluções;
- A luz de sinalização do sistema de carga fica ligada com intensidade máxima com o motor parado e ao colocar o motor em marcha reduz a intensidade ou se apaga.

Tabela 1 Algumas das possíveis avarias e causas de anomalias no sistema de carga

Avaria	Possíveis causas	Avaria	Possíveis causas
Tensão superior a 14V.	<ul style="list-style-type: none"> • Regulador de tensão defeituoso. 	A lâmpada piloto acende (fraca) quando o motor está acelerado.	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar as conexões: cabo massa do motor à carroceira, cabos da bateria. • Diodos de excitação abertos. • Diodos positivos abertos.
Corrente inferior a corrente de carga.	<ul style="list-style-type: none"> • Defeito no regulador de tensão. • Curto entre espiras ou à massa no enrolamento do estator. • Diodos em curto-circuito. 	A lâmpada piloto não acende com o motor parado.	<ul style="list-style-type: none"> • Lâmpada queimada ou desligada. • Regulador de tensão desconectado. • Bateria totalmente descarregada ou danificada. • Enrolamento do rotor interrompido.
A lâmpada piloto acende com a chave de ignição desligada (motor parado).	<ul style="list-style-type: none"> • Existe um ou mais diodos rectificadores positivos queimados (em curto-circuito). 	A lâmpada piloto acende com pouca luminosidade e não se altera.	<ul style="list-style-type: none"> • Circuito de campo do alternador interrompido. • Terminais DF isolados. • Escovas com mau contacto. • Anel colector dessoldado.

6. (DES)MONTAGEM DO SISTEMA DE CARGA

Nas próximas páginas iremos falar da desmontagem do alternador do ponto de vista prático, pelo que convém que todas as peças que o compõem sejam bem identificadas pelos respectivos nomes. Para tal foram inseridas as seguintes figuras, *Figura 31*, com as respectivas legendas associadas.

Legenda:

1. Porca hexagonal que fixa a polé e o ventilador ao eixo do rotor;
2. Anilha da mola;
3. Polé de transmissão;
4. Ventilador;
5. Casquilho metálico para afastar o ventilador do suporte e impedir colisões;
6. Parafuso de fixação do alternador;
7. Suporte de fixação;
8. Anilha metálica;
9. Anilha de mola;
10. Porca hexagonal de aperto do parafuso de fixação;
11. Parafuso de fixação da placa de díodos;
12. Anilha;
13. Anilha;
14. Anilha;
15. Placa de díodos;
16. Casquilho;
17. Casquilho isolante;
18. Parafuso;
19. Anilha isolante;
20. Suporte do lado do alternador;
21. Terminal;
22. Casquilho metálico;
23. Molas das escovas;
25. Jogo de escovas;
26. Casquilho;
27. Rotor;
28. Suporte do lado da placa de díodos;
29. Anilha;
30. Anilha recartilhada;
31. Parafusos de fixação dos suportes 20 e 27;
32. Estator;
33. Chaveta de fixação da polé ao eixo do rotor;
34. Porca hexagonal;
35. Parafuso;
36. Parafuso;
37. Casquilho isolante;
38. Condensador;
39. Placa de ligações;
40. Porta-escovas;
41. Casquilho isolante;
42. Casquilho isolante;
43. Casquilho isolante;
44. Porca hexagonal;
45. Casquilho do suporte de fixação do alternador;
46. Anilha;
47. Casquilho isolante;
48. Resistências.

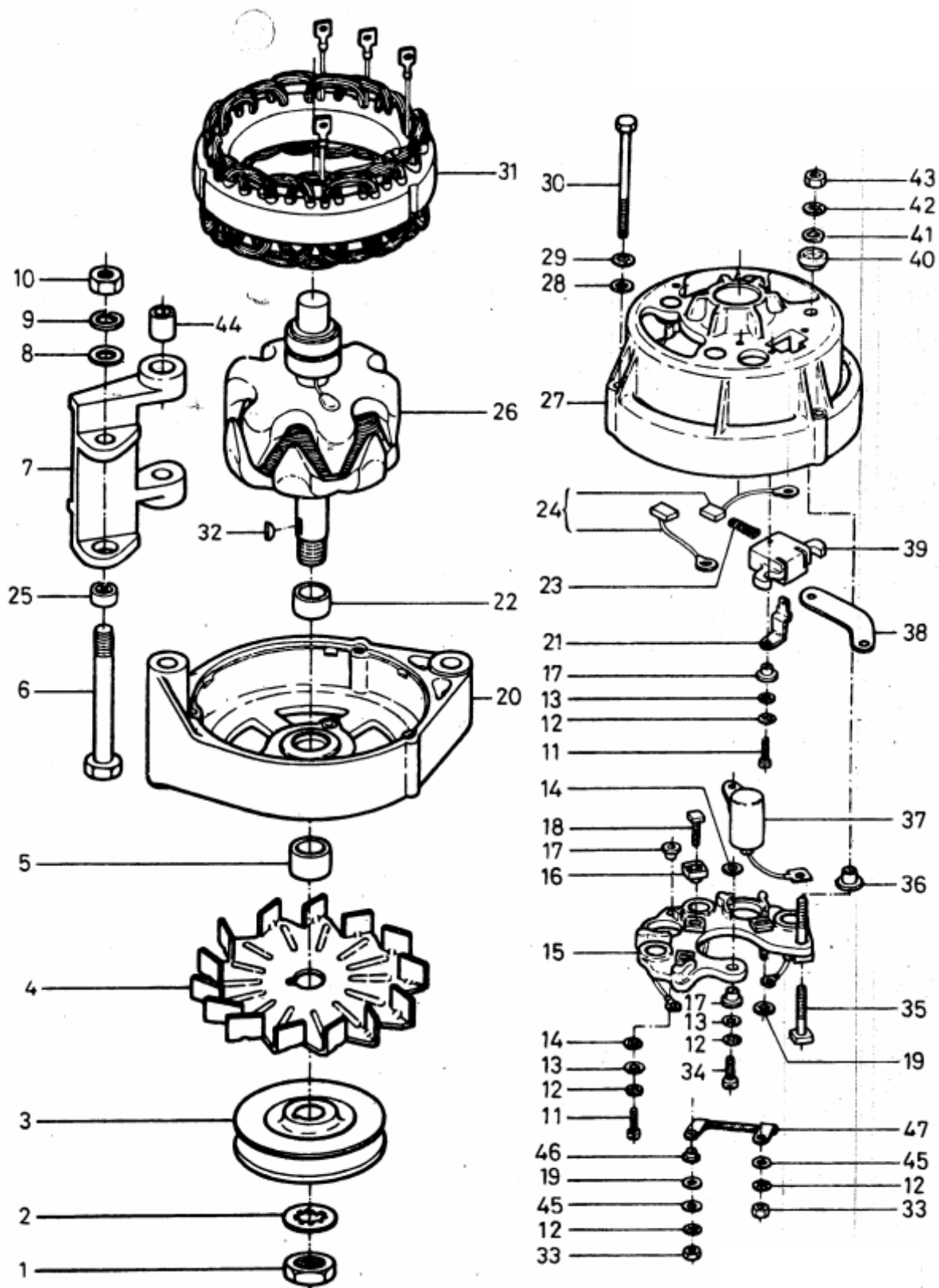


Figura 31 Identificação de cada uma das peças do alternador ([6]).

6.1. (Des)Montagem do Alternador (do) no Motor Térmico

Embora o mercado ofereça diversos tipos de alternadores e todos eles com vários modelos, a desmontagem é praticamente igual em todos eles. Na *Figura 32* temos o exemplo de montagem num motor de instalação longitudinal, sendo neste caso a desmontagem muito fácil. Nos motores de posição transversal, podem por vezes existir mais dificuldades, devido ao seu espaço, mais reduzido. No entanto, a técnica é sempre a mesma, embora possa tornar-se mais trabalhosa.

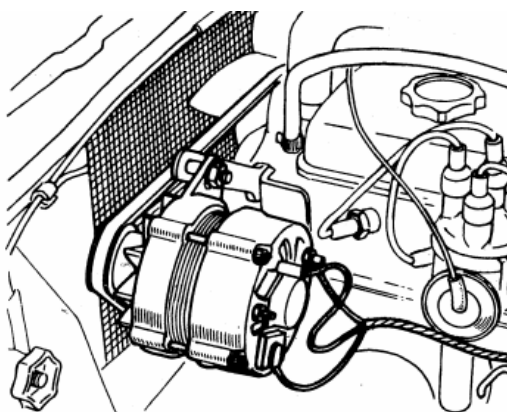


Figura 32 Exemplo de montagem do alternador num motor longitudinal ([6]).

Antes de iniciarmos o trabalho, é sempre necessário observar um conjunto de normas que devem ser escrupulosamente seguidos, não sendo de mais recordá-las:

- Não desligar ou retirar o alternador sem primeiro desligar a bateria. Esta operação é sempre iniciada pelo cabo de massa.
- Não desligar, em caso algum, o regulador ou a bateria se o motor térmico estiver a trabalhar, porquanto o alternador também está a trabalhar.
- Nunca por à massa o borne de excitação do alternador, do regulador ou do cabo de ligação.
- Tomar atenção para que nunca sejam invertidas as ligações no regulador ou no alternador.
- Não deixar que o regulador trabalhe sem estar ligado á massa, pois existe um risco de uma rápida deterioração.

Tenha sempre em conta que a desmontagem se inicia com o desligar dos cabos da bateria, sendo primeiro o cabo de massa, o qual é normalmente o negativo.

Na fase seguinte, devemos desligar as ligações eléctricas do alternador. Estas ligações podem apresentar-se numa única ficha, como mostra a *Figura 33A*, ou com terminais apertados por meio de porcas, como se vê na *Figura 33B*. Em primeiro lugar, devemos verificar se não existe alguma mola ou cavilha que segure a posição da ficha, como se pode verificar na *Figura 33A*, onde a mola (M) foi previamente retirada, com a ajuda de um alicate apropriado. Neste tipo de ligações, é normal encontrar-se muito apertadas, pelo que por vezes só com um forte puxão as conseguimos retirar.

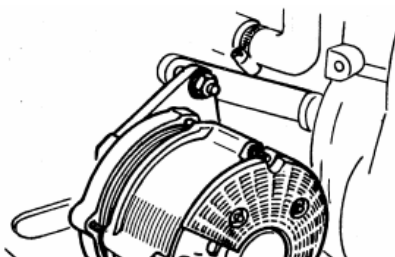


Figura 33 Exemplo de montagem do alternador num motor longitudinal([6]).

A ligação por meio de porcas não tem qualquer inconveniente, a não ser tomar nota das ligações para que não haja confusão na montagem.

O passo seguinte consiste em retirar o alternador do lugar onde se encontra instalado.

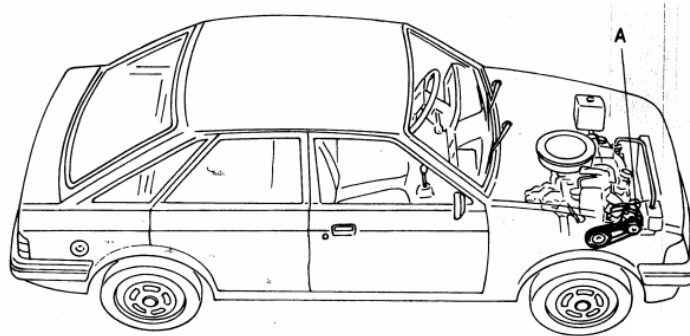
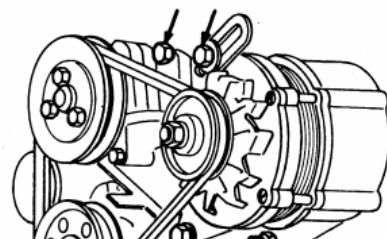
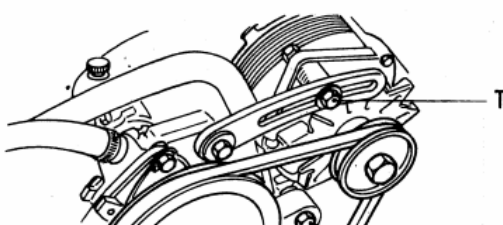


Figura 34 Montagem do alternador num motor térmico ([6]).

Na *Figura 34* temos a forma como se encontra montado o alternador (A) num motor térmico de instalação transversal, enquanto na *Figura 32* apreciamos a montagem num motor térmico longitudinal. Em qualquer dos casos, a operação de desmontagem é mecanicamente muito simples, pois basta retirar os parafusos de fixação, os quais se localizam com muita facilidade.

Para se manter em segurança na sua posição de trabalho, os alternadores dispõem de dois tipos de parafusos de fixação. De um lado, temos os parafusos sensores, assinalados com T na *Figura 35A*, e o parafuso de fixação (B), o qual também permite ao alternador um movimento lateral, de forma a permitir regular a tenção na correia de acessórios, que em muitos motores também acciona a ventoinha de refrigeração e outros equipamentos, cabendo ao alternador a missão de regular a tensão da correia.



A

B

Figura 35 Montagem do alternador num motor térmico com destaque para os pontos de fixação ([6]).

O trabalho é iniciado pelo desapertar do parafuso T, o que permite deslocar o alternador lateralmente e retirar a correia. Acontece, por vezes, termos de desapertar o parafuso B devido à correia de acessórios se encontrar demasiado apertada.

Na Figura 35B temos outro tipo de montagem. Nesta caso, ao retirarmos o parafuso tensor (T) e empurrarmos o equipamento para junto do motor térmico, a correia de acessórios vai sair facilmente. Em seguida, já podemos retirar os restantes parafusos de fixação.

Quando se retirar os parafusos de fixação (B), devemos segurar o alternador para que este não caia e se danifique. Tenha presente que o alternador pesa aproximadamente cinco quilos o que obriga a segura-lo com cuidado.

Uma vez retirado, pode acontecer que esteja sujo. Neste caso podemos limpá-lo com um pano embebido em álcool metílico.

É conveniente voltar a apertar os parafusos no local onde se encontravam, com as anilhas respectivas, o que vai facilitar mais tarde a montagem.

6.2. (Des)Montagem das Escovas

Ainda que a desmontagem do alternador possa ser iniciada por diversos lados, é boa norma começar por retirar as partes mais sensíveis. Neste sentido, a extracção das escovas é uma das formas de começar. Na Figura 36 temos a forma mais vulgar de fixar o conjunto de porta escovas, o que se faz por meio de parafusos, que na figura são indicados pela letra T.

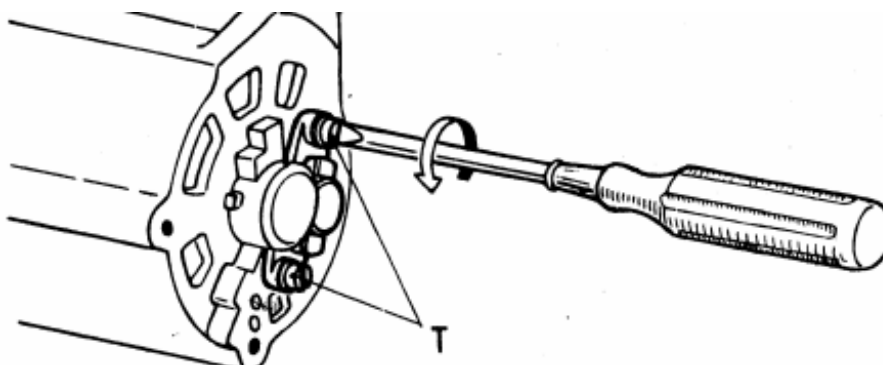


Figura 36 Forma mais usual de fixar o conjunto de porta escovas ([6]).

Conquanto existem vários modelos, mais ao menos semelhantes, o leitor pode constatar que os diversos porta-escovas não diferem muito na posição.

Na *Figura 37A* temos por exemplo o modelo adoptado pela firma inglesa *Lucas*. Na *Figura 37C* o modelo *Motorola* e na *Figura 37D* o *Ducellier*. Na *Figura 36* surge o modelo *Femsa*.

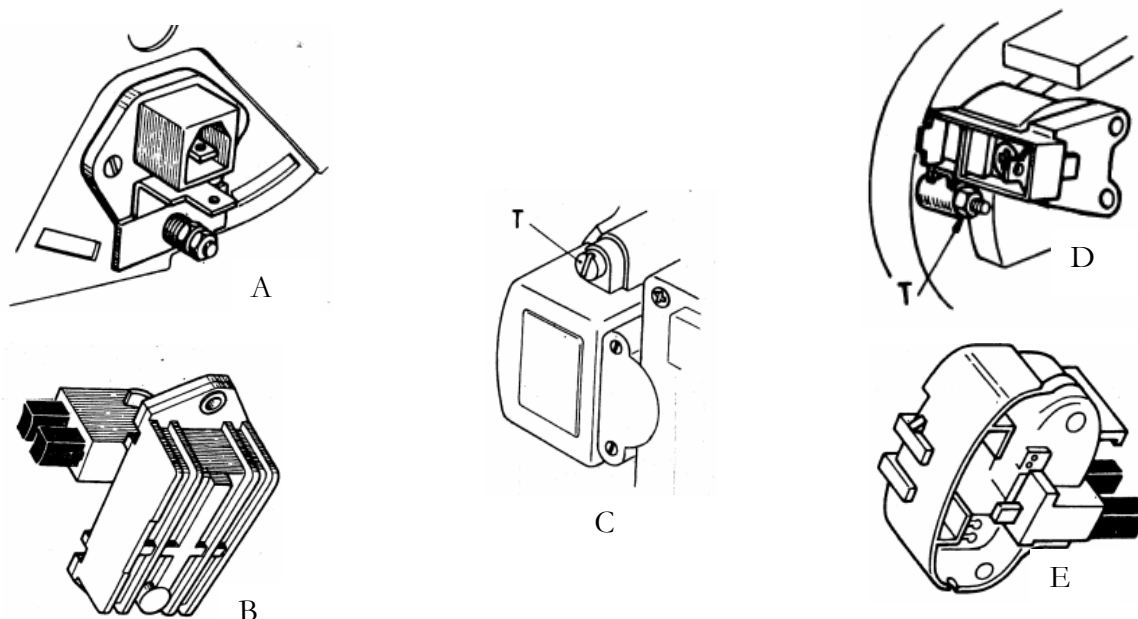


Figura 37 Modelos usuais de fixação de porta escovas ([6]).

Nos alternadores em que o regulador vem incorporado, é frequente que este e o porta-escovas formem um corpo único. É o caso da *Figura 37B*, na qual podemos ver o regulador *Motorola* com as escovas e o correspondente porta-escovas incorporados. Para retirar este conjunto, procede-se da mesma forma, pois está fixado à placa-suporte dos díodos por meio de parafusos.

Finalmente, a *Figura 37E* mostra um outro tipo de regulador incorporado com o porta-escovas da marca francesa *Paris-Rhone*. Uma vez retirado este conjunto, passaremos à desmontagem geral do alternador, que explicaremos nas folhas seguintes.

6.3. (Des)Montagem da Polia e do Ventilador

A desmontagem do alternador deve iniciar-se pela extracção dos elementos que se encontram do lado da polé, que recebe a correia de transmissão, ou seja, do lado em que recebe energia.

Começa-se a desmontagem pela extracção da porca central que fixa a já referida polé, assinalada em 1 da figura 43. É natural que ao tentarmos desapertar a porca central sintamos alguma dificuldade, pois este conjunto é solidário com o rotor, o que faz com que a porca acompanhe o nosso movimento de desaperto; assim sendo temos de fixar a polé.

Figura 38 A desmontagem é começada pela extracção da porca central que fixa a polé, assinalada em ([6]).

Na *Figura 39A* temos um sistema muito comum de fixação da polé com a ajuda de uma ferramenta que mais não é do que uma corda muito vulgar em qualquer oficina de electricista auto. Se não dispusermos deste recurso, podemos utilizar um torno de bancada, para, com o auxílio de mordentes, fixar a polia como vemos na *Figura 39B*. Observemos que, neste caso, o recurso a uma correia de transmissão já inutilizada, impede que o torno de bancada danifique a polé do alternador.

Se não desejarmos utilizar o torno de bancada podemos proceder conforme nos mostra na *Figura 39C* em que o ventilador é fixado com o auxílio de uma chave de fendas robusta, mas com muito cuidado para não danificar as bobinas do estator. Este método, se bem que possível, não é aconselhado.

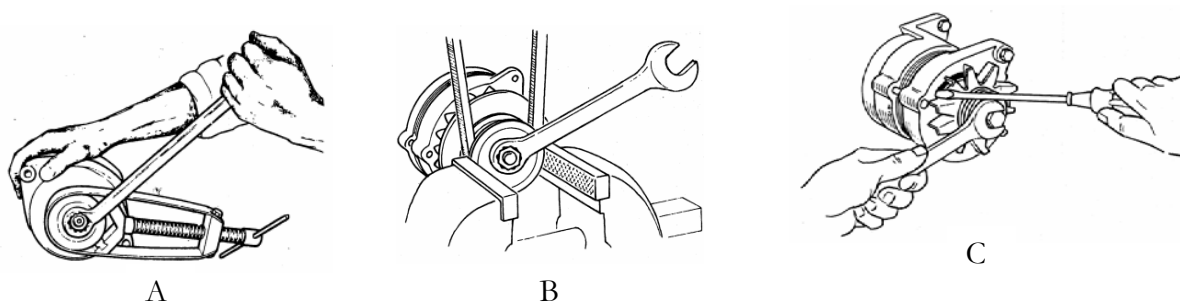


Figura 39 Formas de fixação polé, para desaperto da porca central ([6]).

Logo que consigamos aliviar a porca, esta sairá com facilidade. Na *Figura 40* podemos ver todo o conjunto de peças que retiramos após a saída da porca:

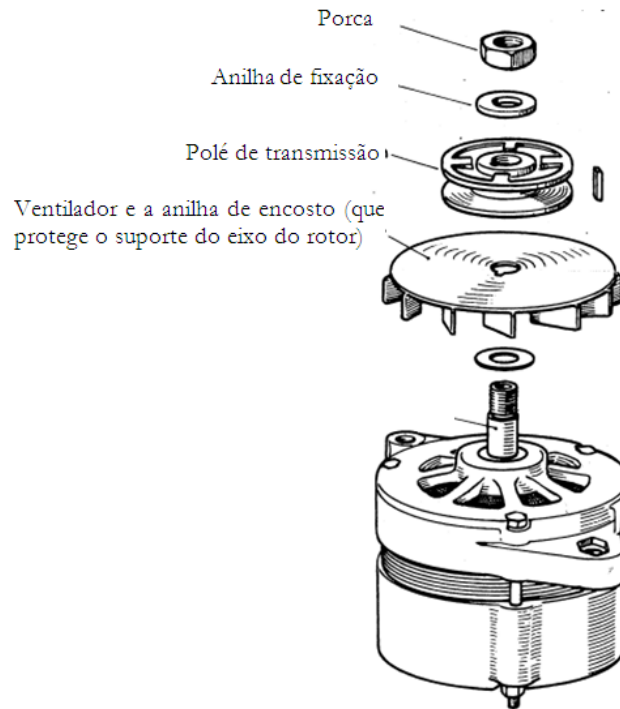


Figura 40 Conjunto de peças que sai ao retirar a porca de fixação da polé do alternador ([6]).

Se a polé não sair com facilidade, por se encontrar agarrada ao eixo do rotor, com a ajuda de duas chaves de fendas colocadas em posição diametralmente oposta a funcionarem como alavancas, vamos fazer sair a polé sem dificuldade, Figura 41.

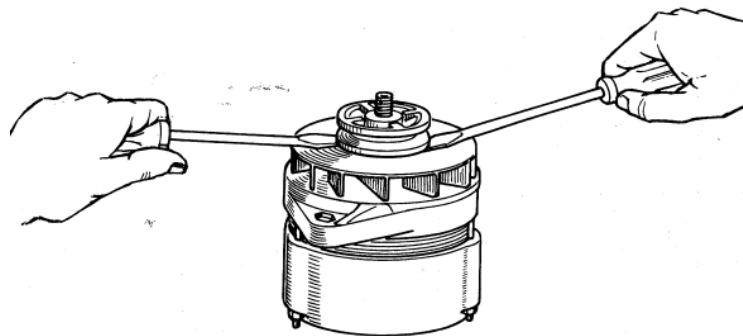


Figura 41 Por vezes a polé não sai com facilidade e é necessário recorrer a duas chaves de fendas colocadas em posição diametralmente oposta a funcionarem como alavancas ([6]).

Existem alternadores em que a polé tem uma certa conicidade, de modo que se fixa ao eixo por si mesma. Também noutros casos, garantimos a fixação por meio de uma chaveta em forma de meia-lua (também conhecida por chaveta *WOODRUFF*). Uma vez retirada a polé, para extrair o ventilador basta alinhar a peça pela chaveta para que esta saia do seu alojamento. Na Figura 42A podemos ver a extracção da chaveta por meio de uma chave de fendas, embora também se possa utilizar um alicate ou mesmo a mão.

Retirado o ventilador, podemos encontrar a anilha separadora (1), como nos mostra a Figura 42B, a qual tem a missão de impedir que o ventilador possa tocar no suporte do eixo do rotor durante o funcionamento. Esta anilha também deve ser retirada, sendo certo que aparece em todos os alternadores, independentemente do fabricante. Por exemplo, na Figura 40 vimos que este anel não é necessário, dado existir uma anilha que serve de apoio ao ventilador, facilitando o seu movimento.

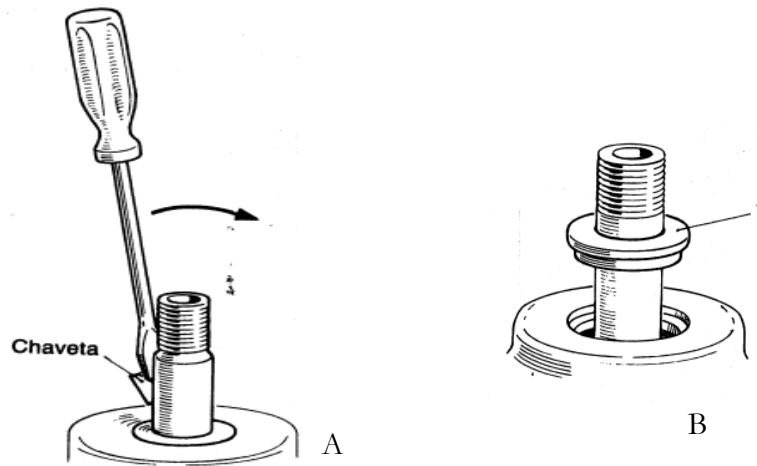


Figura 42 Em A evidencia-se extracção da chaveta por meio de uma chave de fendas, e em B da anilha separadora identificada em 1 ([6]).

6.4. (Des)Montagem do Grupo Rotor

Depois de retirados a polé e o ventilador, iniciamos as operações para retirar o grupo do rotor. Para isso, vamos começar por retirar os parafusos de fixação da tampa de suporte do lado do accionamento e que são geralmente três.

Na Figura 43A pode ver-se a posição destes parafusos (T) e alternador já sem a polé e o ventilador. A Figura 43B mostra a extracção destes parafusos, o que se faz com uma chave de caixa, no caso presente uma chave de caixa.

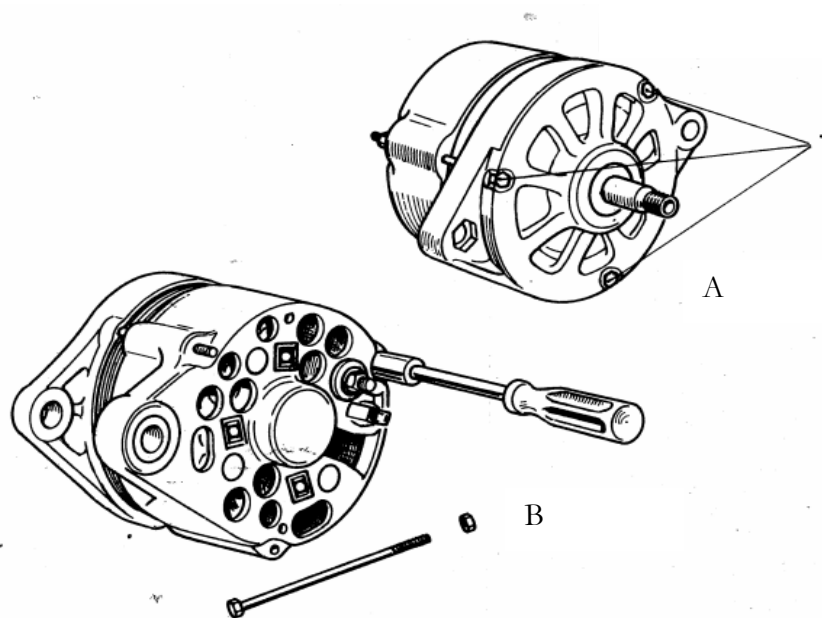


Figura 43 Identificação dos parafusos da tampa de suporte do lado do accionamento ([6]).

Retirados os três parafusos que seguram as tampas, devemos começar por retirar a do lado do accionamento, pois é esta que suporta o grupo rotor. Nem sempre esta sai com facilidade, pelo que é por vezes necessário o auxílio de uma chave de fendas, conforme mostra a Figura

44A Em muitos alternadores existem fendas para ajudar a operação, já que as bobinas do estator são uma parte muito delicada do alternador.

Temos de conseguir que a tampa suporte do lado do accionamento se separe do entreferro do estator (elemento composto por inúmeras chapas de ferro macio assinaladas em 1 da *Figura 44A*), sem que o estator se separe da placa porta-díodos, o que iria prejudicar as ligações.

Agindo assim, não é difícil retirar todo o conjunto do rotor, como no-lo mostra a *Figura 44B*. Como se pode ver, todo o conjunto sai do seu alojamento, ficando somente um rolamento na tampa-suporte da placa de díodos.

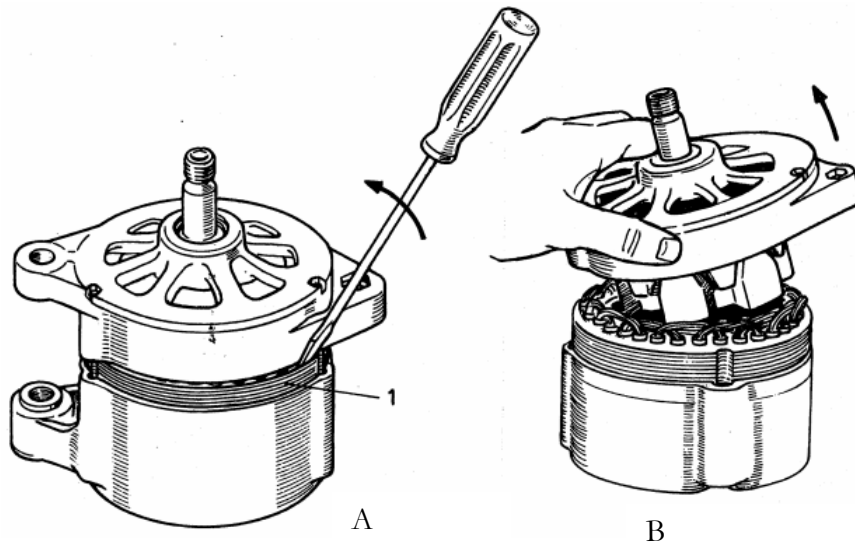


Figura 44 Procedimento para retirar a tampa do lado do accionamento – Conjunto do rotor ([6]).

6.5. (Des)Montagem do Rotor

A desmontagem do conjunto do rotor, que foi retirado do corpo do alternador, efectua-se fazendo com que a tampa de suporte do lado do accionamento se solte, trazendo o rotor acoplado. Na *Figura 45* podemos ver o aspecto deste conjunto antes de iniciarmos a sua desmontagem. Aqui, podemos observar as diferentes partes que o compõem. Temos assim por exemplo, na parte superior, o rolamento (1), o qual fica apoiado na tampa do lado do porta-díodos. Logo de seguida, encontramos os anéis (2) que formam o contacto positivo e o negativo na bobine de excitação, que se encontra no interior do rotor, cujas espiras se podem ver assinaladas com o numero 3. Estes anéis são de cobre e têm no seu interior as ligações da já referida bobina. Sobre elas, deslocam-se as escovas, que já foram retiradas, e que proporcionam a corrente vinda do regulador, como já foi oportunamente explicado.

O conjunto das massas polares (4) não é desmontável, de modo que se a bobine estiver interrompida ou em curto-circuito o conjunto do rotor deve ser substituído por outro, se bem que seja um conjunto muito robusto e pouco sujeito a avarias.

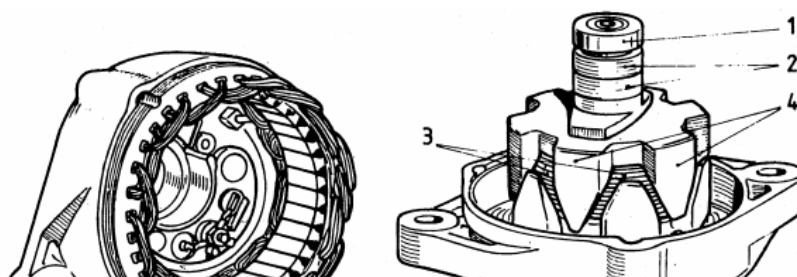


Figura 45 Conjunto do rotor desmontado do alternador ([6]).

A operação mais importante consiste na substituição dos rolamentos de apoio do rotor, dado que a sua lubrificação pode ser deficiente, e também porque o ventilador, cuja missão é dissipar o calor gerado, vai acumulando pó, que exerce um efeito abrasivo nas partes móveis do rolamento.

Para deslocar a tampa de suporte (Figura 46A) basta colocar a ponta do rotor sobre uma tábua e exercer força, conforme mostra a figura, para que o rolamento se separe da tampa, libertando o conjunto do rotor.

É conveniente verificar se o rolamento não terá parafusos de fixação na tampa, o que acontece nalguns modelos. Na Figura 46B vemos assinalado com quatro setas os parafusos que fixam a peça que segura o rolamento, os quais têm que ser retirados previamente. Também se utiliza o extractor da Figura 46C para desmontar o rolamento.

Este trabalho só se justifica quando os rolamentos não se encontrarem em bom estado.

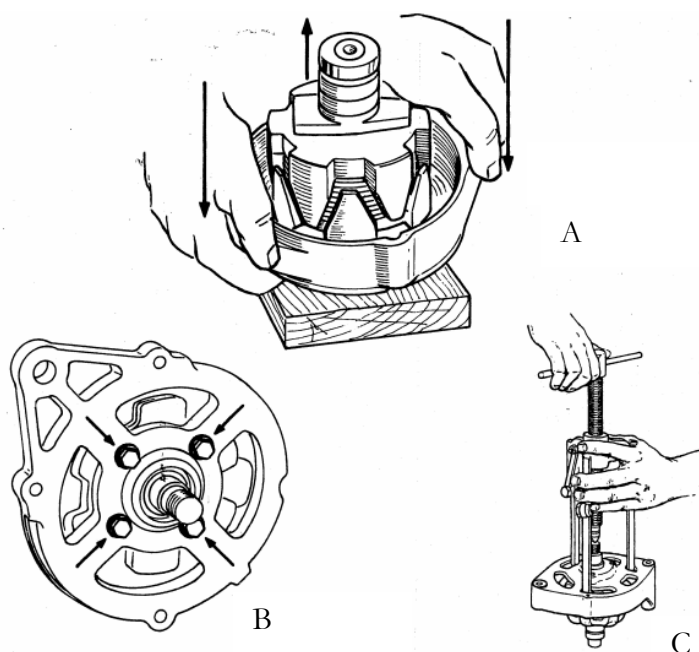


Figura 46 Separação da tampa de suporte frontal do alternador do rotor ([6]).

6.6. Substituição dos Rolamentos do Rotor

Após a desmontagem do rotor da tampa que o suporta, este apresentará um aspecto semelhante ao da *Figura 47A*.

A extracção do rolamento deve efectuar-se com a ajuda de um extractor, como se vê na *Figura 47B*. O rotor deve ser previamente apertado num torno de bancada, utilizando mordentes macios, devendo ser fixado pelas massas polares, com aperto moderado, para não o danificar. De facto, não será necessário um grande aperto, pois vamos actuar no extremo oposto do eixo, local onde se encontram os rolamentos.

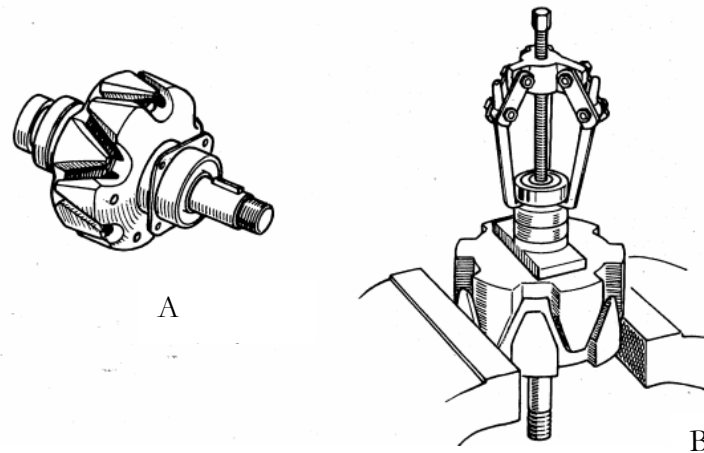


Figura 47 Rotor com rolamento e operação de extracção do mesmo ([6]).

Em alguns tipos de alternadores, o rolamento é solidário com a tampa, o que faz com que o rotor saia sem o rolamento. Nestes casos, basta retirar um freio elástico, tal como se pode ver na *Figura 48A*. A extracção do rolamento nestes casos é possível após retirar o freio e actuar depois com o auxílio de um tubo extractor.

Para montar novos rolamentos devemos utilizar uma prensa, como mostra a *Figura 48B*. Toda a parte roscada do veio do rotor deve ser protegida como se vê na *Figura 48B* assinalado em 1.

Com este procedimento, podemos garantir a inexistência de danos, os quais poderiam vir a causar sérios problemas quando da montagem final.

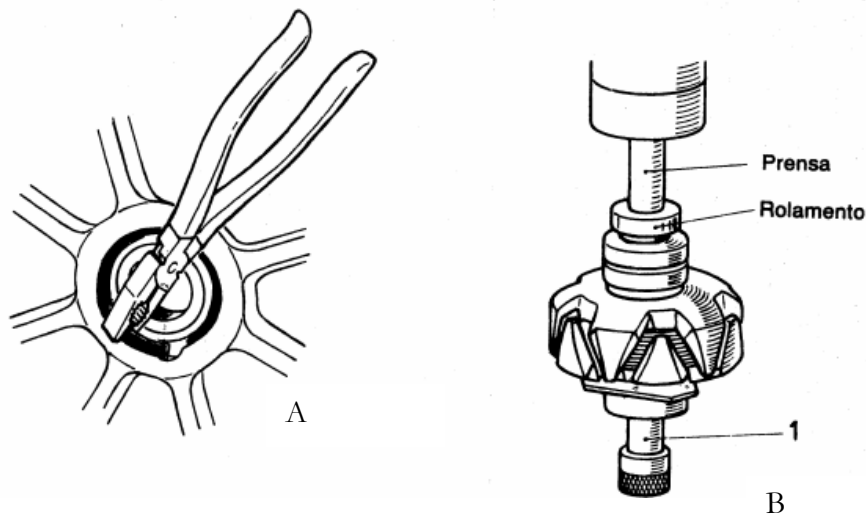


Figura 48 O freio que segura o rolamento em alguns alternadores pode ser retirado com um alicate para colocar um rolamento novo com uma prensa ([6]).

6.7. (Des)Montagem do Estator

O estator é, como sabemos, outra das peças fundamentais do alternador. É constituído por bobinas, que formam as espiras onde é gerada a corrente eléctrica, enquanto as linhas magnéticas são geradas pelo rotor em quantidade variável.

A desmontagem desta importante peça deve ser iniciada pela extracção dos parafusos que asseguram as ligações das bobinas aos díodos, sendo esta operação efectuada, conforme mostra a *Figura 49A*, com a ajuda de uma chave de caixa. Temos também de contar com a ligação de saída de corrente, a qual consta de uma ficha de matéria plástica, a fim de se manter isolada do corpo do alternador. A extracção desta ficha, como se vê na *Figura 49B*, acontece quando retiramos o estator, já com todas as conexões desligadas.

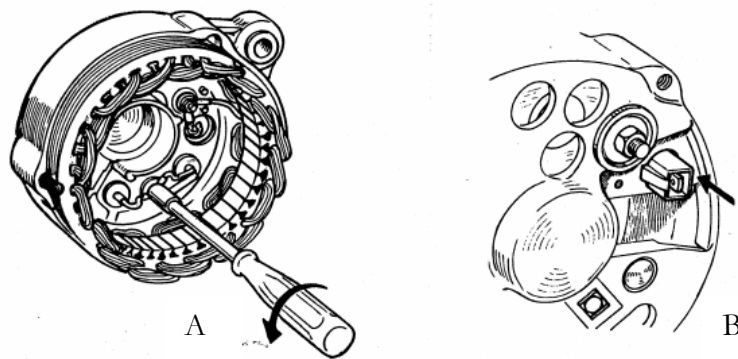


Figura 49 Extração dos parafusos que asseguram a ligação das bobinas aos díodos ([6]).

Efectuada esta operação, não temos dificuldade em retirar o estator como consta da *Figura 50A*. Para que não haja dúvidas quando voltarmos a montá-lo, devemos marcar a posição do estator relativamente ao corpo do alternador, como se pode ver em M da *Figura 50A*. também pode acontecer que alguns alternadores já venham marcados e outros com um tipo de ligação que impossibilita qualquer troca.

Na *Figura 50B* temos a fotografia de um estator fora do corpo do alternador. Aqui se destacam, em 1, os terminais de fase, em 2 o terminal de teste do sistema de carga e em 3 o terminal neutro da ligação em estrela do estator.

Mais adiante, veremos como se procede para verificar o estado de funcionamento desta importante peça.

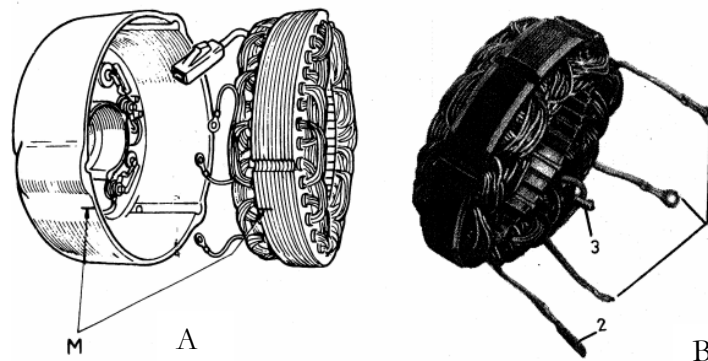


Figura 50 Marcação do estator ao desmontar para não haver dúvidas ao montar ([6]).

6.8. (Des)Montagem da Placa de Díodos

Os díodos estão inseridos em duas partes diferentes. Por um lado, temos três díodos na placa porta-díodos, enquanto os outros três estão montados na placa de suporte. A operação de extracção da placa porta-díodos, inicia-se retirando primeiro as ligações dos díodos ao borne central, o que podemos ver na *Figura 51A*. Podemos fazê-lo com os dedos dado o bom acesso que esta parte do alternador proporciona. A mesma figura mostra, assinalados com a letra D, os três díodos montados na respectiva placa, enquanto podemos ver em A os restantes díodos montados na placa de suporte.

Uma vez retiradas as ligações e os parafusos (T), podemos extrair as anilhas, que a figura 56 B mostra assinalado em B. Sob estas anilhas os parafusos dispõem de uma peça isolante, as quais, ao mesmo tempo que asseguram a posição dos parafusos, isolam a corrente do corpo do alternador, o que as torna peças importantes neste conjunto. Na *Figura 51B* pode-se ver ainda a forma destas peças, assinaladas com a letra P, assim como a sua posição com o respectivo díodo. Outras soluções são possíveis, dependendo do fabricante, mas o que é sempre fundamental é o bom isolamento destes contactos. Os isoladores podem ser retirados à mão, pois encontram-se simplesmente encaixados.

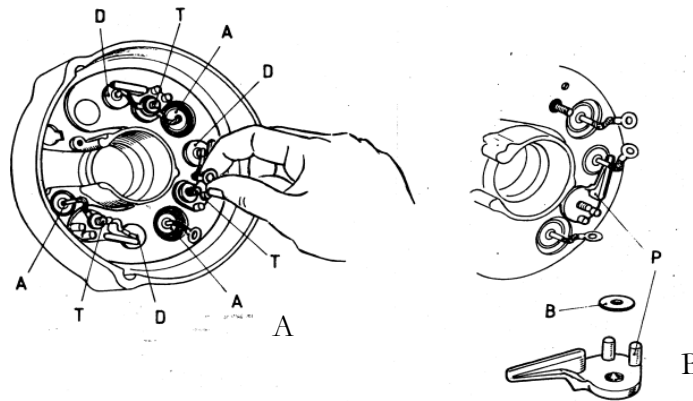


Figura 51 Operação de extração da placa porta díodos ([6]).

Extraídas as peças isoladoras, os parafusos podem ser retirados sem dificuldade. Na *Figura 52A* temos o aspecto do alternador pela parte posterior, onde podemos ver os parafusos (T) e a respectiva peça isoladora, os quais, logo que retirados, permitem libertar a placa porta-díodos. A *Figura 52B* mostra a placa e os respectivos díodos. O parafuso assinalado em A é o mesmo que na *Figura 52A* aparece identificado com a mesma letra (A). Após esta operação, concluímos a desmontagem do alternador.

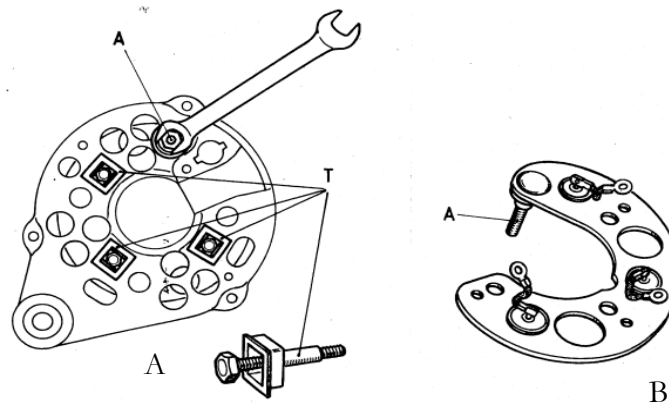


Figura 52 Representação dos parafusos de fixação da placa porta díodos e as respectivas peças isoladoras ([6]).

6.9. Substituição dos Díodos

Os díodos negativos são os que estão montados na tampa de suporte, como podemos ver na *Figura 53A*, assinalados com setas, e os díodos positivos são os inseridos na placa de díodos (*Figura 52B* da página anterior). Estes últimos não podem ser substituídos e quando algum se avaria temos de mudar toda a placa, ao passo que os díodos negativos podem ser trocados caso isso aconteça; no entanto, os fabricantes aconselham a substituição total se tal eventualidade se der.

Antes de proceder-mos à substituição dos díodos negativos, contudo, é necessário ter presentes algumas considerações: em primeiro lugar, os díodos devem ter a mesma polaridade, o que devemos comprovar previamente; em segundo, o díodo deve ser do tipo díodo de substituição, o que muitos fabricantes assinalam. Como veremos, os díodos passíveis de substituição são os montados na tampa, como no-lo mostra a *Figura 53A*.

Quando extraímos os díodos avariados, vemos que o orifício surgirá ligeiramente largo relativamente a outro da mesma dimensão, razão por que os denominados díodos de substituição têm o diâmetro um pouco superior, cerca de 0,5 mm, em relação ao díodo originário. Deste facto resulta que temos de alargar os orifícios da tampa, com o diâmetro de 0.2 mm mais pequeno que o do díodo de substituição.

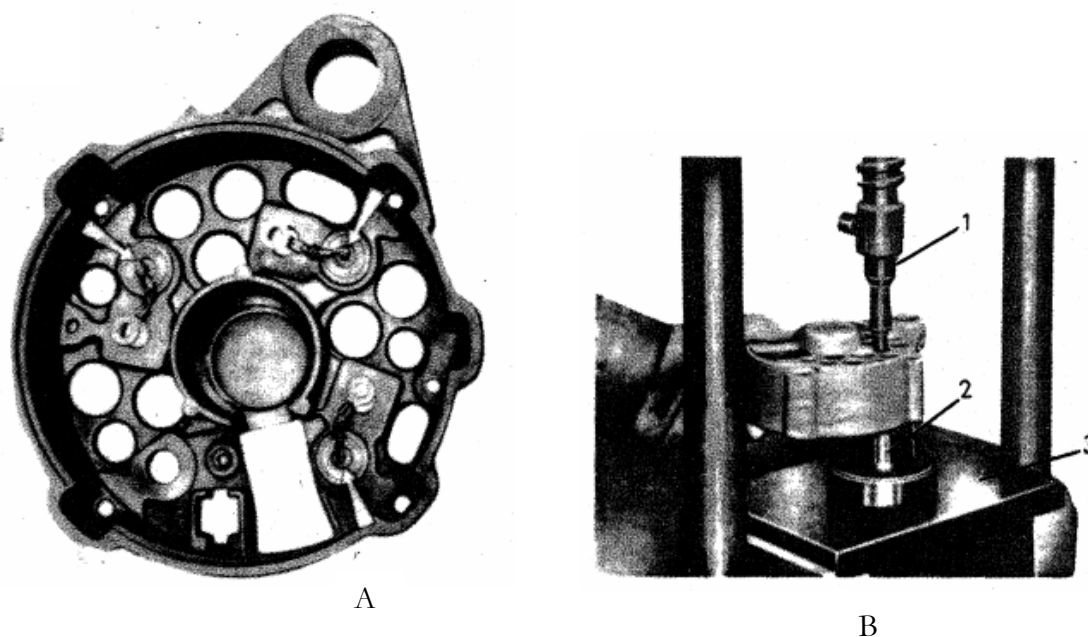


Figura 53 Substituição de díodos em mal estado ([6]).

Para efectuar a troca dos díodos negativos, é necessário retirar primeiro os que estão em mal estado, operação que deve ser efectuada com o auxílio de uma prensa, como nos mostra a *Figura 53B*. Nesta prensa, é acoplado um extractor, com as dimensões do díodo (1). É também necessário um suporte, para apoiar a tampa, com espaço de saída para retirar o díodo. Por último é necessária uma placa de apoio (3) para o suporte (2).

Não se dispondo destas ferramentas, diferentes para cada tipo de alternador, podemos improvisar outros processos desde que deles não resultem quaisquer danos.

Depois de extraídos os díodos deficientes, é necessário rectificar os orifícios a fim de inserir os díodos novos. Esta operação exige grande precisão, já que as diferenças são de décimos de

milímetro. A melhor forma de se proceder a esta rectificação será utilizar uma rectificadora de coluna e boas ferramentas de corte. Na *Figura 54* podemos ver como esta operação se efectua: com a ajuda de um perno de fixação, centramos a peça, após o que alinhamos o furo a rectificar.

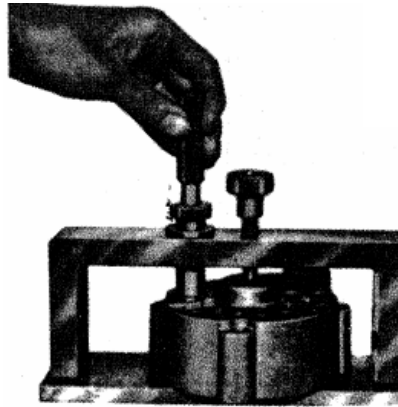


Figura 54 Utilização de uma rectificadora de coluna para rectificar os orifícios a fim de inserir os díodos novos ([6]).

Este conjunto é depois montado num furador, como podemos ver na *Figura 55A* na qual temos em 1 o rectificador, em 2 o dispositivo de centragem e em 3 a tampa a rectificar. Esta operação não levanta quaisquer dificuldades, sendo conveniente que a rectificação se efectue a uma velocidade de 1000 rpm e se lubrifique a ferramenta de corte com um óleo de corte apropriado.

Uma vez terminada a operação, podemos inserir os novos díodos. É uma operação delicada devido à natureza sensível do equipamento. A montagem deve efectuar-se com o auxílio de uma prensa e nunca com qualquer ferramenta de percussão, como por exemplo o martelo. A *Figura 55B* mostra como se procede com o auxílio de uma prensa. Durante esta operação é preciso ter em conta o seguinte:

- O eixo do díodo deve coincidir com o alojamento;
- A pressão deve ser exercida exclusivamente sobre a face exterior do corpo do díodo, como mostram as setas da *Figura 55C*.

A prensa deve ser accionada com muito cuidado a fim de que durante a montagem não haja rotação do díodo, o que se consegue bloqueando-o ao nível da ranhura vertical.

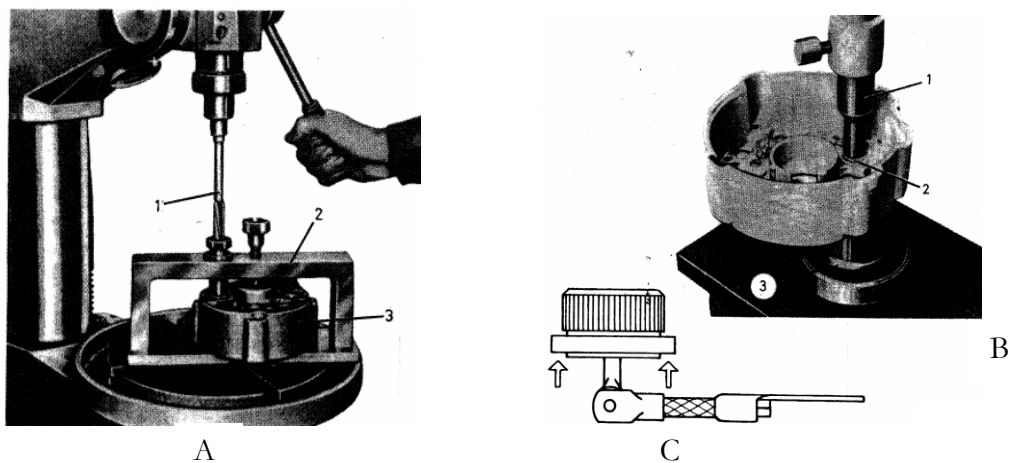


Figura 55 Tarefa de rectificação do orifício e colocação do díodo de substituição ([6]).

7. DETECÇÃO DE AVARIAS NO SISTEMA DE CARGA

Logicamente, existindo diversos fabricantes, há no mercado vários tipos de alternadores; ainda que basicamente sejam todos iguais, na prática apresentam diferenças, quer na forma das várias peças quer também no modo como se ligam entre si. Para uma melhor compreensão, temos na figura seguinte três esquemas completos de outros tantos alternadores de marcas diferentes. No presente trabalho é o alternador fabricado pela *FEMSA* que serve de guia, o qual é muito idêntico ao *Magnetti-Marelli* que normalmente equipa os automóveis da marca *FIAT*.

Na *Figura 56A* temos um alternador da *Bosch*, de origem alemã, na *Figura 56B* da firma inglesa *LUCAS* e na *Figura 56C* o francês da *Paris-Rhone*.

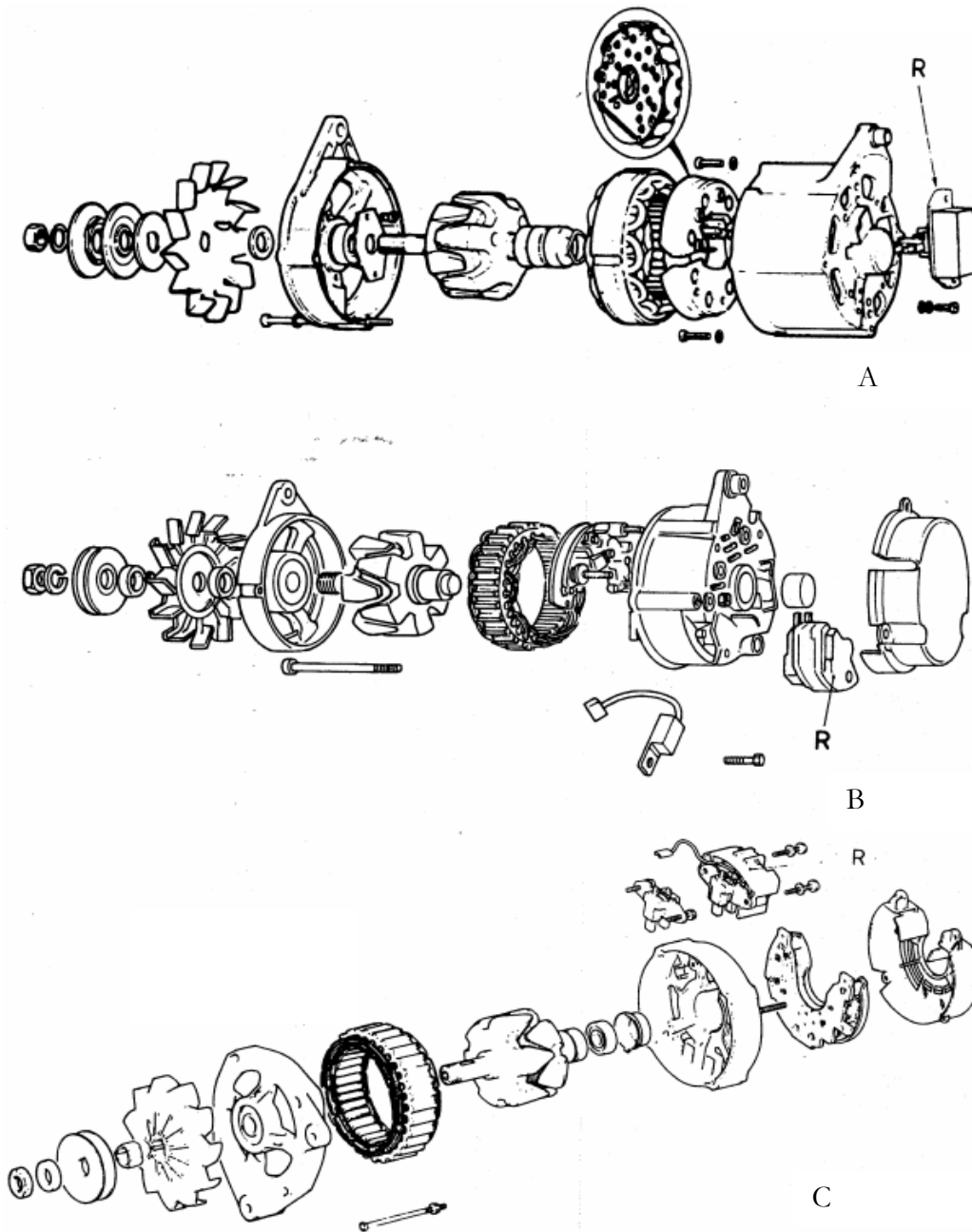


Figura 56 Constituição de três alternadores diferentes de três marcas diferentes, *Bosch*, *LUCAS*, *Paris-Rhone* respectivamente (16).

Como podemos ver na *Figura 56*, e assinalado com um R, todos eles tem regulador electrónico incorporado, o que possibilita um fornecimento de corrente rectificada e estabilizada.

Vamos agora iniciar o estudo das verificações eléctricas que são necessárias efectuar nos alternadores, não sem antes referir todas as precauções que antecedem as verificações.

Os fabricantes aconselham:

- Nunca colocar à massa o borne de excitação, quer do regulador quer do alternador ou mesmo o cabo que os une.
- Nunca inverter as ligações dos cabos do regulador.
- Nunca desligar o regulador ou a bateria quando o alternador está em movimento.
- Nunca fazer funcionar o regulador sem a ligação à massa do alternador.
- Nunca ensaiar, quer veículo quer no banco de ensaios, o regulador ou o alternador sem colocar uma bateria no circuito.
- Se pretender fazer verificações correctas, devemos utilizar uma bateria em bom estado e bem carregada.
- Verificar sempre se a bateria tem os bornes bem ligados e a polaridade correcta. No caso de haver troca de polaridade, estamos a contribuir para danificar quer os díodos quer o regulador. Também os díodos devem ser defendidos do calor excessivo; assim, quando houver necessidade de soldar chapa num ponto do automóvel próximo, é conveniente retirar o alternador, sob a pena de prejudicar a parte electrónica.

7.1. Detecção de Avarias: Alternador no Automóvel

Antes de proceder-mos à desmontagem do alternador, é conveniente efectuar algumas verificações no próprio local, no automóvel, a fim de podermos obter informações acerca das anomalias observadas.

O método será o seguinte:

Em primeiro lugar começamos por verificar a tensão da correia de accionamento do alternador (*Figura 57*), a qual é muitas vezes responsável pela falta de carga. Um deficiente accionamento provocado por escorregamento motiva uma rotação baixa, diminuindo a corrente gerada. Comprova-se a tensão da correia observando se a “seta” que a figura mostra corresponde ou excede o indicado pelo fabricante e que em geral não deve ultrapassar os 10 mm. Se a folga observada for superior ao indicado, pode residir aí a causa do mau funcionamento do alternador.

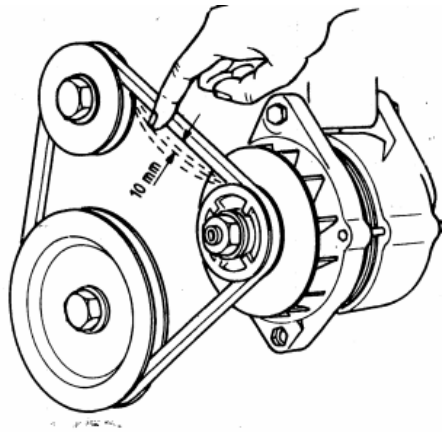


Figura 57 Verificação da tensão da correia de accionamento do alternador ([6]).

Também podemos verificar, com o voltímetro, se a bateria tem a carga necessária, pois caso se encontre com pouca carga pode dar origem a anomalias diversas. Se tudo se encontrar em ordem, podemos prosseguir com as verificações.

Continuidade do circuito de carga – desligar o cabo de massa da bateria, conforme se pode ver na *Figura 58*. Uma vez desligado, retirar a ficha múltipla do alternador e observar se apresenta avaria ou zonas queimadas.

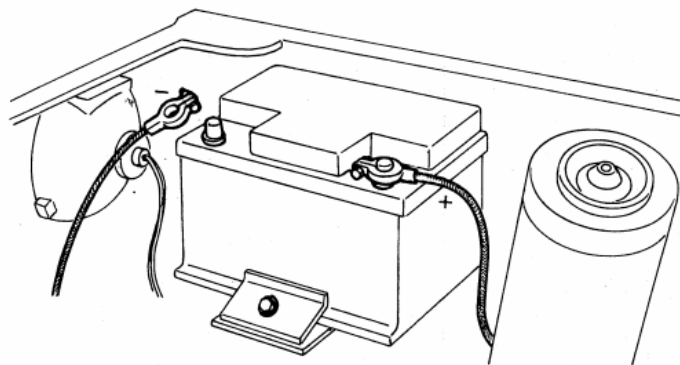


Figura 58 Desligar o cabo de massa da bateria ([6]).

Voltar a ligar os terminais de massa e de carga. A verificação dos terminais faz-se como mostra a *Figura 59*, com a ajuda de um voltímetro dispendo de uma escala que permita fazer leituras de fracções de volt (é comum uma escala de 0 a 20 volts). Aplica-se uma das pontas do voltímetro à massa e a outra vai verificar cada um dos terminais da ficha, como se vê na figura 6.4. Em todos os casos, o voltímetro deve dar uma leitura próxima da tenção da bateria. Se assim não for, então é porque existe algum defeito no cabo, causa provável das anomalias.

Se as leituras com o voltímetro forem correctas, podemos passar à prova seguinte.

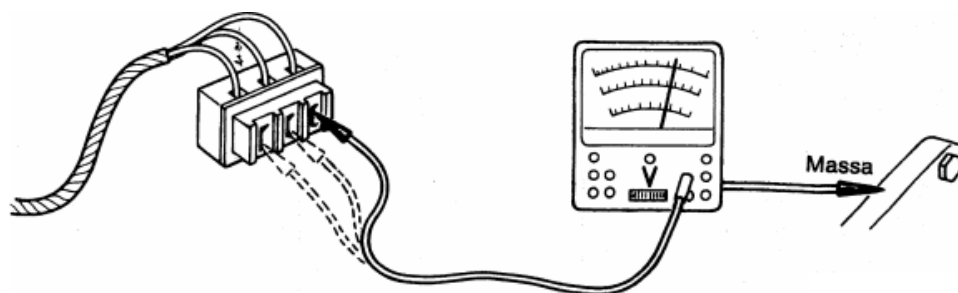


Figura 59 Verificação dos terminais com a ajuda de um voltímetro aplica-se uma das pontas do voltímetro à massa e a outra vai verificar cada um dos terminais da ficha ([6]).

Verificação da corrente gerada – Para pôr em prática esta prova é necessário um voltímetro (V), um amperímetro (A) e um reóstato (R) para podermos modificar a resistência do circuito. A montagem das provas faz-se como mostra a *Figura 60A*. Nestas condições, devemos acender os faróis, ligar o ventilador, o desembaciador do óculo traseiro, etc. Pomos o motor a trabalhar, fixando-se a rotação nas 3000 rpm. Por meio do reóstato fazemos variar a corrente de carga. O alternador está em boas condições quando atinge a intensidade nominal sem que a tensão desça a baixo dos 13 volts, mantendo as condições iniciais. Estes dados devem ser comparados com o manual da oficina.

Queda de tensão do “lado positivo” – Agora é necessário de efectuar a montagem da *Figura 60B* para proceder a esta verificação. Tal como na prova anterior, devemos acender os faróis e pôr o motor térmico a funcionar às 3000 rpm. Nestas condições, o voltímetro deve marcar uma tensão inferior a 0,5 volt. Se isso não acontecer, é porque existe uma alta resistência do lado positivo do circuito de carga, a qual deverá ser localizada.

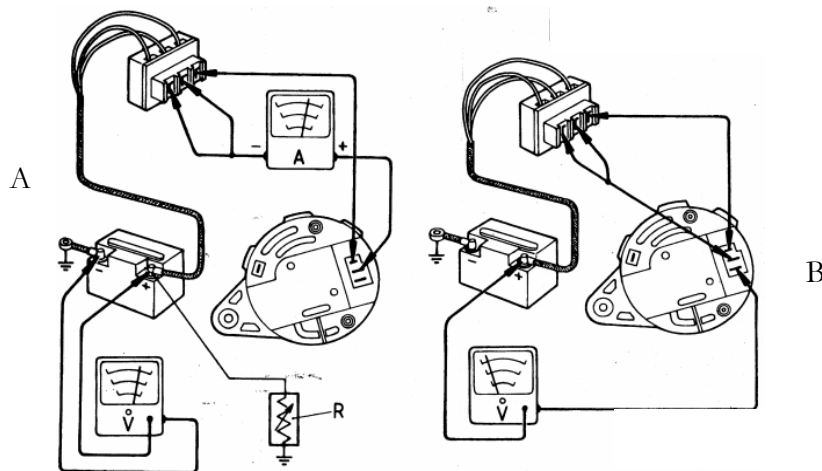


Figura 60 Em A esquema para a verificação da corrente gerada pelo alternador e em B para teste da queda de tensão do “lado positivo” ([6]).

Queda de tensão do “lado negativo” – esta prova exige que o voltímetro e os cabos de ligação sigam o exemplo da *Figura 61A*. Também os faróis devem ser ligados e o motor térmico a trabalhar nas 3000 rpm. Nestas condições o voltímetro deve marcar 0.25 volt, ou menos; de contrário, é sinal de alta resistência do lado negativo, que deverá ser investigado.

Tensão no regulador – Para proceder a esta verificação prepara-se a montagem conforme a *Figura 61B*, utilizando o voltímetro e o amperímetro na forma indicada. O motor térmico é posto em marcha entre as 2000 e as 3000 rpm. Observa-se a leitura do amperímetro, e quando esta descer de 3 a 5 amperes, verificar se a leitura do voltímetro é da ordem dos 13,7 a 14,5 volts. Se estes valores não forem alcançados, ou mesmo muito próximo, será sinal de que há anomalias no regulador; portanto, as causas da avaria residirão forçosamente aqui.

Resumindo, e em linhas gerais, podemos dizer o seguinte:

- Se a continuidade dos cabos apresenta defeito, a causa encontra-se nos próprios cabos; se a corrente gerada for insuficiente, é provável que o defeito seja o alternador;
- Se a queda de tensão do lado positivo for incorrecta, o problema está nos díodos positivos, ou nos negativos, se a queda de tensão incorrecta for do lado negativo.
- Se a tensão do regulador não funcionar como já havia sido dito, então é no regulador que está a deficiência.

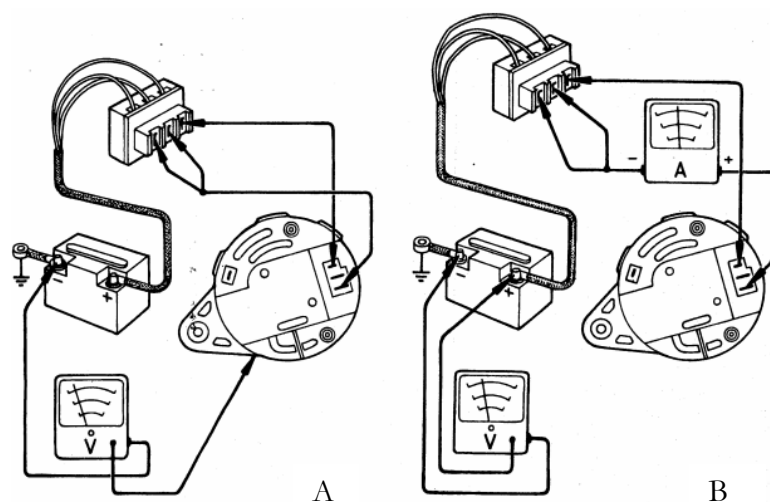


Figura 61 Em A esquema para a verificação da queda de tensão do “lado positivo” e em B verificação da tensão no regulador ([6]).

Nas folhas anteriores, todas as verificações foram baseadas num alternador *Lucas* com o regulador incorporado. No caso de o alternador dispor de regulador independente, já as verificações se fazem de modo diferente, o que vamos estudar agora.

Em primeiro lugar, convém ligar um voltímetro à bateria, para sabermos qual a tensão em que se encontra, tal como nos mostra a *Figura 62A*. Uma vez montado o voltímetro, põe-se o motor em marcha nas 3000 rpm e observamos o valor da tensão. Este valor, depois de uma ligeira subida, deve fixar-se entre os 13,7 e os 14,7 volts (sem consumo ligado), descendo apenas de 0,30 volt, se algum equipamento estiver ligado. Se a tensão não aumentar, ficando pelos 17,7 volts (13,4 volts quando há consumo), então é sinal de que o circuito de carga tem algum defeito.

Procede-se depois á ligação constante na *Figura 62B*, agora com o motor parado. Instala-se o voltímetro entre o borne positivo do alternador e a massa. Voltamos a pôr o motor em marcha. Se a tensão aumentar, é sinal de que os cabos estão em bom estado entre o positivo do alternador e a instalação do veículo.

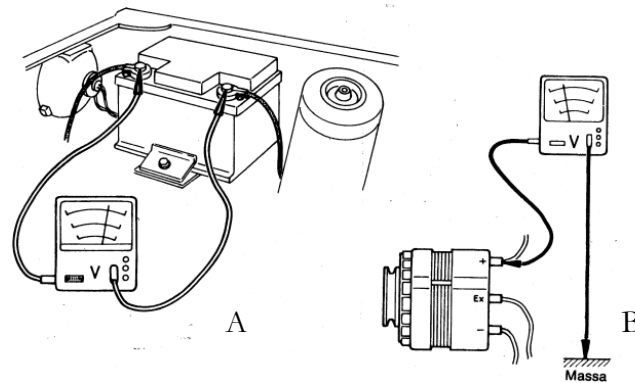


Figura 62 Teste do regulador em alternadores com regulador não incorporado ([6]).

Se a tensão não aumentar, podemos passar á prova seguinte: unir os bornes positivos e a excitação da forma como se vê na *Figura 63A* (nesta verificação não deve haver consumidores ligados, pois há o risco sobretensão). Vamos acelerar o motor e veremos a tensão subir até atingir os 17 volts. Devemos suspender de imediato a experiência, pois esta não pode durar mais do que breves instantes. Se a tensão não subir, então é sinal de que a massa, as escovas, etc., se encontram em mau estado. Se a tensão aumentar até ao valor referido, suspender, porque tudo está em ordem.

A *Figura 63B* mostra a prova seguinte, a qual consiste em unir os bornes positivos e o de excitação do regulador. Também devemos observar um aumento de tensão, como no caso anterior. Se tal não acontecer, devemos verificar a corrente que chega ao borne positivo do regulador e o cabo que transporta a corrente ao borne de excitação.

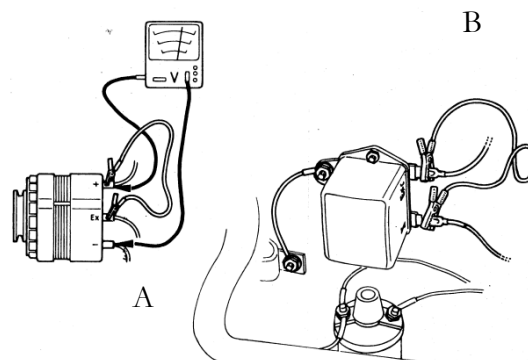


Figura 63 Teste do regulador em alternadores com regulador não incorporado ([6]).

7.2. Detecção de Avarias: Estado do Rotor

Se encontrarmos deficiências no funcionamento do alternador, é conveniente a sua desmontagem para as verificações e substituições pertinentes. A desmontagem total do alternador já foi explicada, mas falta abordar as verificações eléctricas de cada uma das peças. Começemos pelo rotor.

Para verificar o rotor, devemos começar por analisar o estado da derivação de excitação, pois temos de saber se existe continuidade nas ligações e boas condições de isolamento.

Na *Figura 64* temos a montagem correcta para verificar a continuidade da derivação de excitação. Com o auxílio de um ohmímetro, verificar em cada um dos anéis de cobre, zona de actuação das escovas, o valor da resistência e com ele o estado da continuidade.

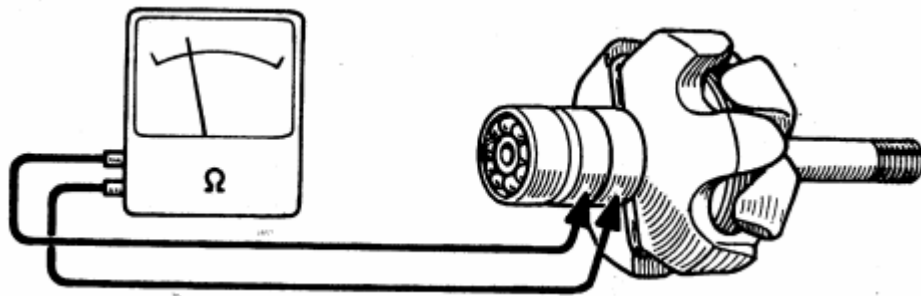


Figura 64 Montagem para verificar a continuidade da derivação de excitação ([6]).

O valor exacto da resistência é normalmente fornecido pelo fabricante, pois cada alternador tem o seu valor próprio. Normalmente anda pelos 3 a 4 ohms, sendo importante também o valor da temperatura, que deve estar pelos 20 °C, mas que se torna importante conhecer para uma apreciação mais concreta. A leitura de um valor baixo pode significar uma interrupção na continuidade.

A *Figura 65* mostra como podemos proceder sem necessidade de desmontar o rotor, actuando com as pontas do ohmímetro através da abertura que nos fica após a retirada das escovas.

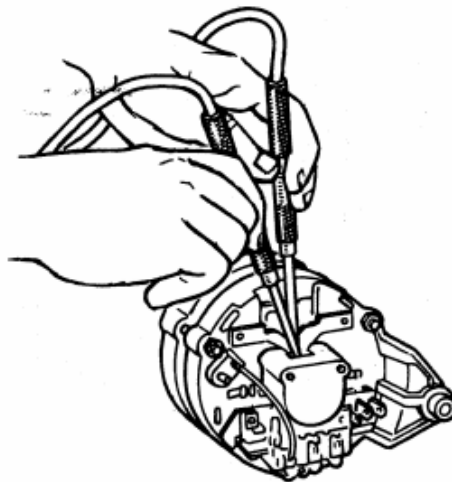


Figura 65 Procedimento para realização do teste de continuidade da derivação de excitação sem desmontar o rotor ([6]).

A segunda verificação, como podemos ver na *Figura 66*, consiste em verificar o isolamento. Teremos de dispor de 110 volts de corrente alternada e de uma lâmpada de 15 watts. As ligações entre o anel colector e um dos pólos do rotor são efectuadas como a figura indica. A lâmpada não deve acender, o que significa um bom isolamento entre a derivação e o corpo do rotor.

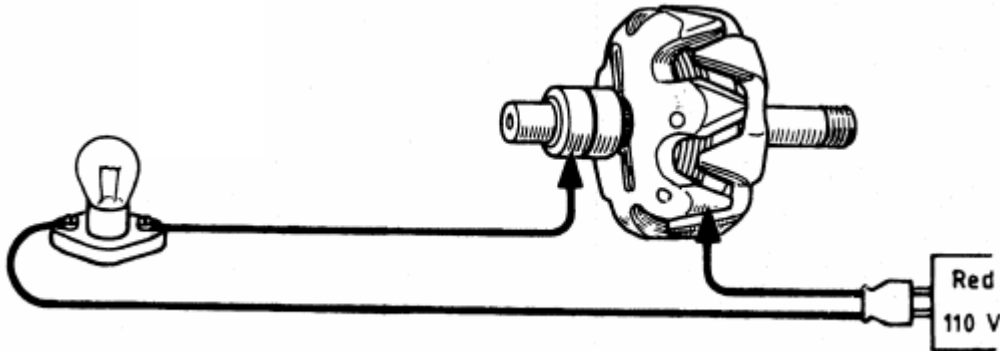


Figura 66 Verificação do isolamento do rotor com uma lâmpada de 15 Watts com alimentação de 110 volts ([6]).

7.3. Detecção de Avarias: Bobinas do Estator

Tal como procedemos para as bobinas do rotor, também o estator deve ser verificado sobre a continuidade dos enrolamentos e do seu isolamento, pois estas deficiências levam a quebras na produção de energia.

Em primeiro lugar, vamos verificar a continuidade nos enrolamentos.

A *Figura 67A* mostra como se procede, com o auxílio de um ohmímetro. Ligamos primeiro as pontas do ohmímetro a duas das três ligações do estator, devendo o valor encontrado situar-se dentro do fornecido pelo fabricante. Regra geral estes valores são pequenos e de grande precisão – variando apenas com o tipo do dispositivo –, normalmente situados entre os 0,04 e os 0,15 ohm para os alternadores de 12 volts nominais. Depois desta leitura, devemos passar para o outro terminal do estator, como se vê na *Figura 67B*. O valor da leitura deve ser o mesmo.

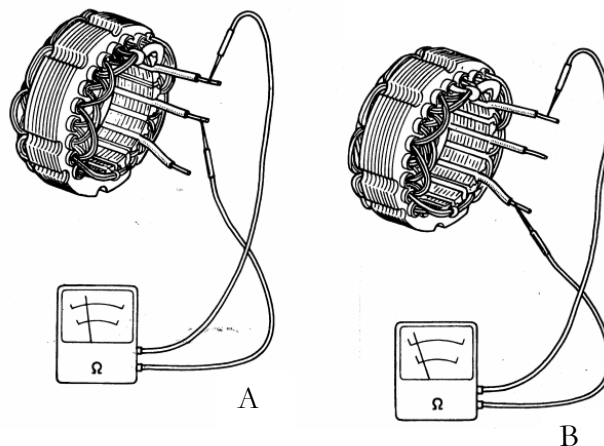


Figura 67 Verificação da continuidade dos enrolamentos do estator com recurso a um ohmímetro ([6]).

O ohmímetro utilizado deve ser de grande precisão. Mas, no caso de não ser possível dispor deste instrumento, podemos utilizar outra solução, como nos indica a *Figura 68A*. Com o auxílio de uma bateria de 12 volts e uma lâmpada de pelo menos 36 watts, podemos fazer a mesma prova. A lâmpada deve acender em qualquer dos casos.

Para analisar o estado do isolamento das bobinas do estator, devemos proceder como nos mostra a *Figura 68B*. Com uma corrente alternada de 110 volts e uma lâmpada de 15 watts, estabelecemos os contactos, como indica a figura, entre os terminais das bobinas e o conjunto de lâminas que formam o núcleo do estator. A lâmpada de provas não deve acender em qualquer dos casos, pois se isso acontecer significa falta de continuidade no isolamento e portanto fuga de corrente. Tal como para o rotor, também o estator pode ser testado sem necessidade de proceder a desmontagem, bastando actuar com as pontas de teste nos orifícios que para o efeito existem no corpo de alternador.

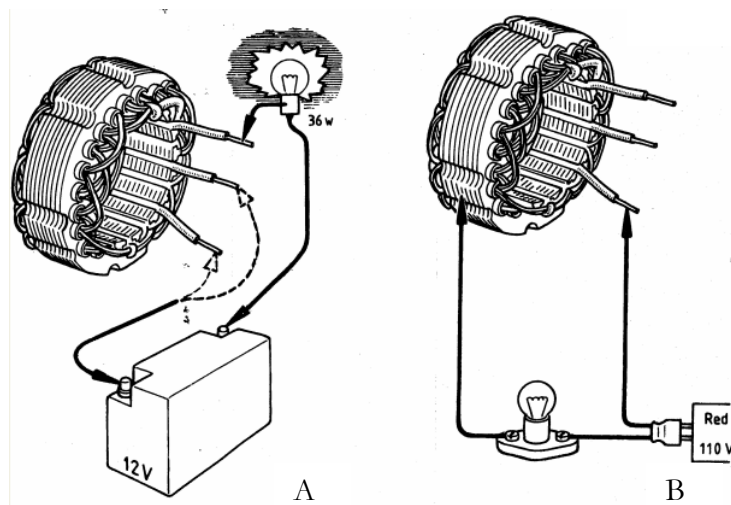


Figura 68 Verificação da continuidade dos enrolamentos do estator com recurso a uma lâmpada de prova ([6]).

7.4. Detecção de Avarias: Díodos

A verificação dos díodos é uma operação muito importante quando pretendemos constatar o estado de um alternador. Como já sabemos, o alternador dispõe de pelo menos dois grupos de díodos. O primeiro grupo comporta os díodos positivos, os passo que o segundo grupo integra os negativos, disposição já observada quando das operações de desmontagem. A *Figura 69* mostra uma disposição diferente da que foi apresentada e que pertence a um alternador *Bosch*.

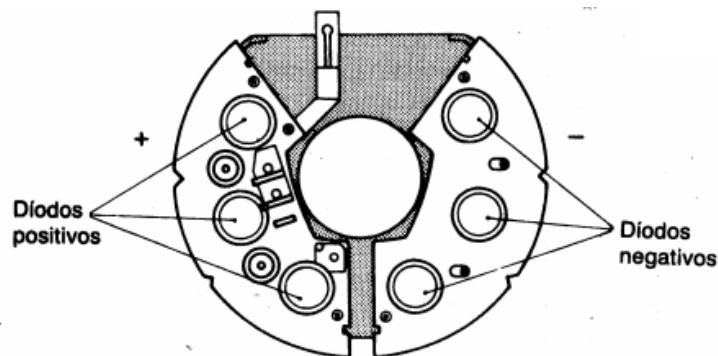


Figura 69 Posição dos díodos num alternador da Bosch ([6]).

Vejam os como se procede para testar os díodos:

Verificação dos díodos positivos – A fim de não danificar qualquer díodo deve fazer-se as verificações com uma corrente de 12 volts e uma lâmpada de provas de 5w, equipamento com o qual podemos iniciar as provas, conforme mostra a figura 75 A, tendo em atenção que o pólo positivo é ligado à parte inferior do díodo e que o pólo negativo é ligado à parte superior do díodo. Se o díodo positivo estiver em bom estado, a lâmpada de testes acende-se, mantendo-se assim enquanto as conexões estiverem ligadas. Isto significa que a corrente circula no sentido correcto.

Esta operação deve ser seguida para todos os díodos, devendo observar-se o mesmo resultado. Para completar esta verificação, procedemos como é indicado na figura 75 B. Agora, a lâmpada não deverá acender em caso algum, pois de outro modo os díodos deixariam passar a corrente nos dois sentidos, sinal de avaria, tornando necessário a substituição da placa porta-díodos.

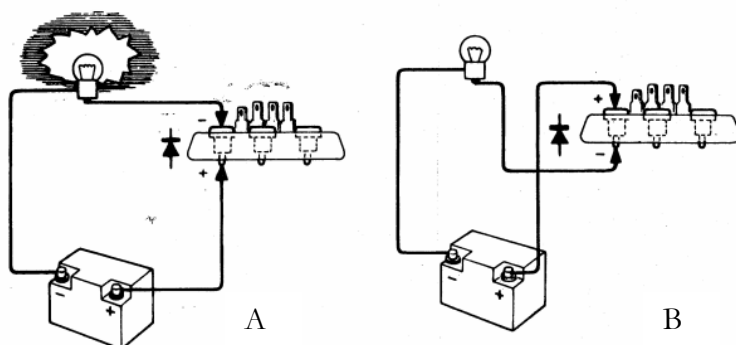


Figura 70 Verificação dos díodos positivos – sentido da condução e sentido do corte ([6]).

Verificação dos díodos negativos – Os díodos negativos situam-se do lado oposto, tal como já vimos na Figura 69. A montagem é semelhante à efectuada para os díodos positivos, mas invertendo as ligações. Na Figura 71A verificamos que a lâmpada deverá acender em todos eles.

Depois invertem-se as ligações (Figura 71B), após o que lâmpada não deverá acender-se. Se se acender é porque existe avaria, pois o díodo deixa passar corrente nos dois sentidos. Também nestes casos é conveniente a substituição de toda a placa.

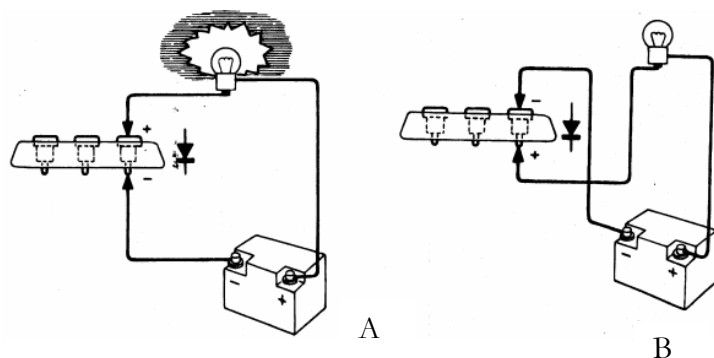


Figura 71 Verificação dos díodos negativos – sentido da condução e sentido do corte ([6]).

Verificação dos díodos de campo – Além dos díodos já referidos, e que constituem a ponte de rectificação, existem esquemas eléctricos que comportam um terceiro grupo de díodos, denominados **díodos de campo** ou **díodos de excitação**, pelos quais passa a corrente para o regulador. Na *Figura 72A* temos o esquema de uma ponte de rectificação que inclui díodos de campo. A verificação destes díodos é idêntica à dos restantes díodos, positivos e negativos. Na *Figura 72B* temos uma placa porta-díodos típica dos alternadores *Lucas*. Nesta figura, temos os díodos positivos assinalados com P, os negativos com N e os de campo com C.

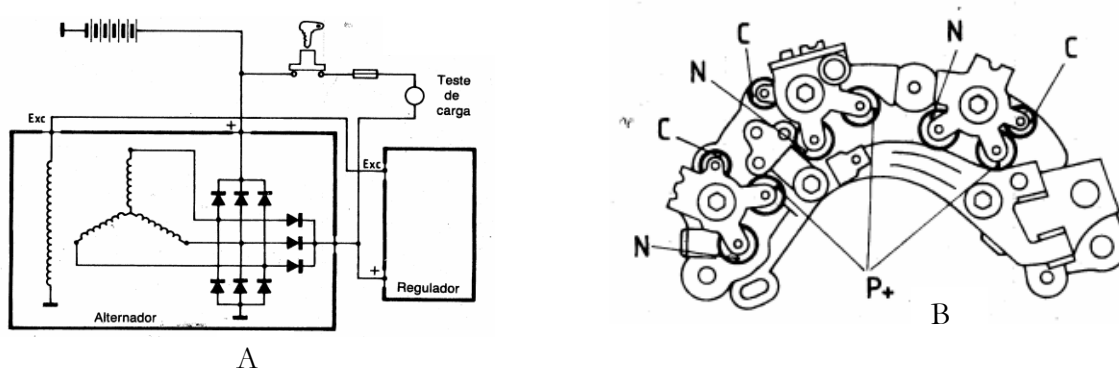


Figura 72 Em *A* temos um esquema de uma ponte de rectificação que inclui díodos de campo e em *B* uma placa porta-díodos típica dos alternadores *Lucas* ([6]).

Efectua-se a verificação dos díodos de campo como nos mostra a *Figura 73A*. Como se pode ver, faz-se a ligação positiva da lâmpada de provas na parte superior de cada um dos díodos. Nestas condições, deve acender a lâmpada de provas, já que as ligações estão feitas no sentido da passagem.

Invertendo as ligações, *Figura 73B*, a lâmpada agora não deve acender; o inverso dá-nos a certeza de que estamos em presença de um díodo avariado. Tal como nos casos anteriores, devemos substituir todo o conjunto.

Algumas placas porta-díodos não são fixadas por meio de parafusos, sendo utilizado a soldadura para este efeito; nestes casos, a tarefa de substituição é dificultada, já que temos de remover toda a soldadura. Também a operação de reposição exige cuidados especiais, pois não devemos utilizar equipamentos de potência superior a 40 watts, dado que o calor libertado pode danificar os restantes elementos electrónicos.

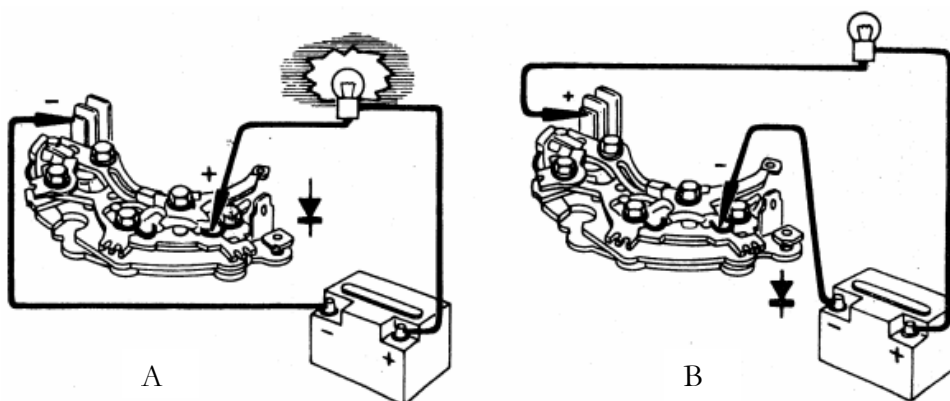


Figura 73 Verificação dos díodos de campo: *A* – sentido da condução; *B* – sentido do corte ([6]).

7.5. Detecção de Avarias: Escovas

Na página 34 abordámos a desmontagem do porta-escovas incluída na desmontagem geral do alternador. Vamos agora analisar o conjunto de condições necessárias para que estes contactos trabalhem perfeitamente. Recordemos que as escovas servem para alimentar o enrolamento de excitação que se encontra no rotor, e que gera linhas magnéticas, controladas pelo regulador, para que o dispositivo eléctrico não ultrapasse os limites de tensão que são indispensáveis na instalação eléctrica e alcance rapidamente uma tensão mínima de funcionamento.

Em muitos alternadores modernos, o conjunto de escovas faz parte do regulador electrónico. Nestes casos temos de desmontar o regulador para termos acesso às escovas. Na *Figura 74* temos o conjunto de regulador de um alternador marca *Bosch*. Retirados os parafusos de fixação, podemos depois extrair as escovas. A *Figura 75A* mostra-nos, além das escovas (1), que não são mais do que contactos de carvão ligados por um condutor, as molas calibradas (2) que garantem o contacto permanente das escovas com o colectores. No caso em que as ligações das escovas são soldadas na respectiva caixa, temos de proceder à retirada da solda para podermos substituir as escovas.

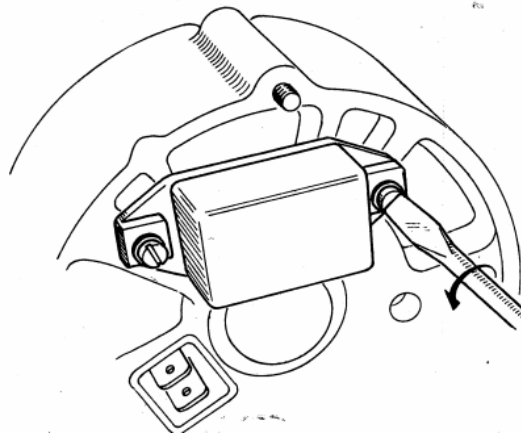


Figura 74 Conjunto de regulador incorporado com as escovas num alternador marca *Bosch* ([6]).

Noutros alternadores, a caixa que aloja as escovas está separada do regulador. Neste caso, entre outros, temos o alternador *Motorola*, da *Figura 75B*. Nesta figura temos assinalado em R o regulador e em C a caixa das escovas. Retirado o parafuso T, podemos retirar a caixa, mas sempre com cuidado, para não danificar as escovas. Nestes casos é necessário retirar o alternador do veículo, pois de outra forma a operação é impraticável.

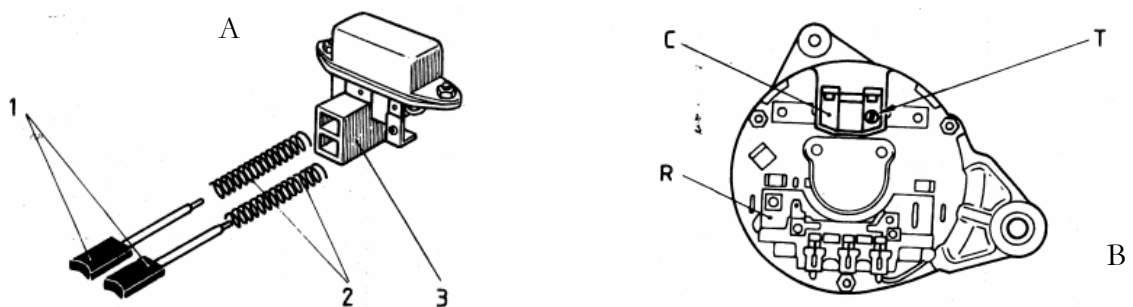


Figura 75 Conjunto de regulador incorporado com as escovas num alternador marca *Bosch* e sua posição no alternador ([6]).

Na *Figura 76B* temos o esquema que mostra o conjunto completo das escovas de marca *Motorola*, incluindo o porta-escovas. As primeiras estão assinaladas com A e o segundo com B, mostrando o local onde as escovas são soldadas.

Analisemos agora estes contactos sensíveis, se estão em estado de cumprir eficazmente o seu trabalho.

Em primeiro lugar, temos de verificar o seu comprimento, já que ao longo do trabalho vão sendo desgastadas, devendo ser substituídas no momento certo. A maioria dos fabricantes insiste que logo que fiquem reduzidas aos 5 mm de comprimento devem ser substituídas. Em geral, as escovas têm quando novas entre 10 e 14 mm. Se deixarmos que se gastem até dimensão inferior à indicada corremos o risco de alimentar-mos mal o enrolamento de excitação, produzindo-se corrente de uma forma deficiente.

Também temos de ter em conta que a tensão das molas é um aspecto extremamente importante. De facto, se a tensão das molas for superior ao indicado pelo fabricante, aceleramos o desgaste: por outro lado, se essa tensão for inferior à adequada o contacto será deficiente, o que provocará faíscas durante o funcionamento e levará a uma alimentação defeituosa. Se o alternador a verificar for antigo, é importante considerar este factor e portanto devemos proceder à calibração das molas. A tensão é medida com um dinamómetro e depois comparada com os valores indicados pelo fabricante, os quais oscilam entre 125 g e os 400 g.

Uma outra verificação a efectuar no sistema de escovas é a do estado de isolamento e contacto da unidade porta-escovas. Como já sabemos, a escova positiva conduz a corrente ao enrolamento do rotor e a negativa estabelece o contacto com a massa, fechando o circuito. Uma delas deve encontrar-se isolada, a positiva, e a outra em contacto com o corpo do alternador. A *Figura 76A* mostra a verificação do isolamento de uma das escovas com o auxílio de um ohmímetro. Esta operação pode também ser realizada com uma lâmpada de teste. O ohmímetro deve marcar infinito, o que significa resistência máxima, não havendo portanto passagem de corrente.

No caso da escova de massa, deve acontecer o contrário. Na *Figura 76C* podemos ver a forma de proceder, mostrando a escala do aparelho de medida a corrente que circula livremente.

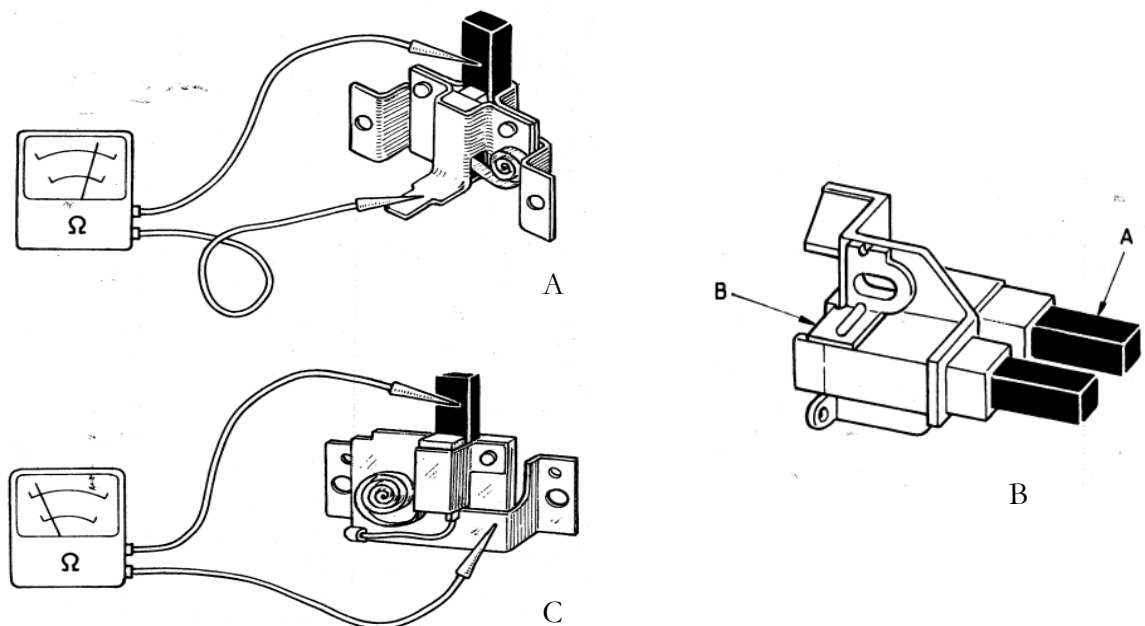


Figura 76 Esquema que mostra o conjunto completo das escovas de marca *Motorola*, incluindo o porta-escovas e testes de operacionalidade ([6]).

7.6. Detecção de Avarias: Alternador no Banco de Ensaios

Todos os testes e verificações que acabamos de ver podem ser efectuados com rapidez e segurança num banco de ensaios, no qual podemos instalar o alternador e verificar todo o seu funcionamento, tal com quando se encontra montado no automóvel. Tendo o banco de ensaios grandes vantagens, a sua aquisição só é compensadora, no entanto, numa oficina da grande movimentação, porquanto o custo representa um grande investimento. Por este facto, não vamos aprofundar a forma como se utiliza este tipo de equipamento, explicação que pode ser facultada por qualquer estabelecimento do ramo.

A *Figura 77A* mostra um banco de ensaios com o alternador preparado para as provas e na *Figura 77B* vê-se outro tipo de banco de ensaios no qual o processo de fixação do alternador é diferente.

Fundamentalmente, o banco de ensaios realiza as seguintes verificações:

1. Medição e teste ao enrolamento do rotor;
2. Controlo de funcionamento a todos os regimes de rotação, do valor da tensão e da intensidade da corrente.
3. Medição da resistência de cada uma das fases do induzido do estator;
4. Controlo das características mecânicas. Estado das escovas e tenção das respectivas molas;
5. Ensaio e verificação dos díodos do rectificador;
6. Ensaio e verificação do regulador electrónico.

No essencial, todas estas provas foram já realizadas com o auxílio de um voltímetro, de um amperímetro e de um ohmímetro, salvo no caso dos reguladores, dos quais ralaremos mais adiante. A vantagem do banco de ensaios é a de reproduzir as temperaturas de funcionamento e proporcionar uma absoluta segurança durante o funcionamento do alternador.

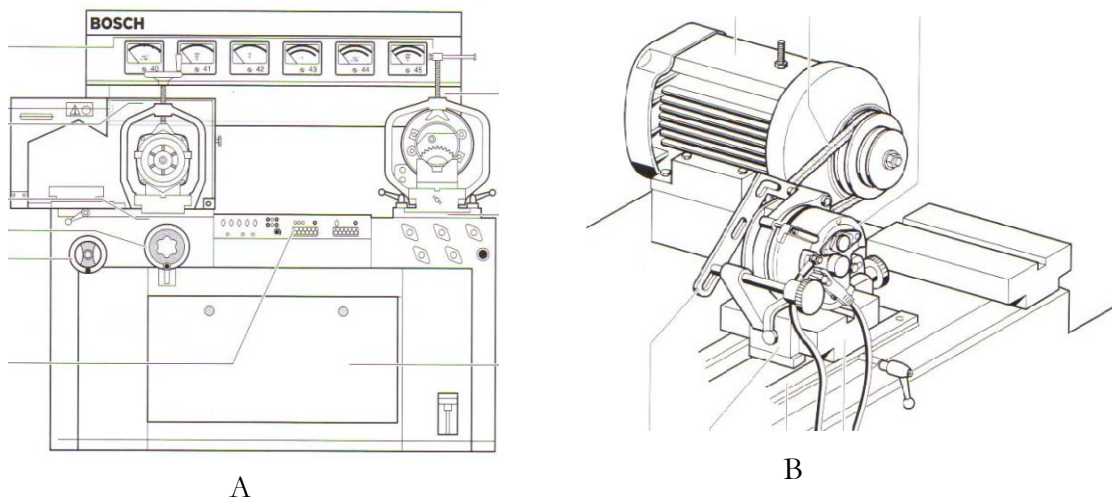


Figura 77 Bancos de ensaios com o alternador preparado para as provas ([15]).

8. BATERIA

A bateria é um dispositivo de armazenamento de energia química que tem a capacidade de se transformar em energia eléctrica quando solicitada. Por outras palavras, as baterias não são depósitos de energia eléctrica, mas sim de energia química, até que um circuito seja conectado através dos seus pólos, dando origem a uma reacção química que ocorre no seu interior, convertendo esta energia química em eléctrica que é então fornecida ao circuito.

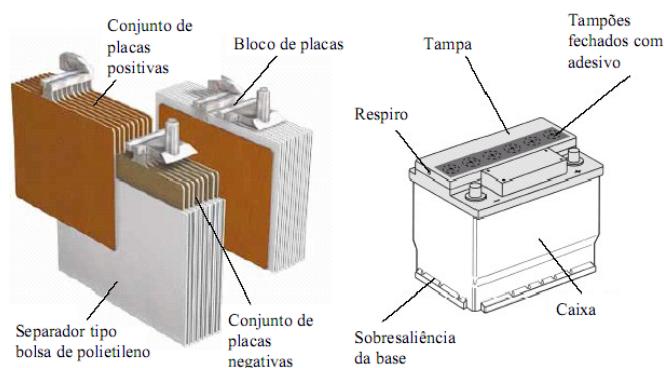


Figura 78 Elementos constituintes de uma bateria ([10])

A bateria tem um papel bem definido a desempenhar no sistema eléctrico de um veículo. As principais funções da bateria são:

- Fornecer energia para fazer funcionar o motor de arranque;
- Prover de corrente eléctrica o sistema de ignição durante o arranque;
- Suprir de energia as lâmpadas das lanternas de estacionamento e outros equipamentos que poderão ser usados enquanto o motor de combustão não estiver operando;
- Agir como estabilizador de tensão para o sistema de carga e outros circuitos eléctricos;
- Providenciar corrente quando a demanda de energia do automóvel exceder a capacidade do sistema de carga (alternador).

Uma bateria tem os seguintes elementos:

Caixa – A caixa é feita com um material leve, propileno, excepcionalmente resistente e durável. Esta facilmente resiste às vibrações que ocorrem em serviço, em diversos tipos de terrenos.

Elemento ou célula – É um conjunto de placas e separadores agrupados, ligados em paralelo. Os elementos de bateria estão apoiados sobre pontes, sem tocar no fundo da caixa. Esse espaço existente é utilizado para receber a sedimentação de resíduos que se fragmentam das placas, evitando um curto-circuito entre elas. O elemento ou célula é composto de placas e separadores.

Placas – As placas positivas e negativas são chapas gradeadas (compostas de uma liga de chumbo antimónio), coberta de material activo. O material activo usado nas placas positivas é o peróxido de chumbo (PbO_2). Nas placas negativas, o material activo usado é o chumbo

esponjoso (Pb). Actualmente, alguns fabricantes de baterias utilizam uma liga de elementos de chumbo e cálcio para fazerem estas grades.

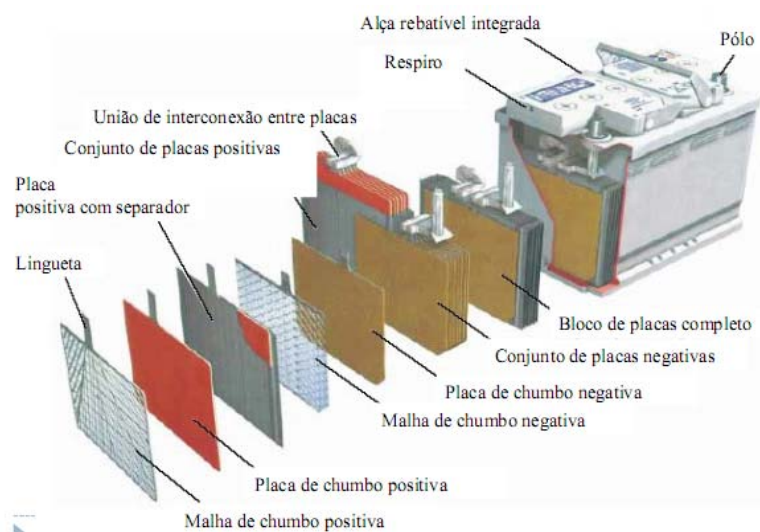


Figura 79 Constituição em detalhe de uma bateria ([10])

Separador – Para a montagem do elemento, entrelaçam-se as placas positivas e negativas introduzindo-se entre elas separadores isolantes, o que impede que ocorra curto-circuito entre as placas. Por ser micro poroso, o separador possibilita a passagem de iões que são transferidos das placas para o electrólito durante as reacções internas da bateria.

Bornes – São pontos de conexão entre a bateria e os circuitos consumidores externos. As baterias são equipadas com um borne positivo e outro negativo, ambos em chumbo. O borne positivo possui o sinal mais (+) gravado e é, de uma maneira geral, de cor mais escura e de maior diâmetro do que o borne negativo, que possui o sinal menos (-) gravado.

Electrólito – Este conjunto de placas (elementos) é imerso em solução de ácido sulfúrico e água destilada (electrólito) que vai provocar a reacção entre metais activos das placas. Quando a bateria está totalmente carregada, a solução fica com aproximadamente 36% ácido e 64% água (por peso) e é dito que sua densidade é de 1,260g/l à temperatura de 26,5°C

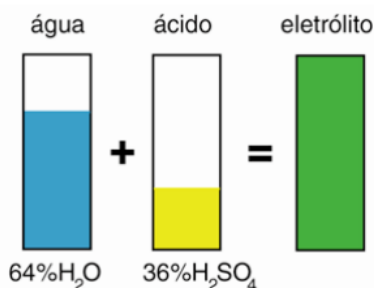


Figura 80 Composição do electrólito de uma bateria ([11])

O ácido sulfúrico tem peso diferente da água: é mais pesado. Por conseguinte, quando a bateria está descarregada, o electrólito pesa menos que quando está carregada.

Há outras formas de se definir densidade, entretanto, para o nosso estudo, vamos chamar de densidade o quanto pesa um determinado volume. A densidade da água é 1. Isso significa que um litro de água pesa 1 quilo. O ácido sulfúrico puro tem a densidade de 1,84, ou seja, pesa 1,84 vezes mais do que a água.

No caso da bateria, o electrólito tem uma densidade de 1260g/l, isto é, é 1,26 mais pesado que a água. Quando a bateria se descarrega totalmente, surge mais água no electrólito, ficando mais diluído, a sua densidade cai para 1,16.

O princípio básico de funcionamento de uma bateria subentende duas fases que constituem o processo de carga e descarga que serão explicados de seguida:

8.1. Processo de descarga

Conectando-se aos pólos de uma bateria os terminais de um consumidor, neste será aplicada uma diferença de potencial eléctrico, fazendo circular uma corrente eléctrica no sistema. Neste momento a bateria está em reacção de descarga, *Figura 81*.

Neste processo há uma reacção química entre as placas e o electrólito da bateria, resultando daí o ião sulfato SO_4 . O ião sulfato (SO_4) passará tanto para as placas positivas quanto para as placas negativas transformando-se em sulfato de chumbo (PbSO_4). Quanto mais intensa e prolongada for a descarga maior será esta concentração.

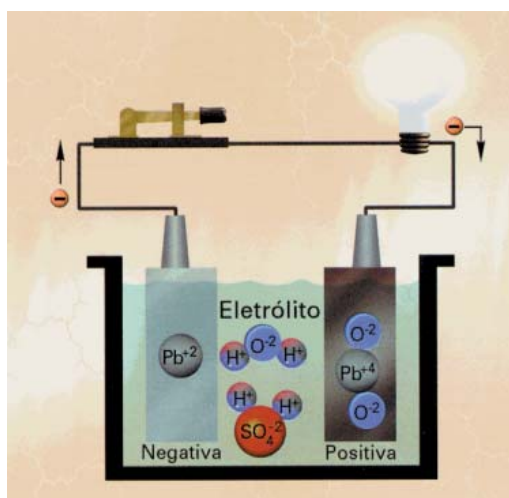


Figura 81 Processo de descarga de uma bateria ([12])

Quando um circuito externo é conectado entre os pólos da bateria, inicia-se um fluxo de corrente que desloca os electrões das placas negativas para as positivas, até que haja o equilíbrio eléctrico. Ao mesmo tempo, as placas "absorvem" os radicais sulfato (SO_4) e o electrólito ficará menos denso.

8.2. Processo de carga

Aplicando-se à bateria uma tensão maior que a sua tensão nominal, faz-se circular uma corrente em sentido contrário à descarga, até que haja o desequilíbrio eléctrico. As placas liberam os iões de sulfato (SO_4) e o electrólito fica mais denso, ver *Figura 82*.

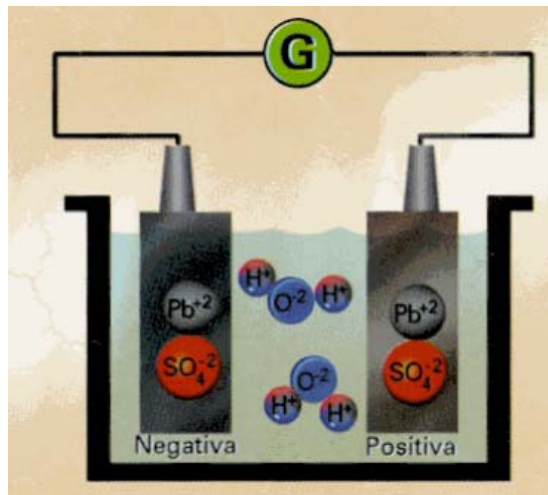


Figura 82 Processo de carga de uma batera ([12])

Capacidade nominal – É a condição quantitativa de armazenamento de energia que possui uma bateria. A capacidade de armazenamento depende da quantidade de material activo contido nas placas da bateria. A unidade de medida de capacidade mais usada é o Ampere x hora (Ah). Baseia-se na corrente que a bateria pode fornecer constantemente durante 20h de descarga à temperatura de 26,5°C, sem que a sua tensão "caia" abaixo dos 10,5 volts (especificado na caixa da bateria).

Exemplificando, uma bateria que consegue fornecer 3A continuamente, durante 20 horas, é classificada como bateria 60Ah ($3A \times 20 \text{ horas} = 60Ah$).

Durabilidade – A durabilidade da bateria está relacionada com vários aspectos de seu uso. Um dos aspectos preponderantes é a profundidade de descarga.

A bateria funciona em ciclos de carga e descarga e quanto maior a profundidade de descarga, menor será a sua durabilidade.

Perda de carga – As baterias, quando armazenadas, sofrem uma perda constante de carga, mesmo que não sejam solicitadas para nenhum uso. Isto ocorre devido a reacções químicas secundárias indesejáveis que acontecem constantemente dentro da bateria. Esta auto-descarga, como é chamada, varia em função da temperatura, ver *Figura 83*.

Exemplificando, uma bateria de 36Ah à temperatura de 38°C poderá estar descarregada em 4 meses, enquanto que, se for armazenada à temperatura de 10°C pouco perderá em 1 ano.

Tanto a humidade como a sujidade na bateria podem provocar uma fuga de corrente entre os seus terminais e o chassis do automóvel provocando a sua descarga.

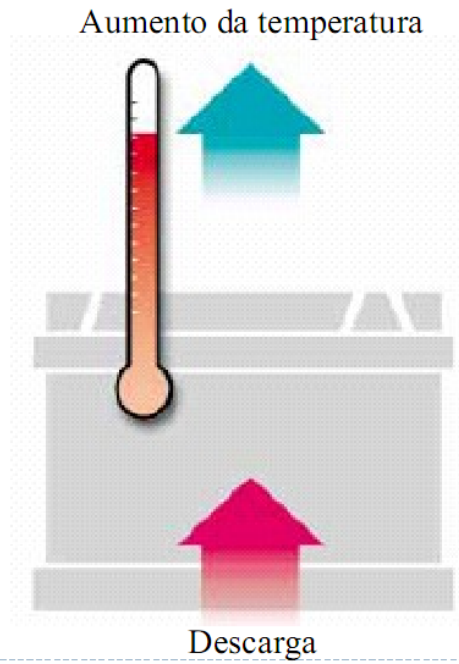


Figura 83 Efeito da temperatura na auto-descarga da bateria ([11])

Também o ácido que eventualmente pode ser derramado da bateria, além de causar a sua descarga, pode também atacar as chapas do automóvel, roupas e pele humana. Portanto, é bastante importante manter os pólos e a bateria sempre limpos e secos.

9. MANUTENÇÃO DA BATERIA

Verificação do nível de electrólito – Uma pequena diminuição no nível do electrólito da bateria, temporariamente pode ser considerada normal, devido à evaporação da água. Isso ocorre no processo de carga da bateria, que liberta átomos de hidrogénio e de oxigénio que escapam pelos respiros das tampas.

O nível de electrólito da bateria deve ser verificado periodicamente (a cada 15 dias) e se necessário ser repostado. Para isso, deve-se adicionar somente água destilada, até completar 1,5cm acima das placas, não confundir com a altura dos separadores. Muitas baterias trazem na tampa uma marca do nível correcto do electrólito.

Verificação das densidades do electrólito – As leituras das densidades de cada vaso (elemento) não devem variar mais de 50 unidades g/l entre elas. Se isso acontecer, a bateria deverá ser substituída.

Tabela 2 Variação da densidade do electrólito em função da carga da bateria

Densidade de 25°C	Estado de carga
1260 - 1280 g/l	100%
1230 - 1250 g/l	75%
1200 - 1220 g/l	50%
1170 - 1190 g/l	25%
1140 - 1160 g/l	baixa capacidade
1110 - 1130 g/l	descarregada

Neste teste é utilizado um densímetro com cuidado para não danificar o separador existente entre as placas provocando curto-circuito.

Precauções:

- Os gases liberados durante o período de carga são explosivos. Nunca se deve aproximar chamas ou permitir faíscas próximas ao local de recarga ou de baterias recentemente carregadas. Também não se deve fumar;
- O ácido sulfúrico usado nas baterias irrita a pele, olhos, nariz e garganta, causando queimaduras. Deve-se, então, evitar respingos ou contactos com a pele, olhos e roupa.
- É recomendável utilizar luvas de protecção e óculos de segurança resistentes a ácidos; equipamentos comuns de protecção podem ser danificados;
- É recomendável, também, ter sempre à mão água e sabão, para casos de respingos acidentais. Numa emergência, deve-se neutralizar a acção do ácido, aplicando sobre a parte atingida uma solução de bicarbonato de sódio ou solução básica (alcalina, fraca).
- É muito importante evitar a inalação de vapores ácidos;
- Se os olhos forem atingidos, deve-se lavá-los imediatamente com água corrente, durante cerca de 15 minutos;
- Em casos gerais mais graves, deve-se recorrer a cuidados médicos.

Geralmente estas regras de segurança são identificadas através de símbolos próprios, utilizados internacionalmente.



Figura 84 Simbologia própria utilizada internacionalmente para identificar as regras de segurança aplicáveis na manutenção de baterias de automóveis ([12])

Manutenção de baterias submetidas a longos períodos de inactividade – As baterias, quando em stocks ou instaladas em veículos sem actividade, requerem cuidados especiais de manutenção a fim de evitar a sua deterioração.

Igualmente, a activação e carga de baterias de stocks e o recarregamento de baterias parcialmente descarregadas devem obedecer rigorosamente às normas recomendadas pelos fabricantes a fim de evitar danos causados por processos inadequados.

Cargas insuficientes ou excessivas, aplicadas pelo sistema de carga do veículo ou por equipamentos de recarga, podem danificar a bateria.

As consequências mais prováveis de carga excessiva são:

- A forte corrosão das placas positivas;
- Decomposição da água em gases (hidrogénio e oxigénio), os quais tendem a inibir a acção do material das placas e causar o borbulhar do ácido para fora das células;
- Aumento da temperatura, a qual acelera as reacções químicas normais e danifica placas, separadores, caixa e composto de vedação;
- Empenamento acentuado e conseqüente perfuração dos separadores. Este tipo de dano ocorre frequentemente, quando a bateria é submetida a carga excessiva, logo após um período de descarga;
- Transbordo da solução, causado por aplicação de um valor de carga excessivo.

As consequências mais prováveis de carga insuficiente são:

- Aumento da densidade do sulfato nas placas, prejudicando as reacções electroquímicas, durante a carga da bateria;
- Em baterias mantidas parcialmente descarregadas por períodos prolongados, pode ocorrer a formação de partículas de sulfato de chumbo sobre os separadores, provocando curto-circuitos temporários entre as placas negativas e positivas.

Nota: Alguns defeitos atribuídos à bateria podem ser ocasionados por outros componentes do sistema. Assim, possíveis falhas da bateria devem ser pesquisadas cuidadosamente, não só para evitar a indevida substituição de baterias em condições normais de funcionamento, como para evitar trabalhos desnecessários para a eliminação de falhas cuja origem se localiza em outras áreas e que poderia vir a inutilizar a bateria.

Peso específico do electrólito (densidade) – Deve-se verificar o nível do electrólito em cada elemento. Para que seja conseguida uma indicação fiel do valor de densidade do electrólito devem-se observar os seguintes cuidados:

- Nunca retirar electrólito de um elemento cujo nível tenha sido recentemente completado, sem que a bateria tenha sido carregada;
- Nunca efectuar a verificação do peso específico em baterias submetidas recentemente a um regime alto de descarga (tentativas de arranque do motor prolongadas, por exemplo), nem a um regime alto de carga;
- Nunca transferir electrólito de um elemento para outro;
- Quando for necessário completar o nível de algum elemento, adicionar unicamente água destilada, aplicando, a seguir, à bateria, uma carga lenta.
- Verificar a densidade do electrólito e comparar as leituras obtidas, com as da tabela 1 página 26;
- Calcular a diferença entre o valor máximo e mínimo, obtidos: se inferior a 40 g/l, a bateria deve ser submetida a carga lenta - até que o peso específico atinja 1250 g/l.

Processo de recarga de uma bateria - Antes de submeter a bateria à recarga, deve-se ter em linha de conta alguns cuidados:

- Verificar o nível do electrólito, completando-o, se necessário, até aproximadamente 1,5cm acima das placas.
- Ligar os terminais do carregador aos da bateria. As ligações dos equipamentos de teste do sistema eléctrico e baterias devem ser feitas de acordo com as instruções do fabricante do aparelho.
- Seleccionar o tipo de carga no carregador. Neste instante, a voltagem sobre os terminais da bateria não poderá ultrapassar 14,5V. Valores superiores a 14,5V indicam defeito interno na bateria.



Figura 85 Recarga de uma bateria ([10])

Mantenha as tampas dos elementos removidas durante o processo de carga pois há liberação de oxigénio e de hidrogénio da solução. Mesmo depois de finda a carga, a célula pode acumular hidrogénio, que fica retido no elemento. O hidrogénio, dentro de certa concentração na atmosfera, torna-se altamente explosivo. Por isso, evite realizar esse processo de carga perto de locais que possam ter fogo ou faíscas.

Recarga em paralelo das baterias – Quando são recarregadas mais do que uma bateria em paralelo, a tensão fornecida pelo carregador mantém-se ligeiramente superior à tensão de uma única bateria, não podendo ultrapassar 14,5V.

O circuito paralelo consiste na ligação de bornes com a mesma polaridade.



Figura 86 Operação de carga de mais do que uma bateria em paralelo([10])

A corrente total do circuito será a soma da corrente que cada bateria receberá do carregador. Caso uma bateria esteja danificada, a corrente desta irá distribuir-se entre as outras, podendo provocar um excesso de carga; por este motivo, é preferível que a recarga seja aplicada através de um circuito em série.

Recarga em série das baterias – Numa recarga em série, a corrente fornecida a todas as baterias é igual, podendo ser calibrada no carregador.

As ligações devem ser executadas de forma a unir o pólo negativo da primeira bateria, ao positivo da segunda e assim sucessivamente. A garra positiva do carregador deve ser ligada ao borne positivo da primeira bateria; a garra negativa do carregador deve ser ligada ao borne negativo da última bateria.

A tensão fornecida por este tipo de carregador deve ser ligeiramente maior que a soma das tensões das baterias sob carga. Por exemplo: para recarga de 3 baterias em série $V_s = 36V$.

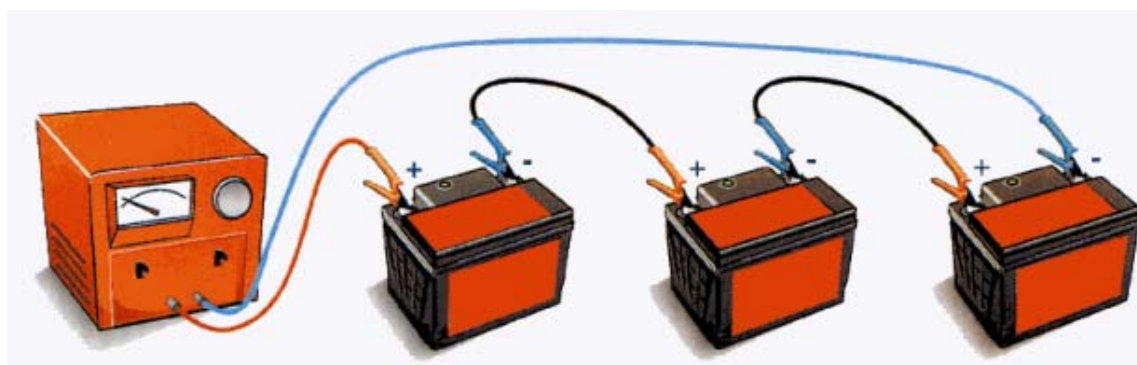


Figura 87 Operação de recarga de mais do que uma bateria em serie ([10])

Deve-se efectuar, periodicamente, uma inspecção visual da bateria verificando:

- A fixação ao suporte: a bateria não deve estar mal fixa no suporte, para evitar danos às placas, por vibração, nem excessivamente apertada;
- Os cabos: verificar a corrosão e desgaste do isolamento;

- As conexões: verificar a corrosão e limpeza; as partes corroídas - bornes, terminais, cabos, etc. - Devem ser limpas com uma mistura de água + bicarbonato de sódio ou água + amoníaco e uma escova de cerdas duras;
- Nunca raspar a camada de chumbo dos terminais ou dos cabos;
- O nível do electrólito deve ser mantido 1,5cm acima das placas.
- Atentar para vestígios de corrosão no suporte; esta característica pode indicar que o electrólito foi derramado e, caso não repostado prontamente, pode ter provocado a sulfatação das placas, aumentando a taxa de descarga da bateria;
- Verificar a existência de trincas, quebras e deformações na caixa; sujidade em excesso na tampa pode provocar a descarga da bateria;
- Verificar a existência de quebras nas tampas dos elementos, trincas e obstrução dos tubos de respiro;
- Verificar a limpeza, pois a taxa de descarga pode ser superior à normal, se uma quantidade considerável de electrólito for derramada ou se a parte superior da bateria não estiver completamente limpa. É importante que a bateria seja mantida limpa.

O tempo máximo de vida útil de uma bateria somente é atingido quando forem tomados os necessários cuidados para a sua manutenção e realizadas as inspecções periódicas recomendadas.

A capacidade de carga de uma bateria não deve ser excedida por sobrecarga excessiva e constante, devendo ser observados os requisitos de carga.

A água é um dos elementos essenciais de uma bateria e o único componente que se consome, em decorrência das condições de carga. O nível recomendado do electrólito deve ser mantido correctamente, para que a sua máxima vida útil seja atingida.

Para a correcta manutenção de uma bateria, deve-se seguir os seguintes passos:

- Verificar o nível do electrólito, à temperatura normal de funcionamento, não permitindo que fique abaixo das placas, o que acarretaria uma alta concentração do ácido, danificando os separadores e debilitando as placas, além de as expor a um rápido processo de sulfatação, que comprometeria a sua durabilidade;
- Para um eficiente desempenho, as placas devem ser mantidas completamente cobertas pelo electrólito. O nível correcto do electrólito é de 1 a 1,5cm acima das placas;
- Ao reabastecer os elementos da bateria, usar somente água destilada; não usar água de chuva ou de nascente;
- Conservar a bateria com pelo menos 3/4 de sua carga, evitando, assim, que as placas se sulfatizem e percam a eficiência;
- Evitar sobrecargas: carga excessiva provoca super aquecimento nos terminais, expandindo as placas positivas, podendo ocorrer empenamento ou, até mesmo, quebra. A sobrecarga pode causar, também, distorção da cabeça e deslocamento do composto vedador;
- A carga rápida causa um aquecimento repentino na bateria: assim sendo, não se deve permitir que temperaturas superiores a 50°C sejam atingidas, o que poderia danificá-la.
- Como medida de segurança, alguns equipamentos de carga incorporam um termóstato que desliga a carga rápida automaticamente, quando a temperatura do electrólito alcança 50°C. O controlo com termóstato assegura a carga máxima, no menor tempo possível;

- Nunca se deve adicionar ácido sulfúrico ao electrólito de um elemento, quando o nível estiver abaixo do normal, por derramamento. O electrólito usado no reabastecimento deve ter o mesmo peso específico do existente;
- Nunca retirar o electrólito de um elemento cujo nível tenha sido recentemente completado com água, não tendo, ainda, a bateria sido recarregada;
- Não efectuar a verificação do peso específico em baterias submetidas a um regime alto de descarga – tentativas de arranque, por exemplo;
- Nunca transferir electrólito de um elemento para outro.

Para verificar se está ocorrendo fuga de corrente de uma bateria, deve-se:

- Observar se há depósito de electrólito sobre a bateria, sujidade e substâncias estranhas, pois acarretam uma descarga contínua;
- Medir a voltagem entre o pólo negativo e a carcaça da bateria com um voltímetro equipado com pontas de prova tipo "BCP" ou de aço inoxidável, ajustado à escala de leitura de tensão mais baixa possível,
- Manter a ponta de prova negativa em contacto com o pólo negativo e mover a positiva através da superfície isolada da bateria, sem tocar nos terminais das células ou pólo positivo.

Nota:

Se obtiver leituras inferiores a 0,5V – A caixa da bateria está em boas condições, necessitando apenas de limpeza.

Se obtiver leituras superiores a 0,5V – Limpe a superfície da bateria com uma solução de amónia ou bicarbonato de sódio, e depois com água. Seque-a, a seguir, e repita o teste.



Figura 88 Verificação da existência de fuga de corrente de uma bateria ([10])

10. PERSPECTIVAS DE FUTURO

Actualmente os sistemas eléctricos automóveis estão a sofrer mudanças acentuadas devido a vários factores: [12]

- Devido ao aumento do consumo com acessórios,
- O cada vez maior numero de dispositivos eléctricos a realizar funções antes accionados directamente pelo motor,
- A incorporação de dispositivos para reduzir o consumo e assistir o condutor,
- A incorporação de novos dispositivos de segurança,
- A premente necessidade de reduzir o consumo de combustível e emissão de poluentes.
- Todos estes factores implicam um aumento da potência eléctrica exigida pelo conjunto de todos estes equipamentos eléctricos tendo o sistema eléctrico utilizado nos veículos actuais atingido seu limite.

Mas esta tendência deverá acentuar-se ainda mais à medida que aumentam as demandas por itens de segurança, conforto e principalmente à medida que as exigências legais para diminuição da emissão de poluentes se tornam mais rígidas. A diminuição da emissão de poluentes está intimamente ligada à economia de combustível e esta depende da introdução de novas tecnologias, todas dependentes de energia eléctrica.

10.1. Sistema Eléctrico 42V

Embora a maioria dos usuários conheça o actual sistema eléctrico dos veículos pela tensão da bateria que utiliza, que é de 12 volts, o sistema é, na verdade, de 14 volts. Os problemas surgem quando se observa que o limite prático deste sistema de 14 volts situa-se ao redor de 3 kW. Acima desse valor, esgota-se a capacidade do velho alternador tipo Lundell e os cabos eléctricos tornam-se muito grossos, de difícil manuseamento e impraticáveis nos reduzidos espaços disponíveis no interior do automóvel.

Para fazer face a estes problemas e conseguir dar respostas a cada vés maiores demandas de energia por parte do sistema eléctrica, tem se pensado na possibilidade do sistema alimentado a 42V, "Sistema Eléctrico 42V ou Powernet.

A tensão de 42 volts é exactamente o triplo da tensão do sistema actual. Isto significa uma disponibilidade potencial de até 9 kW, suficiente para atender a todas as demandas das tecnologias disponíveis ou em fase de pesquisas. A bateria deverá seguir o mesmo princípio, passando para 36 volts.

A tecnologia 42V permitirá a substituição de sistemas mecânico-hidráulicos, como direcção, ar-condicionado e freios, por sistemas eléctricos, mais eficientes. O alternador e o motor de arranque serão substituídos por um único componente, capaz, além de gerar energia, de prover torque suficiente para mover o veículo. Será a viabilização definitiva dos veículos híbridos. Será possível também a adopção de um sistema de liga/desliga automático do motor, sempre que o veículo parar, economizando combustível e diminuindo a emissão de poluentes.

A tarefa é grandiosa. Afinal, a tecnologia 42V irá implicar mudanças radicais da forma como se produzirão automóveis. Num intervalo de poucos anos, será necessário adaptar milhões de peças, fabricados em inúmeras plantas espalhadas ao redor do mundo. Componentes totalmente novos estão em fase de fabrico e testes. Outros ainda terão que ser criados, a partir de conceitos já definidos, mas cujas técnicas de produção ainda estão na fase de desenvolvimento.

O conhecimento e a tecnologia são as chaves para se participar desse processo, e farão a diferença entre os fornecedores cujos produtos se tornarão obsoletos, e aqueles que se adaptarão às mudanças e ganharão mercado. [13]

10.2. Alternogerador

O alternogerador já é considerado a principal inovação tecnológica da indústria automobilística nos últimos anos. É um novo sistema conhecido como alternoarranque, que reúne motor de arranque e alternador numa só peça.

O desenvolvimento do sistema, autêntico ovo de Colombo, formado pela combinação daquelas duas peças numa só, é atribuído à Valeo, grupo industrial francês dedicado à concepção, fabricação e vendas de componentes, sistemas integrados, módulos e serviços para automóveis e veículos comerciais [14].

O alternoarranque viabilizou ainda o sistema liga-desliga ou start-stop, como no Citroen C3, no qual o motor desliga quando o veículo pára e, com a utilização dos sensores nos pedais do acelerador e do travão, e no câmbio, faz com que funcione novamente no momento em que o condutor tira o pé do travão, pisa no acelerador ou engata uma marcha. Quando o veículo estiver parado, todo o sistema eléctrico funciona normalmente com a energia da bateria.



Figura 89 *Alternogenerador e respectiva unidade de controlado* [17].

O altermoarranque não exige mudanças significativas no motor. O sistema eléctrico convencional do automóvel é constituído basicamente do alternador, que gera a corrente, e o motor de arranque, que acciona o volante do motor no momento do arranque. O altermoarranque é um alternador que continua a agir como gerador de corrente mas também funciona como motor de arranque. Ao receber a informação por meio do sensor electrónico de que a partida é accionada, o rotor do alternador gira e, mediante transmissão por polias e corrente dentada, acciona o virabrequim [17].

Com o altermoarranque deixa de existir motor de arranque e mecanismo de engrenamento com a coroa do volante do motor do veículo, além de eliminar quase completamente o tradicional ruído de motor ao ser colocado a funcionar – o que tornou exequível o sistema liga-desliga.

Com este sistema ao parar o veículo no semáforo, o motor também pára por completo. O sistema tem pelo menos duas grandes vantagens: nas cidades grandes, onde se gasta praticamente a metade do tempo parado nos semáforos ou em congestionamentos, o veículo não consumirá combustível e tampouco emitirá poluentes e ruído. A economia de combustível e redução de emissões de dióxido de carbono (CO₂) chega a 10% no ciclo urbano.

7. CONCLUSÃO

Concluindo, o sistema de carga constitui um elemento essencial num automóvel. Efectivamente, a história automóvel tem vindo a provar que cada vez há mais elementos de natureza eléctrica a seu cargo.

Não será difícil prever que a tendência futura será a substituição progressiva do motor alimentado com combustíveis fósseis por alternativas mais ecológicas e eficientes. Neste leque de alternativas, uma das mais promissoras é sem dúvida a do veículo eléctrico. Esta transição tem vindo a ser feita com o aparecimento dos veículos híbridos, equipados já com os dois motores, em que o eléctrico para além de substituir o sistema de carga convencional também permite circular a velocidades mais baixas.

Na evolução tecnológica, no mundo automóvel, o sistema de carga foi assumindo uma importância sempre crescente. São cada vez mais os dispositivos a consumir energia eléctrica cuja alimentação está dependente deste sistema.

REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS

- [1] S.T.C.P., *Motor de carro eléctrico (fotografia tirada pelo autor)*, Museu do Carro Eléctrico, Porto, Portugal, 1996. ☒
- [2] A. Tranter, *Manual de Electricidade das Motos*, Edições CETOP, Portugal, 1995. ☒
- [3] Softkey Multimedia Inc., *AutoWorks*, Automotive CD-ROM, 1995. ☒
- [4] Autoshop Online, <http://www.autoshop-online.com/auto101.html>, EUA, 1997.
- [5] H. M. Chollet, *Mecânicos de Automóveis - O Motor e Seus Acessórios*, Hemus Editora, Brasil, 1996. ☒
- [6] Miguel de Castro, *Manual do Alternador, Bateria e Motor de Arranque*, Plátano Edições Técnicas, Portugal, 1991. ☒
- [7] Autosite, <http://www.autosite.com/garage/subsys/bachar02.html>, EUA, 1997.
- [8] FIAT Auto Portuguesa, *Electricidade Automóvel*, Formação Assistencial, Portugal, 1996. ☒
- [9] General Motors, <http://www.gmev.com/evsite/go/specs.htm>, EUA, 1997. ☒
- [10] Trip Adler, Jared Friedman, Tikhon Bernstam, <http://www.scribd.com>, EUA, 2008 ☒
- [11] Escola SENAI, <http://www.sp.senai.br/bdifusor/AUTO>, Portugal, 2008 ☒
- [12] Oficina o cia, <http://www.oficinaecia.com.br/bibliadocarro>, Portugal, 2008 ☒
- [13] Prof. Eduardo Medeiros, Prof. Horacio Duarte, Introdução à tecnologia automotiva, http://www.demec.ufmg.br/port/d_online/diario/Ema141, Portugal, 2008 ☒
- [14] Revista Webmotors, <http://www.webmotors.com>, Portugal, 2008 ☒
- [15] Dr. Ing. K. G. Burger, *Electricidad y electrónica del outomóvil - Alternadores*, Robert Basch GmbH, Portugal, 2000 ☒
- [16] Dr. Ing. K. G. Burger, *Electricidad y electrónica del outomóvil - Baterias*, Robert Basch GmbH, Portugal, 2000 ☒
- [17] Bosch, <http://www.autoaftermarketnews.com/productos.php?cat=19&marca=80>, Portugal, 2008 ☒

☒ - do autor ☒ - disponível no ISEP