



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

TÚLIO ALBUQUERQUE DIAS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

ACUMULADORES MOURA S/A

Campina Grande – PB
Outubro de 2013

TÚLIO ALBUQUERQUE DIAS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO
ACUMULADORES MOURA S/A

*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: Equipamentos Elétricos e Processos de Formação de Baterias
Industriais

Orientador
Maurício Beltrão de Rossiter Correa, D. Sc.

Campina Grande – PB
Outubro de 2013

TÚLIO ALBUQUERQUE DIAS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO
ACUMULADORES MOURA S/A

Aprovado em / /

Túlio Albuquerque Dias
Aluno

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Maurício Beltrão de Rossiter Correa , D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Campina Grande – PB
Outubro de 2013

*Dedico este trabalho aos meus queridos pais e irmãos.
A minha namorada pela força, apoio e compreensão.
Aos amigos, pelo apoio e companheirismo.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente, por ter me dado forças para vencer mais uma etapa da vida com discernimento e sabedoria;

Ao professor, Mauricio Beltrão, por ter se disponibilizado a me orientar, além do conhecimento repassado.

A Thiago Dantas, engenheiro da fábrica Acumuladores Moura S/A e orientador profissional do meu estágio, pelo aprendizado e oportunidade de crescimento profissional que me concedeu.

Aos companheiros de trabalho e amigos Diego Duarte, Fábio Henrique, Luis Carlos, Ewerton Samuel, por todo companheirismo e solidariedade no nosso movimentado cotidiano de muitas decisões.

Aos meus pais, Maria de Fátima e José Dias e irmãos, Bruno e Gustavo por terem me apoiado em todos os momentos, sempre me incentivando a continuar com determinação;

A minha namorada, Amanda, que me apoiou em todos os momentos. Por ser compreensiva nos momentos em que a minha ausência foi necessária.

Agradeço à equipe da Coordenação de Graduação em Engenharia Elétrica, em especial a Adail e Tchai por estarem sempre dispostos a ajudar e aos amigos que fiz ao longo dessa caminhada.

Aos membros da banca examinadora por terem aceitado o convite;

RESUMO

O presente trabalho refere-se ao estágio curricular desenvolvido pelo aluno do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Túlio Albuquerque Dias, realizado na fábrica de baterias Acumuladores Moura S/A, localizada no município de Belo Jardim – PE, a 180 Km do Recife, Pernambuco, Brasil, de dezembro/2012 à setembro/2013. O estagiário foi alocado no setor de Engenharia de Manufatura e Processos da Unidade 08 (Moura Baterias Industriais - MBI) focando no processo da Unidade Gerencial Básica (UGB) – Formação desta mesma Unidade.

Durante o estágio participou de atividades relacionadas à engenharia de instalações sendo responsável por executar atividades referentes à instalação e manutenção de equipamentos utilizados na formação de baterias. Equipamentos como retificadores, sistemas trifásico de formação Moura e sistema de circulação de solução para formação de baterias. Com relação às atividades relacionadas à engenharia de processos se tornou responsável por elaborar planos de formação para gerar carga nas baterias reduzindo a energia aplicada. Elaborar Procedimento Operacional Padrão - POPs, Padrões Visuais, Fichas Técnicas e Lição Ponto a Ponto - LPPs e realizar treinamentos para engenheiros de produção e encarregados do setor.

Palavras-chave: Moura Baterias Industriais. Processos. Formação de baterias.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Projeto de Ampliação da MBI..... | 13 |
| Figura 2 – Organograma do trabalho da MBI | 13 |
| Figura 3 – Fluxograma da produção de uma bateria. | 14 |
| Figura 4 – Grade HDP | 16 |
| Figura 5 – Solda HDP (Orelha Lateral)..... | 18 |
| Figura 6 – Solda OPzS (Orelha Central) | 19 |
| Figura 7 – Bancos de Formação HDP. | 19 |
| Figura 8 – Bancos de Formação OPzS. | 20 |
| Figura 9 – Montagem de Bateria Tracionaria..... | 21 |
| Figura 10 – Fluxo de carga sem o filtro sem filtro. | 22 |
| Figura 11 – Espectro das distorções de tensões harmônicas sem filtro. | 23 |
| Figura 12 – Layout da subestação-2..... | 24 |
| Figura 13 – Compensador de fator de potência 1440 kvar. | 25 |
| Figura 14 – Máquina utilizada para circulação de solução - Inbatec. | 26 |
| Figura 15 – Gráfico de corrente tensão e temperatura. | 27 |
| Figura 16 – Cronograma de ações para o projeto de expansão da UGB - Formação. | 29 |
| Figura 17 – Plano diretor - UGB Formação. | 30 |
| Figura 18 – Plataformas para formação de baterias..... | 30 |
| Figura 19 – STFM. | 31 |
| Figura 20 – Plano de formação no computador..... | 31 |
| Figura 21 – Interface de monitoramento. | 31 |
| Figura 22 – Sistema de resfriamento. | 32 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Etapas da Evolução do Grupo Moura | 11 |
| Tabela 2 – Estrutura organizacional do Grupo Moura | 12 |
| Tabela 3 – Dimensionamento dos cabos elétricos | 24 |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. Introdução | 10 |
| 1.1 A Empresa..... | 10 |
| 1.2 Estrutura Organizacional..... | 11 |
| 2. Processo produtivo das baterias | 14 |
| 2.1 Óxido de chumbo..... | 15 |
| 2.2 Masseuria..... | 15 |
| 2.3 Grades..... | 16 |
| 2.4 Empastamento..... | 16 |
| 2.5 Cura e secagem..... | 17 |
| 2.6 Montagem..... | 18 |
| 2.7 Formação..... | 19 |
| 2.8 Acabamento..... | 21 |
| 3. Atividades desenvolvidas | 22 |
| 3.1 Atividade 01: Aquisição e projeto para instalação de equipamento de correção de fator de potência..... | 22 |
| 3.2 Atividade 02: Estudo do funcionamento do equipamento para formação de baterias, com circulação de solução..... | 25 |
| 3.2.1 Características do processo de formação..... | 26 |
| 3.2.2 Estabilização do processo..... | 27 |
| 3.2.3 Testes e melhorias na formação de baterias industriais..... | 28 |
| 3.3 Atividade 03: Projeto de expansão e transferência do setor formação para o novo galpão da unidade 8..... | 29 |
| 3.3.1 Instalação dos retificadores..... | 29 |
| 3.3.2 Reinstalação do sistema de resfriamento..... | 30 |
| 4. Considerações finais | 33 |
| 5. Referencias bibliográficas | 34 |

1. INTRODUÇÃO

1.1 A Empresa

A Acumuladores Moura S/A é uma indústria com capital nacional, estabelecida há 56 anos, atuando predominante no mercado automotivo e expandindo-se para o mercado de baterias industriais. Fundada em Belo Jardim – Pernambuco, a Moura recebe originalmente o sobrenome do empreendedor Edson Mororó Moura que juntamente com sua esposa, Maria da Conceição Viana Moura, que fundaram o empreendimento em 1957.

A história da Moura começou mesmo no quintal de uma casa localizada na cidade de Belo Jardim. O primeiro nome da empresa foi Indústria e Comércio de Acumuladores Moura Ltda. As instalações iniciais eram simples com máquinas rudimentares. Porém, por volta de 1968, os técnicos da Moura conhecem a maior montadora de baterias da época, a Chloride, uma das mais avançadas tecnologias do mundo, com quem conseguiu firmar um contrato de recebimento de tecnologia bastante significativo para o desenvolvimento da fábrica. Com o avanço tecnológico, a Moura começou a produzir baterias de qualidade, expandindo as vendas para outras regiões do país. E como a Chloride tinha acordos com algumas montadoras de carros, a Moura passou a ser peça indispensável dessas montadoras no Brasil. No MERCOSUL, atende à Ford, Renault, Fiat, Mercedes-Benz e GM. No mercado externo possui participação na Argentina, Uruguai e Porto Rico. Além disso, mantém parcerias tecnológicas e comerciais com os maiores fabricantes da área, com destaque para EXIDE (empresa espanhola que no ano de 1998 firmou parceria com a Moura) e GNB *Technologies* (empresa americana que desde 1996 é parceira da Moura) fornecedora da Ford Inglaterra e Ford Estados Unidos e detentora da patente mundial para a fabricação de baterias com a chamada “Liga Prata”, lançada, com exclusividade no Brasil, pela Acumuladores Moura S/A.

Tabela 1: Etapas da Evolução do Grupo Moura

| ANO | ETAPAS |
|------------|---|
| 1957 | Fundação em Belo Jardim de uma fábrica de baterias com denominação Indústria e Comércio de Acumuladores Ltda. |
| 1964 | Mudança na razão social para Acumuladores Moura S.A. |
| 1966 | Fundação da Cia Moura Ind. De Separadores e da Metalúrgica Bitury Ltda para processamento de chumbo. |
| 1980 | Nascimento da RDM – Rede de Depósitos Moura. |
| 1983 | Exportação para os EUA, e início do fornecimento para Fiat Automóveis S.A. |
| 1986 | Construção da Fábrica de baterias em Itapetininga, SP. |
| 1989 | Construção da Moura Export S.A. para atender o mercado externo. |
| 1993 | - Lançamento da bateria sem manutenção; - Implantação do Programa da Qualidade Total - PQT. |
| 1995 | Recebimento da Certificação do ISO 9001. |
| 1996 | Certificação Q1 da Ford. |
| 1998 | Lançamento da Bateria Moura com Prata. |
| 1999 | Certificação QS 9000. |
| 2000 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Nova Certificação QS 9000 (ABS); ✓ Aprovação da Empresa para fornecimento para Audi; ✓ Fundação da Moura Baterias Industriais -MBI. |
| 2003 | Certificação da ISO 14.000. |
| 2004 | Certificação da ISO/TS. |
| 2005 | Recebimento do Prêmio Top de Qualidade 2005 (IEPQ). |
| 2006 | Prêmio Ford de Melhor Fornecedor da América Latina. |
| 2008 | Início do fornecimento de baterias à Cherry. |
| 2009 | Início do fornecimento de baterias à GM. |
| 2010 | Início do fornecimento de baterias à Kia Motors. |
| 2011 | Inauguração da planta industrial na Argentina. |

Fonte: Moura (2012)

1.2 Estrutura Organizacional

A Moura encontra-se dividida em diversas unidades, tanto no Brasil quanto em países da América do Sul, onde cada unidade é responsável por um processo distinto para a obtenção final do produto.

Tabela 2 - Estrutura organizacional do Grupo Moura

| UNIDADE | PRODUTOS | LOCALIZAÇÃO |
|--|---|------------------------------|
| UN 01 – ACUMULADORES MOURA MATRIZ | Baterias sem carga para Itapetininga e baterias para o mercado de reposição | Belo Jardim – PE |
| UN02 – UNIDADE ADMINISTRATIVA | Centro administrativo | Jaboatão dos Guararapes – PE |
| ESCRITÓRIO SÃO PAULO | Centro administrativo | São Paulo –SP |
| ESCRITÓRIO RIO DE JANEIRO | Centro administrativo | Niterói – RJ |
| UN 03 – DEPÓSITO FIAT E IVECO | Baterias para a Fiat e Iveco em Minas Gerais | Betim – MG |
| UN 04 – METALÚRGICA | Reciclagem de baterias e ligas de chumbo | Belo Jardim – PE |
| UN 05 – INDÚSTRIA DE PLÁSTICO | Caixa, tampa e pequenas peças para baterias | Belo Jardim – PE |
| UN 06 – UNIDADE DE FORMAÇÃO E ACABAMENTO | Baterias para montadoras brasileiras | Itapetininga – SP |
| UN 08 – MOURA BATERIAS INDUSTRIAIS | Baterias tracionárias e estacionárias | Belo Jardim – PE |
| BASA – DEPÓSITO ARGENTINA | Baterias para montadoras e reposição na Argentina | Buenos Aires |
| WAYOTEK – DEPÓSITO PORTO RICO | Baterias para montadoras e reposição no Porto Rico | Carolina |
| RADESCA – DEPÓSITO URUGUAI | Baterias para montadoras e reposição na Uruguai | Montevideú |
| RIOS RESPUESTOS – DEPÓSITO PARAGUAI | Baterias para montadoras e reposição na Paraguai | Assunção |

Fonte: Moura 2012

A Unidade 08 (ou MBI), na qual o estágio foi desenvolvido, é responsável pela produção de Baterias de grande porte (baterias industriais), encontra-se atualmente em estado de ampliação, objetivando atingir cerca de 4 vezes sua área original para abrigar o novo maquinário recém-chegado e oriundo da compra de uma unidade canadense da *Power Batteries*, fábrica de baterias tracionárias. A Figura 1 mostra o projeto que tem prazo de finalização até o fim do ano 2012.

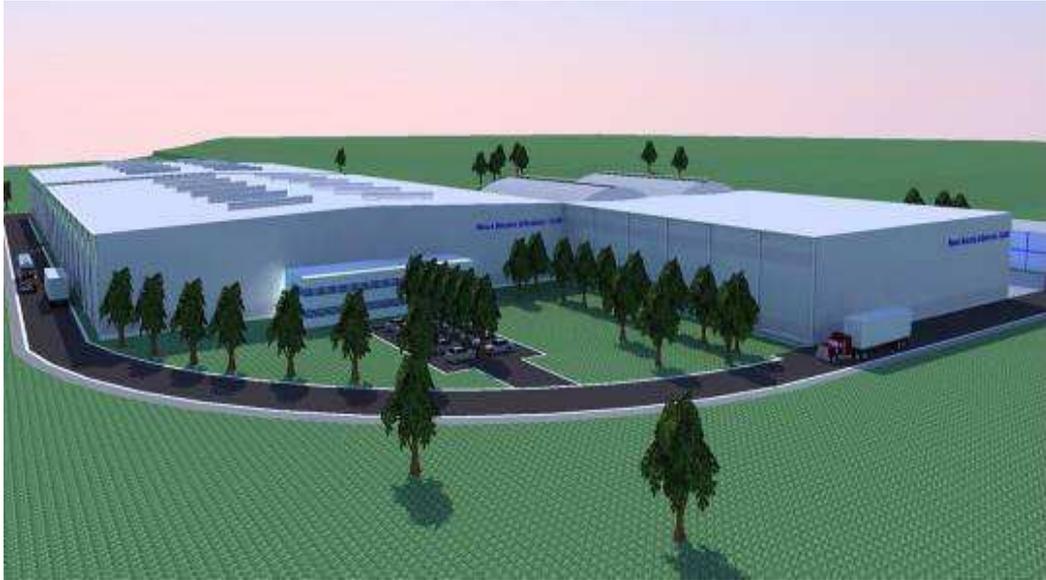


Figura 1: Projeto de Ampliação da MBI
Fonte: Moura (2011)

A MBI possui uma organização hierárquica conforme organograma de trabalho da Fig.2

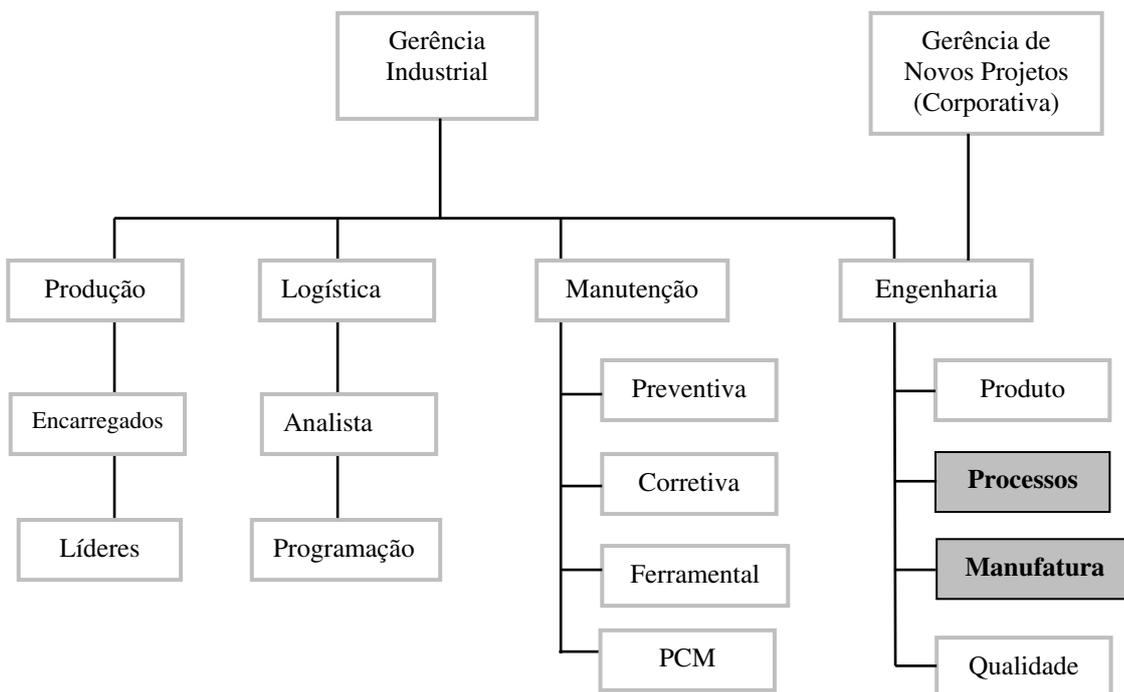


Figura 2: Organograma do trabalho da MBI

2. PROCESSO PRODUTIVO DAS BATERIAS

O processo de produção de uma bateria é composto de várias etapas. A primeira etapa é a produção das placas e do óxido de chumbo. A segunda etapa envolve o processo de empastamento, cura e secagem. A etapa seguinte consiste na conexão dos diversos elementos à caixa, finalizado com a selagem da tampa. E, finalmente, ocorre o processo de formação da bateria.

O fluxograma geral do processo de fabricação de bateria pode ser observado na Figura 3.

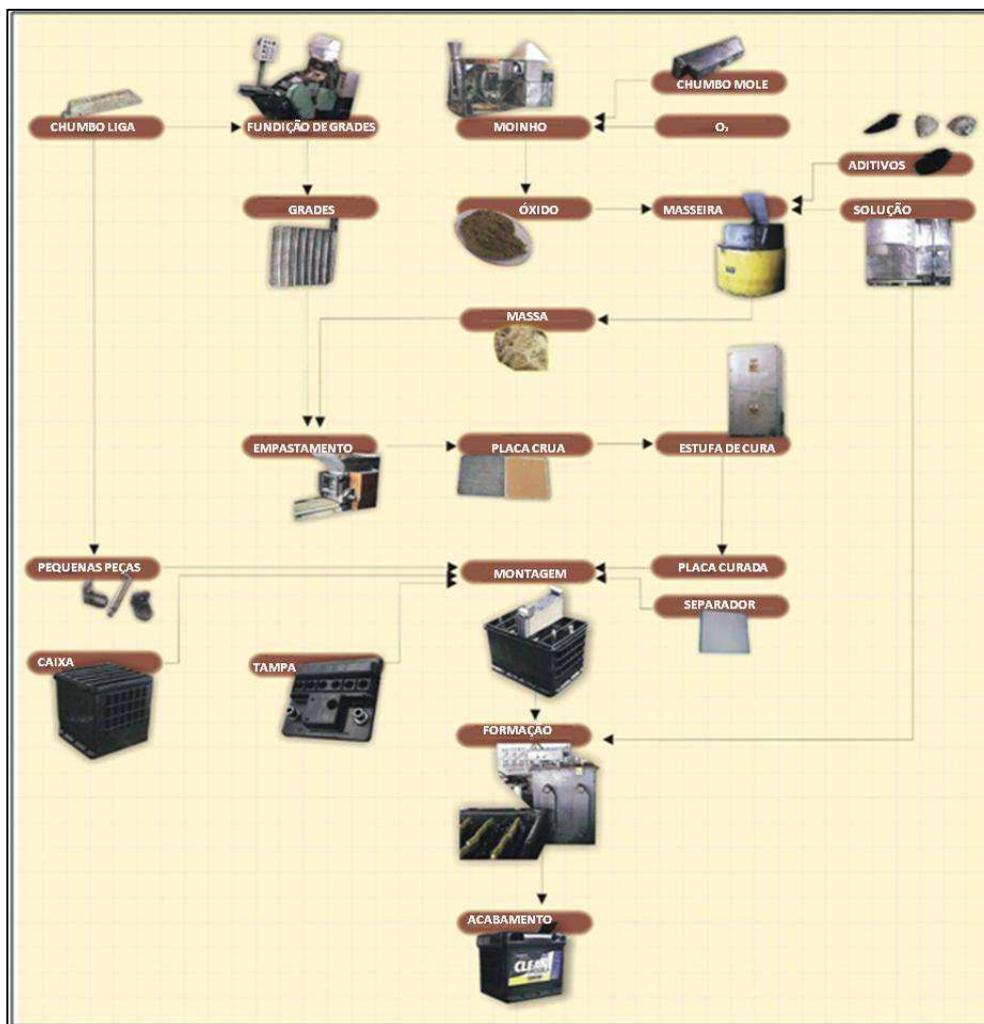


Figura 3 – Fluxograma da produção de uma bateria

2.1 Óxido de chumbo

O Óxido de Chumbo empregado na fabricação da massa que vai empastar as placas da bateria é obtido a partir da fundição do chamado chumbo mole (chumbo com altíssimo grau de pureza).

A Moura utiliza dois tipos de equipamentos para produção do óxido de chumbo:

- Moinho de atrito – o atrito entre pedaços de chumbo mole gera calor e provoca a produção do óxido de chumbo (PbO);
- Moinho Barton – chumbo fundido é adicionado e misturado continuamente em um reator formando o PbO.

2.2 Masseur

O óxido produzido no processo é o principal componente da massa que vai empastar as grades da bateria. Na masser é onde ocorre a mistura do óxido de chumbo com alguns aditivos, distinguindo, assim, se a massa será positiva ou negativa.

A massa positiva contém:

- Óxido de Chumbo;
- Solução diluída de ácido sulfúrico – reage com PbO formando sulfato de chumbo;
- Água desmineralizada – responsável pela plasticidade, umidade e densidade, propriedades necessárias para um bom empaste das grades e responsáveis pela formação de diversos tipos de sulfatos;
- Fibra – dá a consistência mecânica à massa e ajuda na fixação da massa à grade.

A massa negativa, além de todos os aditivos citados anteriormente, contém:

- Negro de fumo – dá a coloração escura à placa negativa, servindo para diferenciá-la da placa positiva;
- Sulfato de Bário (BaSO_4) – serve para ajudar na precipitação do sulfato de chumbo e na formação da massa;

- Vanisperse ou Vixil (Expansor) – aumenta a porosidade da placa a fim de que a solução de ácido sulfúrico penetre por todo seu interior, facilitando a troca de íons.

2.3 Grades

As grades de chumbo, mostradas na figura 4, têm a função de suporte mecânico e condução de eletricidade. Diferentemente do chumbo utilizado na produção de óxido, as grades são produzidas a partir de ligas que permitem uma processabilidade não encontrada no chumbo puro. Ao se introduzir elementos de liga, as propriedades físicas e químicas do chumbo são alteradas facilitando a processabilidade das mesmas e ao mesmo tempo dando rigidez e resistências às grades.

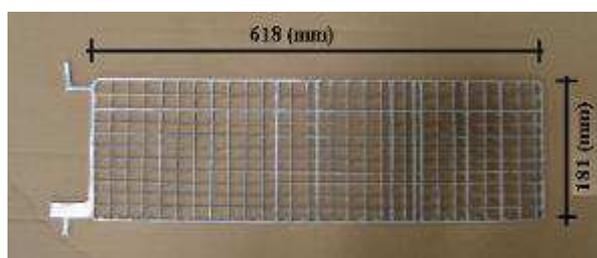


Figura 4: Grade HDP

Um importante elemento de liga utilizado é o antimônio (Sb). O antimônio é utilizado para melhorar a dureza das grades, logo após a fundição. No entanto, o antimônio é extremamente prejudicial do ponto de vista de consumo de água na bateria, porém para baterias industriais esse tipo de liga é necessário devido a sua característica de dureza. Atualmente trabalha-se com ligas de teor de antimônio, 5% para grades HDP e cerca de 1,5% para grades OPzS, e com a adição de arsênio (As) e selênio (Se) como elementos de liga, mas mesmo com estas adições se faz necessário a reposição com água.

Após a fundição das grades é preciso que as mesmas passem por um período de envelhecimento, antes que possam ser utilizadas no empastamento (especificamente as grades positivas) para melhorar a adesão massa/grade.

2.4 Empastamento

Uma vez produzidas às grades e a massa, pode-se realizar o empastamento, que é o processo pelo qual a massa é aplicada à grade. Na prática, depois da massa ser produzida, deve-se proceder imediatamente o empastamento, pois a massa está sofrendo

transformações que irão alterar suas propriedades e deseja-se que estas transformações ocorram somente nas placas já empastadas. A qualidade do empastamento irá depender da plasticidade e densidade da massa. Portanto, esses dois parâmetros devem ser ajustados para garantir um bom empastamento. É importante que a massa tenha uma fluidez suficiente para penetrar pela parte inferior da grade. Um bom empastamento resulta em placas uniformes e sem falhas. A uniformidade das placas é importante para a etapa de montagem de elemento e para o desempenho da bateria.

A quantidade de massa na placa irá determinar seu desempenho elétrico. Por outro lado irá também determinar o custo da mesma. Assim, deseja-se quantidade de massa suficiente para um bom desempenho e na menor quantidade possível para um baixo custo. Assim que o empaste é realizado, as placas são passadas por um túnel de pré-secagem. Esta etapa deve garantir que as placas estejam secas o suficiente para evitar que umas fiquem aderindo às outras, e úmidas o suficiente para garantir que as placas sejam curadas adequadamente. O ideal é que as placas estejam secas somente em sua superfície exterior e que retenham a umidade em seu interior. Após esta etapa as placas estão em condições de serem colocadas no processo de cura.

2.5 Cura e secagem

As placas seguem, então, para uma estufa de cura, onde permanecem por, no mínimo, 24 horas. A principal característica dessa etapa é a queda do teor de chumbo livre para cerca de 3%, devido à ocorrência de oxidação e a transformação de sulfato tribásico em tetrabásico. Outra característica importante é que nas estufas as placas passam por um processo de secagem, para a retirada da umidade restante das placas.

Cura e secagem são etapas essenciais para a qualidade das placas positivas das baterias, pois a formação de sulfato tetrabásico, em teor de 20 e 30% do total do sulfato presente, é altamente desejável. Tal processo é favorecido pelo aumento de temperatura.

Já para as placas negativas, o desejável são temperaturas baixas que não ataquem o Vansiperse, componente orgânico que se degrada fora dessa condição. Portanto, aconselha-se que a cura das placas positivas seja realizada em ambiente separado das negativas.

Atualmente, existem estufas distintas para cura e secagem, porém, com a inserção de novas tecnologias, uma estufa já realiza os dois processos.

2.6 Montagem

As placas possuem também pontos onde serão feitas as soldas que ligarão os diferentes grupos de placas, chamadas de orelhas ou bandeiras. Essas orelhas devem estar perfeitamente limpas para garantir uma boa soldagem e conseqüentemente um bom contato elétrico e suporte mecânico. Nesse estágio, as placas estão prontas para serem montadas conforme mostrado na Figura 5 para placas HDP, as placas OPzS possuem orelhas centrais (Figura 6). Por montagem, entende-se aqui a soldagem das orelhas, colocação das placas nos vasos montando os elementos (elementos são grupos alternados de placas positivas e negativas, com separadores entre elas).

Para HDP há a selagem da tampa e esta etapa tem que ser feito em 100% dos elementos. O teste de vazamento não pode apresentar nenhum tipo de vazamento e caso ocorra o elemento deverá ser segregado. Para OPzS há o processo de Colagem tampa/vaso, o qual necessita de 36 horas de cura para que o elemento suporte a presença do eletrólito na formação e após a cura, 100% dos elementos passam pelo teste de vazamento.

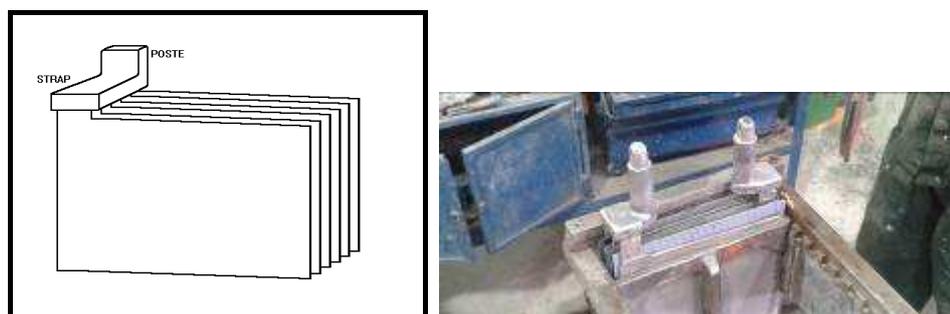


Figura 5: Solda HDP (Orelha Lateral)
Fonte: DINIZ, 1994

Esse processo é realizado manualmente. Neste caso, é essencial que as orelhas das placas estejam bem limpas, livres de massa. As placas devem ter suas orelhas lixadas e apresentarem brilho metálico no momento de soldagem, para se garantir uma boa união com o “strap”.

O “strap” deve possuir as dimensões adequadas para permitir uma maior facilidade nas etapas seguintes (colocação dos elementos dentro do vaso), e para garantir uma condutância elétrica boa.



Figura 6: Solda OPzS (Orelha Central)

2.7 Formação

Na indústria, antes da etapa de formação propriamente dita, costuma-se deixar as placas mergulhadas em solução de ácido sulfúrico sem a passagem de corrente durante o tempo 0,5 a 2 horas e 4 horas para o caso das bateias tracionárias.

Nesta etapa, conhecida na literatura como “soaking”, o PbO e os sulfatos básicos reagem com a solução de ácido sulfúrico. Essas reações são responsáveis por mudanças na composição química e na morfologia dos cristais que constituem a placa curada.

O procedimento padrão para a formação é o seguinte: os elementos crus provenientes da montagem de elementos recebem a solução de ácido sulfúrico na densidade especificada 1.200 g/L. Depois de feito o nivelamento da solução, são arranjados nos bancos para serem formados, este tipo de formação é conhecido como Formação em banho. Neste tipo de processo de formação, as baterias são formadas mergulhadas parcialmente em água para refrigeração dos mesmos conforme Figura 7 (HDP) e Figura 8 (OPzS), o que permite um tempo de formação menor. A formação em banho aplica-se às baterias tracionárias, as baterias estacionárias são formadas em pallets. Os circuitos podem incluir 36 a 72 elementos por cada série e são utilizados dois tipos de retificadores.



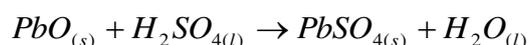
Figura 7: Bancos de Formação HDP



Figura 8: Bancos de Formação OPzS

Na formação, as placas irão sofrer transformações que irão produzir o material ativo do acumulador (chumbo e dióxido de chumbo). Uma corrente elétrica pré-determinada produzirá as transformações eletroquímicas. A formação propriamente dita consiste na passagem de uma corrente elétrica entre as placas, de modo que na placa negativa irá se formar o material ativo chumbo e na positiva o material ativo será o dióxido de chumbo.

O processo de formação da bateria pode ser resumido em duas reações químicas, que ocorrem durante o plano de formação.



Esta reação é não espontânea, sendo forçada pela corrente elétrica introduzida. O chumbo livre é formado na placa negativa e o óxido de chumbo, formado na positiva. A reação precisa ter uma conversão alta, pois a presença de sulfato de chumbo pode danificar o separador, permitindo o contato entre as placas e provocando assim pequenos curtos, que reduzem a vida útil da bateria.

A formação de Pb na placa negativa ocorre de forma mais rápida que a formação de PbO₂ na placa positiva. Quando a conversão na placa negativa já atingiu 100%, na placa positiva está em torno de 50%. Deste modo, a placa negativa recebeu carga excessiva, podendo levar ao aparecimento de corrosão nas grades.

2.8 Acabamento

Uma vez construídos os elementos, esses são colocados na caixa de aço conforme o desenho de cada bateria (Figura 9). Os elementos na caixa não devem estar folgados, pois em condições de vibração seriam facilmente destruídos. No entanto não devem estar exageradamente comprimidos no interior da caixa, pois isto facilitaria a formação de curtos-circuitos e diminuiria o volume de solução disponível para as placas. Devem estar corretamente alinhados para facilitar a realização da solda entre os elementos e impedir a existência de tensões mecânicas que possam comprometer o desempenho da bateria. A solda entre os elementos deve ser forte o suficiente para manter a ligação entre os elementos e nas dimensões apropriadas para uma boa condução de eletricidade.

Os elementos também podem ser rosqueados e a montagem destes na bateria é feita por interligações de cobre que devem estar bem fixadas ao polo em contato com a interligação.

Em escala industrial, deve ser feita uma limpeza da bateria, testes finais de desempenho, afixação de etiquetas e colocação de embalagens. A limpeza, além de sua elevada relevância estética, também é importante para a realização dos testes finais, na afixação das etiquetas e na estocagem. Em geral, o elemento sai da formação com uma camada de solução sobre a tampa e em volta do mesmo. A afixação de etiquetas também requer que a caixa de aço esteja limpa (desengordurada) e seca.

As etiquetas, por seu turno devem ser fabricadas de material (cola, papel, tintas e material plástico) resistente ao ataque do ácido sulfúrico.



Figura 9: Montagem de Bateria Tractionaria

3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

3.1 Atividade 01: Aquisição e projeto para instalação de equipamento de correção de fator de potência

A primeira atividade desenvolvida foi à aquisição de um filtro para correção do fator de potência e distorções harmônicas no transformador da subestação-2, um trafo de 2000 kVA que atende a UGB formação. As cargas são predominante composta por retificadores que chegam a aplicar correntes de até 500 ampéres e por serem constituídos por semicondutores como tiristires e IGBT's geram distúrbios na rede que não podem ser corrigidos apenas com a inserção de banco de capacitores em paralelo com as cargas.

Diante disto se fez necessário um estudo do comportamento da carga inserida no transformador para compensar a energia reativa consumida e manter as distorções harmônicas dentro dos parâmetros definidos pela norma IEEE 519 na qual especifica que a THDV deve ser no máximo de 5%. A norma IEC 61000 e o prodist módulo 8, documento este emitido pela ANEEL apresenta limites entre 8% e 10% para a distorção de tensão.

Com a realização do estudo foi constatado que planta sem a compensação de reativos apresentava uma demanda de carga de 1,7 MVA e fator de potência no secundário do trafo da ordem de 70%, consumindo aproximadamente 1200 kvar. A distorção total de tensão (THDV) no secundário era da ordem de 10% fig.11.

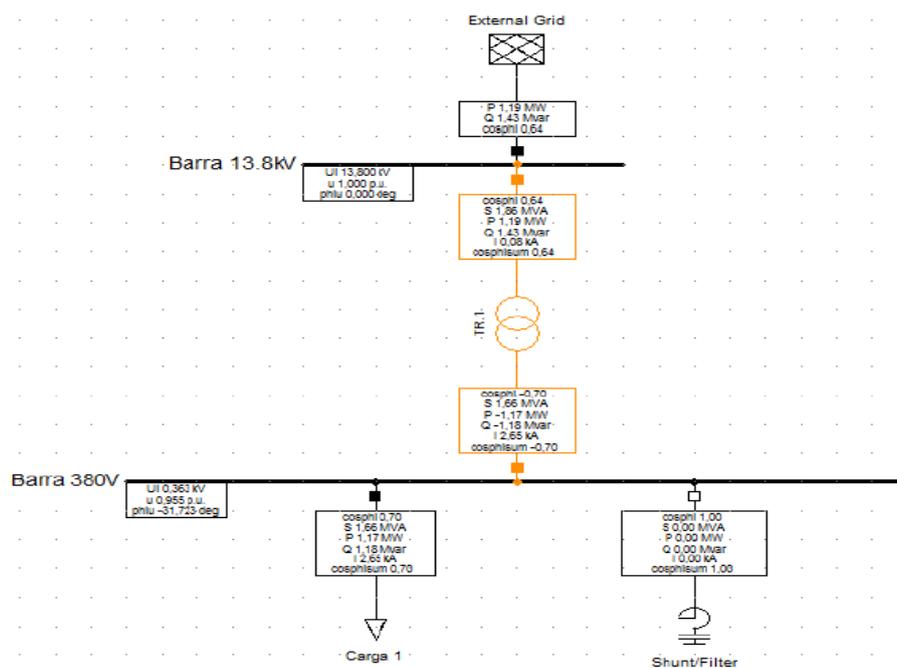


Figura 10 – Fluxo de carga sem o filtro sem filtro

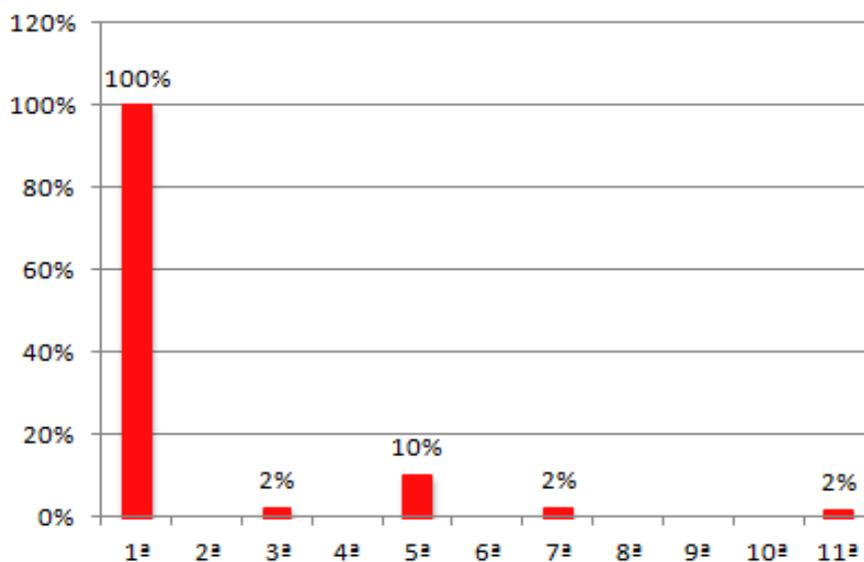


Figura 11 – Espectro das distorções de tensões harmônicas sem filtro

Dessa forma, para o início do projeto, foi necessário o estudo de qual tipo de equipamento seria utilizado conforme as condições citadas acima e baseado na proposta de equipamentos fornecidos pela empresa contratada, a Ação Engenharia, após estudos realizados na planta da Un-08.

Foram propostos os seguintes modelos:

- I. Banco capacitivo com reator antirressonante;
- II. Banco capacitivo com reator sintonizado na 5ª harmônica;
- III. Banco capacitivo com reator antirressonante e filtro ativo;
- IV. Filtro ativo.

Após a análise das propostas e do comportamento da carga, baseando-se no equipamento mais eficaz que obtivesse a melhor relação custo benefício, foi definido a escolha pelo banco capacitivo com reator sintonizado na 5ª harmônica.

O próximo passo após aquisição do equipamento foi realizar o projeto de instalação do mesmo que pela necessidade de ser alocado em ambiente climatizado para não reduzir a vida útil dos capacitores, não pode ser instalado dentro da subestação.

Na Figura 12 é apresentado o layout definido com o diagrama unifilar dos cabos que interligaram o transformador e o equipamento ao barramento.

Com a definição do layout e o projeto básico, foi realizada a cotação para em seguida realizar a compra do material para assim que o equipamento chegar, já ser instalado.



Figura 13 – Compensador de fator de potência 1440 kvar

3.2 Atividade 02: Estudo do funcionamento do equipamento para formação de baterias, com circulação de solução.

A segunda atividade realizada relativa à engenharia de processos foi aprender o funcionamento, elaborar procedimentos e realizar treinamentos para os líderes e encarregados sobre um equipamento usado para formação de baterias, comprado em outubro de 2012. O equipamento fabricado na Alemanha, cujo investimento foi em torno de R\$ 1.800.000,00 apresenta uma tecnologia que está começando a ser

implantada na formação de baterias da Moura. Este equipamento Figura 14 é constituído por um robusto sistema de recirculação e retificadores com descarregadores que chegam a aplicar correntes de até 600 ampéres. Todo o funcionamento é controlado por computador através da interface elaborada pelo fabricante.



Figura 14 – Máquina utilizada para circulação de solução - Inbatec

3.2.1 Características do processo de formação

O processo de formação do Inbatec consiste em uma das maiores vantagens do processo de formação de baterias chumbo-ácido, que é a circulação de eletrólito durante a formação.

Com a circulação de ácido durante o processo de formação podemos realizar o enchimento das células com a densidade do eletrólito baixa, garantindo a sulfatação da placa e reduzindo a liberação de calor durante o soaking. No primeiro estágio da formação enquanto a evolução gasosa e a temperatura se mantêm podemos aplicar uma carga três vezes maior do que a normalmente aplicada.

Ao realizar o controle da temperatura e densidade do eletrólito o Inbatec gera um ganho também, na redução quantidade de carga aplicada que de acordo com os

trabalhos realizados chega a economizar 30% de energia dependendo do tipo de elemento, reduzindo consideravelmente o tempo de formação para três dias em média.

Por fim o Inbatec equaliza as células com solução de H_2SO_4 com concentração de 1.210 g/cm^3 , resfriando-as para que possam ser realizados testes de descargas imediatamente após a formação.

3.2.2 Estabilização do processo

Para tornar real todo o ganho que o novo processo proporciona foi necessário um estudo sobre formação de baterias, uma análise das experiências nos apresentada pelos alemães, além de testes realizados durante os primeiros seis meses. Ao realizar os testes analisávamos os seguintes parâmetros durante a formação: corrente, tensão, temperatura e densidade do eletrólito. A partir destes parâmetros geravam-se gráficos similares ao da fig.15 que eram armazenados em um banco de dados.

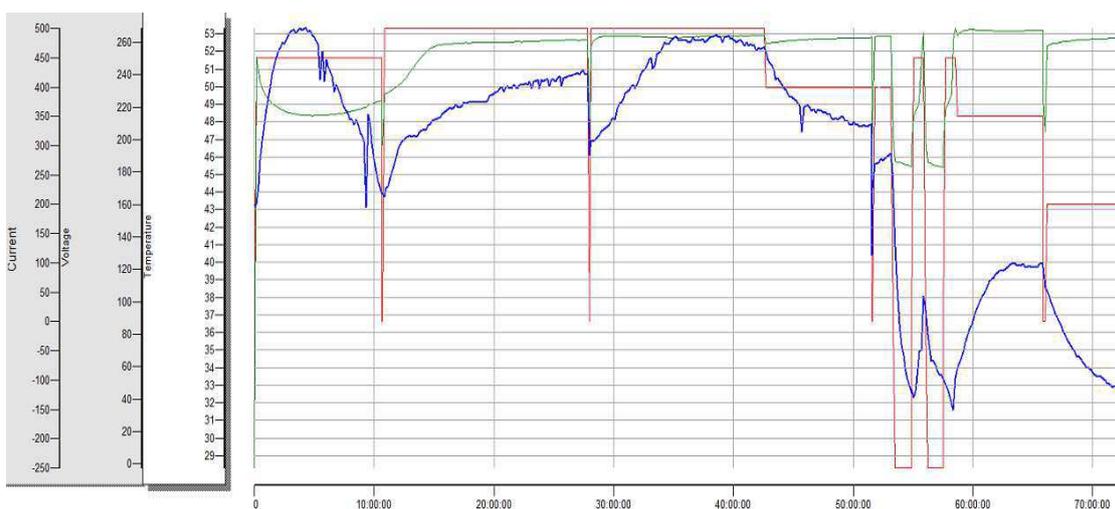


Figura 15 – Gráfico de corrente tensão e temperatura

Com todo esse acervo de informações o próximo passo era realizar testes de descargas nas baterias formadas para comparar e em seguida atualizar o método para as próximas formações. O presente estudo nos levou para os seguintes procedimentos, a fim de estabilizarmos o processo de formação de baterias estacionárias.

- Aplicar a corrente de modo a manter a temperatura entre $50 \pm 5^\circ\text{C}$.
- Aplicar testes com duas descargas
- Aumentar o Ah na primeira etapa do plano de formação, onde a formação de material ativo é mais eficaz.
- Manter praticamente toda a formação com densidade baixa $1.125 \pm 0.025 \text{ g/cm}^3$ aumentando para 1.210 g/cm^3 apenas no último patamar da formação.

3.2.3 Testes e melhorias na formação de baterias industriais

Com o presente estudo da formação com baterias estacionárias, surgiram alguns questionamentos levando as seguintes hipóteses:

- Realizar testes utilizando descargas durante a formação contribui para aumentar a autonomia de primeiro ciclo?
- A ciclagem, ou seja, descarregar e carregar baterias após a formação se tornaria um processo mais eficiente do que apenas carregar, considerando mesmo tempo de processo para os dois casos?

A partir destes questionamentos realizamos testes executando planos com e sem descargas do mesmo tipo de bateria a fim de eliminar outras variáveis, realizamos testes de ciclagem da mesma forma e chegamos a seguinte conclusão:

As descargas durante a formação não favorecem o processo, pois a uma queda brusca na temperatura, por ser praticamente espontânea devido à bateria já ter recebido carga. A ciclagem da mesma forma, quando descarregamos a bateria e passamos a carregá-la estamos promovendo uma reação espontânea e a mesma não aquece. Segundo testes realizados, temperaturas entre 50°C e 60°C fazem com que o material que ainda não reagiu durante a reação eletroquímica possa reagir e se transformar em material ativo.

Outro ponto considerado uma melhoria no processo de formação foi à inserção de um pulso de descarga ao fim do processo de formação, pois a bateria após término da carga gerava uma tensão induzida, também chamada de tensão de polarização entre os polos. Segundo o procedimento estabelecido pelo controle de qualidade à bateria não poderia sair do processo de formação com tensão elevada. O que ocorria anteriormente era que as baterias passavam um longo período de tempo até a tensão se estabilizar o que gerava desperdício de tempo para o processo.

Com o pulso de corrente de descarga a tensão se estabilizava rapidamente e o conjunto de baterias atinge a tensão de liberação estabelecida pelo controle de qualidade e logo em seguida pode ser encaminhado para o acabamento sem aguardar o tempo de espera.

3.3 Atividade 03: Projeto de expansão e transferência do setor formação para o novo galpão da unidade 8.

Atualmente a unidade 8 da fábrica de baterias Moura vem se desenvolvendo numa velocidade muito alta e isto implica num projeto de expansão que atenda a essa demanda. Como parte deste projeto uma das atividades era a transferência da formação para o novo galpão, cuja mesma estava instalada numa área destinada à instalação de outro moinho para produção de óxido.

Com este objetivo foi planejado transferência dos retificadores alocados na antiga formação e também a reinstalação do sistema de resfriamento de baterias vindo de uma antiga fábrica de baterias situada no Canadá a Power Batteries, cuja mesma foi comprada pela Moura tendo todos os seus equipamentos colocados em containers e transportados para Belo Jardim – PE.

Inicialmente realizamos o cronograma de ações no MS- Project 2010 seguindo o seguinte roteiro:

| 2. Transferir formação para novo prédio |
|---|
| Levantamento de requisitos com Segurança, Produção e Qualidade |
| Estudar vazão das cubas e bombas da formação |
| Projetar tubulações de circulação de água |
| Verificar instalação elétrica para os retificadores na nova formação |
| Dimensionar instalação elétrica dos retificadores para as baterias |
| Cotar material elétrico para instalação dos retificadores(Temos 1) |
| Cotar painel das bombas elétricas(Temos 1) |
| Cotar derivação de água para reposição dos tanque e derivação do ar para bomba pneumática |
| Suplementar CI 1251 |
| Fazer planejamento da transferência dos retificadores |
| Fazer projeto elétrico das bombas do sistema de recirculação |
| Avaliar conexão de água do prédio antigo com o novo |
| Fazer alimentação de água para a recirculação |
| Executar planejamento de transferência dos retificadores |

Figura 16 – Cronograma de ações para o projeto de expansão da UGB - Formação

3.3.1 Instalação dos retificadores

Como algumas ações eram independentes de outras, começamos por dimensionar a instalação elétrica dos retificadores. A fig.17 define o layout de onde os retificadores seriam instalados e onde ficaria a plataforma com as cubas para implantar o sistema de resfriamento de acordo com o plano diretor 28b da unidade 8.

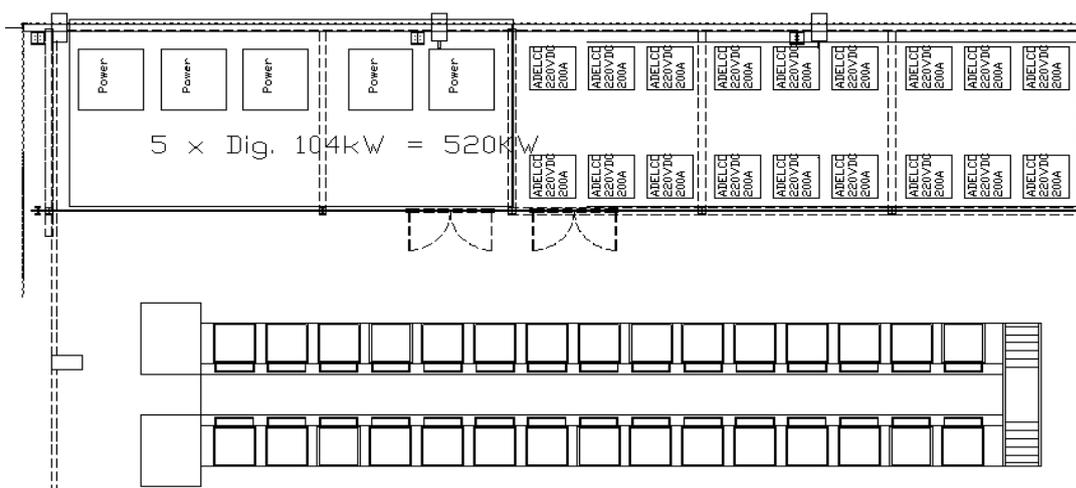


Figura 17 – Plano diretor - UGB Formação

Após definido o layout realizamos o dimensionamento dos cabos que alimentariam os retificadores e os que sairiam dos retificadores para as baterias de acordo com as correntes e tensões fornecidas pelos mesmos, determinar o comprimento e como seria o transporte dos cabos e por fim cotar todo material e a instalação dos retificadores cuja mão de obra seria executada por uma terceirizada contratada pela Moura.

3.3.2 Reinstalação do sistema de resfriamento

Em paralelo com a instalação dos retificadores iniciamos o projeto para reinstalar o sistema de resfriamento vindo da Power. O primeiro passo foi alinhar as plataformas e posicionar as cubas em cima da mesma fig.18.



Figura 18 – Plataformas para formação de baterias

O segundo passo foi a projetar o sistema de recirculação de água, que inclui dimensionamento, projeto elétrico e instalações das bombas centrifugas, dimensionamento das tubulações de água e por fim realizar a conexão de água do prédio antigo com o novo galpão.

Como não foi possível realizar todo esse trabalho até o fim do estágio, pois o mesmo começou restando três meses para o fim do estágio resolveram então fazer um protótipo para comprovar a eficiência do sistema usando como teste também um novo modelo de retificador chamado de "Sistema trifásico de formação moura" fig.19 cujo princípio de funcionamento é baseado na aplicação da corrente contínua em função da temperatura, com programação via computador, fig.20 e monitoramento de parâmetros como: corrente tensão e temperatura das baterias fig.21.



Figura 19: STF



Figura 20: Plano de formação no computador

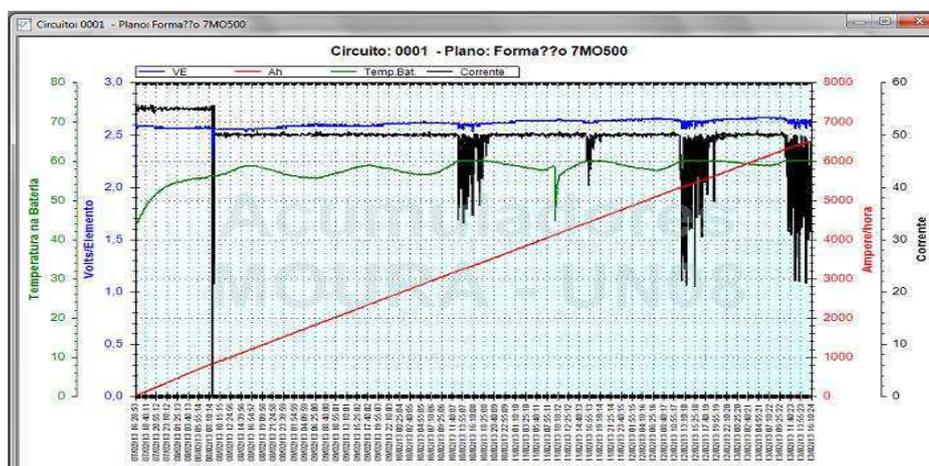


Figura 21: Interface de monitoramento

Para testamos a nova formação de baterias industriais da unidade 8 foi improvisado o sistema de circulação com as tubulações e a instalação de uma bomba centrifuga e a transferência do retificador para o local. A fig.21 mostra como ficou a instalação e como será a o sistema de formação até o fim de 2013.



Figura 22: Sistema de resfriamento

O teste realizado apresentaram resultados bastante satisfatórios reduzindo em 25% o tempo de formação das baterias só com a recirculação da água dentro das cubas apresentando também melhores índices de autonomia de 1º ciclo e além de tudo reduzindo o desperdício de água, pois o sistema de formação antigo não apresentava circulação de água e toda a água utilizada no resfriamento dos elementos era drenada e envia para subestação de tratamento.

4 Considerações finais

Ter realizando 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 com serão de grande importância para o início da vida profissional.

Com a ampliação da MBI, o foco inicial estava na estabilização dos novos equipamentos na produção para que o controle do processo apresente-se cada vez mais eficiente, influenciando cada vez menos na qualidade do produto.

Além do foco no processo foi desempenhado atividades com relação a engenharia de manufatura, sendo responsável pela instalação do filtro com banco capacitivo para eliminar as pesadas multas cobradas a MBI e atividades com relação a expansão da UGB – Formação, a qual também era responsável pelo processo.

Deste modo, sempre focado na melhoria contínua, o estágio proporcionou grande crescimento profissional, apresentando o mercado de trabalho e também facilitando o contato com pessoas de diversas áreas e além de tudo, abrindo portas para mercado de trabalho.

5 Referencias bibliográficas

[1] FARIA, T. L. Filtro ativo paralelo trifásico para sistemas de baixa potência. Campina Grande, 2009. (Dissertação de mestrado- Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica/UFCG).

[1] **ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14197: Acumulador Chumbo-ácido Estacionário Ventilado – Especificação. Rio de Janeiro, Outubro de 1998;

[2] **ACUMULADORES MOURA S.A.** 2013. Disponível em: <www.moura.com.br>. Acesso em: agosto, 2013.

[3] **CADÉ, M. Tecnologia de Fabricação de Baterias Tractionárias**, 2006.

[4] **PAVLOV, D.** Lead-Acid Batteries: Science and Technology. Elsevier, 1ª Ed. 1987;