



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

Wellinson Costa dos Santos

Relatório de Estágio Integrado

Acumuladores Moura S/A

Campina Grande

Dezembro 2014

Wellinson Costa dos Santos

Relatório de Estágio Integrado

Relatório de Estágio Integrado 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: Engenharia do Produto

Orientador:
George Acioli Júnior

Campina Grande

Dezembro 2014

Wellinson Costa dos Santos

Relatório de Estágio Integrado

Relatório de Estágio Integrado 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: Engenharia do Produto

Aprovado em: / /

Professor Avaliador

Universidade Federal de Campina Grande

Avaliador

Professor George Acioli Júnior

Universidade Federal de Campina Grande

Orientador, UFCG

Agradecimentos

Agradeço a meus pais, José Wellington e Silvandira, por todo amor, carinho e ensinamentos durante toda minha vida.

Agradeço também a toda minha família, que mesmo com a distância, sempre acompanhou de perto meu crescimento pessoal e profissional.

Meus agradecimentos aos amigos feitos durante a graduação, companheiros de trabalhos e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação, e que espero que possam continuar presentes em minha vida.

Agradeço ao professor George Acioli Júnior, meu orientador, pela orientação, paciência e empenho dedicado à elaboração deste trabalho.

E finalmente, gostaria de agradecer ao corpo docente, à direção e à administração por seu trabalho na formação de todos os alunos desta instituição.

“Life’s battles don’t always go to the stronger or faster man. But sooner or later, the man who wins is the man who thinks he can.”

Vince Lombardi

Sumário

| | |
|---|-----------|
| AGRADECIMENTOS | 3 |
| LISTA DE FIGURAS | 6 |
| LISTA DE TABELAS | 7 |
| INTRODUÇÃO | 8 |
| 1 A EMPRESA | 9 |
| 1.1 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL | 9 |
| 1.2 PRODUTOS | 10 |
| 1.2.1 <i>Moura Automotiva</i> | 10 |
| 1.2.2 <i>Moura Log Diesel</i> | 11 |
| 1.2.3 <i>Moura Clean Nano</i> | 11 |
| 1.3 ESTRUTURA DA ENGENHARIA DE PRODUTO | 12 |
| 1.4 LOCAL DO ESTÁGIO | 15 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 16 |
| 2.1 BATERIA CHUMBO-ÁCIDO | 16 |
| 2.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS BATERIAS | 21 |
| 2.2.1 <i>Capacidade</i> | 21 |
| 2.2.2 <i>Estado de Carga</i> | 22 |
| 2.2.3 <i>Profundidade de descarga</i> | 22 |
| 2.2.4 <i>Energia Específica</i> | 23 |
| 2.2.5 <i>Potência Específica</i> | 23 |
| 2.2.6 <i>Números de ciclos profundos e vida útil da bateria</i> | 23 |
| 2.3 VEÍCULOS ELÉTRICOS HÍBRIDOS | 23 |
| 2.3.1 <i>Arquitetura dos Veículos Elétricos Híbridos</i> | 24 |
| 3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS | 29 |
| 3.1 ENGENHARIA DE REPOSIÇÃO | 29 |
| 3.1.1 <i>Suporte do produto</i> | 29 |
| 3.1.2 <i>Aplicação do produto</i> | 31 |
| 3.2 VEÍCULOS ELÉTRICOS HÍBRIDOS | 37 |
| 4 CONCLUSÃO | 45 |
| 5 BIBLIOGRAFIA | 46 |

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Moura Automotiva..... | 11 |
| Figura 2 - Moura Log Diesel..... | 11 |
| Figura 3 - Moura Clean Nano..... | 12 |
| Figura 4 - Organograma da Engenharia de Produto. | 13 |
| Figura 5 - Pilar da Engenharia do Produto. | 15 |
| Figura 6 - Reações químicas em uma Bateria Chumbo-Ácido..... | 17 |
| Figura 7 - Ligação de elementos em série..... | 19 |
| Figura 8 - Componentes básicos de uma bateria..... | 21 |
| Figura 9 - Circuito para a medição do estado de carga. | 22 |
| Figura 10 - Arquitetura de um VEH do tipo Série..... | 25 |
| Figura 11 - Arquitetura de um VEH do tipo Paralelo..... | 26 |
| Figura 12 - Arquitetura de um VEH do tipo Série-Paralelo..... | 28 |
| Figura 13 - Especificações Técnicas da bateria..... | 30 |
| Figura 14 - Relação: profundidade de descarga e número de ciclos | 30 |
| Figura 15 - Sistema de Iluminação Kyocera..... | 32 |
| Figura 16 - Gabinete com baterias e controladores..... | 33 |
| Figura 17 - Sistema completo de iluminação..... | 33 |
| Figura 18 - Lâmpada LED 157W e 24V..... | 34 |
| Figura 19 - Lâmpada LED 150W e 24V..... | 34 |
| Figura 20 - Lâmpada LED 140W e 24V..... | 34 |
| Figura 21 - Lâmpada LED 137W e 24V..... | 35 |
| Figura 22 - Tensão em função da DoD para a bateria 12MF220..... | 35 |
| Figura 23 - Tensão x DOD para potência constante 37,5W. | 36 |
| Figura 24 - Híbrido BR..... | 38 |
| Figura 25 - Componentes do Híbrido BR..... | 38 |
| Figura 26 - Arquitetura do Híbrido BR..... | 39 |
| Figura 27 - Partida com a bateria ou gerador. | 40 |
| Figura 28 - Gráfico da Tensão (Rota 1). | 41 |
| Figura 29 - Gráfico da Corrente (Rota 1)..... | 41 |
| Figura 30 - Gráfico da Tensão (Rota 2)..... | 41 |
| Figura 31 - Gráfico da Corrente (Rota 2)..... | 42 |

Lista de Tabelas

| | |
|--|-----------|
| <i>Tabela 1 - Unidades da Acumuladores Moura S/A.....</i> | <i>9</i> |
| <i>Tabela 2- Teste de descarga com potência constante 37,5W.....</i> | <i>36</i> |
| <i>Tabela 3 - Análise dos resultados dos trechos da rota 1.....</i> | <i>42</i> |
| <i>Tabela 4 - Análise dos resultados gerais rota 1.</i> | <i>42</i> |
| <i>Tabela 5 - Análise dos resultados dos trechos da rota 2.....</i> | <i>43</i> |
| <i>Tabela 6 - Análise dos resultados gerais rota 2.</i> | <i>43</i> |

Introdução

Este relatório tem como objetivo apresentar as atividades desenvolvidas no estágio integrado realizado na Acumuladores Moura S/A – Unidade 01, localizada na cidade de Belo Jardim – PE. Atividades estas desenvolvidas pelo aluno Wellinson Costa dos Santos, concluinte do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande.

O estágio foi realizado durante o período de 19 de Maio de 2014 a 21 de Novembro de 2014 com carga horária semanal de 30 horas no Departamento de Engenharia do Produto que é responsável por todo o ciclo de vida do produto, neste caso a bateria. As atividades durante o estágio englobam a pesquisa para a criação de um novo produto que atendesse os devidos requerimentos, seu desenvolvimento, entrega, e a manutenção pós-entrega.

Neste relatório são apresentadas informações sobre a empresa, e as atividades desenvolvidas durante o estágio.

1 A Empresa

A Acumuladores Moura S/A é uma empresa brasileira, fundada em 1957 na cidade de Belo Jardim no estado de Pernambuco. A Baterias Moura (nome comercial) atua na fabricação de acumuladores elétricos para os mercados automotivos, telecomunicações, náutico, logístico, de energia alternativa e de sistemas *no-break*. Atualmente é a maior empresa do setor de acumuladores elétricos da América Latina. Além disto, com uma rede de distribuição própria com mais de 70 centros de distribuição comercial no Brasil, na Argentina e no Uruguai, além de distribuidores parceiros no Paraguai, Reino Unido e Portugal, atendendo assim todo o Mercosul e parte do continente europeu. Sendo responsável pelo fornecimento de mais de 50% das baterias para os carros no Brasil, e com uma capacidade de produção superior a sete milhões de baterias por ano. O Grupo Moura possui um efetivo de cerca de 3000 colaboradores além de mais de 700 terceirizados que se encontram divididos em diversas unidades (Evolução da Moura, 2014).

1.1 Estrutura Organizacional

Atualmente a Acumuladores Moura S/A possui diversas unidades localizadas no Brasil e em outros países. A subdivisão de unidades permite uma gestão mais efetiva da empresa, pois assim, estas unidades independentes participam de uma parte específica do processo, desde a obtenção da matéria prima até a entrega ao cliente. Na Tabela 1 é apresentado um descritivo das unidades da Moura.

Tabela 1 - Unidades da Acumuladores Moura S/A.

| UNIDADE | PRODUTO | LOCALIZAÇÃO |
|----------------------------------|--|------------------------------|
| UN01 – Acumuladores Moura Matriz | Baterias sem carga para UN06 e baterias para reposição no Brasil | Belo Jardim – PE |
| UN02 – Unidade Administrativa | Centro Administrativo | Jaboatão dos Guararapes – PE |
| UN03 – Depósito FIAT e IVECO | Baterias para FIAT e IVECO | Betim – MG |
| UN04 – Metalúrgica | Reciclagem de baterias e ligas de chumbo | Belo Jardim – PE |

| | | |
|---|--|--------------------------|
| UN05 – Indústria de Plástico | Caixa, tampa e pequenas peças para baterias | Belo Jardim – PE |
| UN06 – Unidade de Formação e Acabamento | Baterias para montadoras no Brasil | Itapetininga – SP |
| UN08 – Moura Baterias Industriais | Baterias estacionárias | Belo Jardim – PE |
| Escritório – São Paulo | Centro Administrativo | São Paulo – SP |
| Escritório – Rio de Janeiro | Centro Administrativo | Niterói - RJ |
| BASA – Depósito Argentina | Bateria para montadoras e baterias para reposição na Argentina | Buenos Aires – Argentina |
| WAYOTEK – Depósito Porto Rico | Baterias para montadoras e baterias para reposição no Porto Rico | Carolina – Porto Rico |
| RADESCA – Depósito Uruguai | Baterias para montadoras e baterias para reposição no Uruguai | Montevidéo – Uruguai |
| RIOS RESPUESTOS – Depósito Paraguai | Baterias para montadoras e baterias para reposição no Paraguai | Assunção – Paraguai |

1.2 Produtos

A Acumuladores Moura S/A produz baterias para diversos tipos de mercados: automotivas; estacionárias; tracionarias e náuticas. Onde cada mercado necessita de características específicas. A seguir é explicitado os tipos de baterias fabricados pela Acumuladores Moura S/A que foram utilizados durante o estágio e suas aplicações.

1.2.1 Moura Automotiva

Esta linha de produto é destinada para veículos leves e pesados (Figura 1). Ela possui características que ajudam não só na partida do carro, mas também na

utilização dos acessórios elétricos, como: computador de bordo; ar-condicionado; GPS; trava elétrica (Catálogos MOURA, 2014).



Figura 1 - Moura Automotiva (Catálogos MOURA, 2014).

1.2.2 Moura Log Diesel

Transportes profissionais operam jornadas superiores às dos veículos de passeio, chegando a percorrer anualmente distâncias entre sete a nove vezes superiores às dos automóveis particulares, assim, os componentes desses veículos são expostos a uma intensidade e frequência de esforços muito elevados. A Moura Log Diesel (Figura 2) foi feita para atender a essas demandas, e é aplicada para caminhões, ônibus e tratores movidos a óleo diesel (Catálogos MOURA, 2014).



Figura 2 - Moura Log Diesel (Catálogos MOURA, 2014).

1.2.3 Moura Clean Nano

A linha Moura *Clean Nano* (Figura 3) é composta por um novo *design* de placas, que prioriza a circulação de corrente elétrica aumentando assim o rendimento do material ativo. Tal *design* proporciona a bateria uma menor resistência interna e uma maior reserva de capacidade, fazendo com que ela seja ideal para aplicações que precisem de um alto nível de confiabilidade e uma alta corrente de descarga. A Moura *Clean Nano* abrange as seguintes aplicações: energia solar; telecomunicações;

no-break; fazendas de energia eólica; monitoramento remoto; instalações solares fotovoltaicas (Catálogos MOURA, 2014).



Figura 3 - Moura *Clean Nano* (Catálogos MOURA, 2014).

1.3 Estrutura da Engenharia de Produto

A estrutura da engenharia de produto está mostrada na Figura 4. As atividades desenvolvidas e os objetivos desta equipe são divididos em quatro pilares, representados pelas cores: verde, vermelho, roxo e amarelo, respectivamente, e todos estes pilares são comandados pelo gerente do produto, pilar preto.

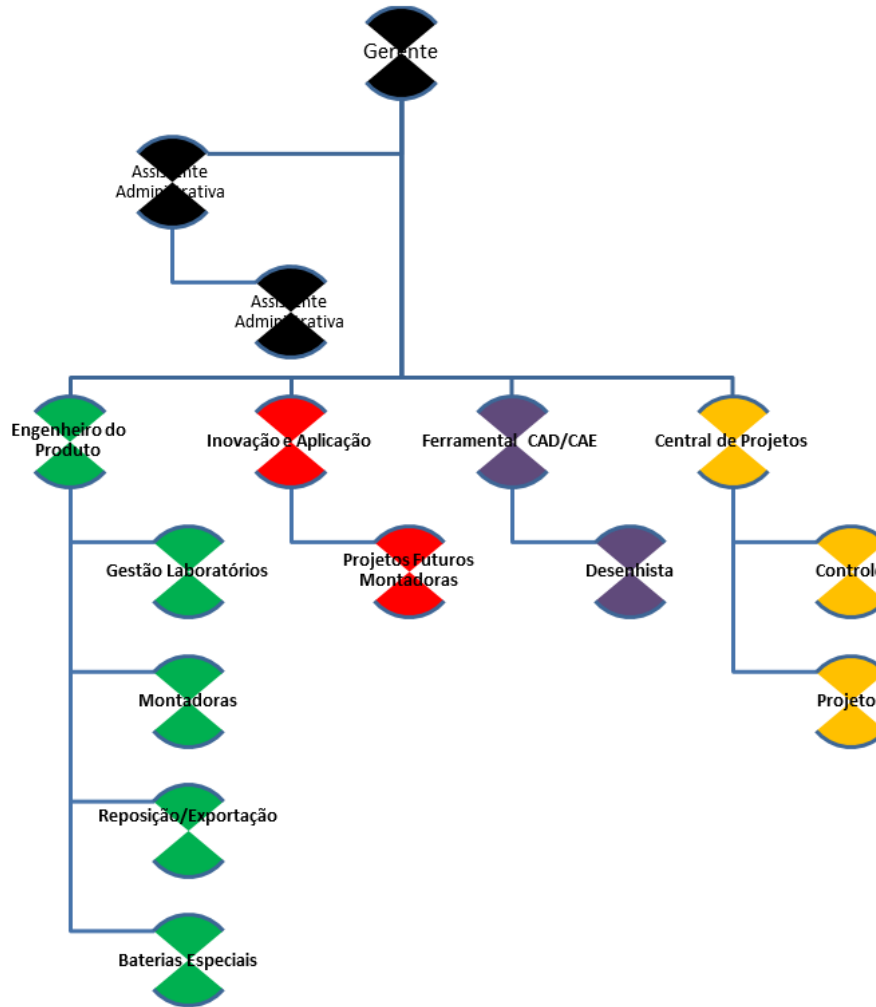






Figura 4 - Organograma da Engenharia de Produto.

Cada pilar é responsável por partes distintas. A seguir são apresentadas as atribuições de cada pilar.

- **Pilar  – Engenharia de Produto**
 - i. Dimensionar os produtos para todos os mercados;
 - ii. Responsável técnico pelos produtos (Montadoras, Reposição, Exportação, Moura *Clean*, projetos fotovoltaicos, etc.);
 - iii. Preparação de Custos;
 - iv. Projetos de Desenvolvimento de Produto;
 - v. Gestão Laboratório Físico e Químico;
 - vi. Gestão dos Protótipos;
 - vii. Acompanhar rotinas e resultados de ensaios de características críticas dos produtos;
 - viii. Trabalhar demandas dos clientes internos e externos;
 - ix. Homologação interna dos produtos;
 - x. Fichas Técnicas.

- Pilar  – Inovação e Aplicação
 - i. Realizar estudo de aplicação (BMS, Freio Regenerativo, BSG, IBS, EBS, BSD, Alternador Inteligente, IGC, etc.);
 - ii. Aplicação das baterias nos veículos, ajudando na elaboração de catálogos de aplicação;
 - iii. Visitas técnicas aos clientes de Montadoras atendendo as demandas técnicas / comerciais das aplicações do futuro.

- Pilar  – Ferramental CAD/CAE
 - i. Projetos CAD / CAE dos componentes das baterias;
 - ii. Desenvolvimento de Fornecedores Externos;
 - iii. Projetos de Ferramentais Montagem, Acabamentos e CQ (Molde COS, Furador, Cestas, Espelhos, Bases de Selagem, Gabaritos, Canecas e Sapatas);
 - iv. Desenhos Artísticos de Produtos;
 - v. Controle de Desenhos;

- Pilar  – Central de Projetos
 - i. Liderar Pilar de Controle Inicial;
 - ii. Estruturar rotina de acompanhamento dos projetos da Dotação Orçamentária do Grupo Moura;
 - iii. Implantar banco de informações técnicas desenvolvidas pelas Engenharías;
 - iv. Comandar carteira de Projetos do Grupo Moura.

Dentre os pilares apresentadas, o estágio foi realizado no pilar de Engenharia do Produto (Figura 5), e como área de atuação a Engenharia de Reposição.

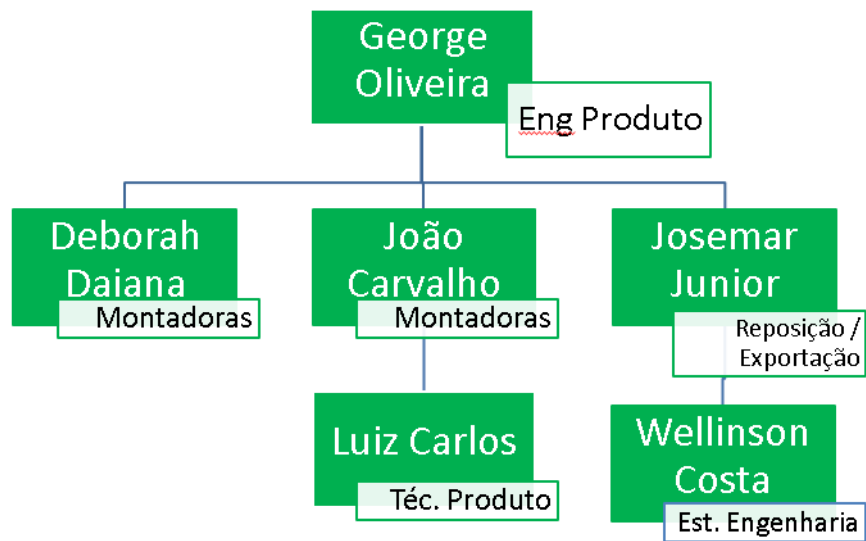


Figura 5 - Pilar da Engenharia do Produto.

1.4 Local do Estágio

O estágio foi realizado no setor de Engenharia do Produto da Unidade 01 em Belo Jardim. O departamento consta com cerca de 40 funcionários, o gestor direto do estagiário foi George Oliveira. A equipe de Engenharia de Reposição é composta por George Oliveira que é o Chefe do Produto no Departamento de Engenharia do Produto, pelo Técnico do Produto Josemar Junior e pelo estagiário de engenharia Wellinson Costa.

2 Fundamentação Teórica

Na fundamentação teórica é apresentado o estudo que foi necessário para poder dar início à parte prática do estágio. Trata-se inicialmente do entendimento do funcionamento de uma bateria chumbo-ácido, em seguida são apresentadas as características técnicas das baterias e por fim é apresentado um introdutório sobre veículos elétricos híbridos.

2.1 Bateria Chumbo-Ácido

A conversão de energia química em energia elétrica (conversão eletroquímica), como a que ocorre em acumuladores, por exemplo, é um dos processos mais eficientes de conversão de energia, sendo muito mais eficiente que a conversão de energia química em energia mecânica (conversão termoquímica), como o que ocorre na combustão de gasolina ou álcool em um motor. Do ponto de vista termodinâmico essa eficiência se deve ao fato de que a conversão eletroquímica não está limitada pelo teorema de *Carnot* que diz que a eficiência da conversão é relacionada com a diferença de temperatura entre fontes frias e quentes (DINIZ, 1995).

A armazenagem de energia em um acumulador é possível por causa da diferente tendência que diferentes substâncias têm de dar ou de receber elétrons. Elétrons são as partículas que transportam eletricidade. A quantidade de elétrons que se pode fazer passar por um circuito é o que chamamos de capacidade. Para esclarecer o funcionamento de um acumulador será dado um exemplo em termos de um acumulador de chumbo-ácido.

O bióxido de chumbo (PbO_2), é uma substância que possui uma grande tendência de receber elétrons, enquanto que o chumbo metálico (Pb), tem uma grande tendência de doar elétrons. Assim, se colocarmos em contato chumbo metálico com bióxido de chumbo, e estabelecermos condições para que elétrons possam caminhar de um para outro, a transferência de elétrons do chumbo para o bióxido de chumbo se dará com extrema facilidade. Para se estabelecer estas condições é importante saber exatamente o que está ocorrendo com o material ativo (isto é, chumbo e bióxido de chumbo), após a transferência dos elétrons. Em quais substâncias químicas o chumbo e o bióxido de chumbo irão se transformar após a transferência de elétrons, irá depender do meio em que eles se encontram. No acumulador de chumbo-ácido,

esse meio é uma solução de ácido sulfúrico. Nesse caso, o chumbo metálico ao perder elétrons e o bióxido de chumbo ao receber esses elétrons se transforma em sulfato de chumbo (PbSO₄). Os íons sulfato necessários para essa transformação, são provenientes do ácido sulfúrico (H₂SO₄) (DINIZ, 1995). O processo é apresentado na Figura 6.

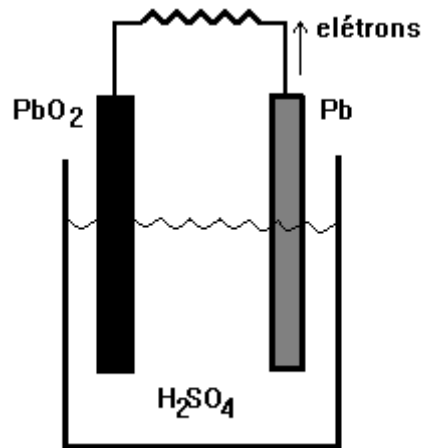
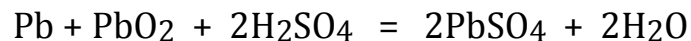
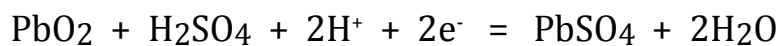


Figura 6 - Reações químicas em uma Bateria Chumbo-Ácido. Adaptado de (DINIZ, 1995).



Para que um acumulador seja útil, é importante fazer com que os elétrons transferidos no processo descrito acima, passem por um circuito elétrico externo e realizem um trabalho, por exemplo, girando um motor elétrico, acendendo uma lâmpada, etc.

Finalmente, o dispositivo só é considerado um acumulador se possibilitar que os elétrons transferidos do chumbo ao bióxido de chumbo possam ser transferidos no sentido contrário, através da aplicação de uma corrente elétrica externa, no presente caso, regenerando o chumbo e o bióxido de chumbo consumido (DINIZ, 1995).

Os elétrons, por serem partículas de carga negativa, são atraídos por regiões de potencial elétrico positivo e repelidos por regiões de potencial elétrico negativo.

Assim, dizemos que num acumulador como o descrito acima, o chumbo é o polo negativo e o bióxido de chumbo é o polo positivo do acumulador. Como esse material normalmente é utilizado na forma de placas (grades de chumbo revestidas por material ativo), falamos de placa positiva (placa de bióxido de chumbo) e placa negativa (placa de chumbo) (DINIZ, 1995).

A configuração mais simples para um acumulador seria a de uma placa negativa e uma placa positiva, separadas por um separador poroso e imersas em uma solução de ácido sulfúrico (Figura 6).

Esta unidade constitui a célula. Quando o acumulador está carregado, a placa positiva e a placa negativa são constituídas essencialmente de bióxido de chumbo e chumbo, respectivamente. Durante a descarga, as placas sofrem reações e ambas são convertidas a sulfato de chumbo. Paralelamente, a solução de ácido sulfúrico diminui em concentração (a densidade da solução abaixa). Um sistema como este, apresenta uma diferença de potencial entre as placas de cerca de dois volts. Essa tensão é uma função principalmente da densidade da solução de ácido sulfúrico absorvida pelas placas.

A quantidade de carga que essas placas podem fornecer é uma função da quantidade de material ativo presente. Se dobrarmos o tamanho das placas, teoricamente dobraremos a quantidade de carga disponível. Ao invés de aumentarmos o tamanho das placas, é possível ligar outra placa positiva à placa positiva original e outra placa negativa à placa negativa original (esse tipo de ligação é chamado de ligação em paralelo). Desse modo obtém-se o que é denominado elemento (DINIZ, 1995).

Caso seja necessário aumentar a diferença de potencial do acumulador, deve-se ligar dois ou mais elementos, de modo que as placas positivas se liguem às placas negativas (esta ligação é chamada de ligação em série). Elementos ligados em série devem estar em compartimentos separados (Figura 7). Isto é, a solução de um elemento não deve entrar em contato com a de outro elemento. Se isto ocorresse, os elementos se descarregariam, pois existiria um circuito elétrico fechado através da solução. Com a ligação em série, pode-se aumentar a tensão de dois em dois volts.

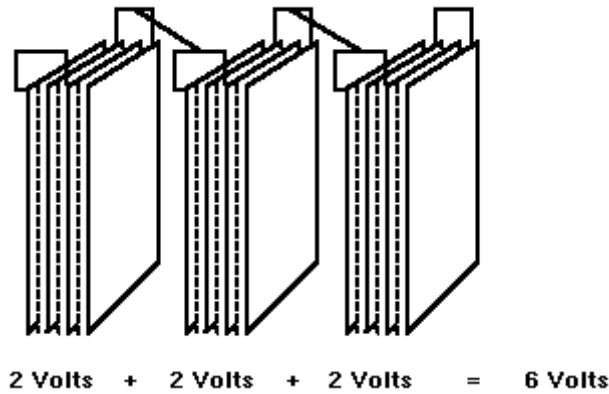


Figura 7 - Ligação de elementos em série. Adaptado de (DINIZ, 1995)

Nota-se que existe uma relação dimensional das placas com as propriedades elétricas do acumulador. Estas relações podem ser ainda mais detalhadas se considerarmos as condições em que o acumulador irá operar. Se o acumulador sofre uma descarga lenta, à medida que o ácido sulfúrico absorvido pelas placas é consumido, mais ácido que está presente na região entre as placas poderá se difundir para o interior das placas e garantir a continuidade da descarga. Para tal, a porosidade dessas placas é importante. Nesse tipo de processo a espessura das placas não é um fator tão importante quanto é no caso de descarga rápida (a altas correntes). Neste caso, o consumo de ácido nas placas é maior que a velocidade de difusão do ácido. Assim, é importante que as placas sejam finas para que a difusão seja facilitada, isto é, para que a maior parte do material ativo esteja na superfície, e não no interior das placas (DINIZ, 1995).

Para que uma bateria possua uma capacidade adequada à quantidade de material ativo nas placas, é importante que haja quantidade suficiente de ácido para a reação de descarga. Essa quantidade é uma função do espaço ocupado pelas placas e separadores.

Durante o processo de recarga, além das reações de conversão do sulfato de chumbo em chumbo metálico na placa negativa e bióxido de chumbo na placa positiva, ocorrem sempre outras reações paralelas indesejáveis. Na placa positiva pode ocorrer uma oxidação da grade metálica, ou seja, uma corrosão das grades positivas. Este processo é acelerado em condições de alta temperatura e de tensão excessiva utilizada na recarga. As ligas utilizadas nas grades e o contato entre massa e grade

são fatores importantes na proteção contra corrosão. Ainda na placa positiva, pode ocorrer um consumo de oxigênio proveniente da água presente na solução. Na placa negativa pode ocorrer um consumo de íons de hidrogênio. O consumo de hidrogênio e de oxigênio corresponde exatamente ao consumo de moléculas de água. O consumo de água depende em grande parte da presença de contaminantes e composição das ligas de chumbo utilizadas nas grades, e serão mencionados posteriormente.

Como já foi mencionado, do ponto de vista prático, um acumulador de chumbo-ácido é essencialmente constituído por placas de material ativo (bióxido de chumbo e chumbo) suportadas em grades de chumbo. A função principal das grades de chumbo é de suporte mecânico e contato elétrico. Na descarga, os elétrons saem da placa de chumbo (placa negativa) pela grade e chegam à placa de bióxido de chumbo (placa positiva), também pela grade. As grades são ligadas, de um modo específico, entre si, por peças de chumbo que devem também dar sustentação mecânica ao conjunto e permitir a boa condução de eletricidade. As placas são imersas em uma solução de ácido sulfúrico. Entre as placas positivas e negativas existe um separador para impedir o contato direto entre elas. No entanto o separador deve ser poroso para permitir à condução de cargas elétricas de uma placa a outra, através da solução. Todo esse conjunto é colocado em uma caixa que deve ser robusta o suficiente para comportar o sistema em condições de uso e evitar qualquer vazamento de solução. A caixa deve possuir terminais para contato elétrico com os circuitos externos. Em geral a caixa possui uma tampa que é selada na parte superior da mesma, tampa esta que pode ou não possuir orifícios para a manutenção do acumulador (adição de água ou solução de ácido sulfúrico), mas que obrigatoriamente permitirá a saída de gases eventualmente gerados pela bateria.

Desse modo, podemos resumir como componentes de um acumulador de chumbo (Figura 8):

- Placas: material ativo (chumbo e bióxido de chumbo) e grades;
- Separadores;
- Pequenas peças de chumbo;
- Caixa/Tampa;

- Solução de ácido sulfúrico.

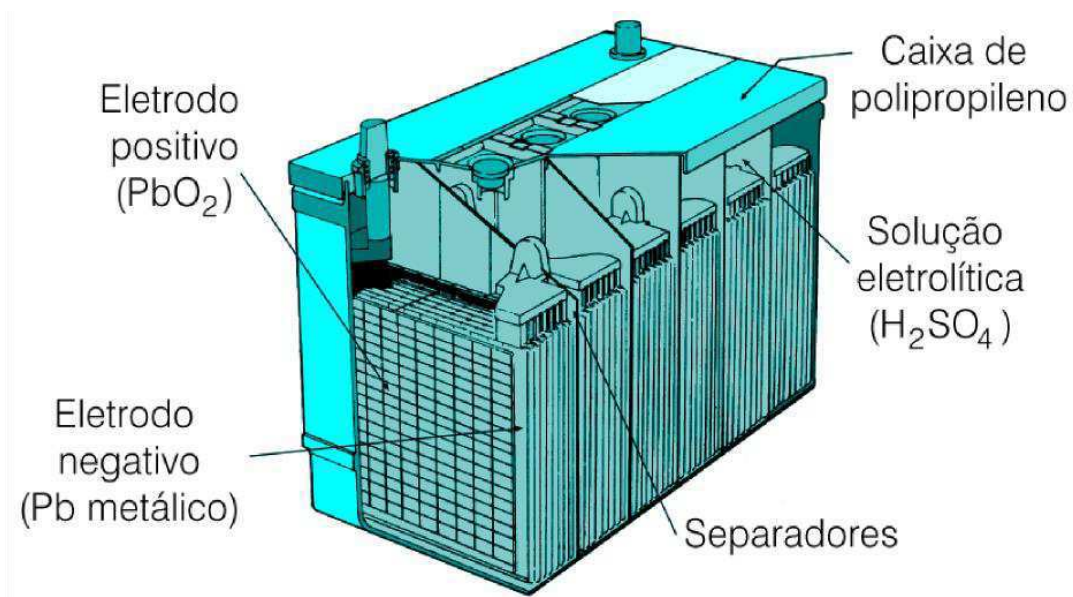


Figura 8 - Componentes básicos de uma bateria. (Baterias Chumbo-Ácido, 2013)

2.2 Características Gerais das Baterias

Baterias eletroquímicas ou somente "baterias", são dispositivos eletroquímicos que convertem energia elétrica em energia química potencial durante o carregamento, e convertem energia química em energia elétrica durante a descarga. Uma bateria é composta de várias células empilhadas em conjunto (EHSANI, et al., 2010). Uma célula é uma unidade independente e completa que possui todas as propriedades eletroquímicas já discutidas no Tópico 2.1. A seguir são apresentadas as características técnicas das baterias.

2.2.1 Capacidade

A quantidade de carga livre gerado pelo material ativo no eletrodo negativo e consumido pelo eletrodo positivo é chamado capacidade da bateria. A unidade SI da capacidade da bateria é o *Coulomb* (C). Uma unidade mais geral para a capacidade da bateria é de Amperes-hora (1 Ah = 3600 C). Por exemplo, uma bateria de 20 Ah pode fornecer uma corrente de 1 A, durante 20 horas ou 2 A durante 10 horas, ou 20 A durante 1 hora. Mas, em geral, a capacidade da bateria depende da taxa de descarga (PEREZ, 1993).

2.2.2 Estado de Carga

O estado de carga ou *State of Charge* (SoC) é a capacidade atual da bateria. É a quantidade de capacidade que permanece após uma condição de carga completa (HUSAIN, 2005). O circuito de medição do estado de carga da bateria é mostrado na Figura 9.

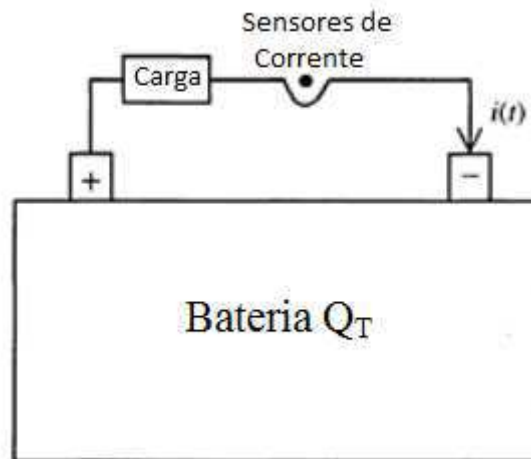


Figura 9 - Circuito para a medição do estado de carga. Adaptado de (HUSAIN, 2005)

A corrente é a taxa de variação de carga dada pela equação $i(t) = \frac{dq}{dt}$, em que q é a carga que se move através do circuito. O estado teórico instantânea de carga $SoC_T(t)$ é a quantidade de carga positiva equivalente no eletrodo positivo. Se o estado de carga é Q_T no tempo inicial t_0 , então $SoC_T(t_0) = Q_T$. Para um intervalo de tempo dt , tem-se que: $dSoC_T = -dq$, ou seja, $dSoC_T = -i(t)dt$.

Integrando a partir do momento t_0 inicial para o tempo final t , a expressão de estado instantâneo de carga é obtida como se segue: $SoC_T = Q_T - \int_{t_0}^t i(\tau)d\tau$.

2.2.3 Profundidade de descarga

A profundidade de descarga ou *Depth of Discharge* (DoD) é a percentagem da capacidade da bateria (capacidade nominal) para o qual uma bateria é descarregada (HUSAIN, 2005). A profundidade da descarga é dada por: $DoD(t) = \frac{Q_T - SoC_T(t)}{Q_T} \times 100\%$, ou seja, a profundidade de descarga é igual a:

$$\frac{\int_{t_0}^t i(\tau)d\tau}{Q_T} \times 100\%.$$

2.2.4 Energia Específica

Energia específica significa o quanto de energia elétrica pode ser armazenado por unidade de massa da bateria. A unidade SI para essa quantidade é *watt*-hora por quilograma ($\frac{Wh}{kg}$). Novamente, a energia específica não é um parâmetro constante uma vez que a energia armazenada varia com a taxa de descarga.

2.2.5 Potência Específica

Potência específica significa o quanto de energia pode ser fornecido por quilograma de bateria. Note-se que esta quantidade é dependente da carga servido pela bateria e, assim, é altamente variável e anômala. A unidade SI de potência específica é *watt* por quilograma ($\frac{W}{kg}$). Potência específica é a capacidade da bateria para fornecer energia. Uma potência específica mais elevada indica que é possível fornecer e retirar a energia da bateria rapidamente.

2.2.6 Números de ciclos profundos e vida útil da bateria

É a medida da quantidade de ciclos que a bateria pode efetuar, para certa profundidade de descarga. Por exemplo, uma bateria pode suportar 1000 ciclos de carga e descarga com 20% de profundidade de descarga. A mesma bateria suporta uma quantidade menor de ciclos caso a profundidade de descarga seja maior, ou seja, para uma ciclagem com descarga de 50% de profundidade de descarga a bateria pode suportar 300 ciclos. Esta especificação é muito importante, uma vez que afeta o tempo de vida útil da bateria em termos de número de ciclo profundo. Assim, em geral, deve reduzir as chances de profundidade de descargas muito elevadas em baterias, a fim de limitar os custos de operação.

2.3 Veículos elétricos híbridos

O desenvolvimento de motores de veículos a base de combustão interna, e em especial os automóveis, é um dos grandes marcos da tecnologia moderna. Os automóveis fazem parte de grandes contribuições para o crescimento da sociedade moderna por satisfazerem muitas das necessidades de locomoção no dia a dia de todos. O rápido desenvolvimento da indústria automotiva e de outras indústrias que servem de suporte e constituem a base da economia global e empregam uma grande parte da população mundial.

Entretanto, a grande quantidade de automóveis em uso no mundo está causando problemas contínuos ao meio ambiente e ao cotidiano da população. Poluição do ar, aquecimento global, a diminuição rápida das reservas de petróleo são problemas que afetam a todos. Nas últimas décadas, as atividades de pesquisa e desenvolvimento relacionados ao transporte têm enfatizado o desenvolvimento de alta eficiência, limpo e transporte seguro. Os veículos elétricos (VE), veículos elétricos híbridos (VEH), e veículos de célula de combustível têm sido tipicamente propostos para substituir os veículos convencionais em um futuro próximo (EHSANI, et al., 2010).

2.3.1 Arquitetura dos Veículos Elétricos Híbridos

Os automóveis convencionais de motor a combustão interna apresentam bom desempenho e operação de longa distância ao utilizarem combustíveis, a base de petróleo, que possuem alta densidade de energia. Contudo estes automóveis possuem a desvantagem de baixa economia de combustível e problemas de poluição ambiental. Já os VE movidos a baterias, possuem vantagens sobre os automóveis convencionais a motor de combustão interna, os VE possuem alta eficiência de energia e poluição ambiental zero. No entanto, o desempenho é muito inferior se comparada aos de combustão interna, devido à baixa densidade de energia que as baterias possuem. Os VEH utilizam duas fontes de energia, eles apresentam as vantagens dos VE e dos veículos a combustão interna e assim se sobressaem em relação às desvantagens individuais (EHSANI, et al., 2007). Dentro das diversas arquiteturas dos VEH, destacam-se a do VEH do tipo série, paralelo e o série-paralelo.

2.3.1.1 VEH tipo Série

É apresentada na Figura 10, a configuração de um VEH do tipo série. Para esta arquitetura, o motor a combustão interna é o conversor de energia primário que converte a energia original da gasolina em potência mecânica. A saída mecânica do motor de combustão é então convertida em eletricidade utilizando um gerador. O motor elétrico move a unidade usando a eletricidade final gerada pelo gerador de energia elétrica ou a energia armazenada na bateria. Nesta configuração, o motor elétrico pode receber energia elétrica diretamente a partir do motor, ou a partir da

bateria, ou ambos. Uma vez que o motor é dissociado das rodas (não há contato mecânico), a velocidade do motor pode ser controlada independentemente da velocidade do veículo. Isto não só simplifica o controle do motor, mas pode permitir a operação do motor à velocidade ideal para obter a melhor economia de combustível (MI, et al., 2011). Ele também fornece flexibilidade na localização do motor do veículo. Com base nas condições de funcionamento do veículo, os componentes de propulsão de um VEH do tipo série podem operar em diferentes combinações:

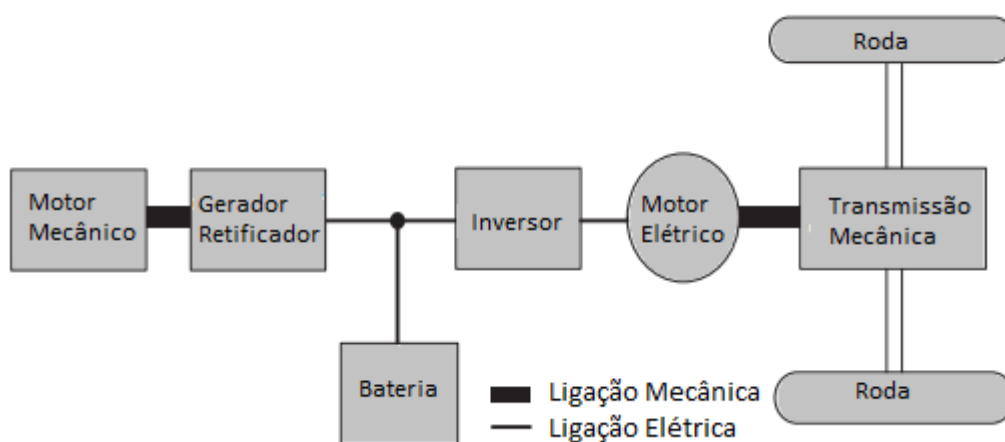


Figura 10 - Arquitetura de um VEH do tipo Série. Adaptado de (MI, et al., 2011).

- Bateria: Quando a bateria tem energia suficiente, e a demanda de alimentação do veículo é baixa, o motor de combustão interna é desligado, e o veículo é alimentado apenas pela bateria.
- Combinado: Em alta demanda de energia, o motor a combustão está ligado em conjunto com a bateria e eles fornecem energia para o motor elétrico.
- Motor: Durante o cruzeiro e em demandas moderadamente elevadas de energia, o conjunto do motor a combustão está ligado. A bateria não é carregada nem descarregada. Isto ocorre devido ao fato de que o estado de carga da bateria já pode estar em um nível elevado.
- Divisão de energia: Quando o motor a combustão é ligado, e a demanda de energia do veículo for inferior à potência do motor a combustão, e o estado de carga

da bateria é baixo, então uma parte da energia do motor a combustão é usado para carregar a bateria.

- Carga estacionária: A bateria é carregada a partir do motor a combustão sem que o veículo a ser conduzido.
- Freio regenerativo: O motor elétrico é operado como um gerador que converte a energia cinética do veículo em energia elétrica e carregar a bateria.

2.3.1.2 VEH tipo Paralelo

É apresentada na Figura 11 a configuração de um VEH do tipo paralelo. Nesta configuração, o motor a combustão interna e o motor elétrico podem ambos fornecer energia para as rodas. O motor a combustão e o motor elétrico são acoplados à transmissão final por meio de um mecanismo composto por: embreagem, correias, polias e engrenagens. Tanto o motor a combustão quanto o motor elétrico podem fornecer energia para a unidade final, tanto no modo combinado, ou cada um separadamente. O motor elétrico pode ser utilizado como um gerador para recuperar a energia cinética durante a frenagem ou absorver uma porção da energia do motor a combustão (MI, et al., 2011). O VEH pode ser usado nos seguintes modos:

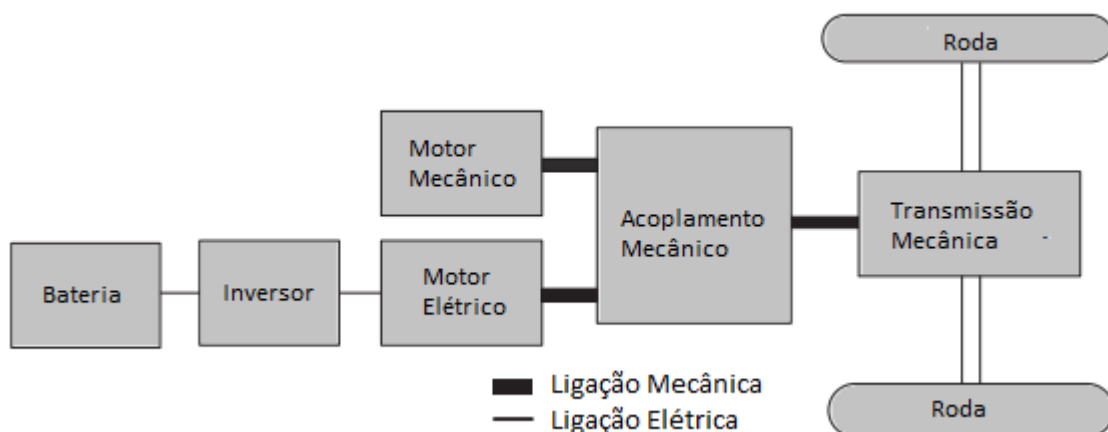


Figura 11 - Arquitetura de um VEH do tipo Paralelo. Adaptado de (MI, et al., 2011).

- Motor elétrico: Quando a bateria tem energia suficiente, e a demanda de alimentação do veículo é baixa, então o motor a combustão é desligado, e o veículo é alimentado pelo motor e só bateria.

- **Combinado:** Em alta demanda de potência, o motor a combustão é ligado e o motor elétrico também fornece energia para as rodas.

- **Motor a combustão:** Durante o cruzeiro e em demandas moderadamente alta potência, o motor a combustão fornece toda a energia necessária para conduzir o veículo. O motor elétrico permanece inativo.

- **Divisão de energia:** Quando o motor a combustão está ligado, mas a demanda de alimentação do veículo é baixa e o estado de carga da bateria também é baixo, então uma parte da potência do motor a combustão é convertida em energia elétrica pelo motor elétrico para carregar a bateria.

- **Carregamento parado:** A bateria é carregada, executando o motor elétrico como um gerador e impulsionado pelo motor a combustão, com o veículo em repouso.

- **Freio regenerativo:** O motor elétrico é operado como um gerador que converte a energia cinética do veículo em energia elétrica e armazená-lo na bateria. Note-se que, no modo de regeneração, é, em princípio, possível rodar o motor a combustão interna, e assim fornecer corrente adicional para carregar a bateria mais rapidamente e comandar seu torque em conformidade, ou seja, para combinar a entrada de energia da bateria total. Neste caso, os controladores de motores e automóveis têm de ser adequadamente coordenados.

2.3.1.3 VEH tipo Série-Paralelo

A arquitetura de um VEH do tipo série-paralelo é mostrada na Figura 12, ele incorpora as características dos VEH série e paralelo. Portanto, ele pode ser operado como uma VEH série ou paralelo. Em comparação com um VEH série, o VEH série-paralelo adiciona uma ligação mecânica entre o motor e a transmissão final, de modo que o motor pode conduzir as rodas diretamente. Ao ser comparado com um VEH paralelo, o VEH série-paralelo adiciona um segundo motor elétrico que serve principalmente como um gerador.

O fato do VEH série-paralelo poder operar em ambos os modos paralelo e em série, a eficiência do combustível e dirigibilidade podem ser otimizada com base na

condição de funcionamento do veículo. O aumento do grau de liberdade no controle faz com que VEH série-paralelo se torne uma escolha popular. No entanto, devido à complexidade e ao aumento dos componentes, este veículo é geralmente mais caro do que os VEH séries e paralelos (MI, et al., 2011).

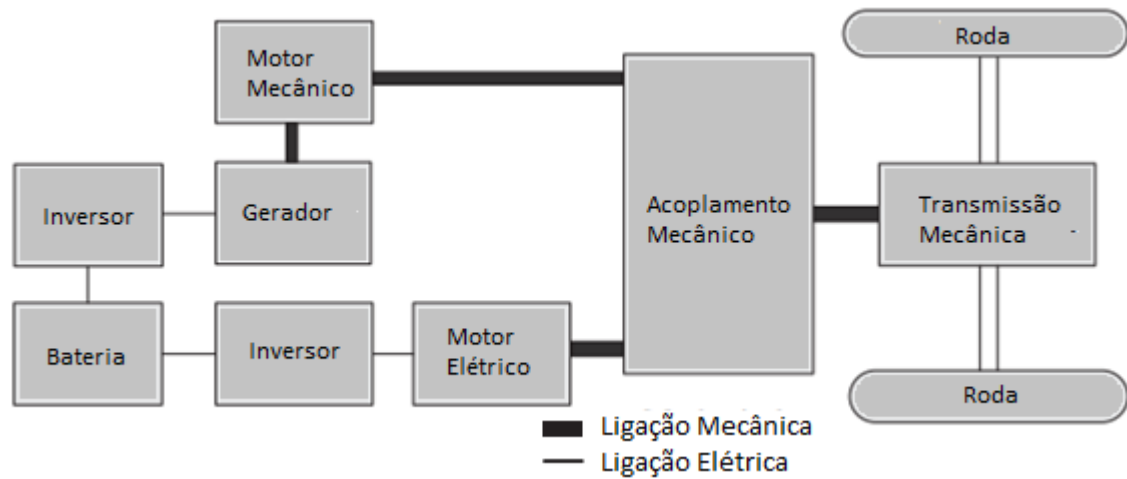


Figura 12 - Arquitetura de um VEH do tipo Série-Paralelo. Adaptado de (MI, et al., 2011).

3 Atividades Desenvolvidas

O estágio foi realizado em duas áreas: a de Engenharia de Reposição e a de Veículos Elétricos Híbridos. Na área de Engenharia de Reposição foram tratados de projetos que surgiam, ou seja, da demanda de clientes internos e externos. Já para o caso da área de veículos elétricos híbridos foi um projeto da Moura para a utilização de um novo conceito de tecnologia de baterias para veículos elétricos híbridos.

3.1 Engenharia de Reposição

A área de Engenharia de Reposição de uma empresa trata com o produto final, ou seja, todo o projeto de criação do produto já foi feito e é parte da Engenharia de Reposição tratar com as aplicações do produto final, assim como, tratar a reposição dos produtos no mercado. No caso da Moura, a área de reposição é responsável pelo pós-desenvolvimento que compõem a parte do suporte do produto e da aplicação do produto.

3.1.1 Suporte do produto

Para poder efetuar a parte do suporte de baterias é necessário primeiramente conhecer o produto e suas características específicas. Os produtos já foram apresentados no Tópico 1.2.

As características técnicas dos produtos estão apresentadas no catálogo do produto, no catálogo há todas as especificações técnicas. Na Figura 13 e Figura 14 estão apresentadas algumas destas características para a bateria Moura *Clean Nano*. Informações como: modelo, tensão nominal, capacidade, peso, corrente de curto circuito e dimensões são apresentadas nestes catálogos (Figura 13). Nota-se que na Figura 14 a relação entre os números de ciclos e a profundidade de descarga da bateria é se semelhante ao que foi explicado no Tópico 2.2.6, assim, quanto maior a descarga na bateria menor será sua vida útil.

Além das características técnicas do produto, é apresentado também no catálogo como deve ser efetuada a recarga nas baterias, se é com: corrente constante ou a tensão constante. Em adicional, informativos de como deve ser efetuada a instalação das baterias, as possíveis ligações que podem ser efetuadas, as condições

ideais para o armazenamento e recomendações de manutenção também fazem parte do catálogo.

| Especificações Técnicas | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------|-------|------|-----------|---------|-------------|-----------|--------|------------------|
| Modelo | Tensão Nominal (V) | Capacidade a 25°C (Ah) | | | Dimensões (mm) | | | Peso (Kg) | Icc (A) | Rint (mOhm) | Terminais | Layout | Tipo de terminal |
| | | 5 h 1,75 V _{pe} | 10 h 1,75 V _{pe} | 20 h 1,75 V _{pe} | Comp. | Larg. | Alt. | | | | | | |
| 12MF30 | 12 | 24 | 27 | 30 | 197 | 130 | 184 | 10,8 | 1400 | 8,7 | M6 | | |
| 12MF36 | 12 | 27 | 33 | 36 | 212 | 175 | 175 | 11,4 | 1711 | 7,1 | M6 | | |
| 12MF45 | 12 | 37 | 41 | 45 | 212 | 175 | 175 | 12,6 | 1763 | 6,9 | M6 | | |
| 12MF45A | 12 | 37 | 41 | 45 | 212 | 175 | 190 | 12,7 | 1763 | 6,9 | M6 | | |
| 12MF55 | 12 | 44,2 | 50 | 55 | 242 | 175 | 175 | 14,9 | 1987 | 6,2 | M6 | | |
| 12MF63 | 12 | 52,6 | 57 | 63 | 282 | 175 | 175 | 17,3 | 2434 | 5,0 | M6 | | |
| 12MF80 | 12 | 60,3 | 72 | 80 | 306 | 172 | 227 | 24,1 | 2534 | 4,9 | M8 | | |
| 12MF100 | 12 | 81,8 | 92 | 100 | 397 | 105 | 280 | 25,4 | 2346 | 5,2 | M6 | | |
| 12MF105 | 12 | 87,2 | 95 | 105 | 330 | 172 | 244 | 27,3 | 2516 | 4,9 | M8 | | |
| 12MF150 | 12 | 115,3 | 135 | 150 | 509 | 211 | 246 | 43,7 | 4013 | 3,1 | M8 | | |
| 12MF170 | 12 | 132,7 | 155 | 170 | 560 | 125 | 316 | 52,0 | 3725 | 3,3 | M8 | | |
| 12MF175 | 12 | 136,5 | 160 | 175 | 517 | 272 | 246 | 54,2 | 4813 | 2,5 | M8 | | |
| 12MF220 | 12 | 179,4 | 200 | 220 | 517 | 272 | 246 | 57,8 | 4840 | 2,5 | M8 | | |

Figura 13 - Especificações Técnicas da bateria (Catálogo Moura Clean Nano, 2010).

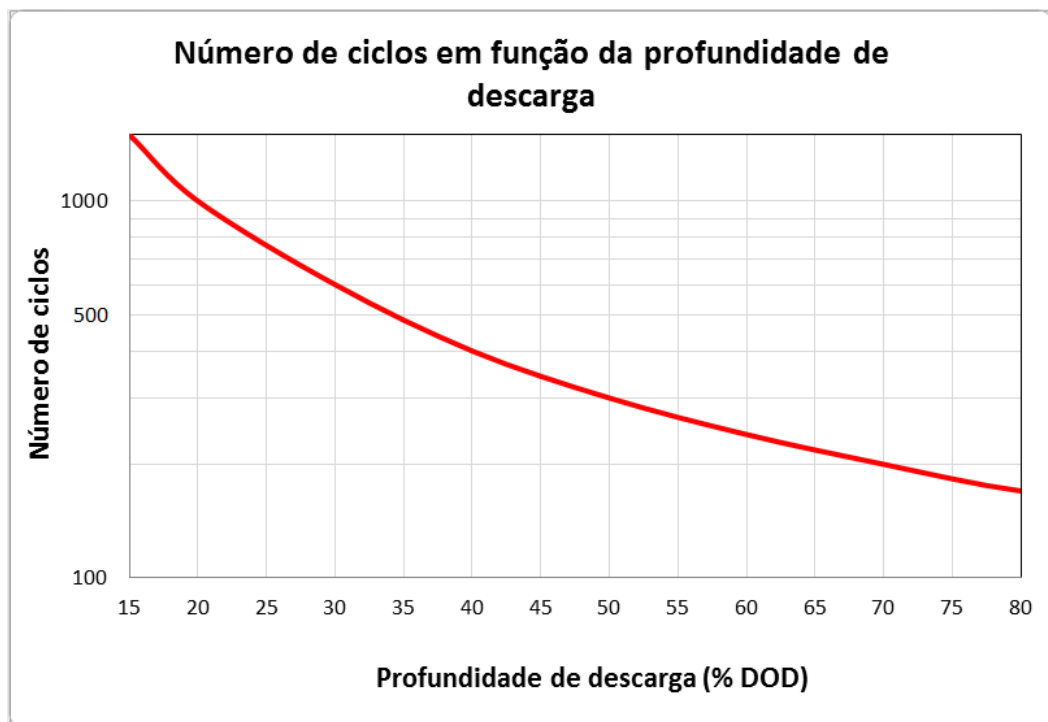


Figura 14 - Relação: profundidade de descarga e número de ciclos (Catálogo Moura Clean Nano, 2010).

Durante o estágio, as atividades desenvolvidas nesta área eram compostas por responder a clientes internos e externos os seguintes questionamentos:

- Como as baterias devem ser estocadas, neste caso o cliente era a rede de distribuição Moura;
- As características das baterias no inverno, questionamento feito pela parte de marketing da Moura;
- Cliente externo queria saber qual era o produto da Moura que é similar a um produto de marca de baterias concorrente;
- Determinar se há restrição no modo de instalação de uma bateria em motos.

3.1.2 Aplicação do produto

Para a parte de aplicação do produto, é necessário um conhecimento detalhado do produto para diversas aplicações. As atividades desenvolvidas durante o estágio neste tópico foram voltadas para as bateiras Moura *Clean Nano*, com ênfase em suas aplicações para projetos fotovoltaicos.

Para os projetos fotovoltaicos, era necessário inicialmente especificar o valor da carga que seria colocada para determinar a quantidade de baterias que podem atender a esta demanda. O tempo de utilização da carga, pois uma carga pode ficar ligada só à noite, neste caso o dano causado na bateria é maior, pois no período noturno toda a carga fica alimentada apenas pelas baterias, e como foi apresentado na Figura 14 caso a bateria sofra uma alta profundidade de descarga, ou seja, caso a bateria fique com um estado de carga muito baixo o número de ciclos da bateria será reduzido.

Além disto, é necessário ter conhecimento do tipo de controlador que é utilizado no projeto, para saber como ele opera, assim será determinado como será feita a recarga na bateria e determinar se os níveis de corrente e tensão de recarga estão de acordo com o que é especificado no catálogo. E por fim, determinar as características gerais do projeto como a autonomia máxima exigida e a relação de carga/descarga.

Dentre os diversos projetos que o estagiário participou durante o estágio, o projeto dos painéis solares da Kyocera teve uma maior importância e será detalhado a seguir.

3.1.2.1 Painéis solares da Kyocera

A Kyocera é uma empresa global comprometida na fabricação e distribuição de produtos de energia renovável de alta qualidade, ela possui todo o sistema de energia solar, desde os painéis solares até os controladores.

A Kyocera está com o projeto de instalar um sistema de iluminação do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro (Figura 15). Este projeto consiste na instalação de painéis solares em postes que iluminarão lâmpadas LED.

A quantidade total de postes é de 4000 que serão distribuídos ao longo de 144 km de rodovia. Cada poste irá conter quatro baterias Moura *Clean Nano* (12MF220) de 220Ah de capacidade totalizando em 16000 baterias.



Figura 15 - Sistema de Iluminação Kyocera.

O conjunto de baterias e controladores será armazenado em um gabinete (Figura 16), e este conjunto será posto no topo do poste, na Figura 17 é apresentado todo o

sistema. Neste sistema serão utilizados quatro tipos de lâmpadas LED que estão mostrados na Figura 18, Figura 19, Figura 20 e Figura 21.



Figura 16 - Gabinete com baterias e controladores.



Figura 17 - Sistema completo de iluminação.



Figura 18 - Lâmpada LED 157W e 24V.



Figura 19 - Lâmpada LED 150W e 24V.



Figura 20 - Lâmpada LED 140W e 24V.



Figura 21 - Lâmpada LED 137W e 24V.

Inicialmente, foram feitos testes na bateria 12MF220, para determinar as curvas da tensão em função da profundidade de descarga (ou, DoD - *Depth of Discharge*), como já foi apresentado anteriormente (Tópico 2.2.3) a capacidade da bateria depende da taxa de descarga, ou seja, depende da corrente com que a bateria é descarregada. Na Figura 22 é apresentada a curva da Tensão em função da DoD para uma corrente de descarga que descarrega a bateria em: 1 hora (C1), 10 horas (C10), 20 horas (C20) e 100 horas (C100).

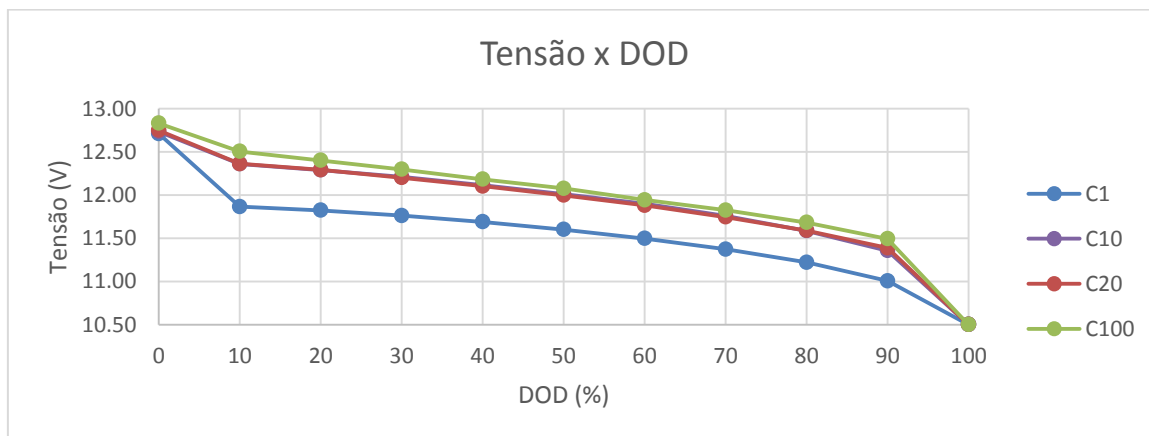


Figura 22 - Tensão em função da DoD para a bateria 12MF220.

O projeto destes painéis solares adotou que as baterias devem ser descarregadas diariamente cerca de 20%, ou seja, o estado de carga da bateria (Tópico 2.2.2) deve chegar ao máximo 80% o que equivale a uma profundidade de descarga de 20%, diariamente. E como se trata de um painel solar tem-se que em operações normais, durante o dia das 6 horas às 18 horas as baterias são recarregadas pelos painéis solares e os painéis solares também alimentam as lâmpadas caso o sensor indique

que a luminosidade esteja baixa, e durante o período da noite das 18 horas às 6 horas, as baterias alimentam as lâmpadas LED, assim é necessário que as baterias suportem uma descarga de 12 horas chegando a no máximo 20% de profundidade de descarga. Tal ensaio foi realizado e os resultados são apresentados nas Figura 23 e Tabela 2.

Tabela 2- Teste de descarga com potência constante 37,5W.

| 12MF220 | | |
|-----------|-----------------|--------------|
| DoD (%) | Tempo | Tensão (V) |
| 0 | 0:00:07 | 12,86 |
| 10 | 8:25:21 | 12,51 |
| 20 | 16:47:18 | 12,41 |
| 30 | 25:05:13 | 12,31 |
| 40 | 33:18:58 | 12,20 |
| 50 | 41:28:17 | 12,09 |
| 60 | 49:32:58 | 11,97 |
| 70 | 57:32:41 | 11,84 |
| 80 | 65:26:49 | 11,69 |
| 90 | 73:14:19 | 11,50 |
| 100 | 80:49:37 | 10,50 |

| 12MF220 | | |
|--------------|-----------------|--------------|
| DoD (%) | Tempo | Tensão (V) |
| 10,69 | 09:00:00 | 12,50 |
| 11,88 | 10:00:00 | 12,49 |
| 13,08 | 11:00:00 | 12,48 |
| 13,68 | 11:30:00 | 12,47 |
| 14,27 | 12:00:00 | 12,47 |
| 14,87 | 12:30:00 | 12,46 |
| 15,47 | 13:00:00 | 12,45 |
| 16,66 | 14:00:00 | 12,44 |
| 17,86 | 15:00:00 | 12,43 |

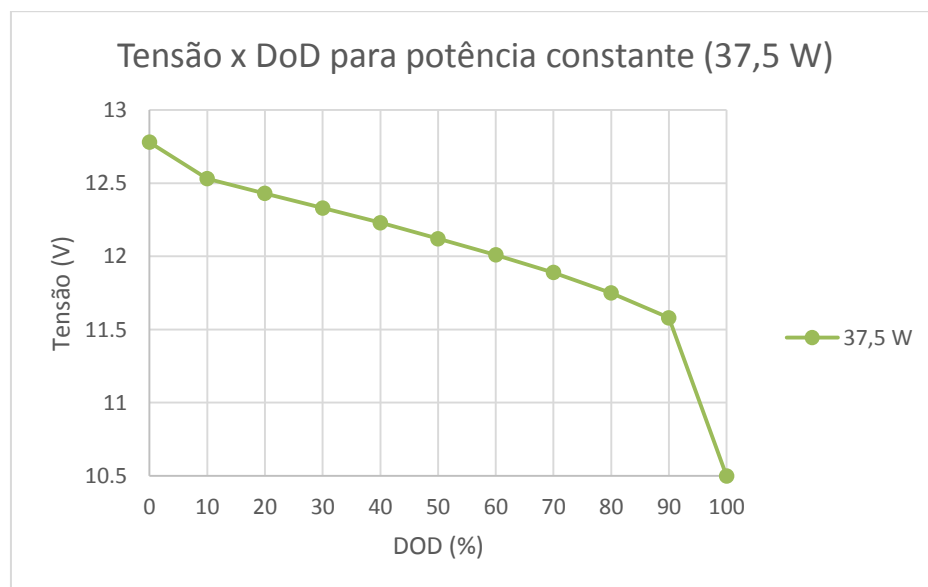


Figura 23 - Tensão x DOD para potência constante 37,5W.

Nota-se que o teste foi realizado simulando a lâmpada de 150W ($150W/4 = 37,5W$), assim há uma descarga de 37,5W por bateria. Para a autonomia diária prevista de 12 horas, nota-se que o DoD da bateria foi de 14,27%, e para uma profundidade de descarga de 20% a bateria apresenta uma autonomia de quase 17 horas valores bem superiores ao do projeto, o que demonstra a robustez do sistema e confiabilidade.

3.2 Veículos Elétricos Híbridos

O projeto do VEH trata do primeiro conceito de ônibus híbrido no Brasil com baterias de chumbo-ácido ele possui tecnologia 100% brasileira. Essa tecnologia resulta na baixa emissão de poluentes e na economia de combustível. O veículo tem duas fontes de energia, Grupo Motor Gerador e Baterias.

As seguintes empresas fazem parte deste projeto: Mercedes-Benz que fornece o ônibus todo equipado, a WEG fornece os geradores e os componentes do motor elétrico, a Acumuladores Moura S/A e a Eletra que é empresa pioneira na fabricação de ônibus elétricos e de ônibus híbridos. Estas empresas são responsáveis pela construção do veículo, a parte do motor elétrico e freio regenerativo, e a aplicação de baterias. A Moura é responsável por propor melhorias na eficiência de regeneração das baterias do VEH. Para isto, ela vem investindo esforços em pesquisa e desenvolvimento de novos componentes e aditivos para serem aplicados nas baterias.

O protótipo de ônibus híbrido possui o nome de Híbrido BR (Figura 24). No Híbrido BR apenas o motor elétrico movimenta o veículo, caracterizando a tecnologia de VEH do tipo série. A energia para o motor elétrico vem de um grupo motor gerador, formado por um motor Mercedes-Benz movido a Diesel ou a Diesel de cana e um gerador trifásico WEG. O modelo tem um banco de 48 baterias chumbo-ácida, desenvolvido pela MOURA 12ML65 (Moura Log Diesel), que complementa a energia disponível para o motor elétrico. É apresentada na Figura 25 a representação dos componentes do Híbrido BR.



Figura 24 - Híbrido BR.

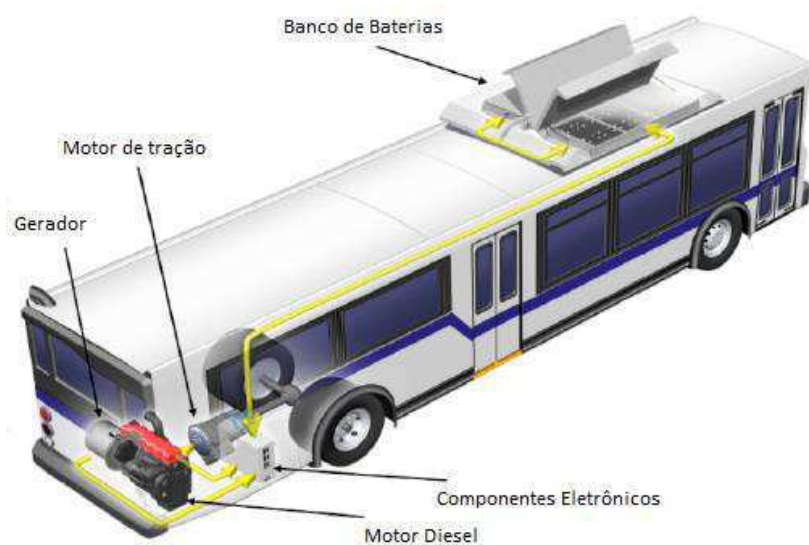


Figura 25 - Componentes do Híbrido BR.

Em relação ao modo de operação, tem-se que quando o Híbrido BR está freando, o motor elétrico funciona como gerador, convertendo a energia cinética do veículo em energia elétrica, assim carregando o banco de baterias. O Híbrido BR não requer carga externa das baterias.

O esquema com a arquitetura do Híbrido BR é apresentada na Figura 26. Trata-se de um veículo híbrido do tipo série com arquitetura similar a apresentada no Tópico 2.3.1.1. Em azul está o motor mecânico e o gerador, em laranja há o banco de baterias e de acordo com o modo de funcionamento do veículo o motor pode carregar as baterias ou fornecer carga para acelerar o motor, os modos de operação do veículo híbrido do tipo série também estão detalhados no Tópico 2.3.1.1.

Em relação à partida do Híbrido BR ele apresenta duas possibilidades: partida utilizando apenas as baterias ou partida utilizando apenas o motor diesel, ou seja, a partir do gerador. Estes modos de operação de partida estão apresentados na Figura 27.

Pode-se notar pela Figura 27 que quando o Híbrido BR realiza a partida na bateria, o motor mecânico só começa a atuar quando o veículo atinge 15 km/h, ou seja, caso o veículo demore muito tempo para atingir esta velocidade o banco de baterias pode chegar a uma alta profundidade de descarga ou até descarregar totalmente as baterias. Já para o caso da partida com o motor mecânico o desgaste do banco de baterias é bem inferior, e quando o veículo está parado é possível que o motor mecânico carregue as baterias.

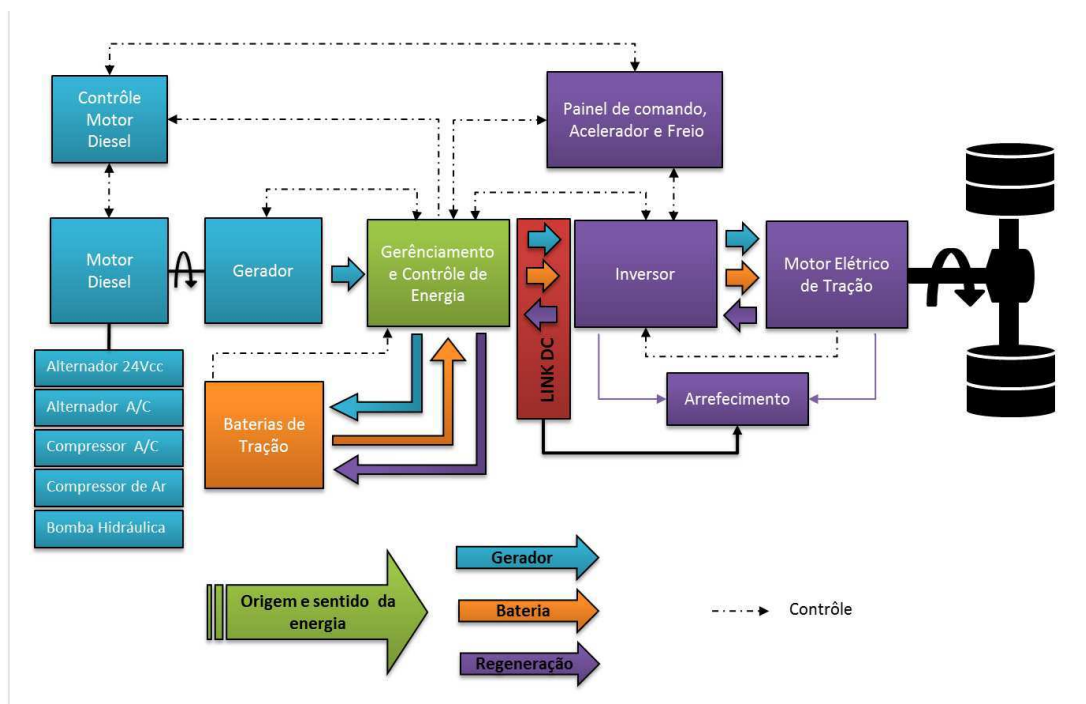


Figura 26 - Arquitetura do Híbrido BR.

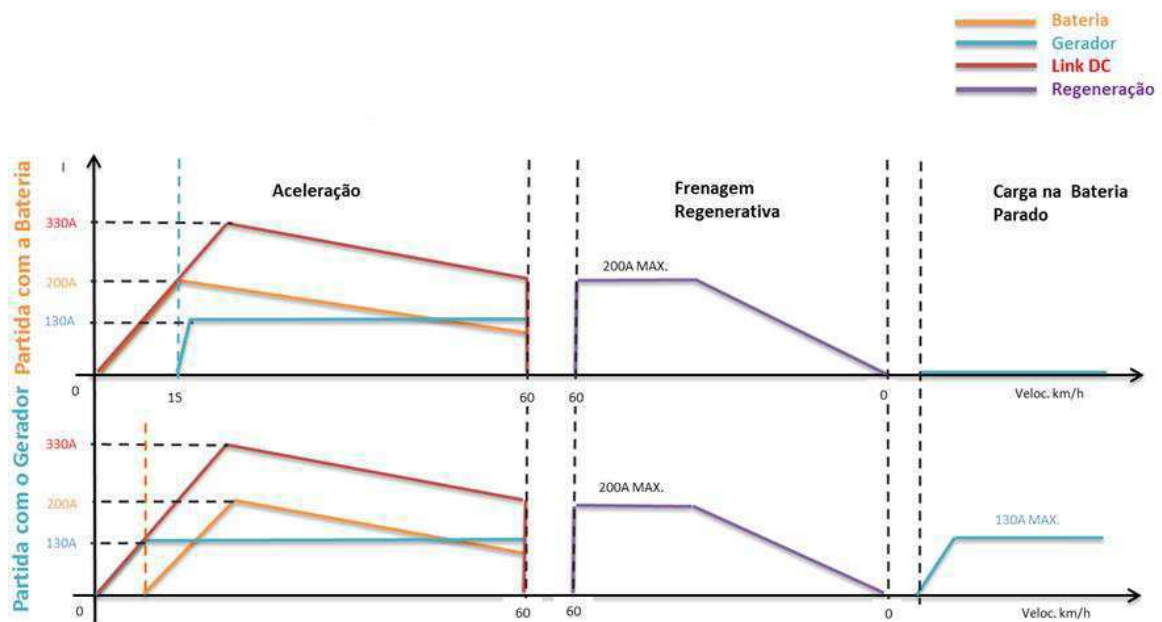


Figura 27 - Partida com a bateria ou gerador.

Para testar o desempenho deste veículo foram instalados equipamentos *data logger* que são equipamentos que medem corrente e tensão a cada determinado tempo (pré-definido). Além disto, foram colocados galões de água para que simulassem o peso dos passageiros. E todos os equipamentos de uso padrão foram mantidos em funcionamento usual, como: rádio, ar condicionado, faróis, etc.

Durante os testes o Híbrido BR estava com a seguinte parametrização: o veículo sai da inercia e atinja 10 km/h somente na bateria, ao atingir essa velocidade entra o grupo gerador (motor diesel) trabalhando em série com o banco de baterias. Caso o banco de bateria atinja uma tensão de 534 Volts, ou seja, 11,12 Volts por bateria é atuada uma condição chamada de sub-tensão onde o grupo gerador atua independente da velocidade isso ocorre para repor a carga da bateria, e sai dessa condição quando o banco de bateria atingir uma corrente de carga de 60 A.

Foram feito a medição em dois ônibus que realizaram suas rotas padrões, efetuando-se as paradas de acordo com cada rota. Os resultados obtidos para as tensões e correntes para as rotas 1 e 2 estão apresentados nas Figura 28, Figura 29, Figura 30 e Figura 31.

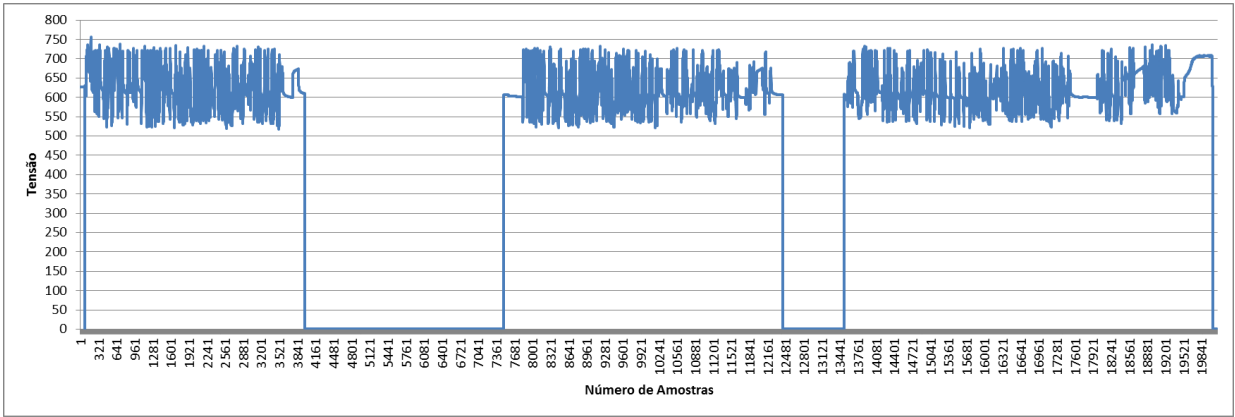


Figura 28 - Gráfico da Tensão (Rota 1).

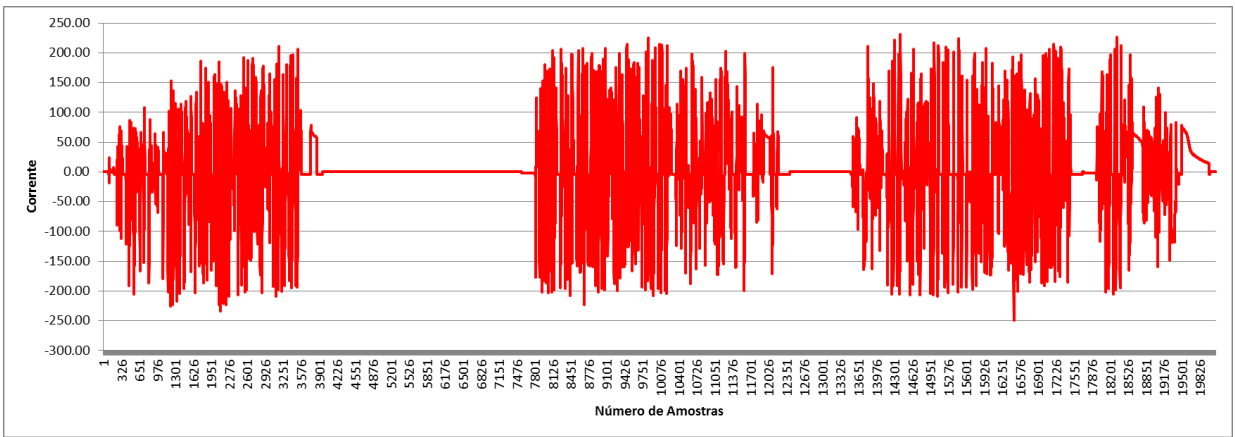


Figura 29 - Gráfico da Corrente (Rota 1).

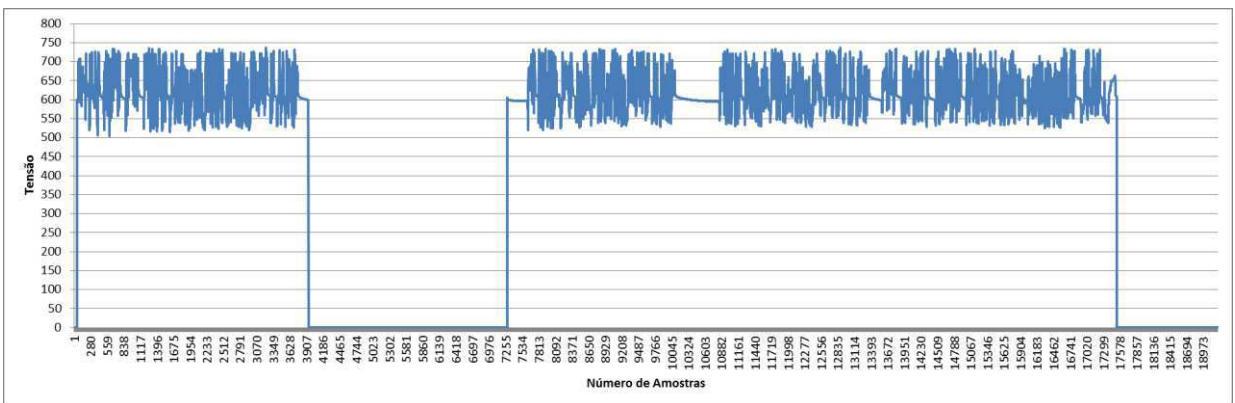


Figura 30 - Gráfico da Tensão (Rota 2).

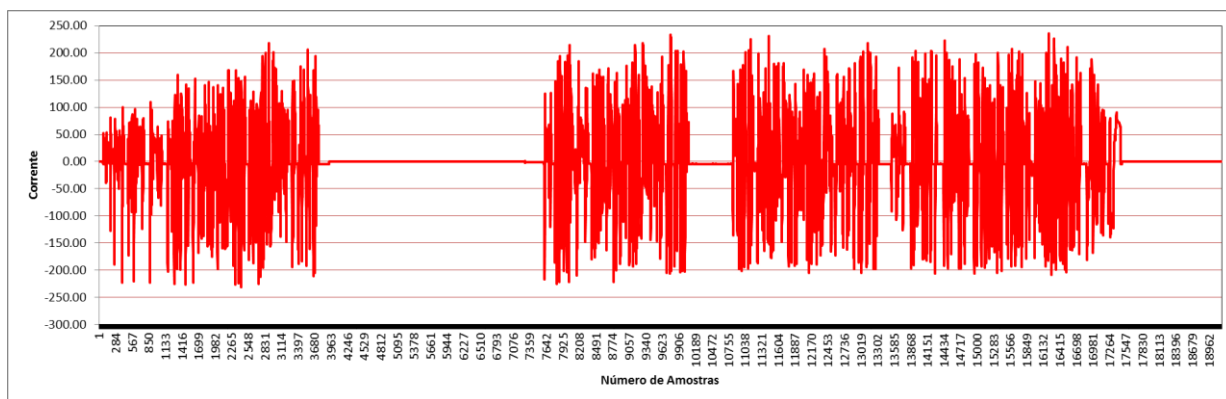


Figura 31 - Gráfico da Corrente (Rota 2).

Para a análise desses dados, dividiu-se a rota 1 em três trechos, trechos os quais a corrente é diferente de zero, para a rota 2 foi necessário dividir em dois trechos. Os resultados com os valores de tensão corrente e o balanço energético estão apresentados nas Tabela 3, Tabela 4, Tabela 5 e Tabela 6.

Tabela 3 - Análise dos resultados dos trechos da rota 1.

| | | | | |
|----------|---------------------------|----------|----------------------------|------------------|
| Trecho 1 | Tensão Máxima | 757.00 V | Corrente Máxima | 210.67 A |
| | Tensão Mínima | 518.00 V | Corrente Mínima | -234.00 A |
| | Tensão Média | 626.02 V | Corrente Média | -4.40 A |
| | Tensão Máxima por bateria | 15.77 V | Corrente de Carga Média | 56.32 A |
| | Tensão Mínima por Bateria | 10.79 V | Corrente de Descarga Média | -44.50 A |
| | Tensão Média por Bateria | 13.04 V | Balanço Trecho 1 | -4.737 Ah |
| Trecho 2 | Tensão Máxima | 733.00 V | Corrente Máxima | 225.33 A |
| | Tensão Mínima | 521.00 V | Corrente Mínima | -222.67 A |
| | Tensão Média | 613.75 V | Corrente Média | 0.11 A |
| | Tensão Máxima por bateria | 15.27 V | Corrente de Carga Média | 78.14 A |
| | Tensão Mínima por Bateria | 10.85 V | Corrente de Descarga Média | -41.51 A |
| | Tensão Média por Bateria | 12.79 V | Balanço Trecho 2 | 0.150 Ah |
| Trecho 3 | Tensão Máxima | 736.00 V | Corrente Máxima | 231.67 A |
| | Tensão Mínima | 521.00 V | Corrente Mínima | -249.00 A |
| | Tensão Média | 621.42 V | Corrente Média | 2.56 A |
| | Tensão Máxima por bateria | 15.33 V | Corrente de Carga Média | 66.28 A |
| | Tensão Mínima por Bateria | 10.85 V | Corrente de Descarga Média | -39.38 A |
| | Tensão Média por Bateria | 12.95 V | Balanço Trecho 3 | 4.612 Ah |

Tabela 4 - Análise dos resultados gerais rota 1.

| | | | | |
|-------|---------------------------|----------|----------------------------|-----------------|
| Total | Tensão Máxima | 757.00 V | Corrente Máxima | 231.67 A |
| | Tensão Mínima | 518.00 V | Corrente Mínima | -249.00 A |
| | Tensão Média | 620.14 V | Corrente Média | 0.01 A |
| | Tensão Máxima por bateria | 15.77 V | Corrente de Carga Média | 67.09 A |
| | Tensão Mínima por Bateria | 10.79 V | Corrente de Descarga Média | -41.37 A |
| | Tensão Média por Bateria | 12.92 V | Balanço TOTAL | 0.026 Ah |

Tabela 5 - Análise dos resultados dos trechos da rota 2.

| | | | | |
|-----------------|---------------------------|----------|----------------------------|------------------|
| Trecho 1 | Tensão Máxima | 736.70 V | Corrente Máxima | 217.67 A |
| | Tensão Mínima | 504.70 V | Corrente Mínima | -231.00 A |
| | Tensão Média | 624.22 V | Corrente Média | -0.68 A |
| | Tensão Máxima por bateria | 15.35 V | Corrente de Carga Média | 58.76 A |
| | Tensão Mínima por Bateria | 10.51 V | Corrente de Descarga Média | -41.82 A |
| | Tensão Média por Bateria | 13.00 V | Balanco Trecho 1 | -0.733 Ah |
| Trecho 2 | Tensão Máxima | 736.80 V | Corrente Máxima | 235.33 A |
| | Tensão Mínima | 520.40 V | Corrente Mínima | -224.67 A |
| | Tensão Média | 614.54 V | Corrente Média | -0.08 A |
| | Tensão Máxima por bateria | 15.35 V | Corrente de Carga Média | 76.27 A |
| | Tensão Mínima por Bateria | 10.84 V | Corrente de Descarga Média | -41.56 A |
| | Tensão Média por Bateria | 12.80 V | Balanco Trecho 2 | -0.231 Ah |

Tabela 6 - Análise dos resultados gerais rota 2.

| | | | | |
|--------------|---------------------------|----------|----------------------------|------------------|
| Total | Tensão Máxima | 736.80 V | Corrente Máxima | 235.33 A |
| | Tensão Mínima | 504.70 V | Corrente Mínima | -231.00 A |
| | Tensão Média | 617.20 V | Corrente Média | -0.25 A |
| | Tensão Máxima por bateria | 15.35 V | Corrente de Carga Média | 70.92 A |
| | Tensão Mínima por Bateria | 10.51 V | Corrente de Descarga Média | -41.63 A |
| | Tensão Média por Bateria | 12.86 V | Balanco TOTAL | -0.964 Ah |

Os valores do balanço energético total para as duas rotas 1 e 2 foram de, respectivamente, 0,026Ah e -0,964Ah. Isto representa que no primeiro caso a bateria ganhou carga após o término da rota e no segundo caso ela perdeu carga. Tais valores são considerados satisfatórios, pois a ciclagem da bateria é um processo estocástico, caso o ônibus efetue muitas paradas a recarga das baterias através do freio regenerativo é maior, aumentando assim o valor do balanço energético e o número dessas paradas possuem como variáveis: o trânsito, o horário de circulação do ônibus, o número de paradas nos pontos e o modo de dirigir do motorista. O valor negativo do balanço energético representa 1,54% da capacidade da bateria (12ML65 possui uma capacidade de 65Ah), logo os resultados foram considerados excelentes.

Além dos testes em campo, é Julho deste ano (2014) a norma europeia EN 50342-6 foi lançada a proposta dela é validar as baterias chumbo-ácido para aplicações em VEH. Esta norma é composta de testes padrões como reserva de capacidade, descarga a frio, durabilidade e consumo de água, de inovador há o teste de ciclagem *micro-hybrid test* que é um teste que simula o funcionamento de um veículo com as características de um veículo híbrido com freio regenerativo. No momento há cinco baterias em teste realizando os testes desta norma que têm previsão para

terminarem entre fevereiro e março de 2015. Caso as baterias passem no teste, elas poderão ser certificadas para a aplicação em VEH.

4 Conclusão

O estágio na Acumuladores Moura S/A foi uma grande oportunidade para adquirir conhecimentos, aplicar os ensinamentos aprendidos ao longo do curso e desenvolver novas habilidades. Tais conhecimentos serão de grande importância para o início da vida profissional.

Durante este período, foram desenvolvidas atividades diretamente ligadas à área da Engenharia Elétrica, por outro lado, outras habilidades foram desenvolvidas, principalmente no que diz respeito aos processos burocráticos de uma grande empresa, relacionamento com prestadoras de serviços e acompanhamento de ensaios.

Deste modo, a vivência em um ambiente profissional dinâmico, a troca de conhecimento com pessoas de outros países, o contato com fornecedores e empresas terceirizadas e os conselhos adquiridos com o pessoal mais experiente trouxeram, sem dúvidas, ganhos positivos tanto à carreira profissional quanto ao desenvolvimento pessoal.

5 Bibliografia

Baterias Chumbo-Ácido. Engenharia de Produto - Grupo Moura. 2013.

Catálogos MOURA. 2014. Disponível em: <<http://www.moura.com.br/pt/produtos>>.

Acesso em: 12 dez. 2014.

Catálogo Moura Clean Nano. Grupo Moura. 2010.

DINIZ, Flamarion B. Acumuladores de Chumbo-Ácido: Fabricação e Novos Desenvolvimentos. 1995.

EHSANI, M., GAO, Y., EMADI, A. Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals, Theory, and Design, Second Edition. 2010.

EHSANI, M., GAO, Y., MILLER, J. M. Hybrid electric vehicles: Architecture and motor drives. Proceedings of the IEEE, Special issue on Electric, Hybrid Electric and Fuel Cells Vehicle, Vol. 95, No. 4, April 2007.

Evolução da Moura. 2014. Disponível em: <[www.moura.com.br /pt/evolucao](http://www.moura.com.br/pt/evolucao)>.

Acesso em: 12 dez. 2014.

HUSAIN, I. Electric and Hybrid Vehicle, Design Fundamentals. 2005.

MI, C., MASRUR, M. A., GAO, D. W. Hybrid Electric Vehicles: Principles and Applications with Practical Perspectives. 2011.

PEREZ, Richard. Lead-Acid Battery State of Charge vs Voltage. 1993.