



Universidade Federal
de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

IGOR SMALE BARROS BARBOSA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Campina Grande, Paraíba
Junho de 2014

IGOR SMALE BARROS BARBOSA

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: Sistemas Elétricos

Orientador:

Professor Tarso Vilela Ferreira, D. Sc.

Campina Grande, Paraíba
Junho de 2014

IGOR SMALE BARROS BARBOSA

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: Sistemas Elétricos

Aprovado em 12 / 06 / 2014

Karcus Marcelus Colaço Dantas, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

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

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que proporciona a todos a capacidade de seguir em frente, a coragem para vencer os desafios da vida e a determinação para escrever nosso próprio destino. Agradeço imensamente à minha mãe, minha família, à Robert e tia Sônia, que possibilitaram e me deram todo o apoio necessário para realização do meu estágio, sempre torcendo pelo meu sucesso.

À FAAB Engenharia Ltda., principalmente ao meu amigo e engenheiro responsável pela obra da subestação de Senhor do Bonfim, Diego Pereira Cavalcanti, pela a oportunidade oferecida para realização do estágio, pela experiência adquirida através de sua supervisão nas atividades, que me ajudaram na compreensão das etapas de construção, dos conselhos e ensinamentos dados para um ambiente de obra, imprescindíveis para minha formação pessoal e profissional. Ao auxiliar administrativo Danilo Barbosa da Silva, pelo apoio e amizade formada durante o período, que proporcionaram um ambiente de trabalho agradável e descontraído, onde foi possível o enriquecimento do meu vocabulário dia-a-dia.

Agradeço à minha noiva, pela compreensão e paciência da minha ausência, por está sempre ao meu lado em todos os momentos, me incentivando, me aconselhando e me ajudando como possível. A quem eu devo todo amor e carinho.

Agradeço a essa Instituição, à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica e ao meu professor e orientador Tarso Vilela, pela minha acolhida e pelas condições oferecidas, que me permitiram concluir este trabalho.

RESUMO

Este relatório objetiva descrever as atividades desenvolvidas durante o estágio integrado de Igor Smale Barros Barbosa, realizado na FAAB Engenharia Ltda., durante o período de 10 de fevereiro de 2014 à 06 de junho de 2014, na obra de ampliação da subestação Chesf Senhor do Bonfim II. A ampliação da subestação consiste na instalação de uma entrada de linha de 138 kV, em uma conexão de transformador 230/138 kV – 100 MVA e as conexões associadas para cada evento. Este trabalho apresenta uma introdução às subestações de energia elétrica, apresentando tipos, funcionalidades e configurações de barra. É apresentada a subestação Senhor do Bonfim II e as atividades de estágio desenvolvidas no período. Foram realizados acompanhamento das obras civis, revisões de projetos executivos e análises em campo para adequação dos projetos.

Palavras-chave: Ampliação de subestação, estágio, obra civil.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Tipos de instalação de subestações.	12
Figura 2. Barramento simples com chave de contorno.	13
Figura 3. Barramento principal e de transferência.	14
Figura 4. Barramento duplo a cinco chaves.	15
Figura 5. Barramento em anel.	15
Figura 6. Interferência da BCO do transformador T4 para construção das sapatas da PCF.	22
Figura 7. (a) Execução de uma solda exotérmica para desvio da malha de terra na escavação para base do disjuntor de 230 kV. (b) Escavação com desvio na malha de terra para base do disjuntor de 138 kV.	24
Figura 8. (a) Armação do DJ de 230 kV. (b) Escavação para base do DJ de 230 kV com concreto magro.	24
Figura 9. (a) Montagem de forma e base concretada do disjuntor de 138 kV. (b) Posição dos chumbadores do disjuntor de 138 kV.	25
Figura 10. Suporte e bases da chave seccionadora de 230 kV.	25
Figura 11. (a) Armação da base da chave seccionadora de 230 kV. (b) Concretagem da base da chave seccionadora de 230 kV.	26
Figura 12. (a) Armação da base do transformador. (b) CSAO existente no local de construção da base do transformador.	26
Figura 13. (a) Concreto magro da CSAO. (b) Forma em alvenaria e armação da CSAO.	27
Figura 14. (a) Vigas do térreo concretadas. (b) Escoramento para coberta.	27
Figura 15. (a) Escavação da fundação da PCF. (b) Fundações concretadas.	28
Figura 16. (a) Montagem de forma e concretagem das tampas para canaletas. (b) Tampas para canaletas concretadas.	28
Figura 17. (a) Corpos de prova para ensaio de rompimento. (b) Ensaio de rompimento de corpo de prova.	29
Figura A1. Exemplar do RDO.	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estudo de traço de concreto.....	22
Tabela 2. Equipamentos e materiais recebidos.....	29

SUMÁRIO

1	Introdução.....	9
1.1	A Empresa.....	9
2	Subestação de Energia Elétrica.....	11
2.1	Classificação das SE.....	11
2.1.1	Tipo de Instalação.....	11
2.1.2	Função no Sistema Elétrico.....	12
2.2	Configurações de Barramento.....	12
3	A Subestação Senhor do Bonfim II.....	16
3.1	Setor de 230 kV.....	16
3.2	Setor de 138 kV.....	16
3.3	Setor de 69 kV.....	17
3.4	A Obra.....	17
3.4.1	Fornecimento de todos os equipamentos e materiais.....	18
3.4.2	Serviços a serem executados.....	18
3.4.3	Eventos.....	19
4	Atividades Desenvolvidas.....	20
4.1.1	Relatório Diário de Obra.....	20
4.1.2	Projetos Cívicos.....	21
4.1.3	Projetos Eletromecânicos.....	22
4.1.4	Acompanhamento na Execução dos Serviços.....	23
4.1.5	Recebimento e Verificação de Equipamentos.....	29
4.1.6	Relatório mensal do empreendimento.....	30
5	Conclusão.....	31
	Bibliografia.....	32
	ANEXO A – RDO.....	33

1 INTRODUÇÃO

O estágio integrado apresenta-se na estrutura curricular do curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como componente obrigatória para conclusão do curso. Entende-se o estágio como elemento essencial para desenvolvimento e formação do engenheiro, iniciando-se a vida profissional executando na prática o aprendido em sala de aula.

Este relatório de estágio integrado objetiva descrever a experiência obtida pelo estagiário a partir das atividades desenvolvidas na FAAB Engenharia Ltda., na obra de ampliação da Subestação (SE) Senhor do Bonfim II, localizada no município de Senhor do Bonfim - BA. As atividades foram orientadas e supervisionadas pelo engenheiro eletricitista responsável pela obra Diego Pereira Cavalcanti.

1.1 A EMPRESA

A FAAB Engenharia Ltda. iniciou suas atividades em 20 de agosto de 1979, com razão social de Construtora e Incorporadora FAAB Ltda, já que era voltada especificamente para o ramo de construção e incorporação de imóveis.

A partir de 15 de junho de 1985 passou a atuar na execução de obras diversas, como edificações, urbanizações, obras de artes correntes, especiais e saneamento básico, tendo como principais clientes: Empresa de Urbanização do Recife, Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife, Secretaria de Educação de Pernambuco, Fundação Nacional de Saúde – Recife, Departamento de Estradas de Rodagem de Pernambuco, Banco do Brasil, Bandepe, City Bank e Companhia Energética de Pernambuco.

Com a intensificação dos trabalhos, a FAAB ampliou seu quadro técnico e começou a se equipar, visando atuar também junto às concessionárias de energia elétrica, não somente em obras de construção civil, mas também na construção de linhas de transmissão, redes de distribuição de energia elétrica e construção e montagem eletromecânica de subestações, deixando de ser uma empresa apenas de construção para tornar-se uma verdadeira empresa de engenharia, ampliando seus horizontes e necessitando trocar a Razão Social para FAAB Engenharia.

Dessa forma, a FAAB Engenharia Ltda. tem atuado de forma efetiva no mercado energético com um vasto acervo de obras junto à Central Elétrica de Pernambuco, Companhia de Energética do Rio Grande do Norte, Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia, Energisa, Companhia Energética de Alagoas, M&G, Areva, ABB, Companhia Pernambucana de Saneamento, Grupo Queiroz Galvão, Ambev, Siemens, Companhia Energética do Maranhão, Secretaria de Infraestrutura do Ceará, STK Sistemas, Alstom e Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF).

2 SUBESTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Uma SE de energia elétrica pode ser definida como um conjunto de sistemas e equipamentos capazes de transferir a energia elétrica de uma fonte para vários centros de consumo, concebidos para servir ao sistema elétrico da melhor maneira possível. As subestações são caracterizadas e classificadas quanto ao tipo de instalação e funcionalidade desempenhadas no sistema, quanto aos níveis de tensão e quanto à configuração de barra.

2.1 CLASSIFICAÇÃO DAS SE

A seguir, serão apresentadas as principais classificações das SE quanto ao tipo de instalação e quanto à funcionalidade desempenhada no sistema. Tais definições foram extraídas das notas de aulas sobre fundamentos de planificação de subestações, do professor do Departamento de Engenharia Elétrica Edson Guedes da Costa, D.Sc. e do capítulo 2 do livro “*Equipamentos de alta tensão - prospecção e hierarquização de inovações tecnológicas*” publicado em 2013 por Airton Violin, Ary D'Azuz e Marta Lacorte (COSTA, 2013), (VIOLIN, D'AJUZ e LACORTE, 2013).

2.1.1 TIPO DE INSTALAÇÃO

As subestações são classificadas quanto ao modo de instalação dos equipamentos em relação ao meio ambiente da seguinte forma:

- **SE externa ou ao tempo:** É aquela em que os equipamentos são instalados ao tempo e sujeitos às condições climáticas e atmosféricas.
- **SE interna ou abrigada:** É aquela em que os equipamentos são instalados ao abrigo do tempo. Podem ser isoladas a ar na pressão atmosférica ou blindadas a óleo, ar comprimido ou gás SF₆.

Na Figura 1 é apresentado um diagrama de blocos dos tipos de instalações de subestações.

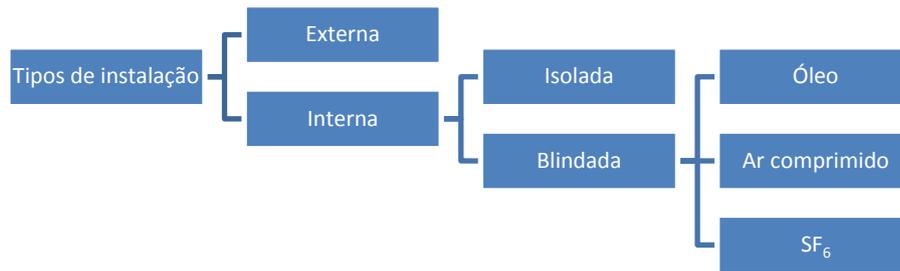


Figura 1. Tipos de instalação de subestações.

2.1.2 FUNÇÃO NO SISTEMA ELÉTRICO

As subestações são classificadas quanto à funcionalidade no sistema elétrico da seguinte maneira:

- **SE transformadora:** É aquela que modifica o nível de tensão da energia elétrica entre a entrada e a saída. Pode ser abaixadora ou elevadora de tensão;
- **SE de manobra:** É aquela destinada a modificar a configuração de um sistema elétrico;
- **SE conversora:** É aquela que converte a frequência da energia elétrica. Pode ser retificadora e inversora;
- **SE de transmissão:** É aquela em que entram e saem linhas de transmissão;
- **SE de distribuição:** É aquela em que entram linhas de transmissão e saem alimentadores de distribuição.

2.2 CONFIGURAÇÕES DE BARRAMENTO

As subestações são caracterizadas de acordo com os seguintes esquemas de configuração de barramento:

- **Barramento simples:** Trata-se de uma das mais simples configuração de barra e pode ser utilizada em subestações de pequeno porte em média e alta tensão,

aplicadas em subestações de distribuição ou subestações industriais para atendimento a cargas específicas.

A Figura 2 apresenta um diagrama simplificado para esse tipo de configuração, onde LT representa as linhas de transmissão; TR as conexões de transformador; o número 1 representa uma chave de seccionamento da barra; o número 2 representa uma chave de contorno e o número 3 uma chave de contorno que permite a proteção do circuito com o disjuntor do circuito adjacente.

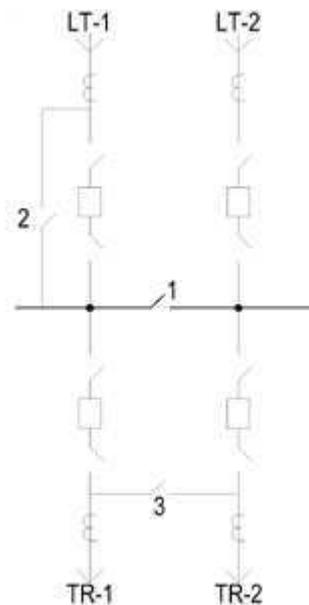


Figura 2. Barramento simples com chave de contorno.
(Violin, D'Ajuz e Lacorte, 2013).

- **Barramento principal e de transferência:** Possui a flexibilidade para manutenção e reparos em disjuntores de qualquer circuito, sem perda de sua proteção.

A Figura 3 apresenta um diagrama simplificado para esse tipo de configuração, onde BP represente o barramento principal e BT o barramento de transferência.

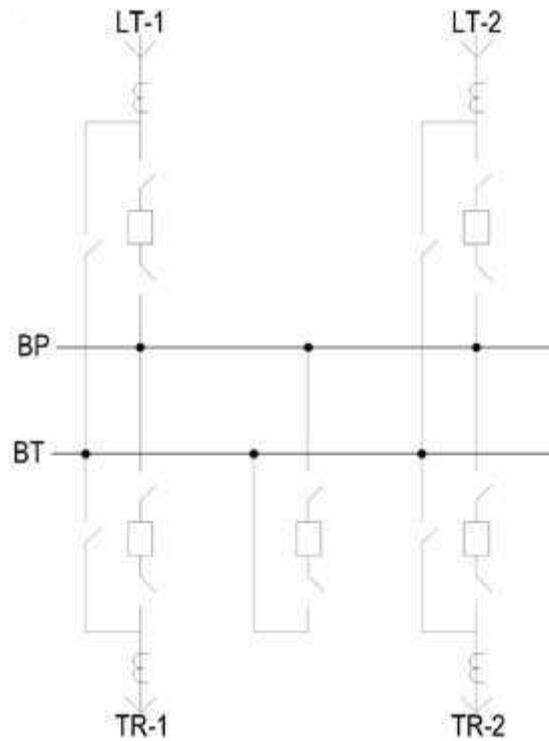


Figura 3. Barramento principal e de transferência.
(Violin, D'Ajuz e Lacorte, 2013).

- **Barramento duplo:** Possui a flexibilidade de transferência dos circuitos da barra defeituosa para a segunda barra, possibilitando a manutenção do barramento ou de qualquer seccionador.

A Figura 4 apresenta um diagrama simplificado para esse tipo de configuração, onde B1 representa o barramento número 1 e B2 representa o barramento de número 2.

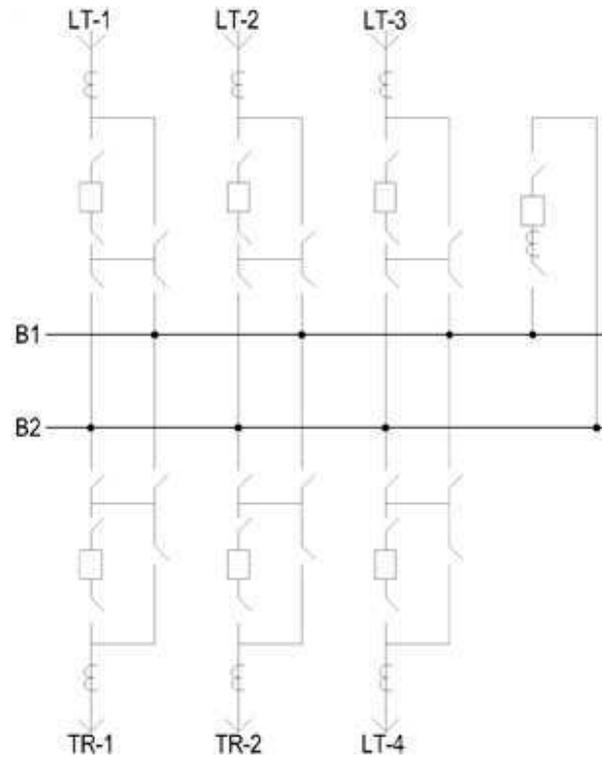


Figura 4. Barramento duplo a cinco chaves.
(Violin, D'Ajuz e Lacorte, 2013).

- **Barramento em anel:** Possui a flexibilidade de proporcionar uma melhor garantia no fornecimento de energia, pois para cada circuito de saída, existem rotas alternativas para o fluxo de energia. A figura 5 apresenta um diagrama simplificado para esse tipo de configuração.

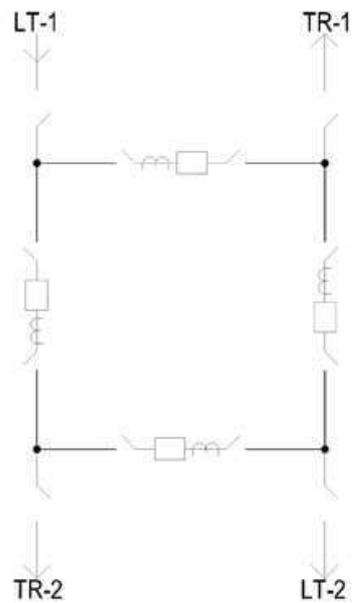


Figura 5. Barramento em anel.
(Violin, D'Ajuz e Lacorte, 2013).

3 A SUBESTAÇÃO SENHOR DO BONFIM II

O estágio foi realizado na obra de ampliação da SE CHESF Senhor do Bonfim II, localizada no município de Senhor do Bonfim no estado da Bahia, durante o período de 10 de fevereiro de 2014 a 06 de junho de 2014. Este capítulo será destinado à apresentação da SE e uma contextualização da obra de ampliação onde o estágio foi realizado.

A SE Senhor do Bonfim II é do tipo não abrigada, com setores de 230/138/69 kV. Possui uma capacidade instalada de 233,33 MVA nas tensões de 230/69 kV e 100 MVA nas tensões de 230/138 kV. Um breve detalhamento de suas configurações é apresentado nas seções seguintes.

3.1 SETOR DE 230 KV

A configuração de barramento do setor de 230 kV é do tipo barra dupla, empregando disjuntor simples a cinco chaves, com exceção da célula de transferência que emprega disjuntor simples e dois seccionadores, possuindo a seguinte composição:

- 3 (três) células de entrada de linha, existentes;
- 3 (três) células de conexão de transformador trifásico 230 kV – 100 MVA, existentes;
- 1 (uma) célula de conexão de transformador trifásico 230 kV – 100 MVA, futura, resolução ANEEL 3208/2011;
- 1 (uma) célula de conexão de transformador trifásico 230 kV – 33,33 MVA, existente;
- 1 (uma) célula de transferência de barra, existente.

3.2 SETOR DE 138 KV

O arranjo é do tipo barra principal com barra de transferência, empregando disjuntor simples a três chaves seccionadoras por célula, com exceção da barra de transferência que é composta por duas chaves, possuindo a seguinte composição:

- 1 (uma) célula de entrada de linha, existente;
- 1 (uma) célula de entrada de linha, futura, resolução ANEEL 2837/2011;
- 1 (uma) célula de conexão de transformador trifásico 138 kV – 100 MVA, existente;
- 1 (uma) célula de conexão de transformador trifásico 138 kV – 100 MVA, futura, resolução ANEEL 3208/2011;
- 1 (uma) célula de transferência de barras, existente.

3.3 SETOR DE 69 KV

O arranjo é do tipo barra principal com barra de transferência, empregando disjuntor simples a três chaves seccionadoras por célula, com exceção da barra de transferência que é composta por duas chaves e da conexão do reator de aterramento com uma chave, possuindo a seguinte composição:

- 5 (cinco) células de entrada de linhas, existentes;
- 1 (uma) célula de conexão de transformador trifásico 69 kV – 33,3 MVA, existente;
- 2 (duas) células de conexão de transformador trifásico 69 kV – 100 MVA, existentes;
- 1 (uma) célula de transferência de barras, existente;
- 2 (duas) células de conexão de reator de aterramento, existentes.

3.4 A OBRA

Visando o atendimento ao Ofício 054/2011 – SRT/ANEEL, foi aberto edital de leilão para licitação de fornecimento dos equipamentos, materiais, projetos e serviços de instalações para ampliação da SE Senhor do Bonfim II 230/138/69 kV, proporcionando um aumento de carga na região sudoeste do estado da Bahia e uma maior confiabilidade do sistema elétrico. A licitação foi vencida pelas proponentes WEG Equipamentos Elétricos SA, responsável pelo fornecimento de todos os equipamentos elétricos necessários para a ampliação, e FAAB Engenharia Ltda., responsável pelo fornecimento dos projetos e serviços de instalações e execução.

O contrato firmado entre CHESF e o consórcio WEG-FAAB engloba a ampliação da SE Irecê 230/138/69 kV, consistindo em uma entrada de linha (EL) de 138 kV e conexões associadas, e da SE Senhor do Bonfim II 230/138/69 kV, consistindo em uma EL de 138 kV e uma conexão de transformador (CT) 230/138 kV-100 MVA. A seguir, serão apresentados os objetos de contratação da SE Senhor do Bonfim II.

3.4.1 FORNECIMENTO DE TODOS OS EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

- Disjuntor 138 kV;
- Chave Seccionadora 138 kV S/LT;
- Chave Seccionadora 138 kV C/LT;
- Transformador de Corrente 138 kV;
- Transformador de Potencial 138 kV;
- Para-raios de 138 kV;
- Transformador Trifásico 230/138kV 100MVA;
- Disjuntor 230 kV;
- Chave Seccionadora 230 kV S/LT;
- Transformador de Corrente 230 kV;
- Para-raios de 230 kV;
- Estruturas de Suporte de Barramentos e Equipamentos;
- Materiais de Barramentos, Aterramento, Iluminação do Pátio, Eletrodutos e Acessórios;
- Sistema de Proteção e Controle e Teleproteção Inclusive Cabeação e Sobressalentes.

3.4.2 SERVIÇOS A SEREM EXECUTADOS

- Projetos Cíveis e Eletromecânicos;
- Terraplenagem;
- Bases e Edificações do Pátio;
- Canaletas para Cabos;
- Urbanização e Drenagem;
- Proteção Contra Incêndio;

- Desenhos, "Como Construído";
- Montagem Eletromecânica;
- Aplicações de Materiais;
- Treinamento;
- Testes e Comissionamento;
- Assistência Técnica para Integração;
- Operação assistida.

3.4.3 EVENTOS

Instalação de uma Entrada de Linha de 138 kV e conexões associadas, compostas de 01 disjuntor de 138 kV; 03 para-raios de 138 kV; 03 transformadores de corrente de 138 kV; 03 transformadores de potencial 138 kV, 02 chaves seccionadoras S/LT de 138 kV; 01 chave seccionadora C/LT de 138 kV.

Instalação de um transformador 230/138kV–100MVA e conexões associadas compostas de 01 disjuntor de 230 kV; 03 para-raios de 230 kV; 03 transformadores de corrente de 230 kV; 05 chaves seccionadoras S/LT de 230 kV; 01 disjuntor de 138 kV; 03 para-raios de 138 kV; 03 transformadores de corrente de 138 kV; 03 transformadores de potencial de 138 kV; 03 chaves seccionadoras S/LT de 138 kV.

4 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Primeiramente foi realizada uma familiarização do estagiário com a SE e o ambiente da obra, juntamente com o engenheiro responsável e, também, supervisor do estágio. Foi apresentado o canteiro de obras, a área de serralharia, o pátio da SE e a área controlada para as obras de ampliação.

Após familiarização com o ambiente da obra, foram passadas para o estagiário as Instruções Técnicas de Fornecimento (ITF) para estudo dos elementos básicos de execução do objeto contratual. Este documento apresenta as obrigações e os procedimentos que a contratada deve seguir durante o período da obra, os critérios e condições de faturamento e as especificações técnicas para fornecimento de equipamentos e materiais. O estudo da ITF foi realizado para debater, em reunião com a fiscalização da CHESF, o faturamento dos itens de administração local e mobilização, que até então não haviam sido efetuados.

Assim, a primeira atividade desempenhada pelo estagiário que teve significativo impacto no desenvolvimento da obra foi a elaboração e o preenchimento de um relatório diário de obra para que as atividades, os equipamentos e os funcionários envolvidos na obra sejam acompanhados pela fiscalização.

4.1.1 RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA

O Relatório Diário de Obra (RDO) é uma ferramenta utilizada para registro e acompanhamento do dia a dia da obra, especificando os serviços executados durante o dia trabalhado, a mão-de-obra envolvida, os equipamentos utilizados, observações de fatos ocorridos que tenham interferido no andamento e planejamento dos serviços, comentários e autorizações destinados à fiscalização e as condições climáticas do dia. Diariamente o RDO foi preenchido, entregue à fiscalização para acompanhamento, inserção de comentários e colhimento das assinaturas da FAAB e da CHESF. O anexo A deste relatório inclui um exemplar de um RDO.

4.1.2 PROJETOS CIVIS

Ao longo do estágio, a equipe local da FAAB no canteiro de obras recebia da gerência de projetos, na medida em que eram apresentados e aprovados pela CHESF, os seguintes projetos executivos civis:

- Locação de canaletas – Setor 138 kV;
- Seções das canaletas típicas;
- Base do disjuntor de 230 kV – Forma e armação;
- Base do disjuntor de 138 kV – Forma e armação;
- Locação de bases e edificações – Setor 138 kV;
- Locação de bases e edificações – Setor 230 kV;
- Alambrado em tela plástica;
- Estrutura metálica – Planta setor 230 kV;
- Estrutura metálica – Coluna C28;
- Estrutura metálica – Viga V24;
- Estrutura metálica – Viga V25;
- Bases para equipamentos – TC, TP, IP, Chave 138 kV;
- Base para chave seccionadora de 230 kV – Forma e armação;
- Base para transformador WEG 230/138 kV – 100 MVA;
- Parede corta fogo – Forma e armação;
- Casa de relés – Forma, armação e planta baixa;
- Caixa separadora de água e óleo – Forma e armação;

Coube ao estagiário a revisão e o estudo de cada projeto executivo para entendimento, e posterior solicitação dos materiais necessários para execução, como metais, madeiras para formas, volume de concreto, chumbadores, etc.

Durante a revisão do projeto da Parede Corta Fogo (PCF), foi verificado em campo a impossibilidade da construção das sapatas da fundação para a parede entre o transformador T4 e o novo transformador T5 da SE. Essa impossibilidade deu-se devido ao espaço entre o pórtico e a Bacia Coletora de Óleo (BCO) do T4, onde está indicada a locação da parede, ser inferior à largura da sua base, havendo interferência. Esse problema foi passado para a gerência de projetos para ser decidido uma solução junto ao projetista. Na Figura 6 é possível observar uma ilustração do problema citado.



Figura 6. Interferência da BCO do transformador T4 para construção das sapatas da PCF.

Todos os projetos estruturais em concreto armado apresentavam especificação quanto à resistência característica mínima do concreto à compressão (f_{ck}) que o concreto deve ter. Todos os projetos indicavam um f_{ck} mínimo de 25 MPa e, apenas os pilares e placas da PCF que apresentavam um f_{ck} mínimo de 30 Mpa. Portanto, foi necessário realizar um estudo de traço de concreto em uma empresa especializada para dosar a quantidade certa de areia, brita, cimento e água para os f_{ck} indicados em projeto, obtendo os resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Estudo de traço de concreto.

FCK (MPa)	Cimento (kg)	Padiola de areia (cm)	Padiola de brita (cm)	Areia (Padiola)	Brita (Padiola)	Água (l)
25	50 (1 saco)	35x45x24,94	35x45x24,95	2	2	30
30	50 (1 saco)	35x45x17,11	35x45x25,99	2	2	30

4.1.3 PROJETOS ELETROMECCÂNICOS

Ao longo do estágio, a equipe local da FAAB no canteiro de obras recebia da gerência de projetos, na medida em que eram apresentados e aprovados pela CHESF, os seguintes projetos executivos eletromecânicos:

- Diagrama unifilar simplificado – Setores 230/138/69 kV;
- Detalhes de instalação – Disjuntor 230 kV;

- Detalhes de instalação – Seccionador 138 kV MH-AV-S/LT;
- Detalhes de instalação – Seccionador 138 kV MH-AV-C/LT;
- Detalhes de instalação – Disjuntor 138 kV;
- Detalhes de instalação – IP 138 kV;
- Cadeia simples de ancoragem para um cabo – Setor 138 kV;
- Cadeia simples de ancoragem com derivação para um cabo – Setor 230 kV;
- Detalhes de instalação da iluminação do pátio – Setor 138 kV;
- Detalhes de instalação de tomadas bifásicas e trifásicas em postes de concreto;
- Fixação de cabo para-raios tipo passante;
- Fixação de cabo para-raios tipo terminal.

Durante o período de estágio, nenhum projeto eletromecânico foi executado. Coube ao estagiário apenas o controle e organização dos projetos aprovados recebidos, necessário para atualização do cronograma e elaboração mensal das medições de faturamento e do relatório do empreendimento.

4.1.4 ACOMPANHAMENTO NA EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

Além do controle e revisões dos projetos que eram recebidos na medida em que eram aprovados, o estagiário realizou o acompanhamento dos serviços de execução dos projetos, avaliando o quantitativo de pessoas para cada atividade executiva. Ao término do estágio, os seguintes projetos foram concluídos ou estavam em andamento:

- Seções das canaletas típicas (em andamento);
- Base do disjuntor de 230 kV – Forma e armação (concluído);
- Base do disjuntor de 138 kV – Forma e armação (concluído);
- Base para chave seccionadora – Forma e armação (em andamento);
- Base para transformador WEG 230/138 kV (em andamento);
- Parede corta fogo – Forma e armação (em andamento);
- Casa de relés – Forma, armação e planta baixa (em andamento);
- Caixa separadora de água e óleo – Forma e armação (em andamento);

Para as bases dos disjuntores de 138 e 230 kV, foram acompanhados os serviços de escavação, armação, montagem de forma, locação da posição dos chumbadores e

concretagem. Durante as escavações, houve a necessidade de desvio da malha de terra para não haver interferência na concretagem. Na Figura 7 pode-se observar fotografias das escavações para as bases dos disjuntores de 138 e 230 kV e o desvio da malha de terra através de uma solda exotérmica.



Figura 7. (a) Execução de uma solda exotérmica para desvio da malha de terra na escavação para base do disjuntor de 230 kV. (b) Escavação com desvio na malha de terra para base do disjuntor de 138 kV.

Enquanto a escavação era feita no local, a armação da base era cortada, dobrada e montada em outro local. Após finalização da escavação, foi feito o concreto magro, uma pequena camada de concreto de 5 cm de altura, sem armação nem função estrutural, com f_{ck} de apenas 10 MPa, utilizado para o revestimento do fundo da cava para concretagem da base, de acordo como especificado em projeto. Na Figura 8 pode-se observar fotografias da armação da base montada, pronta para inserir na fundação com o concreto magro feito.



Figura 8. (a) Armação do DJ de 230 kV. (b) Escavação para base do DJ de 230 kV com concreto magro.

A última etapa antes da concretagem é a montagem de forma e a locação dos chumbadores do equipamento. Na Figura 9 pode-se observar fotografias da montagem de forma, da base concretada e da posição dos chumbadores.



Figura 9. (a) Montagem de forma e base concretada do disjuntor de 138 kV. (b) Posição dos chumbadores do disjuntor de 138 kV.

O processo de construção das bases das chaves seccionadoras é semelhante ao do disjuntor. O suporte é do tipo S13, constituído por duas colunas e uma viga de sustentação para as três chaves. Portanto, para cada chave seccionadora tripolar, foram construídas duas bases para as colunas do suporte. Esse tipo de suporte pode ser verificado na fotografia da Figura 10.

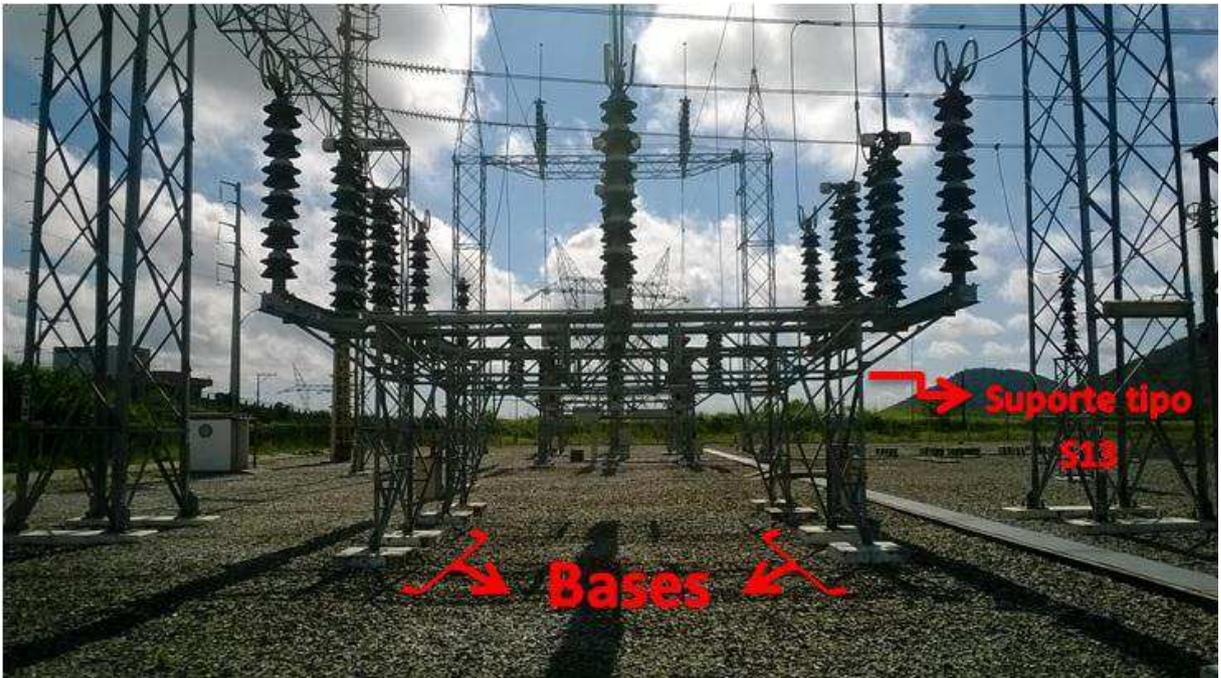


Figura 10. Suporte e bases da chave seccionadora de 230 kV.

Na Figura 11 pode-se observar fotografias das etapas de construção da base.



Figura 11. (a) Armação da base da chave seccionadora de 230 kV. (b) Concretagem da base da chave seccionadora de 230 kV.

Foram concretadas apenas as bases inferiores das chaves, restando a parte superior, pois os chumbadores das chaves ainda não se encontravam na obra.

Para a construção da base do transformador, primeiramente teve que ser executado o projeto de adequação da drenagem das bacias coletoras de óleo dos transformadores e a construção de uma nova Caixa Separadora de Água e Óleo (CSAO), pois a atual caixa existente encontrava-se na locação da base do novo transformador, devendo-se destruí-la para construção da base. Enquanto o novo sistema de drenagem das bacias e a CSAO eram construídos, foi adiantado a armação da base do transformador. Na Figura 12 pode-se observar fotografias da armação da base do transformador e da atual CSAO no local onde deverá ser construída a base.



Figura 12. (a) Armação da base do transformador. (b) CSAO existente no local de construção da base do transformador.

Devido ao grande volume na escavação para a construção da nova CSAO, houve a necessidade de uma escavadeira hidráulica. Após escavação pronta, foi feito o concreto magro e, após a cura do concreto, foi feita uma alvenaria para forma externa da caixa, e deslocada toda a ferragem para armação no próprio local. Após armação do piso e das paredes concluídas, foi realizada toda a montagem e escoramento da forma interna das paredes para

concretagem. Na Figura 13 pode-se observar fotografias que ilustram as etapas descritas anteriormente.



Figura 13. (a) Concreto magro da CSAO. (b) Forma em alvenaria e armação da CSAO.

Na casa de relés, foram acompanhados pelo estagiário os serviços de fundação, armação e concretagem das sapatas e vigas. Depois de concluída a fundação, foi feito todo o escoramento para concretagem dos pilares, das vigas da cobertura e da laje. Foi realizado levantamento em projeto de todos os materiais necessários para construção da casa de relés, como o piso desmontável perfurado, telhas, portão, perfis em aço, porcas e arruelas. Na Figura 14 podem-se observar fotografias das etapas de construção.



Figura 14. (a) Vigas do térreo concretadas. (b) Escoramento para cobertura.

Também foram acompanhadas pelo estagiário as etapas de locação, escavação, armação, forma e concretagem das fundações das PCF, necessárias para proteção dos transformadores, evitando a propagação de incêndio e danificação na ocorrência de uma explosão de um transformador vizinho. Na Figura 15 pode-se observar fotografias das etapas de construção.



Figura 15. (a) Escavação da fundação da PCF. (b) Fundações concretadas.

Foi realizada ainda uma análise do projeto de locação de canaletas para definir-se a quantidade de tampas que seriam utilizadas para o setor de 138 kV, a fim de que adiantasse-se a confecção das mesmas, seguindo as etapas de armação, montagem de forma e concretagem. Na Figura 16 podem-se observar fotografias das etapas descritas.



Figura 16. (a) Montagem de forma e concretagem das tampas para canaletas. (b) Tampas para canaletas concretadas.

Após o final de cada concretagem, eram retirados dois corpos de prova do concreto utilizado para ser feito ensaio de rompimento após 28 dias a data de moldagem. Este ensaio visa comprovar a resistência indicada em projeto. Para esta atividade, foi criada uma planilha de controle de rompimento de corpo de prova, indicando a data da moldagem, a referência do corpo de prova, a data de ruptura e o f_{ck} obtido em ensaio. Na Figura 17 pode-se observar fotografias que ilustram o ensaio de rompimento de corpo de prova.



Figura 17. (a) Corpos de prova para ensaio de rompimento. (b) Ensaio de rompimento de corpo de prova.

4.1.5 RECEBIMENTO E VERIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

Durante o período, foram recebidos na obra os seguintes equipamentos da WEG:

Tabela 2. Equipamentos e materiais recebidos.

Descrição	Unidade	Quantidade
Disjuntor tripolar, uso externo, isolado em gás SF ₆ , 245 kV, 3150 A, 50 kA, NBI 1050 kV, 60 Hz, 22 mm/kV, mecanismo de acionamento monopolar a mola	PC	1
Conjunto de chumbadores para disjuntores 3AP1 FI 245 kV	PC	1
Dispositivo de enchimento de gás SF ₆	PC	1
Disjuntor tripolar, uso externo, isolado em gás SF ₆ , 145 kV, 3150 A, 31,5 kA, NBI 650 kV, 60 Hz, 25 mm/kV, mecanismo de acionamento monopolar a mola	PC	2
Conjunto de chumbadores para disjuntores 3AP1 FI 145 kV	PC	2
Para-raios tipo estação, monofásico, uso externo, involucro polimérico, tensão nominal 192 kV, corrente nominal de descarga 10 kA, classe de descarga 3 com base isolante próprio para tração elétrica	PC	3
Para-raios tipo estação, monofásico, uso externo, involucro polimérico, tensão nominal 120 kV, corrente nominal de descarga 10 kA, classe de descarga 3 com base isolante próprio para tração elétrica	PC	3

Os equipamentos eram entregues no local da obra e recebidos pelo corpo técnico da FAAB, sob a responsabilidade de conferência de cada item com as respectivas notas fiscais e romaneios. Após recebimento e conferência de todos os itens, a WEG exigia a entrega de um relatório de recebimento dos materiais e equipamentos.

4.1.6 RELATÓRIO MENSAL DO EMPREENDIMENTO

Após o final de cada mês, era elaborado pelo estagiário, juntamente com o engenheiro supervisor, e enviado para a fiscalização um relatório mensal do empreendimento, juntamente com a medição dos faturamentos do mês. A apresentação do relatório a fiscalização está vinculada à liberação do pagamento da fatura mensal. O relatório continha as seguintes informações:

1. Referente aos projetos

- Projetos iniciados ou concluídos durante o mês;
- Percentuais previstos x executados no mês e acumulado;
- Relatório de fatos relevantes que tenha interferido no andamento normal dos serviços.

2. Referentes aos fornecimentos de materiais e equipamentos

- Providências tomadas quanto aos itens ou partes subcontratadas;
- Registro de envio de projetos e desenhos para verificação;
- Cronograma atualizado de fabricação, ensaios, inspeção e entrega;
- Percentual previsto x executado no mês e acumulado;
- Relatório das ocorrências, pendências e atividades concernentes aos fornecimentos realizados durante o período.

3. Execução dos serviços

- Resumo dos serviços iniciados ou concluídos durante o mês;
- Materiais e equipamentos entregues;
- Percentual previsto x executado no mês e acumulado dos materiais e/ou equipamentos entregues no local do empreendimento;
- Relatório de apropriação dos serviços;
- Serviços já entregues à fiscalização, citando termo de entrega;
- Programação e cronograma atualizados de execução das diversas frentes de serviços (Percentual previsto x executado no mês e acumulado);
- Relatório das ocorrências, pendências e atividades concernentes aos serviços realizados durante o período.

5 CONCLUSÃO

A partir das experiências obtidas durante o período de estágio, é possível concluir a fundamental importância da prática da engenharia para a formação do profissional desta área. Em um ambiente de obra, as responsabilidades do engenheiro estão além da sua capacidade técnica, abrangendo o controle gerencial de equipes, pessoas e equipamentos.

Foi possível verificar a multidisciplinariedade envolvida na construção de uma SE, incluindo aspectos de engenharia civil, mecânica e elétrica, além da capacidade de tomadas de decisão quanto aos problemas surgidos dia a dia.

O estágio foi avaliado de forma positiva, contribuindo para o desenvolvimento profissional e pessoal, adquirindo experiências no setor da construção de subestações. A disciplina Equipamentos Elétricos, cursada durante a graduação, foi a mais importante para aplicar e empregar os conhecimentos no estágio, proporcionando o senso crítico do engenheiro quanto ao conhecimento completo da subestação e dos equipamentos a serem instalados. Conhecimentos no âmbito da engenharia civil foram obtidos para realizar os projetos executivos civis da obra, além da gerência, planejamento e controle da produção.

BIBLIOGRAFIA

COSTA, E. G. D. **Fundamentos sobre planificação de subestações**. Campina Grande: UFCG, v. 2, 2013.

PEDRO; LORENA. **ITF-DEAS-009/2012**. Recife: Divisão de Apoio Técnico de Projeto e Construção de Subestações, v. 1, 2012.

PEDRO; LORENA. **ITF-DEAS-009/2012**. Recife: Divisão de Apoio Técnico de Projeto e Construção de Subestações, v. 2, 2012.

VIOLIN, A.; D'AJUZ, A.; LACORTE, M. Subestações de Alta Tensão. In: FRONTIN, S. D. O. **Equipamentos de alta tensão - prospecção e hierarquização de inovações tecnológicas**. 1ª. ed. Brasília: Teixeira, 2013. Cap. 2, p. 84-102.

ANEXO A – RDO

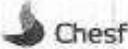
DIÁRIO DE OBRAS						
 		DATA:	30/01/14			
		NUMERO DO DIÁRIO:	77			
		DIAS TRABALHADOS:	77			
SE SENHOR DO BONFIM II - CONTRATO Nº 90.2012.8670.00						
MÃO DE OBRA			EQUIPAMENTOS			
DESCRIÇÃO	QUANT.	DESCRIÇÃO	QUANT.	DESCRIÇÃO	QUANT.	
ENGENHEIRO	01	Veículo Leve	02			
ADMINISTRATIVO	01	Km/h	01			
ENFERMEIRO	01	ESCAVADORA HIDRÁULICA	01			
ALMOXARIFE	01					
ESTRABRILHO	01					
MOTOCICLETA	01					
PADEIRO	02					
CAÇULTEIRO	02					
ARREMEIO	01					
ADIVANES	14					
OPERARIA DE ESCAVADORA	01					
TOTAL GERAL MÃO DE OBRA		26	TOTAL GERAL EQUIPAMENTOS		04	
CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS						
SOL		NUBLADO		CHUVA		Pluviometria (mm)
Manhã		Manhã		Manhã	>	
Tarde		Tarde	X	Tarde		
Noite		Noite		Noite		
OBSERVAÇÃO:						
<p>Execução de concreto na obra</p> <p>Implemento na execução dos serviços devido às chuvas constantes</p>						
DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS:						
<p>Escavação para csaq</p> <p>Concreto e armação de forma para csaq</p> <p>Desmontagem das vigas da casa de ruínas</p> <p>Reforço de madeira da estrutura das vigas da casa de ruínas</p> <p>Montagem de forma para as paredes da casa de ruínas</p> <p>Reforço e concretagem das paredes da casa de ruínas</p>						
COMENTÁRIOS (DESTINADO A FISCALIZAÇÃO):						
<p>ASSINATURA EMPREITEIRA:</p> <p><i>Diego P. Carvalho</i></p>						
<p>ASSINATURA FISCALIZAÇÃO:</p> <p><i>[Assinatura]</i></p>						

Figura A1. Exemplo do RDO.