



**Universidade Federal de Campina Grande**

**Centro de Engenharia Elétrica e Informática**

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

DIEGO ROBERTO SANTOS DE OLIVEIRA

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO**

Campina Grande, Paraíba  
Outubro de 2016

DIEGO ROBERTO SANTOS DE OLIVEIRA

## RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

*Relatório de estágio supervisionado submetido à  
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da  
Universidade Federal de Campina Grande como  
parte dos requisitos necessários para a obtenção do  
grau de Bacharel em Ciências no Domínio da  
Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Instrumentação Eletrônica

Orientador:

Professor Jaidilson Jó da Silva, D. Sc.

Campina Grande, Paraíba  
Outubro de 2016

DIEGO ROBERTO SANTOS DE OLIVEIRA

## RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

*Relatório de estágio supervisionado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Instrumentação Eletrônica

Aprovado em \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

---

Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador

---

**Professor Jaidilson Jó da Silva, D. Sc.**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador, UFCG

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Roberto José e Maria do Socorro, por todo o amor, dedicação e por todos os sacrifícios que fizeram para que nada me faltasse ao longo dessa jornada.

Agradeço também aos professores Jaidilson, pela orientação, e ao professor Saulo, pela oportunidade de estágio.

Aos colegas de laboratório, em especial Thamiles, por toda paciência e por toda ajuda que me ofereceu durante a realização dos trabalhos.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Fotografia da estrutura externa do Embedded .....	9
Figura 3.1 - Fotografia do recipiente de uma bateria chumbo-ácido.....	14
Figura 3.2 - Fotografia dos separadores de uma bateria estacionária.....	15
Figura 3.3 - Fotografia da tampa de uma bateria chumbo-ácido.....	15
Figura 3.4 - Fotografia do terminal de uma bateria estacionária.....	16
Figura 3.5 - Fotografia da bateria FREEDOM DF-2000.....	23
Figura 3.6 - Fotografia da placa de medição utilizada nos ensaios .....	24
Figura 3.7 - Fotografia da carga DC.....	24
Figura 3.8 - Fotografia dos óculos de proteção utilizado .....	25
Figura 3.9 - Fotografia das luvas de proteção utilizadas .....	25
Figura 3.10 - Representação em diagrama de blocos do circuito de medição proposto .....	26
Figura 3.11 - Interface do Simulink utilizada nos testes .....	27
Figura 3.12 - Comportamento do SOC da bateria DF-2000 em uma descarga.....	28
Figura 3.13 - Comportamento do SOC da bateria durante uma carga .....	29

## SUMÁRIO

1	Introdução	8
1.1	O plano de Estágio .....	8
1.1.1	Atividades Desenvolvidas .....	8
1.1.2	Cronograma .....	9
2	Local do Estágio	9
3	Atividades Realizadas	10
3.1	Estudo Sobre Acumuladores Chumbo – Ácido.....	10
3.1.1	Introdução.....	10
3.1.2	Classificação dos Acumuladores.....	11
3.1.2.1	Por Vida Útil Projetada .....	11
3.1.2.2	Quanto a Forma do Eletrólito.....	12
3.1.2.3	Quanto ao Regime de Descarga .....	12
3.1.2.4	Quanto à Construção .....	13
3.1.3	Constituição Física dos Acumuladores .....	14
3.1.3.1	Vaso ou Recipiente.....	14
3.1.3.2	Separadores .....	14
3.1.3.3	Tampa.....	15
3.1.3.4	Terminais ou Polos.....	16
3.1.3.5	Válvula Retentora de Segurança .....	16
3.1.4	Carga .....	17
3.1.4.1	Modos de Carga.....	17
3.1.5	Descarga .....	18
3.1.5.1	Tipos de Descarga .....	18
3.1.5.2	Modos de Descarga .....	19
3.1.6	Capacidade de um Acumulador .....	19
3.1.7	Monitoramento da Temperatura.....	20

3.2	Familiarização e Treinamento com o Equipamento do Laboratório.....	21
3.2.1	Requisitos de Instalação e Montagem.....	21
3.2.2	Requisitos para a realização dos ensaios.....	22
3.2.2.1	Ensaio de Tipo.....	22
3.2.2.2	Ensaio de Rotina.....	22
3.2.3	Equipamento Utilizado.....	23
3.2.3.1	Bateria FREEDOM DF-2000.....	23
3.2.3.2	Placa Para Medição de Tensão, Corrente e Temperatura.....	23
3.2.3.3	Carga Eletrônica DC Configurável.....	24
3.2.3.4	Equipamento de Proteção.....	25
3.3	Realização de Ensaio com Acumuladores Chumbo-Ácido.....	26
3.3.1.1	Ensaio para Teste do Circuito de Medição de Tensão, Corrente e Temperatura.....	26
3.3.1.2	Ensaio de Descarga Parcial.....	27
3.3.1.3	Ensaio de Carga.....	28
3.4	Análise dos Resultados Obtidos.....	28
4	Conclusão.....	30

# 1 INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta as atividades realizadas pelo aluno Diego Roberto Santos de Oliveira durante o Estágio Supervisionado no Laboratório de Sistemas Embarcados e Computação Pervasiva (Embedded), pertencente ao Departamento de Engenharia Elétrica (DEE) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), sob a orientação do Professor Jaidilson Jó da Silva e supervisão do professor Saulo Oliveira Dornellas Luiz.

## 1.1 O PLANO DE ESTÁGIO

A elaboração do plano de estágio foi concebida de forma a possibilitar ao estagiário obter conhecimentos teóricos e práticos sobre baterias estacionárias, do tipo chumbo-ácido. Os trabalhos realizados exigiram a aplicação dos conhecimentos adquiridos nas diversas disciplinas integralizadas durante a graduação, tendo uma maior aplicação dos temas abordados nas disciplinas Dispositivos Eletrônicos, Eletrônica, Sistemas de Aquisição de Dados e Interface e Instrumentação Eletrônica.

### 1.1.1 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

1. Estudo sobre acumuladores chumbo-ácido e sobre testes que podem ser realizados com as mesmas.
2. Familiarização e treinamento com o equipamento de laboratório utilizado nos testes com baterias.
3. Realização de testes com acumuladores chumbo-ácido.
4. Análise dos resultados obtidos nos testes.

### 1.1.2 CRONOGRAMA

Abaixo é apresentado o cronograma feito para o estágio.

Tabela 1.1 - Cronograma das atividades realizadas durante o estágio

Atividades	Agosto/16	Setembro/16	Outubro/16
1	x	x	
2		x	
3		x	x
4			x

## 2 LOCAL DO ESTÁGIO

O Laboratório de Sistemas Embarcados e Computação Pervasiva (Embedded) faz parte do Centro de Engenharia Elétrica e Informática (CEEI) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em Campina Grande, Paraíba. Fundado em dezembro de 2005, o laboratório ocupa um prédio de 600 metros quadrados no campus da UFCG, contando com infraestrutura de primeiro mundo.



Figura 2.1 - Fotografia da estrutura externa do Embedded

O laboratório possui histórico de parcerias com grandes empresas, em projetos relacionados à sua área de atuação. Através da UFCG, o Laboratório Embedded é credenciado no Comitê da Área de Tecnologia de Informação (CATI) para receber recursos da Lei de Informática, tendo o Parque Tecnológico da Paraíba como interveniente financeiro também credenciado no CATI.

## 3 ATIVIDADES REALIZADAS

Neste capítulo são descritas todas as atividades realizadas durante o período de estágio.

### 3.1 ESTUDO SOBRE ACUMULADORES CHUMBO – ÁCIDO

O estudo sobre acumuladores chumbo-ácido foi de grande importância para a realização das atividades. Abaixo é apresentada uma breve revisão bibliográfica sobre o tema.

#### 3.1.1 INTRODUÇÃO

Locais que normalmente necessitam de corrente contínua para seu funcionamento e cuja fonte, normalmente é fornecida por um retificador que é ligado no sistema de serviço auxiliar no caso das subestações e usinas, ou à própria rede CA das concessionárias, e que na falta destes necessita manter o fornecimento de energia aos equipamentos, utilizam acumuladores para realizar esta tarefa.

Devido a sua confiabilidade, características físicas e elétricas, performance e qualidade da energia fornecida, os acumuladores são amplamente utilizados em: em subestações, usinas, em telecomunicações, em hospitais, *Callcenter's*, *datacenter's*, também em locais onde se necessita de fornecimento de energia independente da necessidade de outro tipo de alimentação, como alarmes, sinalizações e sistemas de navegação aeroespacial, etc.

O acumulador chumbo-ácido é basicamente constituído por dois eletrodos, sendo um de chumbo e o outro de peróxido de chumbo, imerso em uma solução aquosa de ácido sulfúrico. Quando em contato com o eletrólito o chumbo e o peróxido de chumbo possuem um potencial elétrico em relação ao mesmo.

Os acumuladores por meio de uma reação eletroquímica de óxido-redução (redox), durante sua descarga transformam a energia química contida no seu material ativo (chumbo) diretamente em energia elétrica. O processo inverso ocorre 13 por ocasião da carga dos acumuladores, ou seja, a energia elétrica é transformada diretamente em energia química, que fica armazenada no material ativo até que uma nova descarga seja feita (desconsiderando a auto descarga).

### 3.1.2 CLASSIFICAÇÃO DOS ACUMULADORES

Existem diferentes critérios de classificação para os acumuladores chumbo-ácido, como é descrito abaixo.

#### 3.1.2.1 POR VIDA ÚTIL PROJETADA

De acordo com a NBR 14197, os acumuladores devem ser projetados de modo a atender à classificação definida na Tabela 1.

Tabela 3.1 - Classificação dos acumuladores por vida útil projetada

<b>Grupo</b>	<b>Vida útil projetada</b>	<b>Aplicação</b>	<b>Capacidade mínima no primeiro ciclo de descarga (%)</b>	<b>Características específicas</b>
Longa duração	Superior a 12 anos	Usos em instalações que requerem extra-alto grau de confiabilidade de sistema,	100	Material do vaso e tampa retardante à chama
Alta integridade	10 a 12 anos	Uso em instalações que requerem alto grau de confiabilidade de sistema.	100	Material do vaso e tampa retardante à chama
Uso geral	6 a 8 anos	Uso em instalações que a confiabilidade do sistema não é um requisito fundamental	95	Opcional
Padrão comercial	3 a 5 anos	Uso típico em equipamentos de emergência de pequena capacidade ou portáteis	95	Opcional

(Fonte: NBR 14197)

### 3.1.2.2 QUANTO A FORMA DO ELETRÓLITO

#### **Acumuladores Ventilados**

São acumuladores cujo eletrólito está na forma líquida com livre escape de gases e que permite a reposição de água.

#### **Acumuladores Regulados à Válvula**

De acordo com o Anexo à Resolução Nº 570, de 22 de agosto de 2011. “Acumulador chumbo-ácido regulado por válvula é o acumulador chumbo-ácido que tem como princípio de funcionamento o ciclo do oxigênio, apresenta eletrólito imobilizado e dispõe de uma válvula reguladora para escape de gases, quando a pressão interna do acumulador exceder a um valor pré-determinado”.

### 3.1.2.3 QUANTO AO REGIME DE DESCARGA

A NBR 14197 divide, os acumuladores chumbo-ácidos, quanto ao regime de descarga, em três grupos.

#### **Acumuladores de Alta Intensidade de Descarga**

São acumuladores onde se exigem altas correntes em intervalos de tempo de descarga inferiores a uma hora, até a tensão final de 1,60V/elem. a 25°C, por exemplo em: partida de grupos motores geradores, sistemas “*no-break*”, arranque de motores de turbina, operação de comutação, inversores, freios magnéticos e em outras aplicações que necessitem alta intensidade de descarga.

#### **Acumuladores de Média Intensidade de Descarga**

São acumuladores cujo tempo de descarga varia entre uma hora e vinte horas, até a tensão final de 1,75V/elem. a 25°C para correntes de descarga estáveis e tem aplicações em: telecomunicações, centrais elétricas, subestações, repetidoras de rádio, estações geradoras e distribuidoras de energia, aeroportos, hospitais e sistemas de emergência, ou outro sistema cujas correntes são estáveis ou possuem pequenas variações (menores que 10%).

### **Acumuladores de Baixa Intensidade de Descarga**

Neste caso, estes acumuladores possuem uma auto descarga pequena (retém até 85% de sua capacidade nominal, quando em circuito aberto, à temperatura de 25°C durante um ano), o tempo de descarga longa, (maiores que 20hs, até a tensão final de 1,85V/elem.) e intervalos entre manutenções elevadas. Este tipo de acumulador tem aplicações em: sistemas fotovoltaicos de conversão de energia solar aplicado em estações meteorológicas, sinalização marítima, faróis e transmissores de navegações e sinalização marítima.

#### **3.1.2.4 QUANTO A CONSTRUÇÃO**

Os acumuladores são conhecidos normalmente pelo tipo dos materiais que compõem sua estrutura física, placas e eletrólito (ácido ou alcalino), através dos quais ocorrem as reações químico-elétricas. Dentre os mais conhecidos pode-se citar:

**Chumbo – Ácido:** os eletrodos são feitos de chumbo e óxido de chumbo, com um eletrólito líquido à base de ácido sulfúrico.

**Níquel – Cádmio:** os eletrodos são o hidróxido de níquel (placa positiva) e o cádmio (placa negativa) com um eletrólito de hidróxido de potássio (alcalino).

**Níquel – Ferro:** é constituído por uma placa positiva de óxido de níquel e uma placa negativa de ferro. O eletrólito é hidróxido de potássio (alcalino).

**Zinco – Óxido de Manganês (Zn-MnO<sub>2</sub>):** os eletrodos são o zinco e o óxido de manganês com um eletrólito alcalino.

**Zinco-Carbono:** também conhecida como bateria standard de carbono, a química do zinco-carbono é usada em todas as baterias baratas do tipo AA, C e D. Os eletrodos são o zinco e o carbono com uma pasta ácida entre eles para servir de eletrólito.

**Níquel-Metal Hidreto:** esta bateria está rapidamente substituindo a bateria de níquel-cádmio, pois ela não sofre do efeito memória que acontece nas baterias de níquel-cádmio. Estas baterias

não trazem metais tóxicos, por isso também, são menos poluentes. Também foi eliminado o efeito memória, o que exige menos cuidado nas recargas.

### 3.1.3 CONSTITUIÇÃO FÍSICA DOS ACUMULADORES

Abaixo são citados alguns componentes que fazem parte da constituição física dos acumuladores.

#### 3.1.3.1 VASO OU RECIPIENTE

Vaso é o recipiente no qual são depositados as placas e o eletrólito, feito de material termoplástico do tipo SAN (Estireno-acrilonitrila). No caso de vasos para baterias ventiladas, este é transparente, de elevada resistência mecânica e térmica.



Figura 3.1 - Fotografia do recipiente de uma bateria chumbo-ácido  
Fonte: [www.yili.imould.com](http://www.yili.imould.com)

#### 3.1.3.2 SEPARADORES

Como o próprio nome já diz, são os elementos dispostos entre as placas, evitando que as ações mecânicas que as placas sofrem durante sua vida útil, coloquem em curto as mesmas. Feitos de material isolante e permeável devem garantir o fluxo de eletrólito entre as placas.

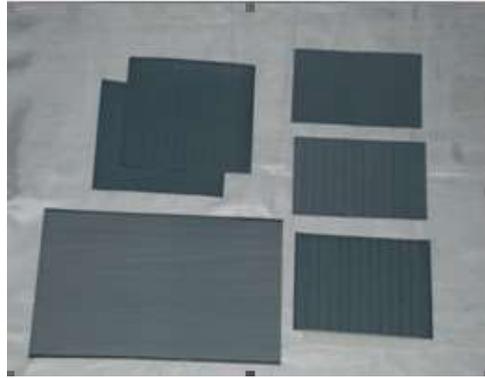


Figura 3.2 - Fotografia dos separadores de uma bateria estacionária  
Fonte: Ogibowski, 2012

### 3.1.3.3 TAMPA

Responsável por “selar” as placas no interior do vaso, a tampa normalmente é confeccionada em plástico do tipo ABS (Acrilonitrila butadieno estireno), esta é selada ao vaso com uma cola especial, capaz de produzir uma vedação de modo a evitar vazamentos e reações químicas entre os diferentes materiais (vaso x tampa) e possuem aberturas para permitir o perfeito encaixe dos polos.



Figura 3.3 - Fotografia da tampa de uma bateria chumbo-ácido  
Fonte: Ogibowski, 2012

#### 3.1.3.4 TERMINAIS OU POLOS

São os elementos de comunicação entre as placas e o exterior do vaso. São os polos que farão as conexões elétricas entre as placas e a carga ou equipamento retificador. Já que são os polos que receberão as ações mecânicas (torque) dos elementos de fixação dos cabos e interligações estes são confeccionados com ligas especiais de chumbo antimônio visando resistência mecânica e boa condutividade elétrica, pois estes também são responsáveis por conduzir a corrente máxima do acumulador, uma vez que as placas estão conectadas aos polos. A interligação física entre polos e placas se faz através de soldagem por fusão (derretimento) do material das placas e dos polos.



Figura 3.4 - Fotografia do terminal de uma bateria estacionária  
Fonte: [www.uk.rs-online.com](http://www.uk.rs-online.com)

#### 3.1.3.5 VÁLVULA RETENTORA DE SEGURANÇA

A válvula, como próprio nome sugere, funciona como elemento não apenas de vedação, mas também como agente responsável pelo alívio de pressão interna causada pelo acúmulo de gases causados pela reação química que ocorrem durante o processo de carga. Serve também como proteção contra o risco de explosão, evitando que faíscas causem a ignição do gás acumulado, além de evitar a emissão de partículas de ácido durante a carga. Feita de material cerâmico sintetizado, resistente ao ácido e com porosidade controlada, assemelha-se a um filtro.

### 3.1.4 CARGA

É o processo onde a energia elétrica é transformada diretamente em energia química, que fica armazenada no material ativo até que uma nova descarga seja feita, logo é um processo que atua diretamente na estrutura físico/química dos acumuladores. Desta forma, é uma ação que merece toda a atenção, pois vai afetar diretamente a vida útil do acumulador.

O processo de carga de um acumulador depende diretamente do tipo do acumulador, regime de funcionamento e características construtivas. Acumuladores chumbo-ácido podem ter valores de correntes elevados durante a carga sem problemas, porém as dificuldades e os problemas aparecem quando os acumuladores atingem a tensão denominada de gaseificação, ou seja, o ponto onde começa a decomposição da água do eletrólito, favorecendo a corrosão das placas. Normalmente este efeito ocorre aproximadamente quando a tensão atinge 2,4 V por elemento. Para que o acumulador não se danifique durante o processo de carga, o carregador deve manter a tensão sempre próxima a 2,4V por elemento, porém inferior, à tensão de gaseificação (Ogibowski, 2012).

#### 3.1.4.1 MODOS DE CARGA

##### **Carga de Equalização**

Utiliza-se este tipo de carga quando se deseja corrigir os valores de densidade e tensão, normalmente utilizada quando a bateria sofreu uma descarga profunda. Como o valor de tensão é mais levado isto provoca uma reação mais intensa entre eletrólito e placas fazendo com que os valores de tensão ou densidade do eletrólito, no caso de um banco de baterias, tendem ao seu valor máximo, provocando assim a “equalização” destes valores.

Por ser um tipo de carga que pode gerar muito calor devido às reações químicas, embora possa ocorrer de maneira automática, isto é, quando o retificador for pré-ajustado para entrar em modo de carga de equalização que seja por monitoramento de tensão, corrente ou tempo de descarga, recomenda-se que tenha o acompanhamento do operador para não permitir que a temperatura da bateria ultrapasse os 45°C. A carga é encerrada quando a densidade do eletrólito entre os elementos estiver igual, ou após um determinado tempo, conforme especificação do fabricante.

### **Carga à Corrente Constante**

Neste caso a tensão do retificador é superior à tensão de equalização, isto faz com que a corrente acompanhe este aumento, para que isto não ocorra o retificador teve possuir um controle de corrente de saída, corrente esta que é ajustada para normalmente 10 a 20% da corrente nominal da bateria, esta limitação faz com que a tensão caia, obedecendo as leis de Ohm. Este tipo de carga é realizado com acompanhamento de um operador, pois existe a hipótese de ocorrer uma elevação na temperatura na bateria, que pode atingir níveis superiores ao máximo permitido (45°C). Este tipo de carga é encerrada quando a corrente tender a zero.

### **Carga à Tensão Constante**

A carga com tensão constante é a mais recomendada devido a confiabilidade que ela apresenta e por não necessitar supervisão de um operador. Num instante inicial a corrente no início da carga é elevada, decaindo durante o processo mantendo uma corrente mínima no final da carga, diminuindo a gaseificação e o aumento de temperatura.

Este tipo de carga recebe o nome de tensão e corrente constantes, pois o retificador é pré-ajustado para valores de tensão final pré-definidos pelo fabricante. No caso de baterias Chumbo-ácidas  $\pm 2,40\text{V}/\text{elem.}$  (Volts por elemento) e corrente inicial limitada entre 15% e 20% da capacidade em regime permanente. A diferença de potencial entre a tensão da bateria, que aumenta gradativamente durante a carga e a tensão ajustada no carregador, faz com que a corrente diminua gradativamente, acompanhando a diminuição da diferença entre as tensões. Ao final do processo, a corrente “residual” chega a valores entre 1,5% e 2% da nominal, concluindo assim o processo de carga.

## **3.1.5 DESCARGA**

A descarga, como o nome já sugere, consiste no processo inverso da carga: transforma toda a energia química contida na bateria em energia elétrica.

### **3.1.5.1 TIPOS DE DESCARGA**

#### **Descarga Contínua**

Acontece quando a bateria fornece continuamente energia para a carga até o esgotamento da carga, fazendo com que a capacidade da bateria diminua até o final.

### Descarga Intermitente

Acontece quando a bateria alimenta uma carga por um período e depois se desconecta da carga por outro período de tempo. Quando a bateria está operando desta maneira intermitente, o tempo de descarga será muito maior.

#### 3.1.5.2 MODOS DE DESCARGA

**Carga constante:** Quando a bateria fornece energia para uma carga com resistência constante, a corrente de carga diminui assim como diminui a tensão da bateria.

**Corrente constante:** A corrente fornecida pela bateria é mantida constante para carga, que continuamente reduz sua resistência. O tempo de descarga nesse modo é curto enquanto que a média da corrente é alta. A tensão da bateria cai mais rapidamente em relação à situação de carga constante.

**Potência constante:** Uma potência elétrica constante é fornecida para carga pela bateria, de tal forma que a corrente de cargas será aumentada para compensar o decréscimo da tensão da bateria. Este modo apresenta o menor tempo de descarga.

#### 3.1.6 CAPACIDADE DE UM ACUMULADOR

A capacidade de um acumulador se define como o produto da corrente, em ampères, pelo tempo, em horas, corrigido para a temperatura de referência (25°C), fornecido pelo acumulador em determinado regime de descarga, até atingir a tensão final de descarga.

Para se determinar a capacidade de um acumulador, a corrente de descarga ( $I$ ) deve ser constante, isto é, não apresentar variações durante o período de descarga ( $t$ ), desde o início da descarga, até que o potencial caia até um valor predeterminado. Portanto, a capacidade é definida, em Ampères-hora (Ah), pela equação abaixo:

$$C = I \times t \quad (3.1)$$

A capacidade está diretamente relacionada com o valor da corrente de descarga, do valor de tensão final de descarga e da temperatura em que foi realizada a descarga. Normalmente utiliza-se como tensão final de descarga a tensão de 1,75 V/lem., tensão esta que ainda permite uma recuperação do estado de carga após a recarga do mesmo.

A forma correta de especificar a capacidade de um acumulador é fornecendo sua corrente e o tempo de descarga. Em geral, os bancos de acumuladores industriais utilizam capacidades medidas em 10 horas (C10), desta forma, por exemplo, dizer que um acumulador tem uma capacidade, de 100Ah (C10), equivale a dizer que o acumulador é capaz de fornecer uma corrente de 10A durante 10horas ( $C10 = 10A \times 10h = 100 \text{ Ah}$ ), o que pode ser comprovado experimentalmente. Outros regimes de descarga, como por exemplo, C20 ou C5 também são usados dependendo da utilização do acumulador.

Como mencionado anteriormente outro fator que afeta a capacidade de um acumulador é a temperatura em que é realizada a descarga. A Norma (NBR 14197) define 25°C como sendo a temperatura para a realização da medida experimental. Caso a medida seja realizada com outra temperatura inicial do eletrólito, deve-se aplicar o fator "k" (coeficiente de tempo de descarga, que permite obter a capacidade do acumulador, em regime de descarga diferente do nominal em função do tempo e da tensão final, à temperatura de referência), no valor de capacidade obtido para corrigir os valores de capacidade em função da temperatura inicial do eletrólito aplica-se a expressão:

$$C_{25} = \frac{C_T}{1+k(T-25)} \quad (3.2)$$

$C_T$  – Valor de capacidade medida experimentalmente à temperatura T

k – Fator de correção

T – Temperatura inicial do eletrólito.

Normalmente o fabricante fornece uma tabela com os valores de capacidade já corrigidos em função da temperatura inicial do eletrólito. Caso isto não ocorra, para um regime de descarga de 10 horas, o fator utilizado é 0,07.

### 3.1.7 MONITORAMENTO DA TEMPERATURA

Por ser é um dispositivo eletroquímico, o acumulador, tem seu desempenho diretamente relacionado à temperatura de operação. A temperatura influencia tanto o rendimento quanto a vida útil da bateria. Operando em temperaturas entre 15°C e 35°C, os acumuladores tem seu melhor rendimento. Tem-se como nominal a temperatura de operação

de 25°C (NBR 14197), observando que operações em temperaturas superiores a 45°C, podem causar danos irreversíveis aos acumuladores, motivo este é que se deve observar durante o processo de carga o aumento significativo de temperatura nos elementos. Já operações em temperaturas na faixa de 10°C a 25°C, observa-se que a vida útil do aos acumuladores tendem a aumentar.

## 3.2 FAMILIARIZAÇÃO E TREINAMENTO COM O EQUIPAMENTO DO LABORATÓRIO

O manuseio, montagem, instalação, armazenamento e realização de ensaios com acumuladores chumbo-ácido devem seguir um conjunto de requisitos estabelecidos pela ABNT, nas NBRs. Nesta sessão serão descritos alguns destes requisitos. Também será apresentado o equipamento utilizado no laboratório durante a execução dos experimentos.

### 3.2.1 REQUISITOS DE INSTALAÇÃO E MONTAGEM

A NBR 15389 fixa os requisitos para projeto de instalação e procedimentos para armazenagem, montagem, ativação e aceitação de baterias chumbo ácidas reguladas por válvula, bem como requisitos de segurança e instrumentação.

Como requisitos de segurança, a norma estabelece que, no mínimo, os seguintes equipamentos para manuseio seguro e proteção pessoal devem estar disponíveis:

- Óculos de segurança com protetor lateral ou protetor facial;
- Luvas eletricamente isolantes;
- Extintor de fogo classe C ou outro indicado pelo fabricante;
- Ferramentas com isolamento adequada;
- Dispositivo para movimentação de elemento/bateria com capacidade adequada, quando necessário.

Como requisitos para projeto de instalação, a norma recomenda que o local de instalação da bateria atenda aos seguintes itens:

- A área da bateria deve ser limpa, seca, ventilada e livre da incidência de raios solares;
- A montagem dos elementos sobre estantes abertas ou em armários;
- A temperatura ambiente de referência para a operação da bateria deve ser de 25°C;
- O local de instalação deve permitir a troca de ar, a fim de prevenir a possibilidade de acúmulo de hidrogênio, devido a liberação desta substância pela bateria.

### 3.2.2 REQUISITOS PARA A REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

Os ensaios realizados em baterias são prescritos pela ABNT nas NBRs:

- NBR 14199 - Acumulador chumbo-ácido estacionário ventilado – Ensaios.
- NBR 14205 - Acumulador chumbo-ácido regulado por válvula – Ensaios.

A NBR 14199 divide os ensaios em: ensaios de tipo e ensaios de rotina.

#### 3.2.2.1 ENSAIOS DE TIPO

Geralmente realizados por laboratórios especializados em fornecer laudo sobre qualidade dos produtos, ou pelo do próprio fabricante quando este possuir laboratório para verificação e controle de qualidade de seus produtos. Os ensaios devem ser iniciados no máximo três meses após o fornecimento dos elementos pelo fabricante e devem estar de acordo com a NBR 14199.

#### 3.2.2.2 ENSAIOS DE ROTINA

São ensaios voltados a verificar o estado funcional das baterias após a instalação, e são realizados durante toda vida útil do equipamento. Normalmente realizados pela equipe de manutenção, são realizados no local onde a bateria foi instalada e está operando.

Estes ensaios devem obedecer a NBR 14199, e são realizados para: servir de comparação com ensaios anteriores à vigência da norma, avaliar as condições da bateria quanto

a carga e condições físicas, averiguar causas de anomalias observadas durante o funcionamento, manter a garantia dada pelo fabricante. A periodicidade dos ensaios pode variar a critério do fabricante ou de acordo com a experiência do usuário.

### 3.2.3 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Abaixo são descritos os equipamentos utilizados nos ensaios realizados.

#### 3.2.3.1 BATERIA FREEDOM DF-2000

Todos os ensaios realizados durante o estágio utilizaram a bateria FREEDOM - DF2000, fabricada pela Johnson Controls. Esta bateria possui capacidade de 115Ah para descarga em 100h (C100) e 105Ah em 20h a (C20), além de vida útil projetada de 4 anos.



Figura 3.5 - Fotografia da bateria FREEDOM DF-2000  
Fonte: [www.neosolar.com.br](http://www.neosolar.com.br)

#### 3.2.3.2 PLACA PARA MEDIÇÃO DE TENSÃO, CORRENTE E TEMPERATURA

Utilizou-se uma placa, equipada com sensores de corrente e temperatura, para a coleta de dados da bateria e do ambiente. A mesma possui dois pinos de entrada, onde se conectam os polos da bateria, na qual se realizará as medições, e dois pinos de saída, onde se conecta a carga na qual se dissipará a energia proveniente da bateria. Na Figura 3.5 é apresentada uma fotografia da placa utilizada.

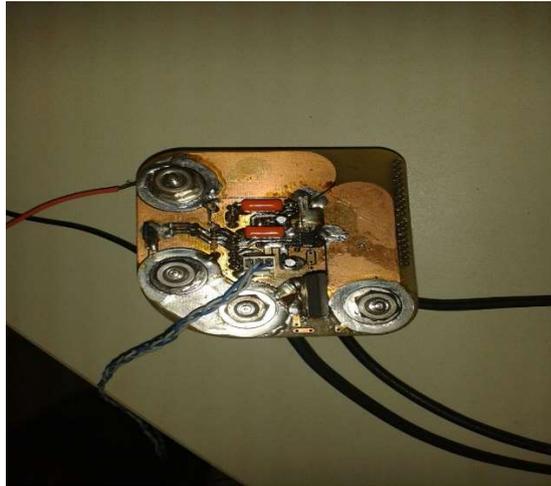


Figura 3.6 - Fotografia da placa de medição utilizada nos ensaios  
Fonte: O próprio autor

### 3.2.3.3 CARGA ELETRÔNICA DC CONFIGURÁVEL

A fim de fazer ensaios à corrente constante na bateria, foi utilizada a carga eletrônica DC N3300A, da *Keysight Technologies*.

A N3300A é utilizada para projeto e avaliação de fontes de tensão DC, baterias e componentes de potência. O módulo principal possui seis slots para módulos de carga e pode dissipar 300 watts por slot, totalizando 1800 watts para um módulo completamente carregado. O módulo principal também possui um processador, um conector GPIB, um conector RS-232 e painel frontal com teclado e display. Na Figura 3.6 é apresentada uma fotografia da carga DC.



Figura 3.7 - Fotografia da carga DC

Fonte: O próprio autor

#### 3.2.3.4 EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO

Seguindo as recomendações das normas, foram utilizados óculos de proteção e luvas de borracha no manuseio das baterias. Fotografias dos mesmos são apresentadas na Figura 3.7 e Figura 3.8.



Figura 3.8 - Fotografia dos óculos de proteção utilizado  
Fonte: O próprio autor



Figura 3.9 - Fotografia das luvas de proteção utilizadas  
Fonte: O próprio autor

### 3.3 REALIZAÇÃO DE ENSAIOS COM ACUMULADORES CHUMBO-ÁCIDO

A estimação do estado de saúde de baterias estacionárias pode ser realizada a partir de medições das grandezas elétricas tensão, corrente e temperatura. Tais medições foram realizadas por meio de um conjunto de sensores que, ao serem integrados em uma placa de circuito impresso, configuram um circuito de medição.

No laboratório, foram realizados três ensaios:

- Ensaio para teste do circuito de medição de tensão, corrente e temperatura;
- Ensaio de descarga parcial;
- Ensaio de carga.

Em todos os ensaios, as montagens foram realizadas de acordo com a Figura 3.10.

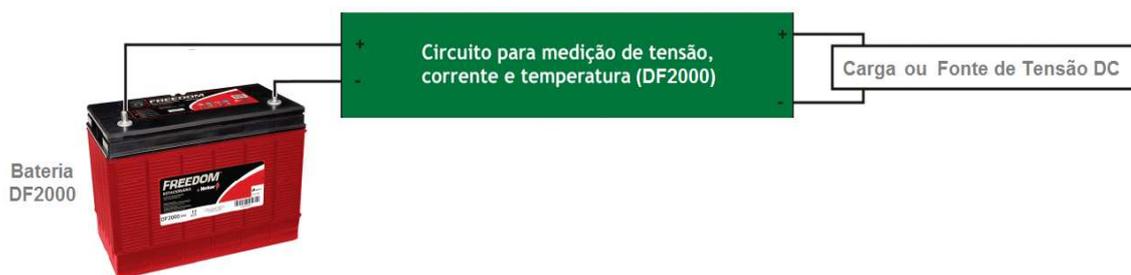


Figura 3.10 - Representação em diagrama de blocos do circuito de medição proposto

#### 3.3.1.1 ENSAIO PARA TESTE DO CIRCUITO DE MEDIÇÃO DE TENSÃO, CORRENTE E TEMPERATURA

Este ensaio foi realizado com a finalidade de testar a confiabilidade das medições realizadas pelo circuito de medição.

Neste ensaio, a bateria foi conectada ao circuito de medição e este, por sua vez, foi conectado à carga DC. Após ativar a carga DC, variou-se gradativamente a corrente drenada por esta, de forma que a corrente teve uma variação de 0A até 30A. Os valores de corrente, tensão e temperatura eram coletados pelo circuito de medição, que estava conectado à placa. Com um computador rodando o MATLAB, os dados coletados pelo circuito de medição eram

processados, utilizando o Simulink. Desta forma, era possível comprovar em tempo real que, a cada vez que se configurava a carga para a drenagem de um valor, os resultados medidos pelo circuito coincidam de forma precisa com os valores configurados. Na Figura 3.11 é apresentada a interface do Simulink utilizada.

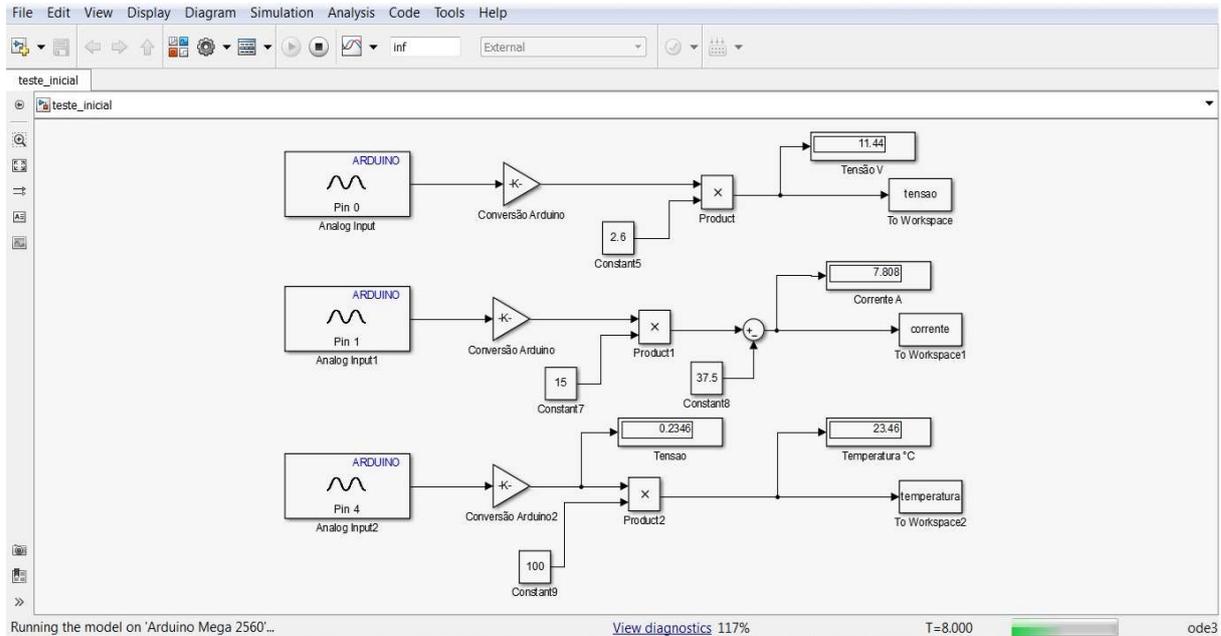


Figura 3.11 - Interface do Simulink utilizada nos testes  
Fonte: O próprio autor

### 3.3.1.2 ENSAIO DE DESCARGA PARCIAL

Este ensaio teve como finalidade fazer a comprovação experimental do modelo desenvolvido no laboratório para o estado de carga (SOC – *State of Charge*) da bateria FREEDOM DF-2000, por meio de uma descarga parcial da mesma.

O experimento consistiu em conectar a bateria, com SOC de 100%, ao circuito de medição de corrente e em seguida conectar o mesmo na carga DC. Configurou-se a carga DC para drenar uma corrente constante de 9,2 A. Após iniciada a drenagem de corrente, o estado de carga da bateria era monitorado no Simulink. Quando o estado de carga da bateria atingiu 90%, a drenagem de corrente foi interrompida.

Durante a drenagem de corrente, parâmetros como o tempo transcorrido, corrente, tensão e temperatura eram monitorados. Estes parâmetros foram salvos em um arquivo de texto (.txt) para posterior análise.

### 3.3.1.3 ENSAIO DE CARGA

Este ensaio também teve como finalidade fazer a comprovação experimental do modelo desenvolvido para o SOC da bateria FREEDOM DF-2000.

O experimento consistiu em conectar o carregador da bateria à placa de medição e, em seguida, conectar a placa de medição à bateria. No ensaio realizado, a bateria encontrava-se em um SOC de 84%. Desta forma, carregou-se a bateria até que a mesma chegasse a um SOC de 100%.

## 3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

No teste com o circuito de medição, não foi necessário o processamento dos dados por meio de gráficos, tendo em vista que esse teste tinha como objetivo verificar se o circuito estava realizando medições corretas.

Durante o teste de descarga parcial, a temperatura foi monitorada constantemente, e possuía um valor aproximadamente constante de 27°C. Com os dados coletados, foi possível traçar um gráfico para o comportamento do SOC da bateria em regime de descarga, com relação ao tempo. O mesmo é apresentado na Figura 3.12.

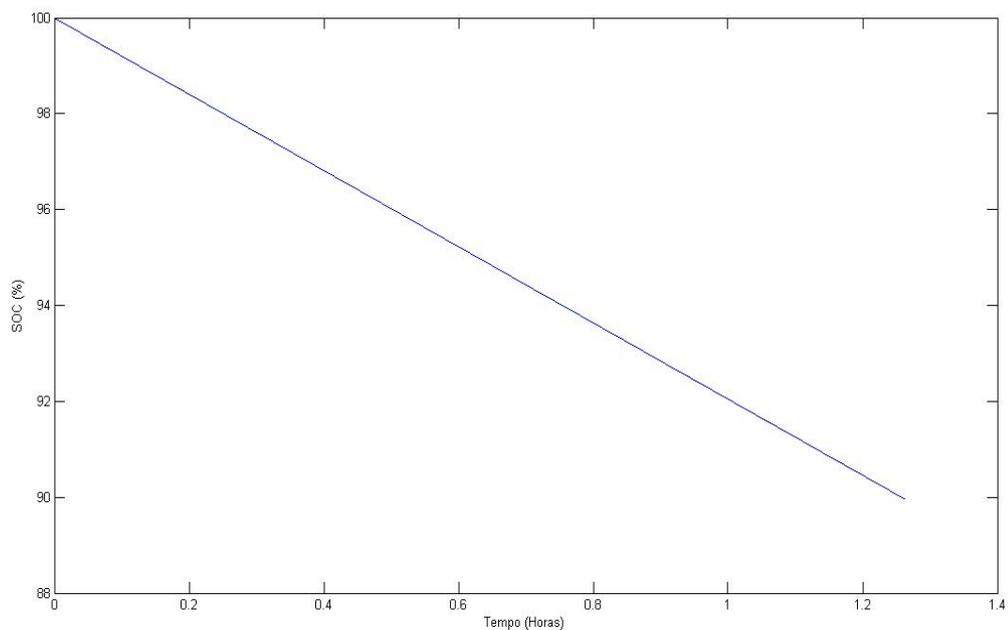


Figura 3.12 - Comportamento do SOC da bateria DF-2000 em uma descarga parcial de 10%

Pelo gráfico obtido, observou-se que a bateria apresenta um comportamento linear durante a descarga e que a mesma levou aproximadamente 1 hora e 15 minutos para perder 10% de sua carga inicial.

O teste de carga foi concebido em circunstâncias semelhantes ao teste de descarga parcial. A temperatura do ambiente foi monitorada durante todo o período de carga, e possuía um valor médio de 28°C. Na Figura 3.13 é apresentado o comportamento do SOC da bateria durante a carga.

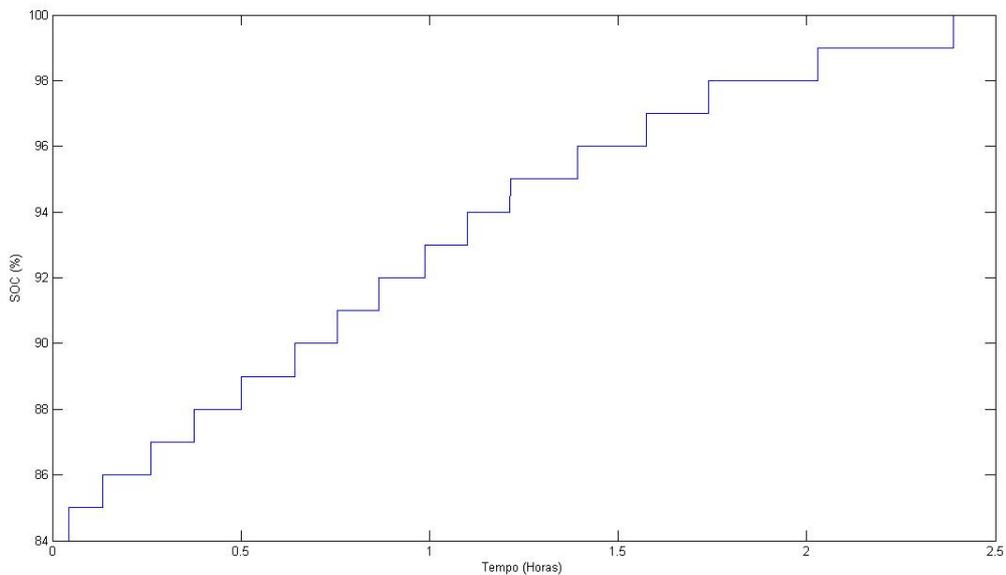


Figura 3.13 - Comportamento do SOC da bateria durante uma carga

Pelo gráfico obtido, tem-se que, diferente da descarga, o comportamento da carga não é linear e os incrementos percentuais no SOC se dão de maneira variada. Outro fato a ser notado é o tempo que a bateria levou aumentar seu SOC em 16%, que foi de aproximadamente 2 horas e 30 minutos.

## 4 CONCLUSÃO

Neste relatório foram descritas atividades realizadas no Laboratório de Sistemas Embarcados e Computação Pervasiva (Embedded), da UFCG.

O conjunto de atividades desenvolvidas exigiram tanto conhecimentos que são adquiridos durante o curso, quanto um conjunto de novos conhecimentos, principalmente no que se diz respeito a acumuladores estacionários.

Por fim, o trabalho realizado durante o período de estágio foi gratificante e importante para preparar o estudante para a vida profissional.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. **Acumulador chumbo-ácido estacionário regulado por válvula - Ensaio**. NBR-14205/ 1998.
- ABNT. **Acumulador chumbo-ácido estacionário regulado por válvula - Especificação**. NBR-14204/ 1998.
- ABNT. **Acumulador chumbo-ácido estacionário regulado por válvula - Terminologia**, NBR-14206/ 1998.
- ABNT. **Acumulador chumbo-ácido ventilado - Ensaio**. NBR-14198/ 1998.
- ABNT. **Acumulador chumbo-ácido ventilado - Especificação**. NBR-14197/ 1998.
- ABNT. **Acumulador chumbo-ácido ventilado - Terminologia**, NBR-14199/ 1998.
- NEOSOLAR ENERGIA, **Bateria Estacionária Freedom DF2000**, Disponível em < <http://www.neosolar.com.br/loja/bateria-estacionaria-freedom-df2000-115ah-105ah.html>> Acesso em Outubro de 2016.
- NINGGHAI YILI MOULD & PLASTIC FACTORY, **Lead-acid Battery Box Mould**, Disponível em: < <http://yili.imould.com/product-20962-Lead-acid+Battery+Box+Mould.html> > Acesso em Outubro de 2016.
- OGIBOWSKI, M. A. T. **Baterias Estacionárias Ventiladas Chumbo-Ácida: Aplicação e Manutenção**. Faculdade Estácio de Curitiba, 2012
- RS COMPONENTS, **RS Pro Battery Terminal, Screw**, Disponível em: < <http://uk.rs-online.com/web/p/modular-battery-contacts/5097633/>> Acesso em Outubro de 2016.