



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA



RELATÓRIO DE PROJETO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**MÉTODOS DE ANÁLISES ELÉTRICAS DE BATERIAS DE CHUMBO-ÁCIDO PARA  
MOTOCICLETAS**

JOÃO PINTO CABRAL NETO  
Aluno

BENEMAR ALENCAR DE SOUZA  
Orientador

Campina Grande - PB  
Dezembro de 2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**MÉTODOS DE ANÁLISES ELÉTRICAS DE BATERIAS DE CHUMBO-ÁCIDO PARA  
MOTOCICLETAS**

Relatório de Projeto de Conclusão de Curso,  
apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica, da  
Universidade Federal de Campina Grande –  
UFCG, em cumprimento parcial às exigências  
para obtenção do Grau de Engenheiro Eletricista.

---

Aluno: JOÃO PINTO CABRAL NETO

---

Orientador: BENEMAR ALENCAR DE SOUZA

Campina Grande - PB  
Dezembro de 2011

Aos meus Pais,

Francisco de Assis P. Cabral e Marlucia Barros L. Cabral

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, antes de mais nada, a Deus por me dar forças, sabedoria e paciência para enfrentar os momentos mais difíceis e por ter colocado pessoas em meu caminho que estão sempre dispostas a me auxiliar.

Aos meus pais Assis e Marluvia, por estarem sempre ao meu lado, ensinando-me, dia após dia, o verdadeiro valor da família; pelo amor, educação, esforços e dedicação para comigo. Enfim, por serem as pessoas que mais admiro na vida.

À minha irmã Daiane, pelo companheirismo, pelas palavras de apoio e carinho e por sempre lembrar-me da importância de termos um ao outro.

À minha amada tia Socorro, por sempre ter estado ao meu lado nos bons e maus momentos e por ter participado de minha educação, sempre me aconselhando para o bem.

À minha querida avó Severina pelas conversas, pelo incentivo e por ser um exemplo em minha vida.

Às minhas tias Marleide e Marilúcia, a minha prima Ana Zulema e a todos os familiares, pelos momentos de desconcentração, união, apoio e amor.

A Keyte, por gostar de mim por inteiro, me dando forças para vencer os obstáculos.

A Jessiedna, Yonatha, Raphael, Mariana, Camila, Juan, Vinícius, Cintya, Taísa, Taciana, Gustavo, Pierre, Janaina, Fernando, Nathalia, Leilane, Nicolas e Catuxe, por me ensinarem o verdadeiro significado da palavra amizade, pelo auxílio constante, palavras de incentivo e por, apesar da distância, não deixarem o laço de amizade enfraquecer.

Ao professor Benemar, pelas lições, orientação, amizade e por contribuir, de forma significativa, com a tessitura deste trabalho.

Aos demais amigos e colegas, pelos bons momentos divididos entre festas e estudos.

A George Rossany, Damásio, Mendes, Gutemberg, Marisa (*In Memoriam*), Benedito, Talvanes e demais professores que participaram de minha formação acadêmica.

A Janmil, pela amizade e auxílio durante todo o decorrer de meu projeto.

A Adail, Tchaikovsky, Socorro, aos amigos do LAT e a todos os demais funcionários do Departamento de Engenharia Elétrica, pela presteza e amizade durante o Curso.

A todos vocês, abraço com profundo sentimento de gratidão. Dedico-lhes meus méritos.

Se não puder voar, corra. Se não puder correr, ande. Se não puder andar, rasteje, mas continue em frente de qualquer jeito.

(MARTIN LUTHER KING)

# SUMÁRIO

	<b>LISTA DE FIGURAS</b>	08
	<b>LISTA DE TABELAS</b>	09
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	10
1.1	OBJETIVO	10
1.2	METODOLOGIA	11
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b>	12
2.1	AS BATERIAS DE CHUMBO-ÁCIDO DE MOTOCICLETAS	12
2.1.1	<b>Composição da bateria</b>	15
2.1.2	<b>Funções da bateria em uma motocicleta</b>	16
2.1.3	<b>Tipos de defeitos de uma bateria</b>	17
2.1.3.1	Defeitos de fabricação	17
2.1.3.2	Defeitos por má utilização	18
2.2	FUNIONAMENTO DE UMA MOTOCICLETA	20
2.2.1	<b>Sistema elétrico de uma motocicleta</b>	21
2.2.1.1	O alternador	21
2.2.1.2	O Retificador-Regulador	23
2.2.1.3	CDI / UCE	23

		7
2.2.1.4	Bobina de ignição	24
<b>3</b>	<b>SISTEMA DE ANÁLISE DE BATERIAS DE MOTOCICLETAS</b>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>32</b>
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>33</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01 – Bateria carregada</b>	13
<b>Figura 02 – Elemento formado por placas ligadas em paralelo</b>	14
<b>Figura 03 – Três elementos ligados em série</b>	15
<b>Figura 04 – Composição de uma bateria</b>	16
<b>Figura 05 – Esquema funcional de uma bateria</b>	17
<b>Figura 06 – Constituição de um motor de quatro tempos</b>	20
<b>Figura 07 – Alternador compost por estator bobinado e rotor de imã permanente</b>	22
<b>Figura 08 – Bateria descarregada</b>	22
<b>Figura 09 – Retificador-Regulador e seu respectivo circuito elétrico</b>	23
<b>Figura 10 – Sistema elétrico de uma motocicleta</b>	25
<b>Figura 11 – Estrutura de ensaios de carga de baterias</b>	27
<b>Figura 12 – Gráfico referente ao ensaio de carga de uma bateria de 5Ah</b>	27
<b>Figura 13 – Esquema de ligação de um amperímetro para detecção da corrente de fuga</b>	29
<b>Figura 14 – Teste de descarga realizado com um TB 40AM</b>	31



## **LISTA DE QUADROS**

<b>Quadro 01 – Defeitos de fabricação</b>	<b>18</b>
<b>Quadro 02 – Defeitos decorrentes da má utilização</b>	<b>19</b>
<b>Quadro 03 – Impacto dos componentes elétricos na tensão da bateria</b>	<b>30</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A bateria de Chumbo-Ácido para motocicletas é um aparato eletroquímico que armazena energia elétrica em forma de energia química, convertendo-a novamente em energia elétrica, quando necessária.

A conversão de energia química em elétrica, conhecida como conversão eletroquímica, é um dos processos mais eficientes de conversão de energia, tendo uma eficiência de cerca de 0,88 para o caso de baterias de chumbo-ácido, sendo até, mais eficiente que a conversão de energia química em mecânica, dado não existir para essa a limitação imposta pela lei de Carnot. Basicamente formada por um eletrodo positivo ( $\text{PbO}_2$ ) e um negativo de chumbo esponjoso (Pb) que, em contato com uma solução de Ácido Sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), produz uma tensão de 2,041 Volts em cada um dos seus elementos, totalizando, assim, para uma bateria de moto comum de 6 elementos, uma tensão de, aproximadamente, 12,25V.

Para que se possa fazer uma análise das condições da bateria, além de uma estimativa de seu tempo de vida útil, se faz necessário o desenvolvimento de uma série de testes e análises elétricas que possibilitem um diagnóstico correto.

### 1.1 OBJETIVO

Muitas baterias são submetidas a situações estressantes, como momentos em que se faz necessário dar a partida da moto repetidas vezes. Estas situações provocam o desgaste prematuro da bateria.

Atualmente, existem aparelhos que possibilitam ter uma noção do estado da bateria. Contudo, um diagnóstico preciso só é possível por meio de sua abertura, seguida da análise isolada de seus elementos e componentes. Objetivando desenvolver, uma metodologia de análise, tanto da bateria, quanto da motocicleta, que possibilite diagnosticar corretamente o estado da bateria e que seja capaz de informar o provável motivo da ocorrência de um dado defeito, sem ter que abrir a bateria, este trabalho de conclusão de curso é constituído por estudos teóricos e práticos que se propõem a ser uma alternativa para a problemática em questão.

## 1.2 METODOLOGIA

Inicialmente, o estudo será realizado mediante análise das características eletro-químicas da bateria, bem como do sistema elétrico da motocicleta. Para tanto, será desenvolvida uma revisão bibliográfica, seguida de visitas técnicas a oficinas e concessionárias de motos, além de uma indústria de bateria.

Constituída uma base sólida de conhecimento teórico, será posto em prática, em laboratório, as medidas necessárias para a produção de um sistema de análise de baterias que seja capaz de fornecer um diagnóstico confiável.

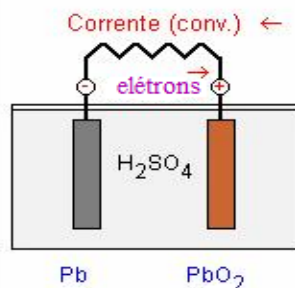
## 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A bateria e a motocicleta são um conjunto simbiótico que consistem em uma troca de tarefas. A bateria fornece energia para que a motocicleta comece a funcionar, alimentando alguns de seus acessórios, enquanto que, em contrapartida, depois de estar em funcionamento, a motocicleta, através do alternador, fornece energia para que a bateria possa readquirir a carga que foi utilizada na partida. Logo, é de fundamental importância que essa troca de tarefas ocorra da melhor forma possível para o perfeito fechamento do ciclo de funcionamento. Portanto, serão considerados tanto os aspectos elétricos da bateria quanto os da motocicleta.

### 2.1 AS BATERIAS DE CHUMBO-ÁCIDO DE MOTOCICLETAS

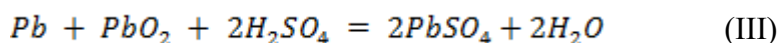
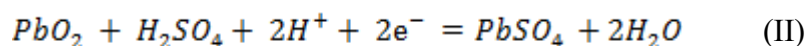
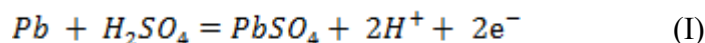
A armazenagem de energia em um acumulador de chumbo-ácido é possível graças às duas tendências - dar e receber elétrons - que diferentes substâncias têm. O dióxido de chumbo ( $\text{PbO}_2$ ) é uma substância que possui uma grande tendência de receber elétrons, enquanto que o chumbo metálico ( $\text{Pb}$ ), por sua vez, tem tendência de doar elétrons. Desta forma, existe a propensão natural de migração dos elétrons do chumbo metálico para o dióxido de chumbo, estabelecendo, assim, a passagem de uma corrente elétrica.

Nas baterias de chumbo-ácido, o meio que estabelece as condições para que os elétrons possam migrar de uma para outra placa é a solução de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Assim sendo, ambos, o chumbo metálico e o dióxido de chumbo, ao trocarem elétrons, transformam-se em sulfato de chumbo ( $\text{PbSO}_4$ ), o que designa que não existe mais diferença de potencial entre as placas e que a bateria está descarregada. Os íons sulfato ( $\text{SO}_4$ ) necessários a essa transformação são oriundos da solução de ácido sulfúrico, como pode ser observado através das seguintes equações de reação que caracterizam o funcionamento de uma bateria:



**Figura 01: Bateria carregada**

FONTE: AUTOSIL (2011)



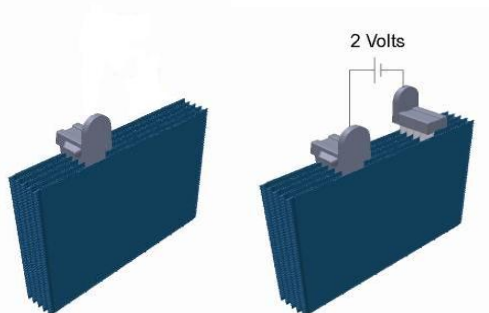
Na equação (I) tem-se a caracterização da reação entre a placa de chumbo e a solução de ácido sulfúrico, o que resulta na formação de sulfato de chumbo, dois íons de hidrogênio e liberação de dois elétrons. Tais elementos, ao entrarem em contato com a placa de dióxido de chumbo, reagem resultando na formação de sulfato de chumbo e água, designada pela equação (II). A equação global, (III), é a que descreve o processo de descarga da bateria, como citado anteriormente.

Desta forma, o papel de funcionamento da bateria na motocicleta, nada mais é do que, possibilitar a passagem dos elétrons oriundos da reação química pelo circuito elétrico da mesma, desencadeando um trabalho mecânico.

Contudo, depois que ambas as placas encontram-se no formato de dióxido de chumbo (bateria descarregada), se faz necessário que haja a reversão da equação (III) para que a bateria possa novamente readquirir diferença de potencial entre suas placas. Para isso, se faz necessário a aplicação de uma tensão externa sobre a bateria que obrigue os elétrons a seguirem em sentido contrário, revertendo, assim, o processo.

Os elétrons, sendo partículas de carga negativa, tendem a ser atraídos por regiões de potencial elétrico positivo e repelidos por regiões de potencial negativo. Nesta perspectiva, em uma bateria como a descrita neste trabalho, o chumbo metálico é tido como o pólo negativo e o dióxido de chumbo como pólo positivo, sendo a bateria de chumbo-ácido composta por grades

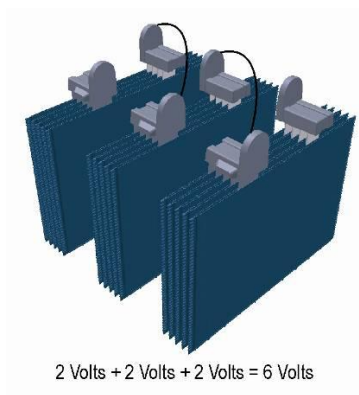
de chumbo revestidas de material ativo, placas de dióxido de chumbo, e placas de chumbo, estende-se o conceito para placas positivas e negativas, respectivamente. A quantidade de carga que essas placas podem fornecer é uma função da quantidade de material ativo presente. Desta forma, se o tamanho das placas é dobrado, teoricamente, a quantidade de carga disponível é dobrada. Entretanto, ao invés de dobrar o tamanho das placas, é possível dobrar suas quantidades. Assim, ligando uma placa positiva a outra placa positiva e uma negativa a outra também negativa, realiza-se a chamada ligação em paralelo, formando-se, assim, um elemento da bateria. Tal elemento possui uma diferença de potencial entre o conjunto de placas de aproximadamente 2,041V. Essa é uma função, principalmente, da densidade da solução de ácido sulfúrico absorvida pelas placas, como é possível observar na figura 02:



**Figura 02: Ligação em paralelo de placas de mesma polaridade e elemento formado pela junção dos conjuntos de placas positivas e negativas ligadas em paralelo, respectivamente.**

FONTE: MOURA (2010)

Sendo o sistema elétrico das motocicletas de 12V, se faz necessário que suas baterias também o sejam. Para tal, a bateria deve possuir 6 (seis) elementos ligados, de modo que as placas positivas se liguem às placas negativas, ligação esta chamada de ligação em série, conforme demonstrado na figura 03:



**Figura 03: Três elementos ligados em série**

FONTE: MOURA (2010)

Verifica-se que os elementos ligados em série devem estar em compartimentos separados, ou seja, a solução de um elemento não deve entrar em contato com a de outro elemento, visto que, caso haja contato entre um e outro elemento, há descarga entre ambos caracterizando um curto circuito elétrico, fechado pela solução. Motivo pelo qual, também, existe um separador entre as placas positivas e negativas de cada elemento, impedindo o contato direto entre elas. Os separadores devem ser porosos para permitir a condução de cargas elétricas entre uma placa e outra através da solução.

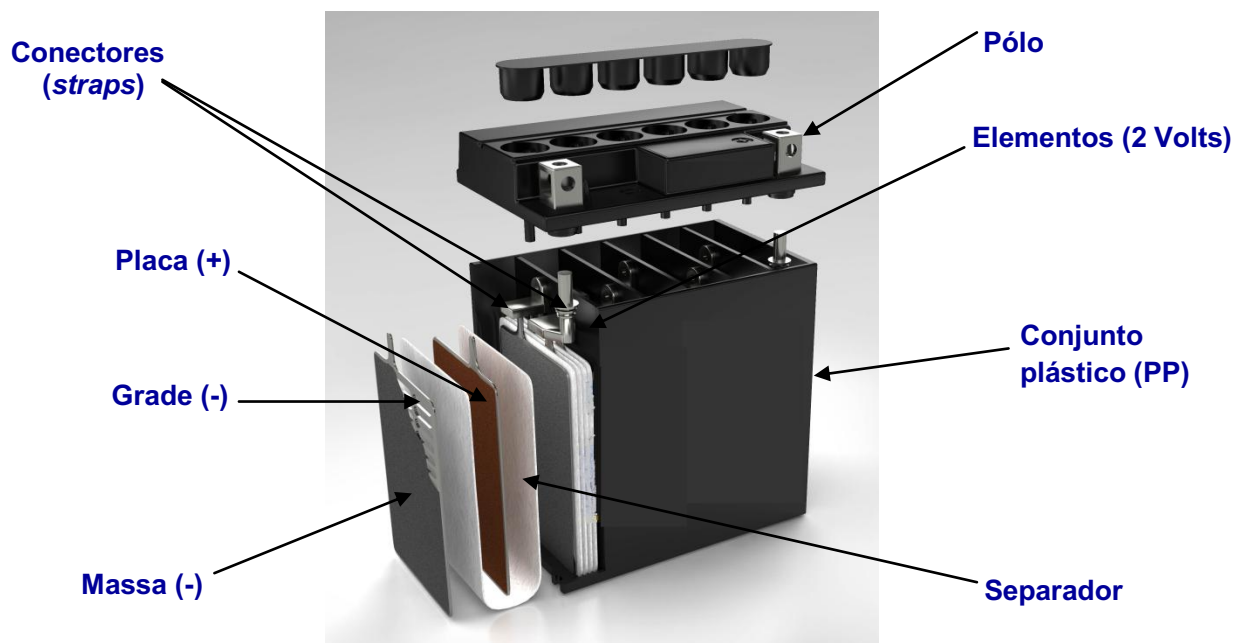
### 2.1.1 Composição da bateria

Os principais componentes de uma bateria de chumbo-ácido destinada a motocicletas são:

- Placas positivas e negativas - Composição entre grades metálicas e massa de material ativo responsável pelas reações químicas;
- Separadores - Envelopes que impedem o contato direto entre as placas;
- Conectores - Pequenas peças de chumbo que fazem as conexões entre os elementos da bateria;
- Solução de ácido sulfúrico - Usualmente composta por 35% de ácido sulfúrico e 65% de água destilada, é um elemento fundamental no processo das reações químicas;
- Caixa/Tampa - Composta de polipropileno (PP), tem por função acondicionar os elementos e a solução, isolando-os do contato com o exterior;

- Pólo positivo e negativo - Peças de chumbo que desempenham a função de terminais positivo e negativo da bateria, respectivamente.

A figura 04 mostra a maioria desses componentes:



**Figura 04: Composição de uma bateria**

FONTE: CABRAL NETO (2011)

### 2.1.2 Funções da bateria em uma motocicleta

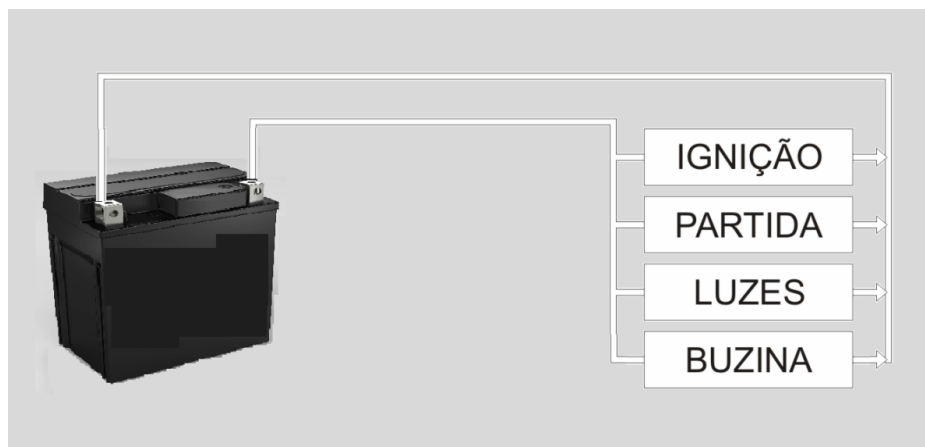
As baterias desempenham um papel fundamental no funcionamento de uma motocicleta, suas principais funções são:

- Fornecer energia para o sistema de ignição e para o motor de partida da motocicleta, partindo o motor e colocando-o em funcionamento repetidas vezes;
- Atuar como estabilizador de tensão protegendo o sistema contra picos de tensão do sistema elétrico, atuando como um filtro e protegendo, desta forma, os componentes elétricos da moto;
- Assumir as cargas elétricas da motocicleta por determinado período de tempo quando o alternador está com defeito;



- Suprir a demanda de carga quando a capacidade do alternador é excedida. (Ex.: instalação de acessório que tendo seu consumo somado ao dos equipamentos provenientes de fábrica, ultrapassa a capacidade nominal de geração do alternador).

A figura 05 sintetiza o esquema funcional da bateria:



**Figura 05: Esquema funcional da bateria**

FONTE: CABRAL NETO (2011)

### 2.1.3 Tipos de defeitos de uma bateria

No Brasil, atualmente, estima-se que a vida média de uma bateria de motocicleta é de 3 (três) anos.

O motivo natural de falha de uma bateria é a corrosão das grades positivas. A corrosão é um processo espontâneo e inevitável, podendo ser apenas retardado, mediante a utilização de ligas mais resistentes, ou através do aumento da espessura da grade.

A morte prematura de uma bateria está ligada a presença de algum defeito, podendo este ser um defeito de fabricação, ou de má utilização.

#### 2.1.3.1 Defeitos de fabricação

Como o próprio nome indica, defeitos de fabricação são aqueles devido às falhas no processo de fabricação e/ou má qualidade dos materiais utilizados. No quadro 01, é possível observar os principais defeitos decorrentes da fabricação com suas respectivas características e causas.

**Quadro 01: Defeitos de fabricação**

<b>DEFEITOS</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>CAUSAS</b>
Caixa com porosidade.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bateria com superfície umida e sem sinal de pancadas.</li> </ul>	Falha no processo de injeção.
Vazamento entre caixa e tampa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bateria com vazamento na junção caixa-tampa e sem sinal de pancadas.</li> </ul>	Falha no processo de selagem.
Curto-circuito.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Um elemento com densidade mais baixa e com placas claras;</li> <li>Queda acentuada de tensão na aplicação de alta descarga.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Separador furado;</li> <li>Separador curto;</li> <li>Chumbo escorrido;</li> <li>Placa positiva em contato com a placa negativa.</li> </ol>
Falhas nas conexões internas. (desligamento)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tensão próxima a 0V, entre pólos, na aplicação de uma descarga;</li> <li>Quando ligada a um carregador, não haverá passagem de corrente, ou, caso haja, será uma corrente oscilatória.</li> </ul>	Solda ou conexão interna com falha ou partida.
Vazamento intercélulas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 elementos vizinhos com densidades baixas e com placas claras.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Repartição interna da caixa trincada;</li> <li>Falha no processo de selagem.</li> </ol>
Falha na solda do polo. (desligamento)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tensão próxima de 0 V, entre pólos, na aplicação de uma descarga;</li> <li>Quando ligada a um carregador, não haverá passagem de corrente;</li> <li>Quando submetida a uma alta descarga, haverá o aquecimento do pólo desligado.</li> </ul>	Solda do poste terminal partida.

FONTE: MOURA (2010)

### 2.1.3.2 Defeitos por má utilização

A má utilização de uma bateria pode ocasionar defeitos, diminuindo a vida útil da mesma. No quadro 02, pode-se observar os principais defeitos decorrentes do mau uso, com suas respectivas características e causas.

**Quadro 02: Defeitos decorrentes da má utilização**

DEFEITO	CARACTERÍSTICAS	CAUSAS
Sobrecarga.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Placas (+) dilatadas;</li> <li>• Separadores escuros;</li> <li>• Grades (+) trincadas;</li> <li>• Presença de mais de um curto-circuito;</li> <li>• Nível de eletrólito muito abaixo do especificado;</li> <li>• Pastilhas anti-chamas escuras.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bateria recebendo mais de 14.8V do regulador de tensão;</li> <li>2. Bateria sendo recarregada com corrente elevada.</li> </ol>
Bateria descarregada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Densidade &lt; 1200 g/l em todos os elementos;</li> <li>• Características internas normais;</li> <li>• Tensão abaixo de 12.30 V;</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fuga de corrente;</li> <li>2. Sistema de recarga com defeito;</li> <li>3. Utilização de bateria subdimensionada.</li> </ol>
Sulfatação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Placas e separadores embranquecidos em todos os elementos;</li> <li>• Após recarga da bateria, a densidade permanece a mesma;</li> <li>• Placas endurecidas;</li> <li>• Aumento da espessura das placas.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bateria descarregada durante muitos dias;</li> <li>2. Alternador gerando abaixo de 13,8V;</li> <li>3. Bateria instalada em veículo parado durante muito tempo.</li> </ol>
Baixo nível de eletrólito.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solução abaixo do topo das placas;</li> <li>• Placas positivas e negativas brancas apenas na parte superior;</li> <li>• Peso da bateria abaixo do normal.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evaporação por temperatura excessiva;</li> <li>2. Perda por eletrólise durante a carga (sobrecarga);</li> <li>3. Adição de água contaminada;</li> <li>4. No processo de ativação foi colocada uma quantidade de eletrólito insuficiente na bateria.</li> </ol>

FONTE: MOURA (2010)

## 2.2 FUNCIONAMENTO DE UMA MOTOCICLETA

Os motores de motocicletas funcionam de forma similar aos motores de carros. Eles consistem em pistões, bloco de cilindros e cabeçote, que contém o trem de válvulas - motor de quatro tempos, que pode ser visualizado na figura 06:



**Figura 06: Constituição de um motor de quatro tempos**

FONTE: HOW STUFF WORKS (2000)

Os pistões se movem para cima e para baixo no bloco de cilindros, acionados por explosões de uma mistura de ar-combustível que foi inflamada por uma centelha. As válvulas, por sua vez, abrem e fecham para permitirem que a mistura ar-combustível entre na câmara de combustão. Os pistões se movem para cima e para baixo, e o virabrequim, por sua vez, transforma a energia aplicada sobre os pistões em movimento rotativo. A força rotativa do virabrequim é transmitida, por meio da transmissão, para a roda traseira da moto, colocando-a, assim, em movimento. Esse mesmo movimento de rotação do virabrequim é transmitido para o rotor do alternador da moto.

Para que haja a combustão no motor, se faz necessário a injeção de combustível dentro do mesmo, por meio da válvula de admissão. Esta ação é realizada graças ao carburador, que é o

responsável pelo enriquecimento da gasolina com o ar, mediante comando do sistema de aceleração.

Em motocicletas com sistema de injeção eletrônica, o carburador é substituído pelo corpo de borboleta, somado a um sistema de jatos de combustível comandado eletronicamente pela Unidade de Controle Eletrônico - UCE. Após a execução do ciclo de explosão no interior do motor, a válvula de escape abre para permitir a eliminação dos gases provenientes da queima pelo cano de escape.

### **2.2.1 Sistema elétrico de uma motocicleta**

Cada modelo de motocicleta possui características próprias, quanto à configuração de seu sistema elétrico. Contudo, existem algumas características básicas presentes em todos os modelos. O sistema elétrico é composto basicamente pelo chicote (fiação que interliga todos os componentes elétricos das motocicletas), sistema de iluminação, sistema de indicadores de direção e buzina, sistema de ignição, arranque e sistema de carga.

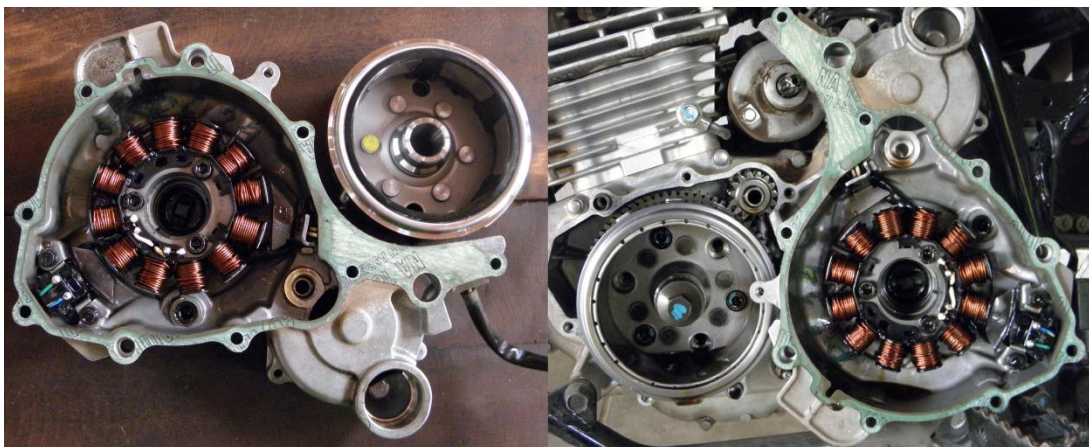
A análise deste sistema elétrico será direcionada aos sistemas de ignição, arranque e carga, tendo-se em vista a estreita relação deles com a bateria. Para o entendimento do funcionamento de tais sistemas se faz necessário a compreensão das principais peças que o constituem.

#### **2.2.1.1 O alternador**

As motocicletas mais modernas utilizam o alternador como gerador de energia, o qual apresenta uma série de vantagens em relação aos outros geradores, tais como: a tensão produzida é estável em todas as rotações do alternador; mantém a bateria sob carga, até mesmo em marcha lenta; produz menor esforço de giro do motor, para ser acionado.

O alternador é constituído pelo estator e rotor. Os modelos mais usuais são os de estator interno ao rotor. O rotor, constituído por ímãs permanentes, fica acoplado ao virabrequim que, quando em movimento de rotação, faz induzir uma corrente elétrica sob as bobinas do estator. Esta corrente é utilizada tanto para alimentação dos componentes elétricos das motocicletas, quanto para recarregar a bateria. Quanto maior a velocidade de rotação, maior a capacidade de

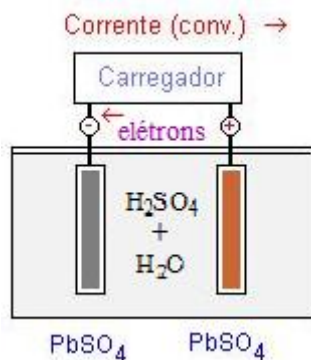
geração do alternador, podendo atingir picos de 17,7V em 5.000 rpm. A figura 07 ilustra as peças que constituem um alternador:



**Figura 07: Alternador composto por estator bobinado e rotor de imã permanente**

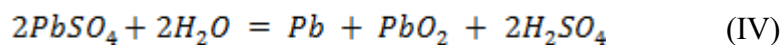
FONTE: Foto tirada por CABRAL NETO (2011)

No processo de recarga da bateria, as placas descarregadas que se encontram no estado de sulfato de chumbo são forçadas, por meio da passagem de uma corrente elétrica proveniente do alternador, a readquirirem seu estado inicial de dióxido de chumbo (placa positiva) e chumbo metálico (placa negativa). A reação química que descreve o processo de recarga da bateria pode ser descrita pela equação IV, explicitada abaixo da figura 08.



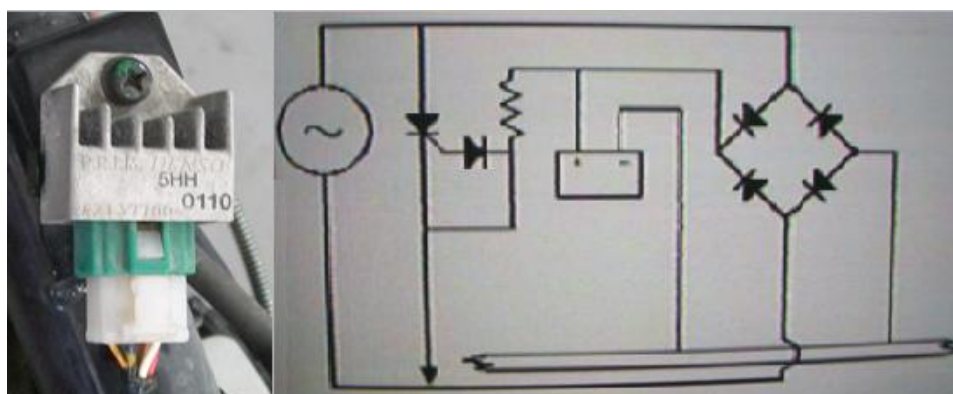
**Figura 08: Bateria descarregada**

FONTE: AUTOSIL (2011)



### 2.2.1.2 O Retificador-Regulador

Partindo-se do princípio de que para que uma bateria possa ser recarregada a corrente aplicada sobre ela deve ser contínua, visto que os elétrons devem migrar da placa positiva para a negativa, e que o alternador por sua vez produz uma corrente alternada, se faz necessário que esta corrente seja retificada antes de chegar à bateria. Para isto, é utilizado um retificador que pode ser de meia onda ou de onda completa, dependendo da necessidade da motocicleta. Modelos com maior consumo de energia, utilizam o retificador de onda completa para otimizar o aproveitamento da energia proveniente do alternador. A esse retificador está integrado, ainda, um regulador de tensão, tendo-se em vista que, em alta, o alternador pode facilmente gerar tensões capazes de sobrecarregar a bateria. Tal regulador consiste em um diodo zener com tensão de corte de 15,5V (tensão máxima permitida para recarregar uma bateria sem sobrecarregá-la) que ao atingir a saturação, ativa um tiristor que desvia o excesso de corrente para a terra. A figura 09 permite visualizar melhor um retificador-regulador, bem como o seu respectivo circuito elétrico.



**Figura 09: Retificador-Regulador e seu respectivo circuito elétrico**

FONTE: EDUBRAS (2011)

### 2.2.1.3 CDI / UCE

As motocicletas se dividem em três categorias:

- Sem injeção eletrônica - cuja partida é dada por meio do pedal. Este tipo de motocicleta pode funcionar sem a presença da bateria;

- Com semi-injeção eletrônica - cuja partida é primordialmente elétrica, graças à presença do CDI (Sistema de Ignição por Descarga Capacitiva). Este tipo de moto possui sistema de alimentação a carburador, e não funciona sem a presença da bateria;
- Com injeção eletrônica - cuja partida é primordialmente elétrica e a alimentação é realizada mediante o corpo de borboleta somado a um sistema elétrico de jatos de combustível, ambos controlados pela UCE (Unidade de Controle Eletrônico). Este tipo de moto não funciona sem a presença da bateria.

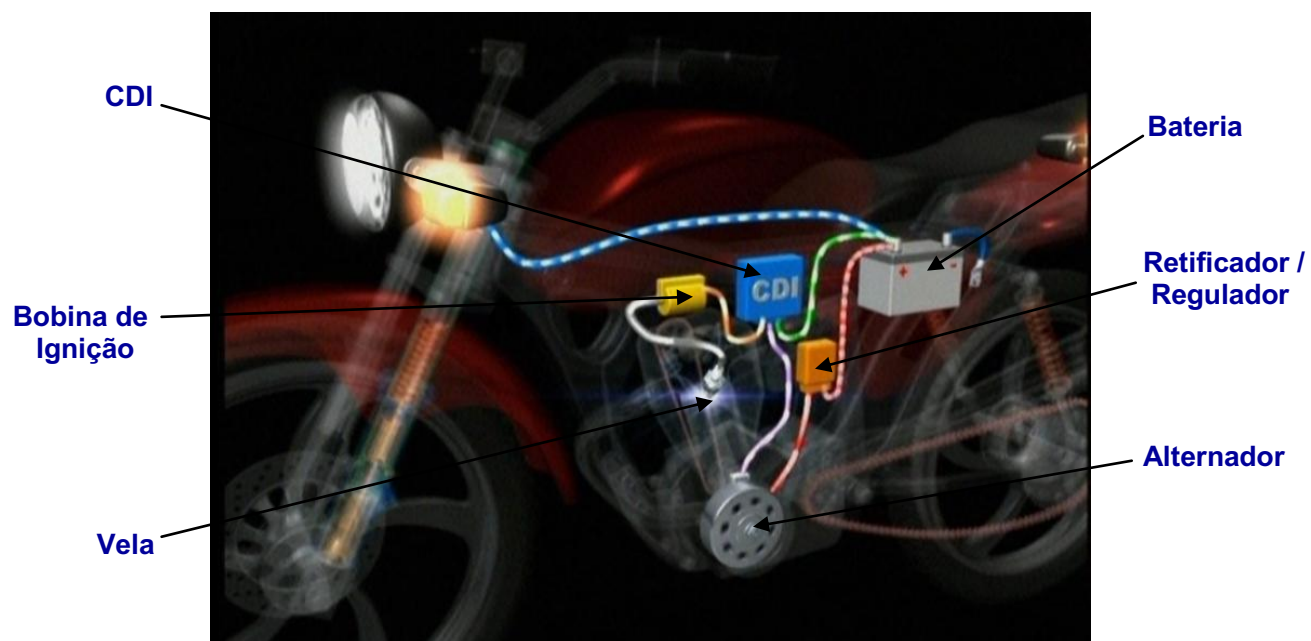
Ambos, CDI e UCE, desempenham a função de computadores de bordo na motocicleta, sendo responsáveis pela distribuição de carga do sistema, e atuam sobre os sensores e atuadores eletrônicos da moto, tais como: o medidor do nível de combustível; o sensor da posição do acelerador; o sensor de posição do virabrequim; afogador, entre outros. A principal diferença entre UCE e CDI é o maior nível de complexidade da UCE, que a permite controlar uma maior quantidade de sensores e atuadores, como por exemplo os do sistema de alimentação por bicos injetores, que emitem jatos de combustível sobre o corpo de borboleta para fazer o enriquecimento do mesmo com o ar para combustão no motor.

Contudo, pode-se dizer que tanto o CDI quanto a UCE tem a função de, no momento indicado pelo sensor conta-giros, enviar o comando para que a bobina de ignição mande uma descarga para a vela.

#### 2.2.1.4 Bobina de ignição

A bobina de ignição é um transformador elétrico. Sua função é transformar a baixa tensão proveniente da bateria (12V) em alta tensão. Esta tensão elevada segue para a vela e consegue romper a resistência do ar entre seus elétrodos através de uma centelha, dando início, assim, ao processo de combustão dentro do motor. A UCE gerencia continuamente a intensidade da centelha e o ponto de ignição. A figura 10 possibilita visualizar o sistema elétrico de uma motocicleta:





**Figura 10: Sistema elétrico de uma motocicleta**

FONTE: HONDA (2010)

### 3 SISTEMA DE ANÁLISE DE BATERIAS DE MOTOCICLETAS

Como levantado anteriormente, para um diagnóstico correto da bateria, tanto ela, quanto a motocicleta devem ser analisadas. Para a realização de tais análises, foi montada a seguinte sequência de testes:

- a) Inspeção visual: verificar o estado de conservação externa da bateria, para certificar-se se não há sinais de queda, pancada ou violação que possam comprometer as características químicas e elétricas da mesma;
- b) Nível de tensão: com o auxílio de um multímetro, aferir a tensão da bateria. Se a tensão estiver acima de 12,8V, deve-se, quando possível, ligar o farol em luz alta (com a motocicleta desligada) por, no mínimo, 2 (dois) minutos, e em seguida aferir a tensão novamente. Este procedimento elimina eventuais tensões residuais. Caso a bateria esteja com tensão inferior a 12,3V, é necessário recarregá-la antes de prosseguir com os testes.

Na recarga de uma bateria de motocicleta o carregador deve oferecer a bateria apenas a quantidade de carga necessária para sua recarga, sem que haja sobrecarga nem subcarga. Este objetivo pode ser alcançado utilizando-se carregadores, denominados carregadores inteligentes. Este tipo de carregador mantém a tensão constante e limita a corrente enviada às baterias do circuito, zerando-a quando a bateria encontra-se carregada.

Caso não seja possível a utilização desse equipamento, recomenda-se utilizar uma corrente que corresponda a 10% da capacidade nominal (Ah) da bateria durante um período de 5 à 10h e, após 1h de carregada e em repouso, a bateria deve ter sua tensão aferida para verificar se há sustentação de carga. Para regimes de recarga com correntes diferentes do citado acima, deve-se seguir as recomendações do fabricante.

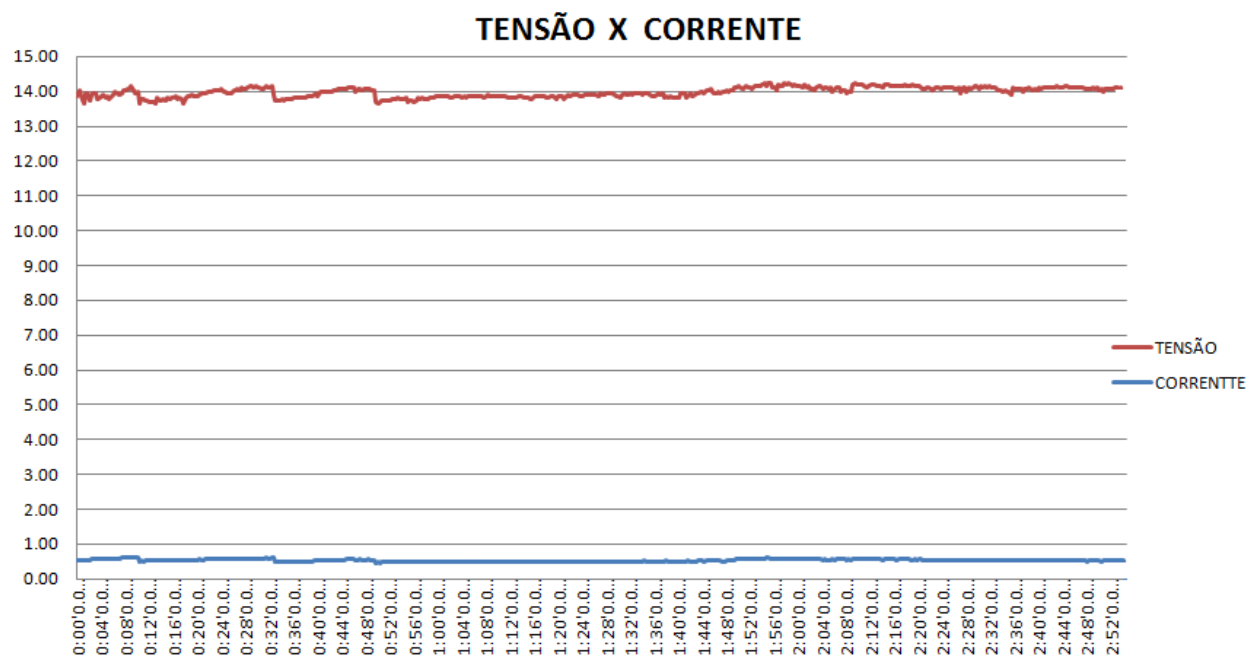
A figura 11 representa a estrutura de ensaios de carga de baterias:



**Figura 11: Estrutura de ensaios de carga de baterias**

FONTE: Montagem de fotos do processo de ensaios de carga de baterias, realizado por CABRAL NETO (2011)

Através do gráfico da figura 12, podemos observar o comportamento das curvas de tensão e corrente referentes a um ensaio de carga de uma bateria de 5Ah. No ensaio em questão, a corrente foi ajustada em 0,5A, valor correspondente a 10% da capacidade nominal da bateria.



**Figura 12: Gráfico referente ao ensaio de carga de uma bateria de 5Ah**

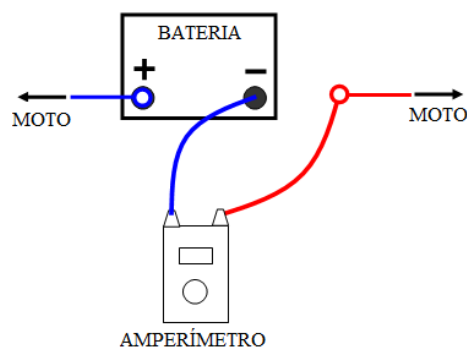
FONTE: CABRAL NETO (2011)

A utilização deste percentual de corrente, com referência à capacidade da bateria, destina-se a minimizar os efeitos nocivos provenientes da elevação de temperatura natural no processo de recarga de uma bateria.

- c) Motor de partida: estando a bateria carregada e instalada na moto e, com o auxílio de um voltímetro, ligado em paralelo a mesma, deve-se dar a partida e verificar a queda de tensão neste momento. A queda de tensão máxima permitida devido à partida de uma moto é de 4,3V, portanto, se for verificado um valor de tensão inferior a 8V o sistema de arranque da moto deve estar avariado, pois o motor de partida está excedendo o limite de utilização destinado a bateria. Caso contrário, o motor de partida estará sem defeito;
- d) Alternador e regulador de tensão: após ter sido dada a partida e com o voltímetro ainda ligado à bateria, deve-se acelerar a motocicleta até aproximadamente 5.000 rpm e verificar se a tensão está entre 13V e 15,5V. Caso a tensão aferida esteja acima de 15,5V, isto significará que a bateria está em condições de sobrecarga. Neste caso, o regulador de tensão deve ser verificado por não estar funcionando de forma adequada, pois a sobrecarga reduz consideravelmente a vida útil da bateria. No entanto, caso a tensão aferida apresente valores inferiores a 13V, isto significará que a bateria não está sendo recarregada, o que pode causar a sulfatação irreversível das placas. Desta forma, o alternador deve ser verificado por não estar gerando adequadamente. Caso a tensão verificada esteja dentro da faixa estipulada, significará que tanto o sistema de carga quanto o regulador de tensão estão em bom estado.

A bateria é recarregada pelo sistema de carga da moto. Se a mesma for submetida a valores de tensões superiores a 15,5V haverá um aumento excessivo da temperatura. Consequentemente, a água do eletrólito irá evaporar e o ácido ficará contido nas placas positivas. A solução restante ficará com uma elevada concentração de ácido, causando a corrosão das grades positivas. Com a diminuição do nível de eletrólito, a solda das orelhas das placas negativas com o *strap*, bem como a solda intercel, podem sofrer um tipo de corrosão, chamada corrosão alcalina. A sobrecarga pode causar, também, o empeno das placas positivas, levando ao contato com o *strap* negativo, ou ainda, causando trincas em suas respectivas grades, que podem ocasionar na perfuração do separador. Em ambos os casos o empeno das grades leva ao curto-circuito do elemento.

- e) Fuga de corrente: com a motocicleta e seus consumidores elétricos todos desligados, e com o auxílio de um amperímetro ligado em série entre a bateria e o circuito elétrico da moto, deve-se realizar a leitura da corrente. É admissível uma corrente de, no máximo, 0,5 mA. A leitura da corrente pode ser realizada, também, através da utilização de um alicate amperímetro. Caso a corrente aferida seja superior ao limite estabelecido, poderá se dizer que a motocicleta está descarregando a bateria devido a furto de carga, conforme demonstrado na figura abaixo:



**Figura 13: Esquema de ligação de um amperímetro para detecção da corrente de fuga**

FONTE: MOURA (2010)

Em motocicletas de médio e grande porte existem alguns equipamentos e acessórios (relógio, computador de bordo, alarme, etc) que, quando a moto encontra-se desligada, consomem uma pequena quantidade de carga da bateria para manterem-se funcionando. Este consumo é denominado de consumo de *stand-by*. A boa prática da mecânica de motos específica uma corrente de *stand-by* de, no máximo 0,5 mA. Este consumo pode levar a descarga da bateria em alguns dias. Sugere-se uma atenção especial para motos com equipamentos como rastreadores. Já as motos de pequeno porte, são motos que, na maioria das vezes, não possuem nenhum sistema elétrico que necessite de corrente de *stand-by* para alimentação. Desta forma, ao ser feito o teste de fuga de corrente, a leitura deverá ser zero.

Motocicletas com correntes de *stand-by* superiores ao limite estipulado pelo fabricante, além de consumirem carga da bateria além do normalmente especificado para quando a moto encontra-se desligada, tendem a, quando a mesma estiver em funcionamento, apresentar um consumo, também, excessivo, de modo que o alternador poderá não gerar energia suficiente para recarregar a bateria por completo, o que levará a um déficit em sua carga, que, por sua vez, pode comprometer a partida.

A caráter experimental, foi realizado um teste de consumo dos componentes elétricos de uma Strada CBX 200 da Honda equipada com uma bateria de 7Ah. Estando a bateria com tensão inicial de 12,7V e com a motocicleta desligada, foram acionados, de forma isolada, todos os consumidores elétricos da mesma, de forma que pudesse ser aferida a queda de tensão proveniente de seus respectivos consumos. Os resultados de tal experimento encontram-se no quadro 03.

**Quadro 03: Impacto dos componentes elétricos de uma motocicleta na tensão da bateria**

<b>Acessórios</b>	<b>Tensão da bateria (V)</b>	<b>Queda de tensão (V)</b>
<b>Farol</b>	12,15	0,55
<b>Stop</b>	12,32	0,38
<b>Pisca</b>	12,33	0,37
<b>Buzina</b>	12,33	0,37

FONTE: CABRAL NETO (2011)

Para evitar que a bateria se descarregue, é importante desligar os acessórios da motocicleta quando a mesma não estiver em funcionamento, além de desligar a chave geral quando ela for permanecer parada por um longo período. Caso o modelo não possua chave geral, recomenda-se desligar o cabo negativo da bateria para evitar o alto consumo de *stand-by*.

No caso da motocicleta ter passado por todos os testes anteriores de forma satisfatória e, em um intervalo de tempo curto a bateria venha a apresentar algum defeito, é provável que este venha a ser um defeito de fabricação, como o de desligamento, por exemplo. Para que esse fato possa ser certificado, é realizado o teste descrito adiante.

- f) Alta descarga: com a bateria desconectada da motocicleta, deve-se aplicar sobre ela uma corrente de descarga através de um equipamento teste. Utilizando-se o TB 40AM, que consiste em uma resistência que ligada à bateria faz passar por ela uma corrente de descarga de 40A, pode-se verificar, graças à presença de um galvanômetro no interior do aparelho, o comportamento da tensão da bateria durante a descarga. Caso essa tensão, após um período de aproximadamente 10 segundos, não se estabilize, por exemplo, pode-se dizer que esta bateria está com desligamento. Contudo, a interpretação do teste de

descarga e, conseqüentemente, o diagnóstico da bateria, dependerá do equipamento de teste utilizado. A figura que segue ilustra o processo de teste de descarga executado:



**Figura 14: Teste de descarga realizado com um TB 40AM**

FONTE: Foto tirada por CABRAL NETO (2011), durante a execução do teste de descarga

## 4 CONCLUSÕES

Para o desenvolvimento deste relatório foi realizada uma revisão bibliográfica sobre a teoria de acumuladores de energia de chumbo-ácido e do sistema elétrico e mecânico de motocicletas. Além da realização de testes experimentais em campo, para verificação da eficiência do método aqui proposto, tendo-se em vista a cinética das reações químicas de uma bateria com relação ao funcionamento de uma moto.

O sistema de análise aqui proposto permite a obtenção de um diagnóstico confiável das condições de uma bateria, além de permitir uma estimativa de seu tempo de vida útil.

Ficam indicadas como sugestões para pesquisas posteriores, a construção de um fluxograma que permita uma análise mais profunda dos defeitos elétricos provenientes de uma motocicleta, além da inclusão de novos testes de bateria que possibilitem a identificação dos defeitos não decorrentes do sistema elétrico, como os por super-aquecimento.



## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

C. B. Zhu, M. Coleman and W. G. Hurley, "State of Charge Determination in a Lead-Acid Battery: Combined EMF Estimation and Ah-Balanced Approach," *35th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference*, pp 1908-1914, Germany 2004.

D. J. Deepti and V. Ramanarayanan, "State of Charge of Lead-Acid Battery," *Proceeding of India International Conference on Power Electronics*, pp 89-93, 2006.

GRUPO MOURA. *Manual de treinamento técnico em baterias de chumbo-ácido*. Belo Jardim/PE, 2010.

<http://carros.hsw.uol.com.br/motos.htm>. Acessado em 01/11/11.

[http://www.autosil.pt/abrir/tecnologias/bateria\\_chumbo\\_acido](http://www.autosil.pt/abrir/tecnologias/bateria_chumbo_acido). Acessado em 11/11/11.

INSTITUTO EDUBRAS. *Apostila de Mecânica e Manutenção de Motos*. Santana do Livramento/RS, 2011.

JOHNSON CONTROLS. *Power Solutions – Tecnologia Chumbo Ácido*. São Paulo/SP, maio, 2010.

MOTO HONDA. *Manual de Treinamento Técnico para Motos*. Manaus/AM: Departamento de Serviços e Pós-Venda - Moto Honda da Amazônia LTDA, fevereiro, 2010.

R. A. Jackey, "A Simple, Effective Lead-Acid Battery Modeling Process for Electrical System Component Selection," The MathWorks, Inc., 2007.

S. Barsali and M. Ceraolo, "Dynamical Models of Lead-Acid Batteries: Implementation Issues," *IEEE Transactions on Energy conversion*, Vol. 17, No. 1, pp. 16-23, March 2002.