



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

PABLO RIBEIRO SILVESTRE

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Campina Grande, Paraíba
Março de 2017

PABLO RIBEIRO SILVESTRE

RELATÓRIO ESTÁGIO INTEGRADO

*Relatório de Estágio Integrado submetido à
Coordenação do Curso de Graduação 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 Eólica

Orientador:

Professor Ubirajara Rocha Meira, D. Sc.

Campina Grande, Paraíba
Março de 2017

PABLO RIBEIRO SILVESTRE

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

*Relatório de Estágio Integrado submetido à Coordenação
do Curso 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 Eólica

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador, UFCG

Professor Ubirajara Rocha Meira, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico esse trabalho à meus pais, Ivanildo e Lili, assim como meu irmão, Moisés. Que juntos trabalharam dia e noite, para me dar condições de concluir minha graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me dado força, vitalidade e coragem para suportar todas as dificuldades, foram vários anos de luta e graças a ele, fui capaz de superar.

Agradeço a meus pais, Ivanildo e Lili, por estarem sempre ao meu lado, me apoiando quando estava certo, recriminando quando estava errado e aconselhando quando necessário.

Agradeço também a meu irmão Moisés, que com bastante dedicação e trabalho me permitiu ter condições de estudar e concluir meu curso superior.

Agradeço a meus amigos (*in memoriam*), Fábio Diêgo e Paula Vanessa, que sempre me apoiaram em todas as circunstâncias e que sei que onde estiverem, estão sempre torcendo por mim.

Agradeço também a toda minha família, que com todo carinho e apoio, não mediu esforços para eu chegar a esta etapa da minha vida.

Agradeço aos amigos que fiz durante todo o curso, que me ajudaram e me deram apoio em todos os momentos que precisei, em especial: Fiuza, Dayvson, Carlos Ângelo, Nicodemos, Wesley, Daniell, Yukio, Julio César, Diêgo, Leiva, Bruno, Pedro, Elliott, Ravi, Luciano, Walber, Ramsés, Victor Loudal, Yasmin, Kairo e Fernando Junior.

Agradeço aos meus amigos, que sempre me apóiam e lutam ao meu lado em todas as batalhas, em especial: Érico, Lucas, Diêgo Teixeira.

Agradeço a minha namorada, Amanda Macêdo, uma das grandes responsáveis por eu estar aqui concluindo o curso, sempre me dando força, carinho e atenção, me incentivando e apoiando em todos os momentos.

Agradeço ao grupo Energy, pela oportunidade, fundamental para meu crescimento profissional, especialmente ao amigo e Eng. Dayvson Faber por me ajudar na compreensão de muitas etapas da construção.

Agradeço ao professor orientador, Ubirajara, por ter aceitado colaborar com a atividade e auxiliar na construção do relatório.

Agradeço aos queridos, Adail e Tchai, meu total agradecimento por tudo.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma, passaram pela minha vida e contribuíram para a construção de quem sou hoje.

“Um guerreiro não desiste do que ama, ele encontra amor no que faz.”
(Poder além da vida)

RESUMO

Nesse trabalho são descritas as atividades de estágio integrado realizado pelo graduando Pablo Ribeiro Silvestre na empresa Energy Eletricidade LTDA, a qual fornece serviços de consultoria técnica, elaboração e execução de projetos, montagem e manutenção em instalações industriais, subestações, usinas de geração de energia e linhas de transmissão. O estágio foi realizado na ampliação da subestação Icaraizinho, localizada no distrito de Icarai, na cidade de Amontada – Ceará. As atividades ocorreram no período de 14 de Novembro de 2016 a 10 de Março de 2017. A obra pertence a CPFL Renováveis, tendo a CPFL Serviços como responsável pela execução, e essa contratou a Energy para a realização. Foram realizadas atividades de planejamento, supervisão, coordenação e execução dos projetos e serviços da obra, em escavação, concretagem, montagens eletromecânicas, lançamento de cabos, gerenciamento e controle do efetivo da obra.

Palavras-chave: Estágio, Subestação, Construção, Montagem, SE Icaraizinho, Energy.

ABSTRACT

This work describes the integrated training activities carried out by the graduate Pablo Ribeiro Silvestre in the company Energy Eletricidade LTDA, which provides technical consulting services, design and execution of projects, construction, assembly and maintenance in industrial facilities, electrical power substation and transmission lines. The internship was carried out in the expansion of the Icaraizinho power substation, located in the district of Icaraí, in the city of Amontada - Ceará. The activities took place in the period from November 14, 2016 to March 10, 2017. The work belongs to CPFL Renováveis, and CPFL Serviços is responsible for the execution, which contracted Energy for the construction and assembly. Activities of planning, supervision, coordination and execution of the projects and services of the work were carried out, in excavation, concreting, electromechanical assemblies, cable laying, panel installations, management and control of the workforce.

Key words: Stage, Power Substation, Construction, Assembly, SE Icaraizinho, Energy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Vista aérea - SE Icaraizinho - Icaraí de Amontada	15
Figura 2 - Vista superior do projeto da SE	16
Figura 3 - Exemplo de uma subestação externa.	19
Figura 4 - Exemplo de uma subestação abrigada	19
Figura 5- Transformador elevador trifásico 34,5/230 kV	20
Figura 6 - Modelo de Para- raios 230 kV	21
Figura 7- Modelo de Transformador de Corrente 230 kV	22
Figura 8-Modelo de Transformador de Potencial Capacitivo 230 kV	24
Figura 9 - Exemplo de Chave Seccionadora 230 kV	25
Figura 10- Exemplo de Disjuntor 230 kV	27
Figura 11- Exemplo de IP 230kV	28
Figura 12 – Terreno antes da limpeza	30
Figura 13 – Terreno Limpo	31
Figura 14 – Localização topográfica para aterramento	31
Figura 15: Vista superior do Projeto de Terraplenagem	32
Figura 16: Terraplenagem	33
Figura 17: Análise de Resistência e Resistividade do Solo	34
Figura 18: Localização Topográfica dos Pontos da SE	35
Figura 19: Vista do corte no Projeto da Drenagem	35
Figura 20: Instalação do Sistema de Drenagem	36
Figura 21: Escavação das fundações	37
Figura 22: Instalação de Manilhas	38
Figura 23: Instalação de Pórtico com uso de Guindaste	39
Figura 24: Instalação de Chaves Seccionadoras	40
Figura 25: Etapa de Instalação de Equipamentos	40
Figura 26: Comissionamento de Chaves Seccionadoras	41
Figura 27: Comissionamento de Equipamento (Transformador de Potencial)	42
Figura 28: Corte Transversal em cabo Flint	43
Figura 29: Prensamento de Cabos	44
Figura 30: Cabo prensado com conector	44
Figura 31: Trabalho em Altura com Utilização de PTA	45
Figura 32: Passagem de Cabos para Caixa de Comando	46
Figura 33: Lançamento de cabos para painel da Sala de comando – SE ICZ	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A - Ampère

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AT – Alta Tensão

kV – Quilovolt (10^3 volts)

kVA – Quilovolt-amperes (10^3 volts-amperes)

kW = Quilowatt (10^3 watts)

IP – Isolador de Pedestal

LTDA – Limitada

m² - Metro quadrado

mm – milímetro

mm² - milímetro quadrado

MCM – 1000 circular mils (0,0254mm)

Munk – Tradução livre: Equipamento com sistema hidráulico para levantar cargas.

NR – Norma Regulamentadora

SE – Subestação

TC – Transformador de Corrente

TP – Tranformador de Potencial

SUMÁRIO

1	Introdução.....	13
1.1	A Empresa.....	13
1.2	Local do Estágio	14
1.3	Objetivos do estágio.....	16
2	Referencial Teórico	17
2.1	Tipos de subestações.....	17
2.1.1	subestações elevadoras	17
2.1.2	Subestações Abaixadoras.....	17
2.1.3	Subestação de manobra	18
2.1.4	Subestação conversora.....	18
2.2	Tipo de Instalação	18
2.2.1	Subestação externa ou ao tempo.....	18
2.2.2	Subestação Abrigada	19
2.3	Equipamentos de uma subestação.....	20
2.3.1	Transformadores.....	20
2.3.2	Para-Raios.....	21
2.3.3	Transformadores de corrente (TC)	22
2.3.4	Transformador de Potencial (TP)	23
2.3.5	Chaves Seccionadoras	25
2.3.6	Disjuntores.....	27
2.3.7	Isoladores de Pedestal (IP).....	28
3	O Estágio	29
3.1	Atividades Acompanhadas.....	30
3.1.1	Relatório Diário de Obra (RDO)	30
3.1.2	Limpeza de Faixa.....	30
3.1.3	Locação Topográfica para terraplenagem.....	31
3.1.4	Terraplenagem.....	32
3.1.5	Locação topográfica da subestação.....	34
3.1.6	Construção do Sistema Drenagem	35
3.1.7	Escavação das Fundações.....	36
3.1.8	Instalação de Manilhas e Ferragens	37
3.1.9	Instalação das Estruturas de Concreto	38
3.1.10	Montagem e Instalação dos equipamentos Elétricos	39
3.1.11	Malha de Terra	42
3.1.12	Lançamento de condutores.....	43
3.1.13	Interligação de Força e Controle	46
3.1.14	Desligamentos	47

4	Conclusão	49
	Bibliografia.....	50
	Apêndice.....	51

1 INTRODUÇÃO

A energia eólica é a fonte renovável que vem apresentando as maiores taxas de crescimento e expansão nos últimos anos. Além de gerar energia para produção e desenvolvimento, eventualmente cria oportunidades diversas em todo o seu ciclo de construção, instalação, operação e manutenção. Em parte este estágio foi conseguido graças a isto. Durante o período do estágio, foi dada ao estudante a oportunidade de acompanhar atividades referentes à montagem e instalação, de um bay de expansão, numa subestação elevadora de tensão (34,5 / 230kV), paralelamente a estas atividades, foi dada chance de participar do planejamento e administração da obra.

Sabendo que o estágio complementa a grade curricular à medida que aproxima o acadêmico da realidade envolvida no ambiente de trabalho de uma empresa. Possibilitando que ele aplique na prática a teoria adquirida na sala de aula, motivando o mesmo a trabalhar em equipe. Dessa maneira, melhorando sua integração com o local e com os colaboradores, facilitando o entendimento de projetos como um todo e o familiarizando com rotinas burocráticas.

Desse modo, com a finalidade de contribuir para a descrição das atividades realizadas no estágio, o referido trabalho foi estruturado de modo que, inicialmente, são feitas considerações sobre a empresa e o local de estágio. Em seguida, são descritas as atividades realizadas durante o estágio e por fim, são feitas considerações finais.

A tendência atual é de que o mundo passe cada vez mais a ser movido por fontes de energia renováveis, de modo diversificado, onde a energia eólica é uma das alternativas mais difundidas e viáveis, pois concilia desenvolvimento sustentável com eficiência energética.

1.1 A EMPRESA

A Energy Eletricidade LTDA foi fundada em 1995, está localizada na cidade de Campina Grande - PB. Sua sede administrativa fica situada na Rua João Wallig, no bairro Itararé. A empresa é especializada na execução de projetos elétricos, com vasta experiência na construção tanto da parte civil quanto elétrica, de Linhas de Transmissão

de 69, 138 e 230kV, subestações, linhas de distribuição de 13.8kV, parque Eólicos, entre outros.

Recentemente, a Energy vem expandindo suas fronteiras e atuando em obras em diversos estados. É notável o crescente aumento na execução de serviços relacionados a energias renováveis, em especial a eólica.

Atualmente, estes são alguns dos projetos em execução pelo setor de construção:

- Ampliação de Subestação Icaraizinho de 34,5/230 kV – (Icaraí de Amontada - CE)
- Construção de Subestação Elevadora 34,5/230 kV do Complexo Eólico Santo Inácio – (Icapuí – CE)
- Construção da Rede Aérea e Subterânea do Complexo Eólico Santo Inácio – (Icapuí – CE)
- Construção da LT 230 kV no Complexo Eólico Santo Inácio
- Construção da Linha de Transmissão de 34,5kV do Complexo de Usina Eólica Vila Acre I – (Serra do Mel – RN)

1.2 LOCAL DO ESTÁGIO

O estágio foi vivenciado em umas das obras da Energy Eletricidade que estão sendo realizadas no momento. O empreendimento faz parte do Parque Eólico de Pedra Cheirosa, que está localizada no município de Amontada – CE, no distrito de Icaraí de Amontada, situado a 220 km de Fortaleza, capital do estado do Ceará. Trata-se da ampliação de uma SE coletora 34,5/230 kV que atualmente atende a um parque em funcionamento há cerca de 9 anos, com acréscimo de um *bay* de passagem – SE Pedra Cheirosa (em construção)- que será conectada a uma LT 230 kV a ser construída, proveniente do mesmo parque eólico. A nova LT 230 kV está fora do escopo da Energy.

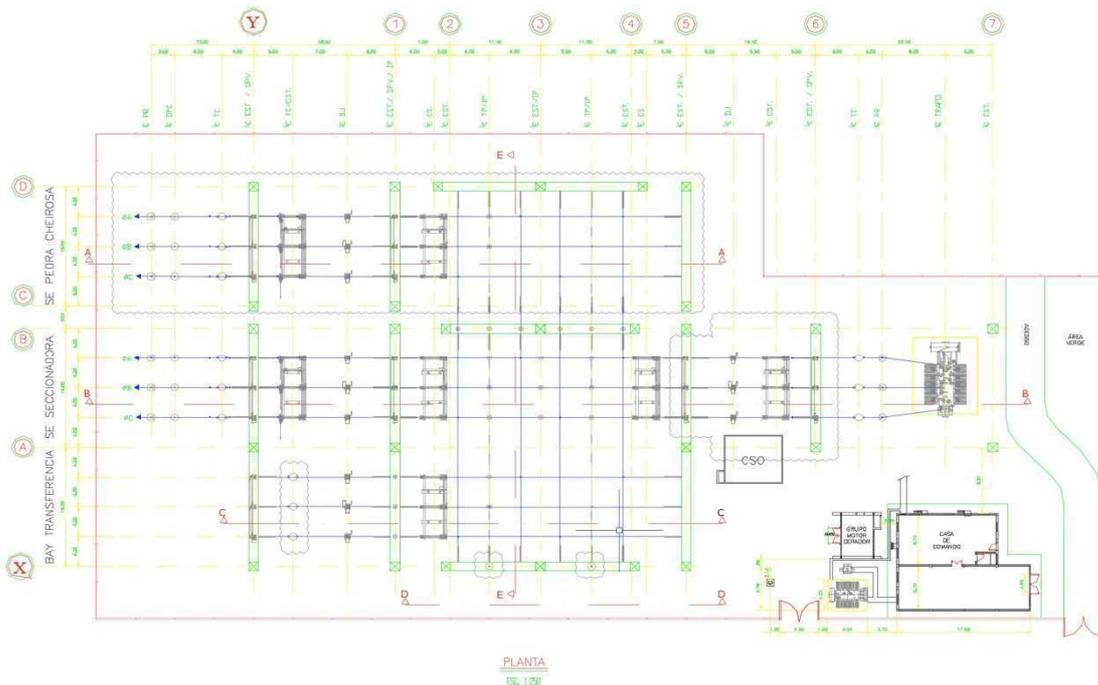
Figura 1 – Vista aérea - SE Icaraizinho - Icaraí de Amontada



Fonte: Google Earth

O empreendimento pertence à CPFL Renováveis e prevê um investimento da ordem de R\$ 4,5 milhões que irá proporcionar a ampliação da SE Icaraizinho, essa foi construída no ano de 2009 e funciona atualmente com 26 aerogeradores Suzlon de 2,15 MW, totalizando 56 MW no parque, e será interligado a um parque eólico atualmente em construção na cidade de Itarema – CE. Formado por 19 aerogeradores Alstom ECO 122 de 2,63 MW totalizando 50 MW.

Figura 2 - Vista superior do projeto da SE



Fonte: CPFL Renováveis

1.3 OBJETIVOS DO ESTÁGIO

Os principais objetivos do estágio foram supervisionar as atividades desde a parte civil até montagens eletromecânicas na obra de ampliação da SE Icaraizinho, de modo a corroborar para que tudo fosse realizado de acordo com os respectivos projetos executivos e atendessem aos padrões de qualidade da empresa contratante.

Também teve como meta levar o aluno a vivenciar situações típicas da profissão de engenheiro nas quais pudesse se envolver e desenvolver habilidades relativas a trabalho em equipe, organização, cumprimento de cronogramas, planejamento e gerenciamento de obras.

Dessa maneira, permitiu-se ao estudante experimentar situações e problemas reais no âmbito profissional, de modo que pudesse tomar ciência de outros aspectos relacionados ao seu desenvolvimento pessoal que devem ser trabalhados e que não estiveram envolvidos até então durante as atividades normais como aluno de graduação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Uma Subestação é uma instalação elétrica de alta potência, contendo equipamentos para transmissão, distribuição, proteção e controle de energia elétrica. Funciona como ponto de controle e transferência em um sistema de transmissão elétrica, direcionando e controlando o fluxo energético, transformando os níveis de tensão e funcionando como ponto de entrega para consumidores industriais. As subestações podem ser classificadas das seguinte maneiras:

- Quanto ao tipo
- Quanto ao tipo de instalação

2.1 TIPOS DE SUBESTAÇÕES

2.1.1 SUBESTAÇÕES ELEVADORAS

As subestações elevadoras estão normalmente localizadas na saída das usinas geradoras e tem a função de elevar a tensão para os níveis de transmissão. A tensão é elevada para diminuir as perdas do sistema. Com o aumento da tensão, a corrente é reduzida, diminuindo assim as perdas por aquecimento e possibilitando a utilização de condutores com uma menor secção transversal, gerando uma enorme economia, pois condutores com menor secção são mais baratos além de ter menor peso e exigir menor esforço das estruturas.

2.1.2 SUBESTAÇÕES ABAIXADORAS

As subestações abaixadoras estão localizadas normalmente dentro do perímetro urbano das cidades e tem como função abaixar o nível de tensão até o patamar característico de sua distribuição na cidade. Uma subestação de distribuição normalmente recebe linhas de transmissão trifásicas que fornecem energia nas tensões

de 69 kV ou 138 kV e abaixa a tensão, usando transformadores, para níveis padronizados de 13,8 kV; 23 kV ou 34,5 kV, considerando tensão de linha (fase-fase).

2.1.3 SUBESTAÇÃO DE MANOBRA

As subestações de manobra interligam circuitos sob o mesmo nível de tensão, possibilitando, assim a sua multiplicação. São responsáveis pelo chaveamento de linhas de transmissão, pois possibilitam o seccionamento de circuitos, permitindo sua energização em trechos sucessivos de menor comprimento.

2.1.4 SUBESTAÇÃO CONVERSORA

São subestações de manobra associadas a sistemas de transmissão em corrente contínua (CC). São exemplos típicos as SE Retificadoras e SE Inversoras.

2.2 TIPO DE INSTALAÇÃO

2.2.1 SUBESTAÇÃO EXTERNA OU AO TEMPO

São subestações construídas em locais amplos e ao ar livre, como ilustrado na Figura 3. Os equipamentos são instalados ao tempo e sujeitos, assim, as condições atmosféricas desfavoráveis, de temperatura, chuva, poluição e vento, as quais desgastam os materiais componentes e a eficácia do isolamento, exigindo assim, uma manutenção mais freqüente.

Figura 3 - Exemplo de uma subestação externa.



Fonte: Próprio autor.

2.2.2 SUBESTAÇÃO ABRIGADA

São subestações construídas em locais abrigados, conforme pode ser observado na Figura 4. Os equipamentos são instalados ao abrigo do tempo, podendo tal abrigo consistir de uma edificação ou de uma câmara subterrânea.

Figura 4 - Exemplo de uma subestação abrigada



Fonte: Olaidés Duarte, 2016.

2.3 EQUIPAMENTOS DE UMA SUBESTAÇÃO

2.3.1 TRANSFORMADORES

São responsáveis por elevar ou baixar a tensão. São de grande importância na transmissão de energia elétrica, tendo em vista que os transformadores possibilitam a elevação ou diminuição de tensão até o nível necessário para reduzir as perdas no sistema. Pode-se verificar na Figura 5 um transformador elevador trifásico de 34,5/230 kV.

Figura 5- Transformador elevador trifásico 34,5/230 kV



Fonte: O próprio autor.

2.3.2 PARA-RAIOS

O para-raios é um dispositivo de proteção, que tem como função reduzir os surtos de tensão provenientes de descargas atmosféricas (curta duração) e manobras no sistema elétrico (longa duração). Na figura 6 apresenta-se a foto de um para-raios.

Por estarem permanentemente ligados aos circuitos elétricos que se destinam a proteger, os para-raios não devem permitir a passagem de altas correntes em condições normais de operação. Já em condições anômalas, altas correntes podem ocorrer e o para-raios deverá escoar estas altas correntes para a terra. Após a ocorrência de um surto, ele deve voltar a suas características operativas nominais.

Figura 6 - Modelo de Para- raios 230 kV



Fonte: O próprio autor

2.3.3 TRANSFORMADORES DE CORRENTE (TC)

O TC é um dispositivo que reproduz no seu circuito secundário, uma amostra da corrente presente no enrolamento primário, esta corrente é normalizada em 5 A. Os transformadores de corrente têm seu enrolamento primário ligado em série com o circuito de alta tensão. A impedância do transformador de corrente, vista do lado do enrolamento primário, é desprezível se comparada com a do sistema ao qual estará instalado, mesmo que se leve em conta a carga que se coloca em seu secundário. Desta forma, a corrente presente no primário dos transformadores de corrente é ditada pelo circuito de potência, chamado de circuito primário. Na figura 7 pode-se observar um exemplo de um transformador de corrente.

Figura 7- Modelo de Transformador de Corrente 230 kV



Fonte: O próprio autor

Tal equipamento é necessário porque o sistema elétrico de potência exige o uso de correntes e tensões cada vez mais elevadas, para que sejam controlados e protegidos. Estes sistemas utilizam instrumentos de medição e proteção que necessitam receber informações destas grandezas. Como é inviável economicamente o uso de instrumentos que meçam diretamente as correntes de fase, utilizam-se os transformadores de corrente.

Os TC podem ser classificados como de medição ou de proteção, sendo que os primeiros possuem maior precisão e utilizam um núcleo saturável de tal forma que não permita uma corrente no secundário superior ao valor nominal, protegendo assim os equipamentos de medição. Suas classes mais usuais são de 0,3; 0,6 e 1,2%. Já os de proteção possuem uma menor precisão, e o secundário pode ultrapassar o valor nominal, quando numa situação de falta, para o sistema de proteção atuar instantaneamente, ou depois de alguns instantes, dependendo da intensidade e duração da falta. Portanto, o núcleo magnético do TC de proteção, deve ter seção transversal grande, para não saturar no instante do curto-circuito.

2.3.4 TRANSFORMADOR DE POTENCIAL (TP)

Os transformadores de potencial são equipamentos que têm como finalidade reduzir a tensão, de um determinado circuito, para valores que sejam compatíveis com os instrumentos de medição e com os relés de proteção, este valor é normalizado em 115 V. Eles isolam o circuito de baixa tensão (secundário) do circuito de alta tensão (primário), além de reproduzir os efeitos transitórios e de regime permanentes aplicados ao circuito de alta tensão, o mais fielmente possível, no circuito de baixa tensão. Normalmente em sistemas acima de 600 V, as medições de tensão não são feitas diretamente da rede primária, mas sim através desses equipamentos. Os TP podem ser classificados quanto ao tipo:

- Transformadores indutivos (TPI): Os transformadores de potencial indutivo são usados para transformar altas tensões (kV) em valores baixos e facilmente mensuráveis (Volts). Os TPI podem ser fornecidos com vários enrolamentos de medição e proteção, podendo ser projetados para fornecer qualquer tensão desejada de saída a partir do enrolamento secundário.

- Transformadores capacitivos (TPC) ou Divisores capacitivos: cada transformador de potencial capacitivo consiste de um capacitor de acoplamento (que atua como divisor de tensão) e uma unidade eletromagnética (que transforma a média tensão em baixa tensão mensurável). Dependendo da tensão do sistema, o capacitor de acoplamento pode ser uma unidade de superposição simples ou múltipla. O capacitor de acoplamento e a unidade eletromagnética são vedados hermética e individualmente.

Na Figura 8 pode-se observar uma foto de um TPC.

Figura 8-Modelo de Transformador de Potencial Capacitivo 230 kV



Fonte: O próprio autor

2.3.5 CHAVES SECCIONADORAS

A chave seccionadora, conforme foto apresentada na figura 9, é um dispositivo mecânico de manobra que pode desempenhar diversas funções nas subestações, sendo a mais comum, a de seccionar circuitos por necessidade operativa, ou por necessidade de isolar componentes do sistema (equipamentos ou linhas) para a realização de manutenção nos mesmos. Neste último caso, as chaves abertas, que isolam o componente em manutenção, devem ter uma suportabilidade entre terminais, capaz de atender às solicitações dielétricas, de forma que o pessoal de campo possa executar o serviço de manutenção em condições adequadas de segurança.

Figura 9 - Exemplo de Chave Seccionadora 230 kV



Fonte: O próprio autor

As chaves podem ser classificadas de acordo com as funções que desempenham nas subestações de alta tensão como:

- Seccionadoras:
 - Funcionar como “*bypass*” de equipamentos: disjuntores e capacitores série para a execução de manutenção ou por necessidade operativa;
 - Isolar equipamentos: disjuntores, capacitores, barramentos, transformadores, reatores, geradores ou linhas para a execução de manutenção;
 - Manobrar circuitos: transferência de circuitos entre os barramentos de uma subestação.
- Chaves de Terra:
 - Aterrar componentes do sistema em manutenção: linhas de transmissão, barramentos ou bancos de capacitores em derivação.
- Chaves de operação em carga:
 - Abrir e/ou fechar determinados circuitos em carga do tipo: reatores, capacitores, geradores e circuitos de distribuição.
- Chaves de aterramento rápido:
 - Aterrar componentes energizados do sistema no caso de defeitos em reatores não manobráveis ligados a linhas de transmissão sem esquemas de proteção com transferência de disparo, ou no caso de linhas terminadas por transformadores sem disjuntor no outro terminal da linha e para proteção de geradores contra sobretensões e auto excitação. Estas chaves necessitam de tempos de operação extremamente rápidos, exigindo acionamento com explosivos. Este tipo de chave raramente é aplicado nas redes.

2.3.6 DISJUNTORES

Na Figura 10, temos um disjuntor, esse é um dispositivo que deve interromper a corrente em um circuito mesmo em condições anormais de operação. Sempre estão associados aos relés que servem como sensores e indicam se o disjuntor deve abrir ou não. Se não estiver em comunicação com algum relé, o disjuntor realiza tarefa similar à de uma chave de manobra. A principal função dos disjuntores é a interrupção de correntes de falta tão rapidamente quanto possível, de forma a limitar a um mínimo valor, os possíveis danos aos equipamentos por curto-circuitos.

Além das correntes de falta, o disjuntor deve ser capaz de interromper correntes normais de carga, como na presença de curtos-circuitos, o que pode ocorrer no caso de religamentos.

Os disjuntores são classificados quanto ao tipo construtivo de acordo com os meios que utilizam para extinguir o arco elétrico quando ocorre a interrupção da corrente elétrica, tais como: óleo, ar comprimido, vácuo ou SF6. Outra classificação dos disjuntores é de acordo com o sistema de acionamento, que pode ser por solenóide, mola, ar comprimido ou hidráulico.

Figura 10- Exemplo de Disjuntor 230 kV



Fonte: O próprio autor

2.3.7 ISOLADORES DE PEDESTAL (IP)

Os isoladores, conforme apresentado na Figura 11, são elementos com propriedades mecânicas capazes de suportar os esforços produzidos pelos condutores. Eletricamente, eles têm a função de isolar condutores submetidos a diferenças de potencial em relação à terra ou a outro condutor de fase.

Com relação às propriedades elétricas e mecânicas os isoladores utilizados durante o estágio foram do tipo disco. Geralmente, em subestações de potência os isoladores de apoio são muito utilizados como suporte dos barramentos e na isolação de chaves seccionadoras dando suporte às lâminas. Basicamente, esse tipo de isolador consiste em uma coluna de peças montadas e unidas através de cimentação, com altura compatível com o nível de tensão desejado.

Figura 11- Exemplo de IP 230kV



Fonte: O Próprio autor

3 O ESTÁGIO

O Estágio Integrado foi realizado no período de 14 de Novembro de 2016 a 10 de Março de 2017, totalizando 668 horas. Desde o início, foi designado o deslocamento do estagiário para o distrito de Icarai de Amontada, na cidade de Amontada-CE. Para acompanhar a ampliação da Subestação Icarazinho 34,5/230 kV que já se encontrava em andamento. Na SE ICZ o estagiário desempenhou atividades de planejamento e execução da obra, como:

- i. Organização, atualização e revisão dos projetos e cronogramas de obra de ampliação da SE ICZ;
- ii. Supervisão, coordenação e execução das atividades de construção civil como locação topográfica, terraplenagem, escavação, fundação das bases e instalação das estruturas de concreto;
- iii. Supervisão, coordenação e execução das montagens eletromecânicas de para-raios, transformadores de potencial e corrente, chaves seccionadoras semi-pantográficas verticais, chaves seccionadoras de abertura horizontal, disjuntores e isoladores de pedestal;
- iv. Supervisão do tensionamento de cabos *Flint* (740 MCM);
- v. Supervisão, coordenação e execução das conexões entre equipamentos e painéis de força e controle;
- vi. Acompanhamento do comissionamento dos equipamentos com a presença dos técnicos responsáveis dos fabricantes;
- vii. Acompanhamento das medições da obra, fiscalização, coordenação de equipes em trabalhos de campo e reuniões gerenciais de SE ICZ.

3.1 ATIVIDADES ACOMPANHADAS

3.1.1 RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA (RDO)

O estagiário ficou responsável pela elaboração do Relatório Diário de Obra. Este documento serve para que as atividades sejam acompanhadas pelo cliente, a CPFL Renováveis, e pela contratante, a CPFL Serviços. Nele são discriminadas as atividades, o contingente pessoal e os equipamentos disponíveis para a execução. As atividades são acompanhadas por meio de descrição detalhada e registro fotográfico.

O RDO é uma das ferramentas mais importantes para o acompanhamento do dia-a-dia da obra e para o planejamento de atividades. Nele são registradas informações importantes sobre o andamento da obra, o quantitativo de funcionários e equipamentos disponíveis. Para melhor entendimento, no apêndice é mostrado um exemplo de RDO.

Em alguns momentos quando existem impedimentos à continuidade da obra, como embargos judiciais ou chuva, o RDO é a melhor forma de se estabelecer a comunicação formal entre a empreiteira e a contratante.

3.1.2 LIMPEZA DE FAIXA

De início, foram marcados os marcos e referências para posteriormente serem realizados serviços de desmatamento e limpeza da capa vegetal existente no local onde seria realizada a ampliação, com remoção de material orgânico na profundidade indicada pela fiscalização da obra.

Figura 12 – Terreno antes da limpeza



Fonte: O Próprio Autor

Figura 13 – Terreno Limpo



Fonte: O Próprio Autor

3.1.3 LOCAÇÃO TOPOGRÁFICA PARA TERRAPLENAGEM

Utilizando a SE existente como base, o topógrafo fixa a estação de acordo com os pontos marco pré estabelecidos e alinhados com os marcos entregues pelo cliente, conseguindo assim uma completa precisão dos pontos que serão locados para a terraplenagem.

O levantamento topográfico para a terraplenagem é de extrema importância, pois as cotas que o projeto exige possuem uma tolerância de erro muito baixa e essa precisa ser seguida.

Figura 14 – Locação topográfica para aterramento

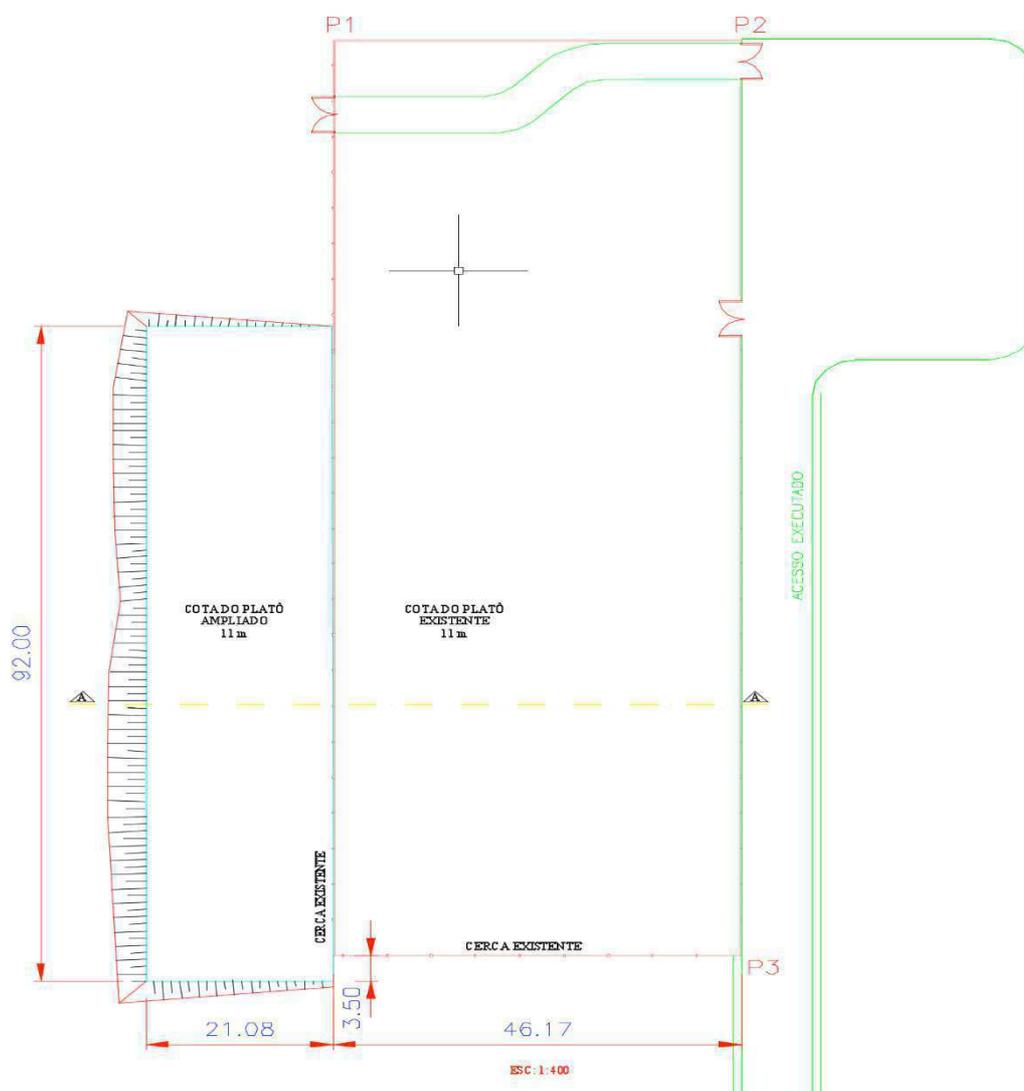


Fonte: Acervo de Fotos da Energy Eletricidade

3.1.4 TERRAPLENAGEM

A terraplenagem foi realizada por uma empresa terceirizada e contou apenas com a fiscalização da ENERGY. A mesma seguiu exigências solicitadas pelo projeto, utilizando material de uma jazida com a apresentação de todas as licenças ambientais e liberação junto ao órgão responsável. Com camadas de espessura menor que 20cm, o que torna a compactação bem mais sólida. O terreno a ser aterrado tem área de 2.400m², medindo aproximadamente 25 metros de frente por 96 metros de fundo, considerando a cota do talude. Para facilitar o entendimento do leitor, a vista do projeto está apresentada a seguir pela Figuras 14.

Figura 15: Vista superior do Projeto de Terraplenagem



Fonte: CPFL Renováveis.

Segue abaixo uma ilustrações da execução do serviço de terraplenagem em sua fase de conclusão.

Figura 16: Terraplenagem



Fonte: Acervo de Fotos da Energy Eletricidade

Para definição do projeto de malha de aterramento, foram feitas medições da resistividade e resistência do solo, após a conclusão da terraplenagem, como mostra a Figura 17. Esses dados são de suma importância para a definição do arranjo da malha de aterramento, da altura das hastes e da espessura dos cabos de cobre que irão compor a malha.

Figura 17: Análise de Resistência e Resistividade do Solo



Fonte: Acervo de Fotos da Energy Eletricidade

3.1.5 LOCAÇÃO TOPOGRÁFICA DA SUBESTAÇÃO

Usando como base a subestação já existente, o topógrafo define os pontos em que cada pórtico deverá ser instalado. Os pontos são demarcados por piquetes fixados ao solo bem em cima da coordenada exata, definida pelo projeto, onde deverá ser o centro da fundação a ser escavada. A instalação de gabaritos tem como finalidade demarcar o eixo das fundações dos pórticos durante a escavação, implantação de pórticos e concretagem. Foram utilizados gabaritos de madeira. A Figura 18, a seguir, demonstra com clareza a execução desse procedimento.

Figura 18: Locação Topográfica dos Pontos da SE.



Fonte: Acervo de Fotos da Energy Eletricidade

3.1.6 CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DRENAGEM

A drenagem deve ser construída para escoar qualquer eventual volume de água da SE. São construídas valas transversais, em estas são preenchidas por tubulões perfurados ao longo de seu comprimento, cobertos por uma manta impermeabilizante (bedim) e brita nº 4, conforme evidenciado na Figura 19, abaixo.

Figura 19: Vista do corte no Projeto da Drenagem



Fonte: CPFL Renováveis

De acordo com o projeto, a brita citada anteriormente para o interior da drenagem deveria ser nº 2, porém, em uma reunião com os fiscais da CPFL Renováveis, foi solicitada a substituição da mesma pelo nº 4, pois essa é mais apropriada para esse tipo de atividade.

Segue abaixo, na Figura 20, ilustração da instalação da drenagem.

Figura 20: Instalação do Sistema de Drenagem



Fonte: Acervo de Fotos da Energy Eletricidade

3.1.7 ESCAVAÇÃO DAS FUNDAÇÕES

Com a topografia da subestação concluída, iniciam-se as escavações das fundações, com os diâmetros e profundidades seguindo as exigências do projeto, de modo a comportar as estruturas de concreto para que sejam instalados os equipamentos.

As escavações tanto são realizadas por máquinas como por meio braçal, dependendo do local e da necessidade. Onde havia a preocupação de passagem da malha de aterramento, a escavação deveria ser realizada manualmente, até aproximadamente 50 cm, daí em diante seguia-se com a utilização de uma retroescavadeira.

Após as escavações e a marcação dos gabaritos, segue-se com a concretagem de uma camada fina no fundo da escavação (“magro”) e de uma camada mais grossa (primeiro estágio). O mesmo serve para a sustentação da estrutura e impermeabilização do solo abaixo do poste a ser instalado.

A seguir, na Figura 21, pode-se verificar a atividade de escavação citada nesse quesito:

Figura 21: Escavação das fundações



Fonte: O Próprio Autor

Inicialmente as escavações são feitas manualmente, com o intuito de que os furos sirvam como guia para as escavação com um trado atrelado a uma máquina retroescavadeira. Isso agiliza bastante o serviço.

3.1.8 INSTALAÇÃO DE MANILHAS E FERRAGENS

Foram utilizadas manilhas de concreto com diferentes tamanhos (0,8x0,5 m; 1,0x0,5 m e 1,5x0,5 m), dependendo da estrutura a ser utilizada na base do equipamento. A instalação das manilhas, utilizando-se um caminhão *munck* e colaboradores era feita seguindo procedimentos designados pelo plano de execução, utilizando cintas para sustentação e cordas para direcionamento. As manilhas servem

para evitar o desmoronamento das paredes das fundações e delimitar a base a ser concretada na estrutura.

A instalação de ferragens foram feitas nas fundações dos pórticos de grande porte, altura superior a 20m, e pré definidos em projeto. Foram utilizados ferros 8mm e 5mm para a construção dessas estruturas, que servem para dar sustentabilidade na concretagem das bases.

Na Figura 22, pode-se verificar a instalação de manilhas e ferragens.

Figura 22: Instalação de Manilhas



Fonte: O Próprio Autor

3.1.9 INSTALAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

As estruturas de concreto utilizadas foram confeccionadas pela ARTEC, uma empresa com sede em Caucaia – CE, seguindo os projetos fornecidos pela contratante. Para a instalação das estruturas de pequeno porte, foi utilizado um caminhão *munck*, já em relação as grandes estruturas, foi necessário a mobilização de um guindaste de grande porte.

Uma preocupação constante durante a instalação das estruturas é o alinhamento e a altura, que devem obedecer as exigências contidas em projeto. Na concretagem das estruturas, utiliza-se concreto usinado, o mesmo era transportado em caminhões betoneira, e antes de ser utilizado realizam-se teste de *slump* e corpo de prova. O

concreto deve apresentar uma boa resistência para poder sustentar a estrutura e ser bem “vibrado” para que se espalhe e não acumule ar ou água em seu interior.

Pode-se verificar as atividades de instalação de estruturas na Figura 23, a seguir.

Figura 23: Instalação de Pórtico com uso de Guindaste



Fonte: O Próprio Autor

3.1.10 MONTAGEM E INSTALAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

O estagiário ficou responsável por acompanhar e coordenar a equipe de montagem dos equipamentos e por separar o material que seria utilizado na montagem. Tendo os projetos e as listas de materiais como suporte para a realização dessa tarefa.

Os equipamentos, desde o início da obra, estavam posicionados no canteiro e acondicionados em caixas de madeira. O processo de montagem segue desde a retirada do invólucro de madeira, passando à limpeza, deslocamento do mesmo até o local onde seria instalado e içamento para instalação do equipamento acima das estruturas de concreto.

Essas montagens, desde o início são realizadas por funcionários especializados, chamados de montadores. Uma das funções do estagiário foi analisar os projetos construtivos de cada equipamento e acompanhar cada uma das instalações de modo a manter dentro do padrão de qualidade solicitado.

Existe sempre uma preocupação referente aos equipamentos a ser instalados, cuidado redobrado com as partes cerâmicas e com os encaixes para evitar situações de impacto e minimizar riscos de acidente.

Figura 24: Instalação de Chaves Seccionadoras



Fonte: O Próprio Autor.

Figura 25: Etapa de Instalação de Equipamentos



Fonte: O Próprio Autor

Após a instalação e fixação dos equipamentos, inicia-se a etapa de comissionamento e testes de funcionamento nos equipamentos. Essa etapa não faz parte do escopo realizado diretamente pela equipe da Energy, mas sim por empresas terceirizadas e especializadas. Dentre esses testes, são feitas manobras mecânicas que serão usuais no equipamento, inicialmente de modo manual e posteriormente de modo energizado e com comando remoto. O comissionamento serve como uma certificação de que o equipamento está de acordo com as especificações do fabricante.

Dentre os testes, são feitos nos disjuntores a verificação de pressão do gás, nos TPs e TCs são feitos testes de enrolamento, para verificar a relação de transformação, teste de sequenciamento de fase, ensaios de proteção. Nas chaves os testes em geral realizados são de abertura e fechamento.

Figura 26: Comissionamento de Chaves Seccionadoras



Fonte: O Próprio Autor

Figura 27: Comissionamento de Equipamento (Transformador de Potencial)



Fonte: O Próprio Autor

3.1.11 MALHA DE TERRA

O estagiário acompanhou a equipe responsável pela realização do aterramento de todos os equipamentos, estruturas, canaletas, além da instalação da malha de terra complementar e interligação desta com a existente.

Para a execução das malha de terra na SE ICZ, utilizaram-se cabos de cobre nu com seção nominal de 70 mm² formando um retículo de 10,0 m com profundidade média de 0,6 m. O reticulado abrange todo o perímetro da subestação estendendo-se até os limites da cerca, que estão ligadas à malha de terra.

O aterramento das estruturas que formam os pórticos da subestação foram utilizados também cabos de 70 mm², assim como no interior das canaletas e no aterramento das estruturas metálicas que servem como base para equipamentos (disjuntores).

A malha é complementada por hastes de terra em cobre com um comprimento de 3,0 m. Elas foram distribuídas por todo o reticulado de modo a garantir que as tensões

de toque e passo estejam dentro de limites permitidos para segurança das pessoas e dos equipamentos.

Em eventuais emendas necessárias ao longo da malha de terra, as mesmas são feitas obedecendo critérios pré estabelecidos, e são efetuadas através de soldas exotérmicas, com a utilização de cadinho e pólvora apropriados para o diâmetro do cabo utilizado.

3.1.12 LANÇAMENTO DE CONDUTORES

O estagiário acompanhou todo o processo de ancoragem dos cabos *Flint*, desde o seu pré-tensionamento até sua ancoragem.

Os cabos são projetados segundo valores de corrente, tensão e esforço mecânico a que serão submetidos. No entanto, pode-se melhorar a relação entre a capacidade de corrente e resistência mecânica variando a proporção entre os fios de alumínio e aço.

Os condutores utilizados foram:

- CAA: 740 MCM – *Flint*

Como mostra a Figura 28, a seguir.

Figura 28: Corte Transversal em cabo Flint



Fonte: O Próprio Autor

Os cabos são cortados conforme o vão onde serão instalados e postos sob tração por 72h. A tração é 25% da carga de ruptura do condutor. Depois, uma das extremidades é prensada junto ao conector por meio de uma matriz compressora. Feito isso, passamos por uma raspagem das imperfeições do grampo. Então, é conectada a extremidade aos isoladores formando uma cadeia de ancoragem e compressão. Para por fim o conjunto ser suspenso e ancorado na estrutura de sustentação do barramento.

Figura 29: Prensamento de Cabos



Fonte: O Próprio Autor

Figura 30: Cabo prensado com conector



Fonte: O Próprio Autor

A segunda extremidade é suspensa e fixada à estrutura oposta através de roldana, catraca e dinamômetro que indicam a força a ser aplicada. O cabo é tensionado até que não exceda o esforço e flecha máximos. Esses valores são indicados em projeto e são definidos em função do comprimento do vão e de estudos que envolvem a temperatura ambiente.

A seguir, marca-se o cabo no tamanho ideal, daí são prensados e conectados aos isoladores completando a outra extremidade da cadeia de ancoragem a compressão. Daí, o conjunto é suspenso e ancorado definitivamente na estrutura oposta do barramento. Seguindo as especificações do projeto, é feito um *bypass* interligando os vãos adjacentes do barramento.

Na obra da SE ICZ, todos os serviços, em alturas acima de 3 m, eram realizados com a utilização de uma PTA (Plataforma para Trabalhos em Altura). O que transmitia muito mais segurança para os colaboradores que tinham as melhores condições possíveis para trabalhar em alturas as vezes acima de 20 m.

Figura 31: Trabalho em Altura com Utilização de PTA



Fonte: O Próprio Autor

3.1.13 INTERLIGAÇÃO DE FORÇA E CONTROLE

Na obra, o estagiário é responsável por acompanhar e supervisionar o trabalho das equipes de eletricitas força e controle, os mesmos realizam o lançamento de cabos pelas canaletas de modo a interligar os equipamentos com suas respectivas caixas de comando, e daí são interligados à sala de comando.

Os cabos vêm do fabricante já com tamanhos apropriados para sua utilização, seguindo o projeto, para assim evitar possíveis erros e facilitar o lançamento por parte da equipe de eletricitas. Temos na Figura 32, a seguir, cabos passados para uma caixa e sendo decapados.

Figura 32: Passagem de Cabos para Caixa de Comando



Fonte: O Próprio Autor

A marcação dos cabos é feita através de anilhamento, utilizando uma referência do projeto que indica de onde o cabo vem e para onde o cabo vai, por meio de luvas de cristal que são prensadas nas extremidades. Após o lançamento dos cabos, são realizados testes de continuidade para saber se não houve algum rompimento durante o manuseio dos mesmos.

Figura 33: Lançamento de cabos para painel da Sala de comando – SE ICZ



Fonte: O Próprio Autor

Principalmente pela exposição aos efeitos da maresia e tempo de funcionamento da subestação, aproximadamente nove anos, as tampas das canaletas encontravam-se em condições críticas, o que tornava a passagem de cabos muito mais complicada. Pois existia sempre o perigo de acidentes.

3.1.14 DESLIGAMENTOS

Desde o início da obra, existem pontos que representam um marco, e são planejados para acontecer de acordo com o andamento ou não do empreendimento. No caso dos desligamentos, esses representam normalmente a chegada de uma situação de mudança no ambiente de trabalho e na maioria das vezes utiliza-se de manobras para permitir trabalhos em certas áreas que antes não eram permitidas. De modo temporário ou constante.

Por ser um fato muito planejado, o tempo do desligamento deve ser utilizado da melhor maneira possível pelas frentes de trabalho envolvidas. Inicialmente eram

planejados três desligamentos para a ampliação da SE ICZ, todos agendados diretamente com a ONS e com bastante tempo de antecedência. O estagiário até a data final do vínculo com a empresa, esteve presente em dois desligamentos, o primeiro para elevar os barramentos de saída do transformador coletor da subestação e permitir a substituição de equipamentos numa região antes energizada, obedecendo ao novo projeto da subestação que previa essas mudanças. O segundo para voltar a formatação inicial e permitir a interligação da malha de aterramento existente com a nova que foi implementada.

Apesar de ter um prazo muito corrido, pois os desligamentos tem hora de iniciar e de acabar, existe sempre uma preocupação e um alerta com relação a segurança, por esse motivo, são sempre elaborados planos de execução que devem ser minuciosamente seguidos de modo a evitar acidentes.

4 CONCLUSÃO

O estágio é um processo de aprendizagem indispensável à formação do estudante que deseja estar bem preparado para enfrentar os desafios do mercado de trabalho. Além de oferecer a oportunidade de conciliar teoria e prática, ele possibilita vivenciar o dia-a-dia da profissão que se pretende exercer. No estágio foram utilizados conhecimentos adquiridos durante todo o curso de graduação.

Durante esse período, o estudante tem uma excelente oportunidade para assimilar e desenvolver novas habilidades. Também é um momento propício para refinar características pessoais que irão moldar a sua personalidade à medida que proporciona o convívio com profissionais mais experientes e de áreas distintas.

À medida que o estudante tem contato com as tarefas que o estágio lhe proporciona, começa então a sedimentar boa parte dos conhecimentos adquiridos durante a sua vida acadêmica. Essa peculiaridade permite que o futuro profissional adquira maturidade e senso crítico para avaliar e tomar decisões assertivas.

Portanto, além de proporcionar um aprendizado técnico e prático, o estágio possibilita o contato com situações rotineiras e também inesperadas de trabalho. Desta forma, permite-se um contato maior com a vida profissional, bem como o acompanhamento da rotina de execução e elaboração de muitas atividades.

Atividades como preencher o Relatório Diário de Obra e realizar a programação semanal, mostraram-se importantes para a previsão de problemas futuros e para resolução dos atuais com maior facilidade.

Durante a experiência do estágio percebeu-se que no curso de Engenharia poderia ser mais enfatizada a realidade do mercado de trabalho, através de analogias, correlações, estudos de caso e maior número de visitas técnicas.

BIBLIOGRAFIA

- ABNT. (2002). NBR 10520 - Informação e documentação - Citações em documentos - Apresentação. *Associação Brasileira de Normas Técnicas* (p. 7). ABNT.
- ABNT. (2002). NBR 6023 - Informação e documentação - Referências - Elaboração. *Associação Brasileira de Normas Técnicas* (p. 24). ABNT.
- ABNT. (2003). NBR 6028 - Informação e documentação - Resumo - Apresentação. (p. 2). Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABNT. (30 de 12 de 2005). NBR 14724 - Informação e documentação — Trabalhos acadêmicos — Apresentação. *Associação Brasileira de Normas Técnicas* (p. 9). ABNT.
- ABNT. (2005). NBR 6034 - Informação e documentação - Índice - Apresentação. *Associação Brasileira de Normas Técnicas* (p. 4). ABNT.
- Creder, H. (2007). *Instalações Elétricas* (15ª ed.). LTC.
- Filho, D. L. (2014). *Projeto de Instalações Elétricas Prediais* (12ª ed.). São Paulo: Saraiva.
- Filho, J. M. (1993). *Manual de Equipamentos Elétricos*. Rio de Janeiro: LTC.
- Filho, J. M. (2010). *Instalações Elétricas Industriais*. Rio de Janeiro: LTC.
- Filho, J. M., & Mamede, D. R. (2011). *Proteção de Sistemas Elétricos de Potência*. Rio de Janeiro: LTC.

