

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal
de Campina Grande

RODOLFO MEDEIROS ARAÚJO DA SILVA

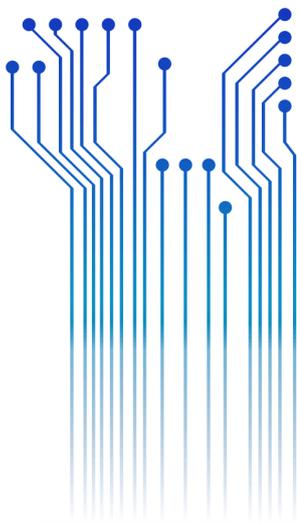


Centro de Engenharia
Elétrica e Informática

RELATÓRIO DE ESTÁGIO ESTÁGIO SUPERVISIONADO NA BM ENGENHARIA



Departamento de
Engenharia Elétrica



Campina Grande
2015

RODOLFO MEDEIROS ARAÚJO DA SILVA

ESTÁGIO SUPERVISIONADO NA BM ENGENHARIA

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

Área de Concentração: Processamento de Energia

Orientador:

Professor Tarso Vilela Ferreira, D. Sc.

Campina Grande
2015

RODOLFO MEDEIROS ARAÚJO DA SILVA

ESTÁGIO SUPERVISIONADO NA BM ENGENHARIA

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

Área de Concentração: Processamento de Energia

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Tarso Vilela Ferreira, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho à minha mãe, pai, irmãos e familiares. Assim como aos meus amigos, que estiveram presente nessa difícil jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Engenheiro Ivson Bandeira, em nome da BM Engenharia, pela oportunidade dada.

Agradeço ao Engenheiro Manoel Ramos, por ter passado todo o conhecimento necessário para a realização das atividades desenvolvidas no estágio, me ensinando assuntos que ultrapassaram as barreiras da engenharia.

Agradeço ao Engenheiro Hugo Monteiro, por ter me aberto às portas da BM Engenharia, além de todo o apoio dado nas diversas situações que ocorreram durante o estágio.

Agradeço ao Professor Tarso Vilela, por ter me orientado na conclusão do relatório de estágio, finalizando mais uma etapa dessa jornada.

Agradeço à minha família, pelo apoio e suporte durante esse período que passei estagiando longe de casa.

Agradeço aos meus amigos, pelas palavras de incentivo e conforto durante esse período.

“Calma! Calma! Eu estou aqui!”
Cristiano Ronaldo.

RESUMO

O presente relatório irá apresentar as atividades realizadas durante o estágio supervisionado do aluno **Rodolfo Medeiros Araújo da Silva** na empresa **BM Engenharia Ltda.**, no período de 1 de junho de 2015 até 1 de novembro de 2015. Serão abordadas atividades relativas ao processo de montagem de uma subestação 69/ 13,8 kV – 5/ 6,5 MVA na Fábrica Estrela, pertencente ao grupo M. Dias Branco, localizada no distrito industrial de Maracanaú – CE. Essas atividades incluem emissão de relatórios diários de obras e mapas de chuvas mensais, além do acompanhamento das atividades na casa de comando e no pátio da subestação.

Palavras-chave: Subestação; Montagem Eletromecânica; Equipamentos Elétricos.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Modelo do TC de medição da SE 69/13,8 kV – Fábrica Estrela.....	15
Figura 2 - Modelo do TP de medição da SE 69/13,8 kV – Fábrica Estrela.	16
Figura 3 - Modelo da chave seccionadora da SE 69/13,8 kV – Fábrica Estrela.	17
Figura 4 - Modelo do para-raios da SE 69/13,8 kV – Fábrica Estrela.	18
Figura 5 - Modelo do disjuntor da SE 69/13,8 kV – Fábrica Estrela.	19
Figura 6 - Modelo do transformador de potência da SE 69/13,8 kV – Fábrica Estrela.	20
Figura 7 - Vista Frontal SE.....	22
Figura 8 - Modelo de RDO.....	24
Figura 9 – Modelo de mapa de chuva do mês de agosto.....	25
Figura 10 – Iluminação da casa de comando.....	26
Figura 11 – Quadros de distribuição da casa de comando.	27
Figura 12 – Trecho da malha de aterramento finalizado.....	28
Figura 13 – Perspectiva geral das estruturas dos equipamentos.....	29
Figura 14 – Estruturas dos equipamentos montadas na SE.....	30
Figura 15 – Barramento da SE.	31
Figura 16 – Projeto com a disposição dos equipamentos no pátio.....	32
Figura 17 – Vista lateral da SE, com os equipamentos instalados e conectados com o barramento.	32
Figura 18 - Detalhe de aterramento da cerca da SE.	33
Figura 19 – SPDA da subestação: detalhe de instalação próximo ao transformador.	34
Figura 20 – Disposição das canaletas de BT e MT no pátio da SE.....	35
Figura 21 – Saída de MT do transformador conectada aos cabos de MT.	35
Figura 22 - Caixa de comando do disjuntor com os cabos de BT anilhados e etiquetados.	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABB	Asea Brown Boveri
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
BT	Baixa Tensão
FC	Força e Comando
MT	Média Tensão
RDO	Relatório Diário de Obra
SE	Subestação
TC	Transformador de Corrente
TP	Transformador de Potencial
TSA	Transformador de Serviços Auxiliares

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Lista de Ilustrações.....	viii
Lista de Abreviaturas e Siglas.....	ix
Sumário.....	x
1 Introdução.....	11
1.1 Empresas.....	12
1.1.1 BM Engenharia Ltda.....	12
1.1.2 ABB S/A.....	12
1.1.3 Grupo M. Dias Branco S/A.....	13
1.2 Objetivo.....	13
1.3 Estrutura do Trabalho.....	14
2 Fundamentação Teórica.....	15
2.1 Equipamentos que compõem a SE 69/13,8 kV.....	15
2.1.1 Transformadores de Corrente.....	15
2.1.2 Transformadores de Potencial.....	16
2.1.3 Chave Seccionadora.....	16
2.1.4 Para-Raios.....	17
2.1.5 Disjuntor.....	19
2.1.6 Transformador de Potência.....	19
2.2 Aterramento da Subestação.....	21
2.3 Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas.....	21
3 Atividades Realizadas.....	23
3.1 Atividades Administrativas.....	23
3.1.1 Emissão dos Relatórios Diários de Obra (RDO).....	23
3.1.2 Emissão de Mapas de Chuvas Mensais.....	25
3.2 Acompanhamento das Atividades na Casa de Comando.....	26
3.3 Acompanhamento das Atividades no Pátio da Subestação.....	28
3.3.1 Implantação da Malha de Aterramento.....	28
3.3.2 Montagem das Estruturas dos Equipamentos.....	29
3.3.3 Montagem do Barramento Principal.....	30
3.3.4 Instalação dos Equipamentos de Pátio.....	31
3.3.5 Montagem do Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas.....	33
3.3.6 Lançamentos dos Cabos de Média e Baixa tensão.....	34
4 Conclusão.....	36
Referências.....	37

1 INTRODUÇÃO

O presente relatório irá apresentar as atividades realizadas durante o estágio supervisionado do estudante Rodolfo Medeiros Araújo da Silva na empresa BM Engenharia Ltda., no período de 1 de junho de 2015 até 1 de novembro de 2015. O estágio se desenvolveu em campo, num projeto desenvolvido através de um consórcio.

A BM Engenharia, consorciada da ABB S/A e da M. Dias Branco S/A, foi contratada para execução das obras civis, montagem eletromecânica, e montagem elétrica industrial de 1 (uma) subestação principal de 69/13,8 kV – 5/6,5 MVA, situada no distrito industrial da cidade de Maracanaú – CE.

Durante o estágio foi possível aliar a prática de campo aos conhecimentos adquiridos durante a vida acadêmica, compreendendo a coordenação e acompanhamento das atividades realizadas, tais como:

- Acompanhamento das obras civis (casa de comando, canaletas de baixa tensão (BT) e média tensão (MT), base do transformador e caixa separadora de água e óleo, montagem e instalação das estruturas de concreto – pórtico dos equipamentos do pátio);
- Acompanhamento da montagem do sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) e do sistema de aterramento do pátio;
- Acompanhamento da instalação dos equipamentos do pátio nas estruturas de concreto;
- Acompanhamento da interligação dos quadros de baixa tensão (BT) e equipamentos de pátio.
- Acompanhamento da instalação elétrica da iluminação da casa de comando e do pátio;
- Emissão de Relatórios Diários de Obra;
- Emissão de Mapas de Chuva mensais.

1.1 EMPRESAS

Adiante será apresentado um breve histórico de cada empresa envolvida no projeto no qual se desenvolveu o estágio supervisionado.

1.1.1 BM ENGENHARIA LTDA.

A BM Engenharia, com sede em Recife-PE, atua no mercado de montagem industrial e representação comercial desde 2007. Tornou-se uma referência em montagens industriais, ao firmar grandes parcerias, atuando como prestadora de serviços da ABB, CHESF, ATP, ERS, ALUSA Engenharia, Suape, Vitarella, etc.

A BM engenharia se fez presente nos seguintes empreendimentos:

- Montagem eletromecânica da casa de força e subestação das Pequenas Centrais Hidroelétricas de São Gonçalo – MG, Paiol – MG, São José do Mantimento – MG, Açucena – MG, Santa Fé – MG, dentre outras;
- Usinas Hidrelétricas de Barra de Braúna, São José – MG;
- Termoelétrica de Laranjeiras – SE;
- Usina JB-PE, montagem de encaminhamentos e instalações do grupo gerador diesel e equipamentos de manobra.

Em parceria com a ABB na implantação da subestação da Fábrica Estrela (Grupo M. Dias Branco), a BM Engenharia é responsável pela construção civil e montagens elétricas e eletromecânicas da subestação de 69 kV, compreendendo sistema de iluminação, SPDA, aterramento e lançamento de cabos, instalação dos equipamentos do pátio, etc.

1.1.2 ABB S/A

A ABB S/A é uma empresa multinacional com sede na Suíça, que atua na parte de robótica, na área de potência e automação. A ABB é uma das maiores companhias de engenharia do mundo, estando presente em mais de 100 países, com aproximadamente 145.000 funcionários. Por ser de capital aberto, a empresa oferece ações nas bolsas de

valores de Zurique, Estocolmo e Nova York. No Brasil, a ABB atua desde 1957 com sua primeira unidade situada em Osasco - SP. A ABB possui as seguintes certificações:

- D&B DUNS Registered Eletronic Certificate;
- ISO9001;
- ISO14001;
- OSHAS 18001.

No consórcio firmado com o Grupo M. Dias Branco para construção da subestação de 69 kV, a ABB é responsável pelo fornecimento de todos os equipamentos e painéis, assim como comissionamento e interligação de painéis da casa de comando.

1.1.3 GRUPO M. DIAS BRANCO S/A

M. Dias Branco S/A é uma companhia de alimentos que fabrica, comercializa e distribui biscoito, bolos, farinha de trigo, salgadinhos e gordura vegetal em todo o Brasil, com sede na cidade de Eusébio - CE.

É uma empresa de capital aberto, líder no ramo de massas alimentícias do país, detém 26,1% do mercado brasileiro de biscoitos e 25,4% do mercado de massa, segundo a AC Nielsen (abril/2014), e o terceiro maior produtor brasileiro de farinha de trigo. Emprega quase 14 mil funcionários, 14 unidades industriais e 25 centros de distribuição espalhados pelo país.

Em 2014, o Grupo M. Dias Branco comprou 100% do controle acionário das empresas Pelágio Participações S/A e J. Brandão Comércio e Indústria, donas das marcas de biscoito Estrela, Pelágio e Salsito.

É responsável pela contratação da ABB e BM Engenharia para a implantação da subestação da sua unidade fabril em Maracanaú – CE.

1.2 OBJETIVO

O estágio tem como foco principal trazer o aluno o máximo possível para a vida prática, desafiando-o a aplicar os conhecimentos adquiridos durante a graduação em Engenharia Elétrica.

Esse documento retratará o acompanhamento da montagem eletromecânica e montagem elétrica industrial na participação da BM Engenharia na construção de uma subestação de 69/13,8 kV na fábrica Estrela, localizada no distrito industrial da cidade de Maracanaú – CE.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esse relatório de estágio está estruturado em quatro capítulos, sendo o presente capítulo responsável pela introdução do trabalho e mais três capítulos descrito a seguir.

O Capítulo 2 trará um breve embasamento teórico acerca das atividades que foram desenvolvidas, onde serão abordados temas sobre malha de aterramento, equipamentos elétricos, sistema de proteção contra descargas atmosféricas, etc.

O Capítulo 3 abordará de fato o que aconteceu na execução das atividades.

Finalmente, o Capítulo 4 trará a conclusão, especificando os conhecimentos adquiridos durante a realização do estágio bem como sua importância para a vida profissional do estudante de engenharia.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 EQUIPAMENTOS QUE COMPÕEM A SE 69/13,8 kV

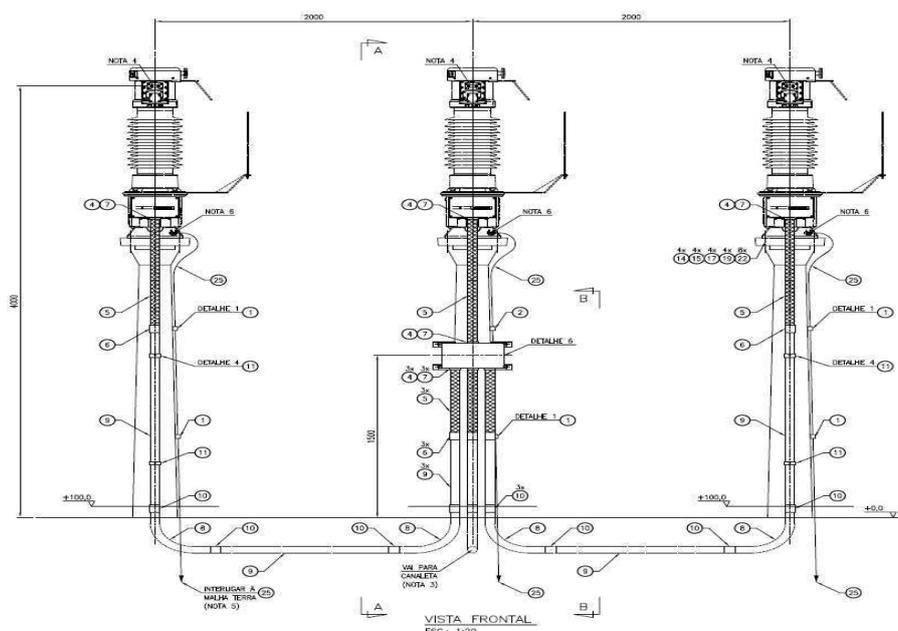
2.1.1 TRANSFORMADORES DE CORRENTE

O transformador de corrente de medição é de propriedade da concessionária do Ceará - Coelce, enquanto que o TC de proteção foi fornecido pela ABB.

A função de um transformador de corrente é reproduzir proporcionalmente em seu circuito secundário a corrente de seu circuito primário, mantendo sua posição fasorial. Ele é utilizado para alimentar instrumentos de medição, controle e proteção em sistemas elétricos, cuja corrente é muito baixa em relação à nominal do sistema. Além disso, também promove a isolamento elétrico entre o instrumento e o sistema elétrico [KINDERMANN, 1999].

A SE da Fábrica Estrela foi equipada com dois TCs de proteção e três de medição. O TC utilizado na subestação da fábrica Estrela é apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Modelo do TC de medição da SE 69/13,8 kV – Fábrica Estrela.



Fonte: BM Engenharia, 2015.

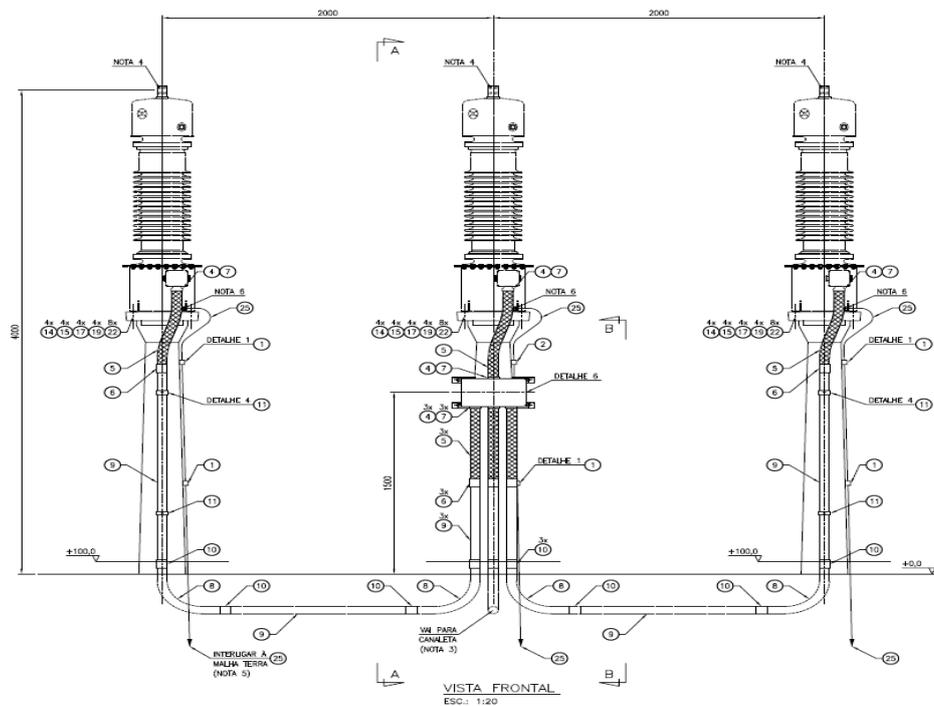
2.1.2 TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

O transformador de potencial de medição foi fornecido pela concessionária do Ceará - Coelce, enquanto que o TP de proteção foi fornecido pela ABB.

O transformador de potencial é utilizado para transmitir o sinal de tensão a equipamentos de medição, controle e proteção. Ele deve reproduzir no seu secundário uma tensão que seja a réplica da tensão na linha do sistema (tensão nominal primária). A tensão secundária é geralmente normalizada com valor de 115 volts [KINDERMANN, 1999].

A SE da fábrica Estrela foi equipada com um TP de proteção e três de medição. O TP de medição utilizado na subestação da fábrica Estrela é apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Modelo do TP de medição da SE 69/13,8 kV – Fábrica Estrela.



Fonte: BM Engenharia, 2015.

2.1.3 CHAVE SECCIONADORA

A chave seccionadora é um dispositivo destinado a isolar os equipamentos e suas partes dos circuitos elétricos. São instaladas em pontos estratégicos da subestação, a fim de seccionar a rede para minimizar os efeitos das interrupções, estabelecer

seccionamento visível em equipamentos, estabelecer *by pass* em equipamentos como reguladores de tensão, como *vis a vis* para manobras de circuitos [RAMOS *et al.*, 2007].

Para o seccionamento é obrigatório o uso do equipamento *load buster*, e equipamento de proteção individual (EPI), tais como luva isolante e manga isolante para evitar acidentes com o arco elétrico, capaz de lesionar o operador. Para seu fechamento, utiliza-se vara de manobra.

A subestação foi equipada com uma chave seccionadora com abertura central, com previsão de instalação de mais uma, caso haja expansão da subestação.

O modelo da chave seccionadora utilizada na SE da fábrica Estrela é apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Modelo da chave seccionadora da SE 69/13,8 kV – Fábrica Estrela.



Fonte: o próprio autor, 2015.

2.1.4 PARA-RAIOS

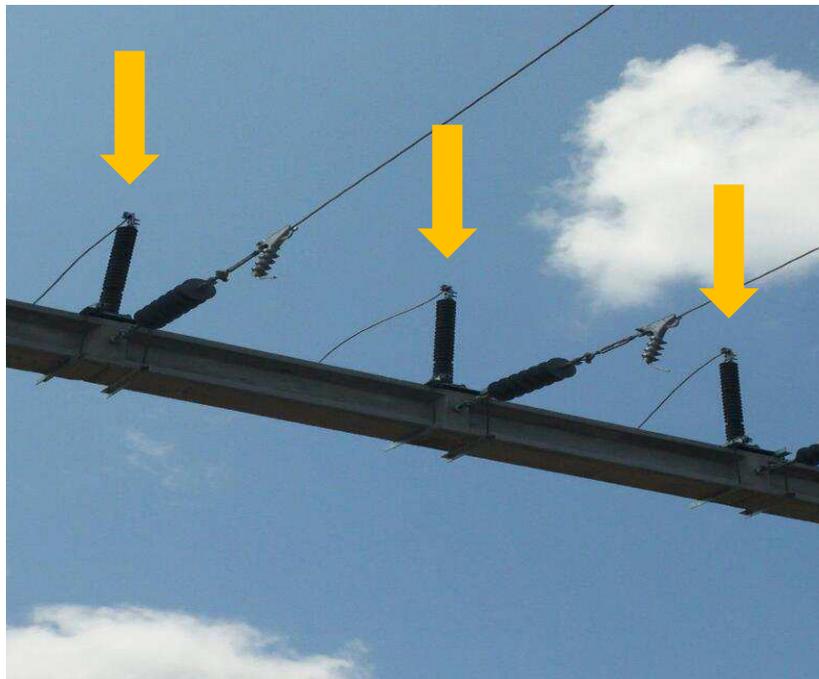
Componentes da família dos supressores de surtos, os para-raios são dispositivos fundamentais em sistemas de potência, pois atuam na proteção dos equipamentos elétricos contra surtos atmosféricos e de manobra e auxiliam na coordenação do isolamento de subestações elétricas.

A função é limitar o nível de tensão nos equipamentos, evitando que os mesmos sofram sobretensões inadequadas a sua operação. São dispositivos instalados em paralelo ao equipamento protegido, entre fase e terra, com as seguintes características [MAMEDE, 1994]:

- Apresentam impedância muito alta durante as condições normais de serviço, com correntes de fuga praticamente nulas;
- Apresentam baixa impedância durante a ocorrência de surtos, limitando as sobretensões a valores admissíveis;
- Dissipam a energia associada ao surto sem sofrer dano;
- A subestação da fábrica Estrela está equipada com seis para-raios, sendo três na entrada do barramento principal e três na bucha de alta tensão do transformador.

O modelo do para-raios utilizado na SE da fábrica Estrela é apresentado na Figura 4, indicado pelas setas amarelas.

Figura 4 - Modelo do para-raios da SE 69/13,8 kV – Fábrica Estrela.



Fonte: o próprio autor, 2015.

2.1.5 DISJUNTOR

O disjuntor de potência é um equipamento destinado à interrupção e ao restabelecimento das correntes elétricas num determinado ponto do circuito. Sua função é interromper as correntes de defeito de um determinado circuito em um menor intervalo de tempo possível.

O disjuntor possui capacidade de abertura e fechamento que deve atender a todos os pré-requisitos de manobra sob condições normais e anormais de operação. Está sempre associado a relés, sem os quais não passariam de simples chaves com alto poder de interrupção. O disjuntor utilizado em sistema de alta tensão pode ser a óleo, a vácuo, ar comprimido e hexafluoreto de enxofre (SF₆) [MAMEDE, 1994].

Foi utilizado na subestação um disjuntor fabricado pela ABB, com três polos separados. O modelo do disjuntor utilizado na SE da fábrica Estrela é apresentado na Figura 5. Na parte inferior da Figura 5 apresenta-se um mecanismo em um compartimento de liga metálica e na parte superior encontra-se a unidade de interrupção, que corresponde a uma câmara de gás hexafluoreto de enxofre (SF₆).

Figura 5 - Modelo do disjuntor da SE 69/13,8 kV – Fábrica Estrela.



Fonte: o próprio autor, 2015.

2.1.6 TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA

O transformador de potência é um equipamento de grande importância e representa alto custo para o sistema elétrico de potência. É definido como um

equipamento elétrico estático que, por indução eletromagnética, transforma tensão e corrente alternadas entre dois ou mais enrolamentos, sem mudança de frequência [ABNT, 2010].

Ao longo do tempo de operação do equipamento, ocorre o desgaste natural do sistema de isolamento, devido a sobretensões, vibração, sobreaquecimentos, fadiga térmica, química e elétrica. Por esses motivos, se torna necessário o monitoramento constante a fim de realizar manutenções preventivas, no intuito de garantir eficiência do equipamento e evitar parada indesejada.

A eficiência da refrigeração é um fator importante, pois determina a segurança operacional e o tempo de vida de um transformador. O sistema utilizado com maior frequência em unidades menores é a refrigeração natural, *Oil Natural Air Natural* (ONAN), no qual o calor é absorvido pelo óleo e dissipado no ar através dos radiadores. No sistema *Oil Natural Air Forced* (ONAF) os radiadores são adicionalmente refrigerados por meio de ventiladores. O sistema de refrigeração pode também consistir de bancos de radiadores separados ou com trocador óleo/água. A refrigeração pode ainda ser incrementada por meio do fluxo direcionado do óleo [MAMEDE, 1994].

Na SE da fábrica Estrela, o transformador redutor (69/13,8 kV) tem potência de 5 – 6,5 MVA sem a instalação de um resistor no neutro. O modelo do transformador utilizado na SE da fábrica Estrela é apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Modelo do transformador de potência da SE 69/13,8 kV – Fábrica Estrela.



Fonte: o próprio autor, 2015.

2.2 ATERRAMENTO DA SUBESTAÇÃO

Uma parte não visível do complexo sistema que compõe uma subestação, mas imprescindível para o bom funcionamento dos equipamentos e da segurança de pessoas, é o sistema de aterramento. A malha de aterramento é um sistema subterrâneo de cabos e hastes de cobre, que rodeiam praticamente toda a área da subestação. Esses cabos são interligados uns aos outros com junções e soldas com o propósito de garantir a menor resistência elétrica possível. As hastes são cravadas verticalmente no solo e interligadas ao sistema de cabos. Uma das funções da malha de terra é garantir um potencial elétrico de referência (zero referencial) para os equipamentos da subestação.

Outra particularidade do sistema de aterramento é que ele interliga todas as peças metálicas que estão na casa de comando e em seu entorno, como portões, trilhos de equipamentos, cercas, janelas e portas metálicas. Isso ocorre com o propósito de garantir a segurança das pessoas que circulam na subestação.

Um bom projeto de aterramento deve garantir que os níveis de corrente de curto-circuito fase-terra sejam suficientes para sensibilizar a proteção de retaguarda, bem como assegurar potenciais de passo e de toque suportáveis. Essas condições são obtidas pela geometria da malha de aterramento compatível com a resistividade do solo no local de implantação da subestação, com o cálculo correto da parcela da corrente de curto-circuito a ser dissipada pela malha e com os tempos de atuação das proteções instaladas [KINDERMANN, 1992].

A malha de terra da SE da fábrica Estrela foi implantada com hastes de aterramento de $\frac{3}{4}$ "x3000 mm, com cabo de cobre de 70 mm, na profundidade de 0,60 m da cota do terreno.

2.3 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS

ATMOSFÉRICAS

O SPDA, como o próprio nome sugere, é um sistema que protege uma determinada edificação contra descargas atmosféricas.

O princípio de funcionamento é bastante simples: como uma descarga atmosférica tende a atingir o ponto mais alto de uma região, instala-se uma haste

metálica nesse ponto, conectada a malha de aterramento da área, a fim de captar essa descarga e drená-la na malha [MAMEDE, 1997].

O SPDA adotado na subestação da fábrica Estrela é composto por cinco captadores tipo hastes metálicas conectadas a malha de aterramento através de cabos de cobre nu.

O SPDA é mostrado na Figura 7, na qual é possível visualizar as hastes metálicas, assim como os cabos guarda.

Figura 7 - Vista Frontal SE.



Fonte: o próprio autor, 2015.

3 ATIVIDADES REALIZADAS

Durante o período do estágio, o estagiário realizou atividades tanto no campo da engenharia, como também no campo administrativo, uma vez que o efetivo da obra para realizar essas atividades era restrito.

Com a finalidade de uma melhor apresentação dessas atividades, neste relatório as mesmas serão divididas em três partes, apresentadas a seguir:

- Atividades administrativas;
- Acompanhamento das atividades na casa de comando;
- Acompanhamento das atividades no pátio da subestação.

3.1 ATIVIDADES ADMINISTRATIVAS

Por ser uma obra com efetivo reduzido, o estagiário acumulou atividades de cunho administrativo, sendo realizadas com a supervisão do engenheiro responsável pela obra. Tais atividades estão listadas a seguir.

3.1.1 EMISSÃO DOS RELATÓRIOS DIÁRIOS DE OBRA (RDO)

Por ser uma empresa terceirizada para a montagem da subestação da fábrica Estrela, a BM Engenharia emitia um RDO ao fim de cada dia trabalhado, com o intuito de informar as atividades realizadas. Dessa forma, a ABB poderia monitorar e fazer ajustes, caso fosse necessário, no cronograma geral da obra.

O estagiário, com a supervisão do engenheiro responsável, redigia esse relatório e enviava para o representante da ABB. O modelo do RDO utilizado na obra é mostrado na Figura 8.

3.2 ACOMPANHAMENTO DAS ATIVIDADES NA CASA DE COMANDO

Quando o estagiário chegou ao canteiro de obras, a alvenaria da casa de comando já estava finalizada, faltando executar a instalação elétrica.

O engenheiro responsável designou o estagiário para acompanhar a montagem da instalação elétrica, que seria realizada por um encarregado eletricista, dois eletricistas montadores, um eletricista de força e controle (FC) e um auxiliar de eletricista.

Em um primeiro momento, foram montados os perfilados metálicos. No interior desses perfilados, os cabos de alimentação de tomadas e iluminação foram lançados e conectados. Por fim, as luminárias foram instaladas, assim como as tomadas e interruptores, como estavam descritos no projeto. A iluminação da casa de comando finalizada é mostrada na Figura 10.

Figura 10 – Iluminação da casa de comando.



Fonte: o próprio autor, 2015.

Com toda a parte estrutural finalizada, os cabos foram conectados ao seu respectivo quadro de iluminação e tomadas da casa de comando, que se encontrava no interior desta.

Com essa etapa concluída, o estagiário acompanhou a montagem e instalação dos quadros de distribuição de BT na casa de comando. Ao todo, a casa de comando abrigava cinco quadros de distribuição, sendo eles:

- Quadro geral CA: Alimentado pela saída de BT do TSA, fornecido pela ABB;
- Quadro geral CC: Alimentado pelo banco de baterias, que se encontrava no interior da Casa de comando, fornecido pela ABB;
- Quadro de iluminação e tomadas de pátio: Alimentado pelo quadro geral CA, fornecido pela BM Engenharia;
- Quadro de iluminação e tomadas da Casa de comando: Alimentado pelo quadro geral CA, fornecido pela BM Engenharia;
- Quadro de iluminação de emergência: Alimentado pelo quadro geral CC, fornecido pela BM Engenharia.

Com essa etapa concluída, as conexões entre cabo e painel foram realizadas e testadas pelo engenheiro da obra e o eletricitista FC.

Os quadros de distribuição instalados na casa de comando são mostrados na Figura 11.

Figura 11 – Quadros de distribuição da casa de comando.



Fonte: o próprio autor, 2015.

3.3 ACOMPANHAMENTO DAS ATIVIDADES NO PÁTIO DA SUBESTAÇÃO

3.3.1 IMPLANTAÇÃO DA MALHA DE ATERRAMENTO

No início do período de estágio, o canteiro de obras se encontrava em terra planada, com as escavações para a montagem da malha de aterramento sendo realizadas.

O estagiário acompanhou todo o processo de montagem da malha. Esse processo se inicia com a instalação das hastes de aterramento. De acordo com o projeto, elas devem ser fincadas a três metros de profundidade. O projeto prevê que quatro hastes sejam fincadas a seis metros de profundidade, para serem utilizadas como hastes de inspeção da malha de terra. Após essa etapa, as hastes devem ser soldadas com os cabos de cobs, seguindo o modelo de solda descrita no projeto.

Com a malha de aterramento concluída, as valas foram terraplenadas e iniciou-se o processo de britamento e montagem das estruturas dos equipamentos.

Um trecho da malha de aterramento finalizada é mostrado na Figura 12.

Figura 12 – Trecho da malha de aterramento finalizado.



Fonte: o próprio autor, 2015.

3.3.2 MONTAGEM DAS ESTRUTURAS DOS EQUIPAMENTOS

As estruturas que serviram de base para os equipamentos são feitas de concreto armado e são fabricadas em um local que segue as normas de montagem da ABB.

Para colocá-las no local especificado no projeto, foi necessária a locação de um caminhão guindaste, dado o peso das estruturas. Cada estrutura possuía uma característica específica, sendo instalada a um nível do solo especificado em projeto.

Após a montagem e concretagem dessas estruturas, os capiteis, que são as bases propriamente ditas, foram colocadas no seu local. Essa instalação de capiteis exigiu muito cuidado, uma vez que não é admitido qualquer inclinação dos equipamentos, principalmente da chave seccionadora, uma vez que a parte móvel da chave tem que estar na mesma altura que a parte fixa. Para garantir que o capitel não iria ceder, foi aplicado graute, uma espécie de cola de concreto, na região entre a estrutura e o capitel.

A montagem dos pórticos de entrada e de barramento foi feita de maneira similar às estruturas dos equipamentos. O tempo de cura do graute é de dois dias. Nesse período de cura, o barramento principal da subestação foi montado.

O projeto que detalha as estruturas de cada equipamento, assim como seus capiteis correspondentes, é mostrado na Figura 13 e as estruturas montadas na SE são mostradas na Figura 14.

Figura 13 – Perspectiva geral das estruturas dos equipamentos.

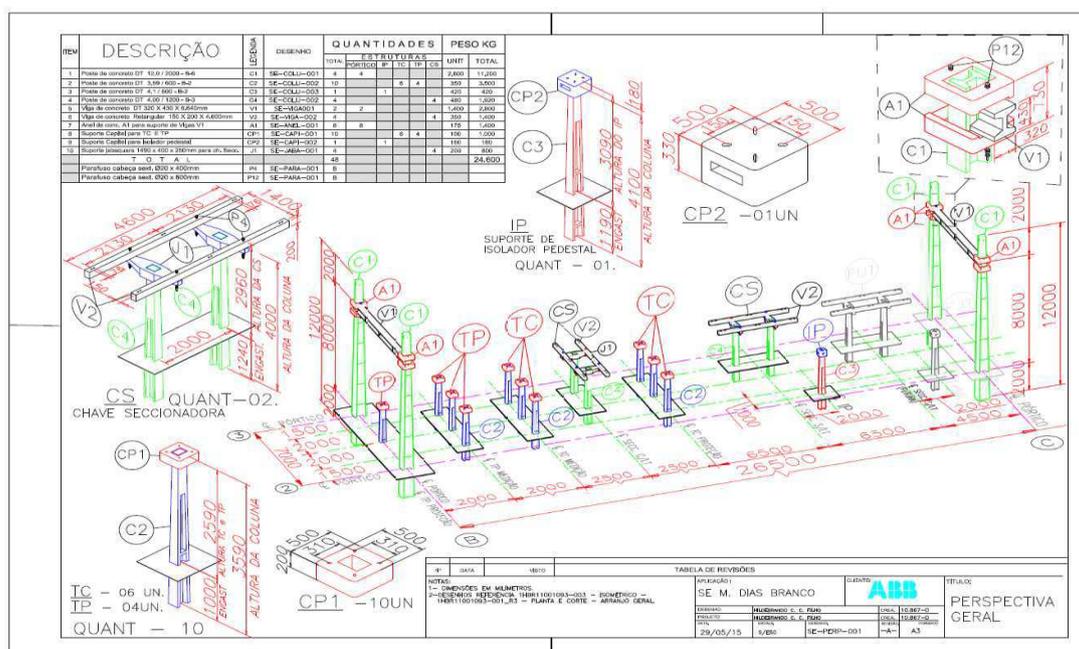


Figura 14 – Estruturas dos equipamentos montadas na SE.



Fonte: o próprio autor, 2015.

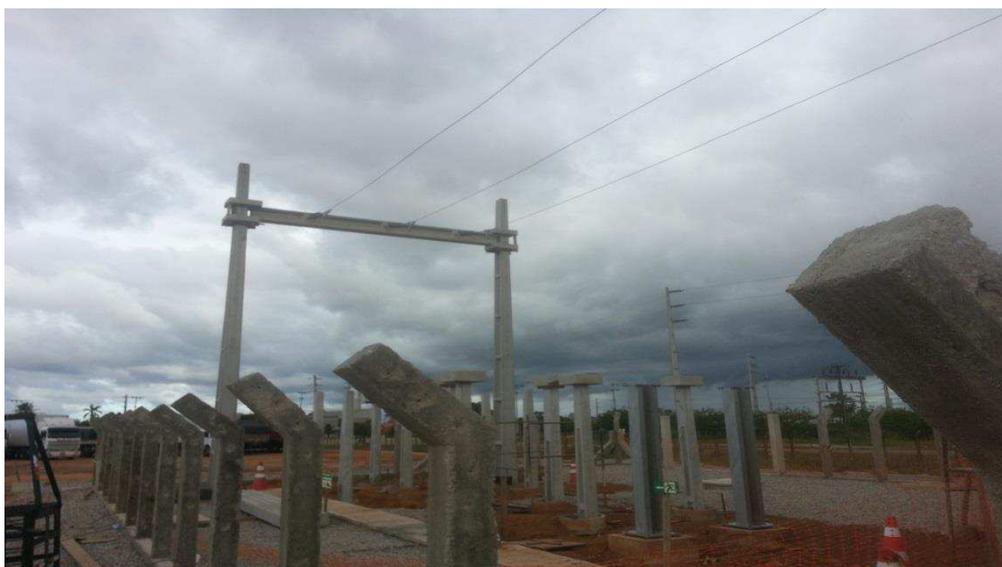
3.3.3 MONTAGEM DO BARRAMENTO PRINCIPAL

A subestação possui um barramento principal, a partir dele os equipamentos foram interligados, e energizados logo em seguida. Nessa etapa de montagem, o estagiário ficou acompanhando e auxiliando o engenheiro responsável.

Escolheu-se montar o barramento antes de montar os equipamentos, porque caso houvesse uma falha no processo de montagem, a queda do barramento não iria causar danos aos equipamentos no pátio da subestação.

A primeira etapa é instalar os isoladores nas extremidades do barramento, como o projeto especifica. Com o auxílio do caminhão guindaste, os eletricitistas montadores instalaram o barramento nas vigas de entrada e saída da subestação, e utilizando a chave catraca tencionaram de forma que o barramento suportasse os esforços físicos a que ela estaria exposta. Com essa etapa finalizada, o processo de instalação dos equipamentos de pátio foi inicializado. A seguir é mostrado o barramento da subestação montado.

Figura 15 – Barramento da SE.



Fonte: o próprio autor, 2015.

3.3.4 INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE PÁTIO

Quando o estagiário chegou ao site, os equipamentos já estavam no local, faltando apenas os equipamentos que iriam ser cedidos pela Coelce: TC e TP de medição.

Nessa etapa de montagem, por levar um tempo considerado longo, ora o estagiário ficou auxiliando o engenheiro responsável, ora ficou na frente de serviço, acompanhando a realização da atividade.

Os equipamentos foram montados seguindo a ordem descrita no projeto: TP de proteção, TC de proteção, chave seccionadora, disjuntor e isolador de pedestal.

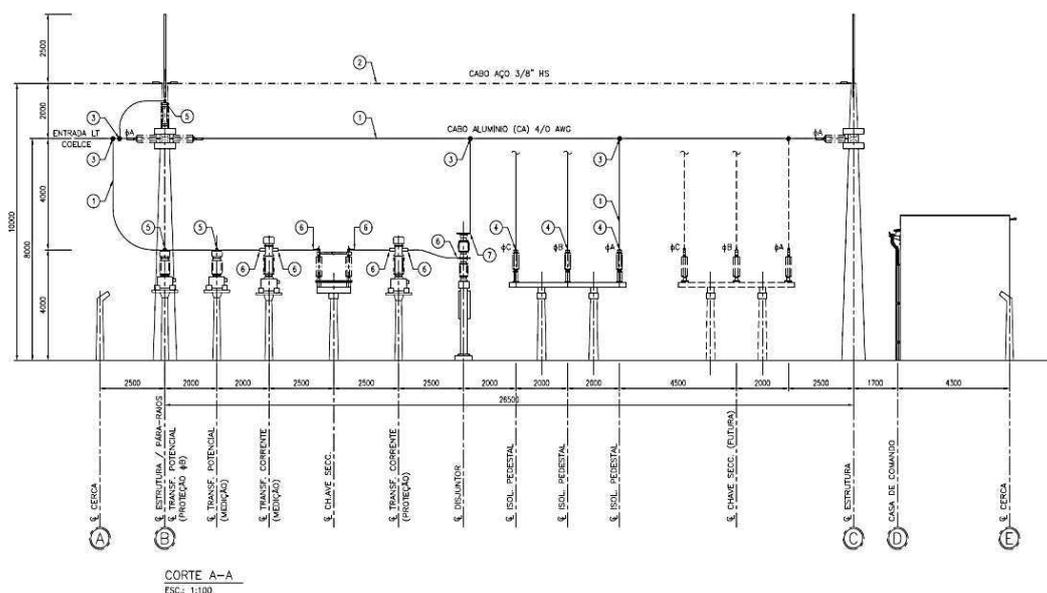
A montagem da chave seccionadora foi a que exigiu maior cuidado por parte da equipe, tendo sido necessária a presença de um colaborador da ABB, para certificar que seria montada da forma detalhada no projeto.

Com os equipamentos montados, iniciou-se o processo de aterramento dos mesmos, uma vez que é necessário que qualquer superfície metálica seja aterrada, e a conexão com o barramento da subestação.

Com essa etapa concluída, iniciaram-se duas etapas de montagem que foram realizadas paralelamente, a do SPDA e a da iluminação de pátio.

Nas Figuras 16, 17 e 18 são mostrados a disposição dos equipamentos no pátio da SE de acordo com o projeto, os equipamentos instalados na SE e o aterramento da cerca, respectivamente.

Figura 16 – Projeto com a disposição dos equipamentos no pátio.



Fonte: BM Engenharia, 2015.

Figura 17 – Vista lateral da SE, com os equipamentos instalados e conectados com o barramento.



Fonte: o próprio autor, 2015.

Figura 18 - Detalhe de aterramento da cerca da SE.



Fonte: o próprio autor, 2015.

3.3.5 MONTAGEM DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

O projeto de SPDA da subestação da fábrica Estrela prevê:

- Cinco hastes do para-raios tipo Franklin, sendo duas instaladas na entrada do barramento, duas na saída do barramento e uma na parede corta-fogo;
- Dois cabos-guarda por cima do barramento principal, dois cabos-guarda interligando a parede corta-fogo com as vigas de entrada e saída da subestação.

Nessa etapa de montagem, o estagiário ficou responsável em acompanhar e auxiliar a equipe de montagem, uma vez que, paralelamente, estava sendo montada a iluminação de pátio.

Com essa etapa concluída, iniciou-se a última etapa de montagem da subestação, o lançamento de cabos tanto de baixa tensão, quanto de média tensão.

O detalhe do SPDA da subestação é mostrada na fotografia da Figura 19.

Figura 19 – SPDA da subestação: detalhe de instalação próximo ao transformador.



Fonte: o próprio autor, 2015.

3.3.6 LANÇAMENTOS DOS CABOS DE MÉDIA E BAIXA TENSÃO

A subestação conta com duas canaletas para a passagem dos cabos. Na canaleta de BT passam os cabos de controle e comando dos equipamentos, os cabos de iluminação do pátio e os cabos dos equipamentos de faturamento. Na canaleta de MT, passam os cabos que conectam a saída de MT do transformador com o painel geral da casa de comando.

Durante essa etapa da montagem, o estagiário auxiliou o engenheiro no desenvolvimento das atividades. Como nessa etapa o efetivo da obra tinha sido reduzido, muitas vezes o estagiário teve que fazer teste de continuidade dos cabos de BT para saber se estavam corretamente conectados.

Ao fim dessa etapa, foi feita a numeração e identificação dos cabos através da etiquetagem e do anilhamento.

Nas Figuras 20, 21 e 22, respectivamente, são mostradas imagens detalhando o posicionamento das canaletas, assim como a saída de BT do transformador conectada e alguns equipamento com seus cabos de comando etiquetados e anilhados.

Figura 20 – Disposição das canaletas de BT e MT no pátio da SE.



Fonte: o próprio autor, 2015.

Figura 21 – Saída de MT do transformador conectada aos cabos de MT.



Fonte: o próprio autor, 2015.

Figura 22 - Caixa de comando do disjuntor com os cabos de BT anilhados e etiquetados.



Fonte: o próprio autor, 2015.

4 CONCLUSÃO

Do exposto nesse trabalho, constata-se a importância das experiências adquiridas durante o contato do estudante de engenharia elétrica com atividades relacionadas ao mercado de trabalho ao qual será inserido em breve.

Durante o período do estágio, era natural o estagiário ter que consultar assuntos vistos durante a graduação, como nas disciplinas de laboratório de circuitos elétricos 1, laboratório e teoria de instalações elétricas e equipamentos elétricos, para poder aplicar em campo, tornando o estágio muito proveitoso, uma vez que houve um acúmulo de conhecimento com os problemas enfrentados em campo.

Outro ponto importante desenvolvido durante o estágio foi a questão de relacionamento e gestão de pessoas, algo que já era comum na vivência dentro da universidade, mas que se tornou mais complexo dentro do canteiro, já que o estagiário tinha que se reportar a diversas pessoas, com diversas funções dentro da obra.

Por se tratar de uma obra voltada a montagem, tendo que seguir o projeto, muitas vezes o estagiário teve que auxiliar o engenheiro da obra a buscar soluções para diversos problemas que apareceram durante a obra, desenvolvendo aspectos importantes para um profissional de engenharia, como proatividade, dinamismo e criatividade.

REFERÊNCIAS

ABB. Sobre ABB. Disponível em <<http://www.abb.com>>. Acesso em 4 de novembro de 2015.

ABNT. (2010). NBR 5356 - Transformador de Potência - Parte 1: Generalidades. Associação Brasileira de Normas Técnicas (p. 95). ABNT.

BM Engenharia. Sobre BM Engenharia. Disponível em <<http://www.bmeng.com.br>>. Acesso em 4 de novembro de 2015.

KINDERMANN, G. **Curto-circuito**. Porto Alegre: Sabra-DC Luzzato, 1992.

KINDERMANN, G. **Proteção de Sistemas Elétricos de Potência**. Florianópolis: Ed. do autor, vol. 1, 1999.

MEMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais**. 5. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Ltda, 1997.

MAMEDE FILHO, J. **Manual de Equipamentos Elétricos**. 2. ed, vol. 1. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Ltda, 1994.

M. Dias Branco. Sobre Grupo M. Dias Branco. Disponível em <<http://www.Mdiasbranco.com.br>>. Acesso em 4 de novembro de 2015.

RAMOS, A. R., CHAGAS, A., COSTA, J., BRAZ, S. Equipamentos de proteção e manobra – Treinamento Operacional Aes Eletropaulo. 2007.