



Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Centro de Engenharia Elétrica e Informática – CEEI

Departamento de Engenharia Elétrica – DEE

LINCOLN TOMAZ DE SOUSA
MATRÍCULA: 111110472

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Campina Grande, Paraíba
Abril de 2014

Lincoln Tomaz de Sousa

Relatório de Estágio Supervisionado

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.

Orientador:

Professor Genoilton João de Carvalho Almeida

Campina Grande, Paraíba
Abril de 2014

Agradecimentos

A Deus, que nunca me deixou sozinho nessa jornada.

A meus pais Vera Lúcia e Amilton Batista, que lutam sempre para me dar boas condições de estudo e nunca faltaram com carinho, atenção e amor.

A meu tio Aglairton e sua esposa Gerlaine que me acolheram com muita hospitalidade em sua casa durante todo o período de estágio.

A todos os meus amigos e parentes que sempre torcem pelo meu sucesso.

Aos meus amigos da Turma que estiveram ao meu lado sempre que precisei.

Aos engenheiros João Eugênio, João Serafim e Antônio José pela oportunidade, pelos ensinamentos, pela paciência e atenção concedidas durante o estágio

Por fim, agradeço a todos os professores e funcionários que contribuíram em minha formação, em especial, o professor Genoilton Carvalho pelos ensinamentos e orientação neste trabalho.

Lista de Ilustrações

Figura 1 – Projeção futura do Mangabeira Shopping.....	10
Figura 2 – Localização de subestação dentro do shopping.....	11
Figura 3 – Diagrama unifilar da SE Mangabeira Shopping.....	14
Figura 4- Base do trafo e caixa coletora	15
Figura 5 – Caixa separadora de óleo	15
Figura 6 – Valetas para a malha de aterramento.....	16
Figura 7 – Solda exotérmica	16
Figura 8 – QDCA.....	18
Figura 9 – Página do projeto de interligação.....	20
Figura 10 – Retificador.....	21
Figura 11 – Disjuntor de 13,8 kV.....	22
Figura 12 – cubículo de média tensão.....	22
Figura 13 - Anteporta do religador antes do retrofit, com relé PEXTRON.....	24
Figura 14 - Anteporta do religador depois do retrofit, com relé SEL-751.....	24
Figura 15 - Método de Werner	25
Figura 16 – Pontos onde foram realizadas as medições	26

Lista de Abreviações

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

CONCENGE – Construções Cíveis, Elet. e Eng. LTDA

SE – Subestação

EPI – Equipamento de Proteção Individual

CAGEPA – Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba

QDCA – Quadro de Distribuição de Corrente Alternada

QDCC - Quadro de Distribuição de Corrente Contínua

TC – Transformador de Corrente

TP – Transformador de Potencial

Sumário

1. Introdução	7
2. A empresa	8
3. O Estágio	9
3.1 O Mangabeira Shopping Center	10
3.2 Subestação Mangabeira Shopping	11
3.2.1 Instalações Cíveis	15
3.2.2 Instalações Eletromecânicas	16
3.2.3 Instalações Elétricas	18
3.3 Proteção de SE Aeroclube	21
3.4 Substituição de relés	23
4. Atividades Realizadas	25
4.1 Medição da resistividade do solo	25
4.2 Acompanhamento das obras	27
4.3 Comando da equipe de <i>retrofit</i>	27
4.4 As built	28
5. Conclusões	29
6. Referência Bibliográfica	30
7. Anexo	31

1. Introdução

O Estágio Supervisionado foi realizado na empresa CONCENGE (Construções Cíveis Elétricas e Engenharia LTDA), especializada no projeto, automação e construção de subestações (SEs) de distribuição.

Durante o período de estágio (01/11/2013 a 11/03/2014), o estagiário participou de diversos trabalhos, onde foi dado destaque às seguintes atividades envolvendo projeto, construção e automação de subestações:

- Medição da resistividade do solo da SE Pocinhos.
- Acompanhamento e fiscalização da execução das obras civis, eletromecânicas e elétricas da SE Mangabeira Shopping.
- Retrofit em SE Distrito, SE Tambaú e SE Catolé.
- Atualização de todos os projetos conforme construído (*As Built*) no AutoCAD.

Este relatório descreve, de uma maneira sucinta e ilustrativa (com figuras no Anexo 1), as atividades realizadas na disciplina do Estágio Supervisionado sob supervisão do engenheiro eletricitista João Serafim Neto.

2. A empresa

A CONCENGE (Construções Cíveis Elétrica e Engenharia LTDA) é uma empresa de pequeno porte, com cerca de 50 funcionários, sediada na Rua Dom Moisés Coelho, 192, bairro da Torre, na cidade de João Pessoa, Paraíba, Brasil.

Os engenheiros eletrotécnicos João Eugênio Vinagre Neiva e Antônio José de Oliveira Neto fundaram a CONCENGE, em 1993, visando prestar serviços relacionados a projetos e execução de instalações elétricas prediais e industriais, redes de alta e baixa tensão, linhas de transmissão e subestações de distribuição.

Atualmente, a CONCENGE presta serviços a várias empresas da região Nordeste, sendo seu principal cliente a Energisa/PB. Nos últimos anos realizou reformas, ampliações, construções e automações de subestações no estado da Paraíba e Bahia.

3. O estágio

Para um grande consumidor de energia, como uma indústria ou um shopping center por exemplo, é mais vantajoso que ele seja atendido pela rede de alta tensão, pois isso resulta em uma menor tarifação da energia elétrica. Mas para isso o consumidor precisa ter uma subestação abaixadora para reduzir o nível de tensão a um valor adequado para consumo.

A construção de uma subestação é uma tarefa que envolve muitas disciplinas, pois se faz necessário conhecimentos, principalmente de engenharia elétrica e civil. Por isso a execução da obra de uma SE é dividida entre três grupos de trabalho:

- O grupo responsável pela parte civil, isto é, a construção da infraestrutura física que adequará o meio para o funcionamento da SE e proporcionará segurança aos operadores e ao sistema elétrico, com a construção das bases para os equipamentos, muros, casa de comando, cercas e calçamento;
- O grupo responsável pela parte de eletromecânica, encarregados da construção da malha de aterramento, fixação das estruturas de postes e barramentos, montagem e instalação de equipamentos;
- A equipe da eletricidade, que realiza toda interligação elétrica dos equipamentos, quadros de energia, iluminação e painéis da SE, além de fazer o anilhamento de todos os cabos utilizados para essa interligação.

É bastante importante que essas três equipes trabalhem em sinergia, para uma maior eficiência nos serviços realizados e maior aproveitamento de seus trabalhadores.

Retrofit é um termo utilizado principalmente em engenharia para designar o processo de modernização de algum equipamento já considerado ultrapassado ou fora de norma. A Energisa PB contratou a CONCENGE para substituir os relés de proteção, de religadores e disjuntores de algumas subestações, por relés mais modernos com um maior número de funções.

A CONCENGE é responsável pelos serviços da topografia, obras civis, montagem eletromecânica, interligação dos equipamentos, suporte ao pessoal de comissionamento, supervisão de montagem de equipamentos e fornecimento de *As Built* de todos projetos, ao final da obra, com fornecimento de desenho em *AutoCad*.

3.1 O Mangabeira Shopping Center

Com um investimento de mais de R\$ 240 milhões, o Mangabeira Shopping tem previsão de inauguração em junho de 2014 com 16 lojas âncoras, 7 mini âncoras e 210 lojas satélite. As lojas âncoras são: Marisa, Game Station, Eletro Shopping, Centauro, Insinuante, Renner, Riachuelo, Bob's, Atacadão dos Eletros, Lê Biscuit, Magazine Luiza, Ri Happy, C&A e Lojas Americanas. A área construída será de 97.454 m².

Além das lojas, o Mangabeira Shopping terá uma área de lazer, seis salas de cinema, sete pistas de boliche, praça de alimentação, um parque infantil e um parque eletrônico. O estacionamento terá vagas para 3.350 automóveis. Logo após a inauguração, será erguida uma torre com 340 salas comerciais.



Figura 1 – Projeção futura do Mangabeira Shopping.

O Mangabeira Shopping está localizado na Avenida Hilton Souto Maior, no bairro Mangabeira VII, na cidade de João Pessoa-PB.

Para suprir a demanda elétrica do shopping optou-se por construir uma subestação 69/13,8 KV com capacidade de 25 MVA.



Figura 2 – Localização da subestação dentro do Shopping.

3.2 Subestação Mangabeira Shopping

Os projetos eletromecânicos e civis da SE Mangabeira Shopping, foram realizados pela empresa CONCENGE.

Devido a carga instalada ser 13.889 kVA, sendo alimentada através de 7 transformadores, todos 13,8kV/380-220V, os quais serão instalados próximo as cargas, considerando um fator de demanda inicial de 0,6, temos uma demanda prevista de 8.333KVA, sendo contratado com a ENERGISA 7,0 MW, assim sendo, inicialmente será instalado um transformador 12,5MVA na subestação de 69/13,8kV. Futuramente com o aumento da demanda até a conclusão da etapa final de conclusão do Shopping, será instalado o segundo transformador de 12,5MVA. O fator de potência deve ser corrigido próximo as cargas para que não ultrapasse o limite mínimo de 0,92.

A medição de faturamento será a três elementos sendo os TC's e TP's instalados conforme norma NDU 002 da ENERGISA, atendendo os pré-requisitos de um futuro consumidor livre, disponibilizando ponto para comunicação Ethernet. O painel de medição e faturamento deve ser instalado em cabine de alvenaria, no pátio da subestação.

A SE Mangabeira Shopping foi construída em terreno medindo 44,71 m x 17 m e terá os níveis de tensão 69/13,8 kV. O lado de 69 kV é desabrigado e o lado de 13,8 kV é abrigado dentro de cubículos na casa de comando. A capacidade de transformação final da subestação será de 25MVA, sendo inicialmente instalado um de 12,5MVA, 69/13,8KV e configuração para mais um de mesma capacidade, totalizando 25MVA.

A referida subestação será inicialmente composta basicamente:

- De um disjuntor tripolar uso externo, SF6, de 69kV, tensão máxima 72,5kV, corrente nominal 3150A, capacidade de interrupção 40kA para proteção dos transformadores de força 69/13,8kV e retaguarda do disjuntor 13,8kV;
- De três TC's de 69kV para medição de faturamento;
- De seis TP's de 69kV, sendo três para medição de faturamento e três para medição operacional de $69/\sqrt{3} \text{ kV} - 115/\sqrt{3} \text{ V}$;
- De seis para-raios de 69kV tipo polimérico com capacidade para 10kA, sendo três de proteção da chegada da LT e três para proteção do transformador 02T1;
- De três chaves seccionadoras tripolares de 69kV motorizadas, 630A, sendo duas montadas verticalmente com abertura lateral e outra montada horizontalmente com abertura vertical;
- De um transformador de força de 10/12,5MVA-69/13,8kV, com comutador sob carga;
- Cabo de média tensão (isolado para 15kV) do tipo EP DRY 105 8,7/15kV, fabricação NEXANS ou similar, sendo um cabo por fase que sairá das buchas de BT do transformador de força para alimentação dos cubículos de média tensão que ficarão alojados na casa de comando;
- De cinco cubículos de média tensão isolados para 15kV, de fabricação ARTECHE, sendo um com disjuntor geral de barra, dois com disjuntores para proteção de dois alimentadores, um para instalação das chaves de proteção do transformador de serviços auxiliares e um onde será instalado o transformador de 30kVA de serviços auxiliares;
- De um transformador de serviço auxiliar CA de 30kVA-13,8kV/220-127V;
- De um quadro de uso interno de sobrepor com barramento trifásico para serviços auxiliares CA;
- De um quadro de uso interno de sobrepor com barramento bifásico para serviços auxiliares CC;
- De um retificador 220Vca/1215Vcc de 20A, fabricação Powerbras associado a um banco de baterias seladas de 12V;
- De um painel de uso interno com dimensão 2300x800x800mm para proteção, controle e medição, fabricação ARTECHE para proteção do transformador de força 10/12,5MVA, equipado com dois reles microprocessados trifásico de fabricação ABB, sendo um do tipo REQ 650 para proteção de sobrecorrente e controle do bay, tendo como funções: 27, 50/51, 50N/51N, 59/59N, 64, 67/67N e 86, e com a função de controle de supervisão do disjuntor e das seccionadoras, de isolamento do vão de 69kV, controle e supervisão do disjuntor de baixa do transformador e supervisão de alarmes do vão; equipado com 3 cartões de 9 entradas digitais + 8 saídas digitais com protocolo de comunicação COM03, IRIG-B, RS485, 3 Ethernet LC optical, ST serial, ST PPS Slave e um relé RET 650 de fabricação ABB para proteção diferencial do transformador

10/12,5MVA com funções mínimas de proteção (50/51+50N/51N) + diferencial de transformador (87T), equipado com 3 cartões de 9 entradas digitais + 8 saídas digitais, com protocolo de comunicação COM03, IRIG-B, RS485, 3 Ethernet LC optical, ST serial, ST PPS Slave, haverá também uma IHM gráfica com visualização do unifilar, do bay e comandos - IEC;

- De uma malha de aterramento formada em reticulado de aproximadamente 2,6m em cabo de cobre nu 70mm², hastes Cooperweld de Ø 5/8" x 2,40 m e conexões tipo fusão.

O suprimento em 69KV será através da subestação de Mangabeira, pertencente à ENERGISA PARAÍBA, pela LT 69kV a ser construída com uma extensão aproximada de 2,5Km em cabo 636MCM-CA.

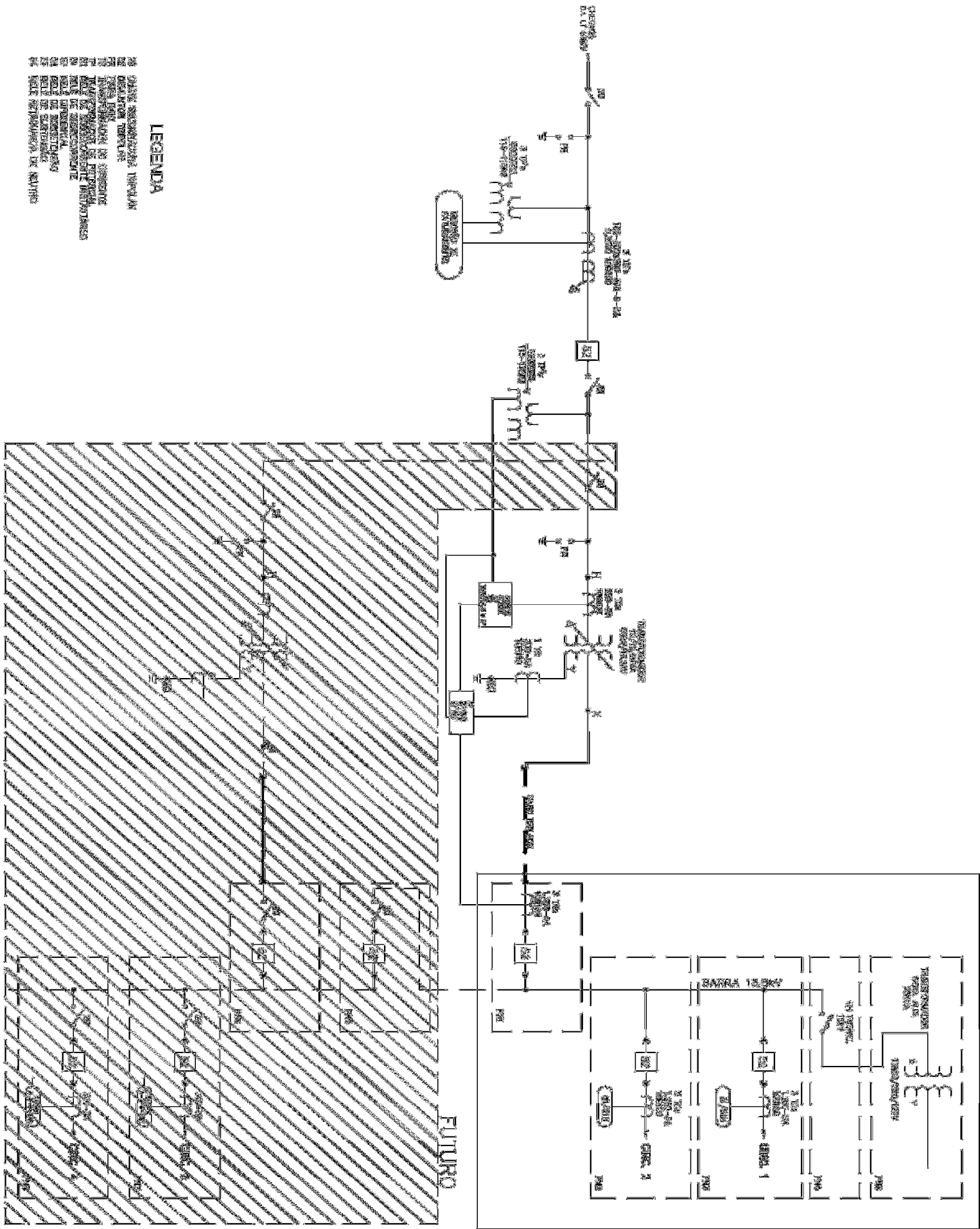


Figura 3 – Diagrama Unifilar da SE Mangabeira Shopping

3.2.1 Instalações civis

A subestação foi construída numa área de 642,09 m², com um pátio operacional de 578,85 m². O cliente foi responsável pelo aterro e terraplanagem do terreno antes de entregá-lo para início da obra.

Começou então a grande parte dos trabalhos da equipe de civil, que contou com um maior efetivo de 5 pedreiros, 9 ajudantes e um mestre de obras.

No setor de 69 kV, foi confeccionadas a base em concreto armado para um disjuntor. Foram feitas seis caixas de passagem dos cabos de controle e comunicação dos equipamentos, além das bases dos refletores para iluminação da SE. Também foi construído um abrigo para o painel de medição de faturamento.

No lado de 13,8kV, foi construída uma canaleta para passagem dos cabos isolados dos transformadores até os cubículos na casa de comando.

A casa de comando foi feita em alvenaria e coberta por laje pré-moldada impermeabilizada com uma área de 63,24 m², sendo composta de sala de comando e banheiro.

O terreno foi murado nos lados em volta da casa de comando a uma altura de 2,2m, chapiscado, rebocado e equipado com concertina de 30cm.

Para a proteção contra incêndios e prevenção de danos ao meio ambiente, devido o vazamento de óleo isolante dos transformadores de potência, foram construídas duas bacias coletoras abaixo e ao redor dos equipamentos (expostas na Figura 4), sendo canalizado o escoamento do óleo para caixa separadora (mostrada na Figura 5) que irá reter o óleo e permitirá a passagem da água para uma “boca de lobo” interligada a rede da Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba (CAGEPA). E entre os transformadores foi erguida uma parede corta fogo de 4,8 m de altura por 5,1 m de largura.



Figura 4 – Base do trafo e caixa coletora.



Figura 5 – Caixa separadora de óleo.

3.2.2 Instalações Eletromecânicas

As equipes de eletromecânica são responsáveis pela montagem de estruturas e equipamentos, pela montagem dos barramentos e pelo aterramento da SE. A equipe de eletromecânica contava com um encarregado, um motorista/operador do caminhão tipo Munck, dois montadores e três ajudantes práticos.

O aterramento foi feito através de sessenta e sete (67) hastes, de $\varnothing 5/8"$ x 2,40m de comprimento, distando uma das outras de aproximadamente 2,6m, interligadas por cabo de cobre nu n.º 70mm². Um cabo de 95mm² foi conectado aos terminais de neutro e massa do transformador de serviços auxiliares, como também um cabo de mesma bitola para aterramento da massa do transformador de força (10/12,5MVA). O valor da resistência do sistema foi calculada para uma resistência máxima de 5 Ohms, não podendo ultrapassar em qualquer época do ano, além de obedecer os critérios de tensão máxima de passo e tensão máxima de toque recomendados pela IEEE STD 80 - 1986 (verificar memória de cálculo ANEXO I). Todas as partes metálicas não condutoras, foram ligadas a malha de aterramento por cabo de cobre n.º 70 mm².

É importante ressaltar que foram observadas as questões de segurança dos trabalhadores observando as normas no Programa de Condições e meio Ambiente de Trabalho na Indústria de Construção (PCMAT) e no Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO), sobre o devido uso dos equipamentos de proteção individual (EPIs), pois existem muitos trabalhos que são feitos em altura (mais de 2 metros) ou que utilizam ferramentas perigosas para o manuseio, que necessitam de luvas, e quanto a sinalização do local, pois existem muitos buracos profundos que devem ser cercados e sinalizados para impedir acidentes com os trabalhadores.



Figura 6 – Valetas para a malha de aterramento.

Figura 7 – Solda exotérmica.

Deve haver rigor quanto aos procedimentos de alinhamento dos postes, pois o alinhamento é fundamental para a instalação das vigas, anéis e equipamentos, por isso é importante antes de haver o concretamento das bases, uma minuciosa verificação quanto a altura e o alinhamento dos postes.

Observações devem ser feitas quanto ao fechamento das chaves seccionadoras, verificando a facilidade da manobra e o perfeito encaixe dos seus contatos, a disposição dos isoladores dos equipamentos para o não acúmulo de água nos mesmos, o

aterramento e a correta instalação dos equipamentos conforme os projetos disponibilizados.

Foram utilizados isoladores do tipo polimérico para 69kV, tipo concha-bola e isoladores de pedestal tipo porcelana vitrificada.

O barramento de 69KV foi executado em cabo de alumínio 4/0 AWG CA.(cod. OXLIP).O barramento de 13,8KV foi feito através de cabo isolado para 15kV de 240mm² do tipo EP DRY 105 8,7/15kV que alimenta os cubículos blindados com isolamento para 15kV, de fabricação ARTECHE, com um disjuntor geral de barra, dois alimentadores e um transformador de serviços auxiliares de 30kVA, com condições de ampliação futura para receber mais um disjuntor de barra, um de interligação de barras e mais dois alimentadores.

Feita a montagem das estruturas de concreto e do barramento, foi dado início a montagem dos equipamentos da subestação, são eles:

- Setor de 69 kV:
 - ✓ Seis TP's de 69kV, sendo três para medição de faturamento e três para medição operacional de $69/\sqrt{3} kV - 115/115/\sqrt{3} V$;
 - ✓ Três TC's de 69kV para medição de faturamento;
 - ✓ De seis pára-raios de 69kV tipo polimérico com capacidade para 10kA, sendo três de proteção da chegada da LT e três para proteção do transformador 02T1;
 - ✓ De um disjuntor tripolar uso externo, SF6, de 69kV, tensão máxima 72,5kV, corrente nominal 3150 A, capacidade de interrupção 40kA para proteção dos transformadores de força 69/13,8kV e retaguarda do disjuntor 13,8kV;
 - ✓ De três chaves tripolares 69kV motorizadas, 630 A, sendo duas montagem verticais, abertura lateral e uma montagem horizontal, abertura vertical;
- Setor de 13,8 kV:
 - ✓ Cinco cubículos de média tensão isolados para 15kV, de fabricação ARTECHE, sendo um com disjuntor geral de barra, dois com disjuntores para proteção de dois alimentadores, um para instalação das chaves de proteção do transformador de serviços auxiliares e um onde será instalado o transformador de 30kVA de serviços auxiliares;
 - ✓ De um transformador de serviço auxiliar CA de 30kVA-13,8kV/220-127V;

3.2.3 Instalações Elétricas

Com uma equipe de dois eletricitas e um encarregado, o pessoal de elétrica é responsável pelas instalações elétricas da casa de comando, da iluminação externa e todas as suas tomadas. Eles também fazem a passagem dos cabos de comunicação e alimentação dos equipamentos, a interligação desses equipamentos aos painéis de comando/monitoramento e a devida marcação (anilhas e *tags*) dos cabos, de acordo com o diagrama de interligação.

Além disso, foram montados dois quadros de distribuição, um para alimentação CA de 220 V (figura 8) e outro para alimentação CC de 125 V.



Figura 8 - QDCA

A iluminação externa é feita por dez refletores para lâmpada vapor de sódio de 250W, os refletores deverão ser instalados em pontos da extremidade e central do pátio, os quais serão instalados em bases de concreto e nos postes das chaves do transformador 02T1.

Foram instaladas duas (02) tomadas no pátio para finalidade de uso gerais/manutenção, sendo uma (01) do tipo monofásico (2P+terra) e uma (01) do tipo trifásica (3P+terra) no setor de 69kV no poste da chave de alimentação do transformador 02T1, as mesmas serão de uso externo blindadas para 30A/220V, fabricação CEMAR.

Também foi feita a passagem dos cabos de comunicação e alimentação dos equipamentos, a interligação desses equipamentos aos painéis de proteção/controle (Figura 8) e a devida marcação (anilhas e *tags*) dos cabos, de acordo com o diagrama de interligação.

A seguir é dada a explicação de como realizar a ligação e marcação dos cabos, com um exemplo ilustrando essa atividade.

Para distinguir os diferentes cabos que conectam todos os equipamentos, é preciso classificá-los, especificando o tipo de condutor utilizado, a sua origem, o destino das conexões e a explicação da função do cabo.

O projeto de interligação é o local onde se encontra essa classificação, podendo diferenciar todos os cabos e suas “veias”. Ele é um documento (em forma de caderno) criado apenas para facilitar a montagem da SE, uma vez que quem realiza a montagem não tem tempo para examinar e entender o projeto.

Existe uma sequência padronizada para fazer a classificação dos cabos. A sequência é a seguinte:

A B C – D / E x F

Sendo:

A – Nível de tensão de isolamento do equipamento, onde:

- 1 – 69 kV
- 2 – 13,8 kV
- 3 – 220/127 Vca
- 4 – 125 Vcc

B – Utilização da conexão:

- A – Serviços Auxiliares
- C – Comando
- M – Medição
- P – Proteção
- S – Supervisão
- W – Comando de Automação
- X – Sinalização e Automação
- Y - Sinal Analógico (0 a 20 mA)
- Z – Cabo de Comunicação

C- Equipamento

- 1 – Transformador de potencial
- 2 – Transformador de corrente
- 3 - Disjuntor e/ou religador
- 4 – Transformador de força ou regulador de tensão
- 5 – Chave seccionadora
- 6 – Interligação entre painéis
- 7 – Serviços auxiliares CA
- 8 - Serviços auxiliares CC
- 9 – Retificador
- 10 – Inversor

D - Numeração do cabo

E – Quantidade de cabos

F – Seção transversal do condutor (mm²)

Utilizando o exemplo do primeiro cabo, da página do projeto de interligação (Figura 9), para demonstrar a sequência do código: **3M6 -30 / 4 x 2.5**. O número **3** indica nível de tensão de isolamento 220 V, o **M** significa que o cabo tem função de medição, **6** significa a interligação entre painéis (no caso, o painel de medição com o QDCA), **30** número da conexão, **4 x 2.5** quatro cabos de 2,5mm².

Sequência		Cores ou veias		Origem		Destino		FUNÇÕES	OBSERVAÇÕES	
IDENTIF	BITOLA (mm²)	Nº	ANILHA	LIG. INTERRA	BORNE REGUA	BORNE REGUA	MÓDULO / EQUIPAMENTO			
3M6-30	4x2,5	0	PT	TC-R-S1	1	X3	S1	TC-R	QUADRO SERV. AUX. 220/127Vca	MEDIÇÃO DE CORRENTE (FASE A)
			VM	TC-S-S1	3	X3	S1	TC-S	QUADRO SERV. AUX. 220/127Vca	MEDIÇÃO DE CORRENTE (FASE B)
			BR	TC-T-S1	5	X3	S1	TC-T	QUADRO SERV. AUX. 220/127Vca	MEDIÇÃO DE CORRENTE (FASE C)
			AZ	TC-T-S2	6	X3	S2	TC-T	QUADRO SERV. AUX. 220/127Vca	MEDIÇÃO DE CORRENTE (COMUM)
					4	X3				
					2	X3				
					TERRA					
3M6-43	4x2,5	0	PT	DJ1-2	8	X3	2	DJ1	QUADRO SERV. AUX. 220/127Vca	MEDIÇÃO DE TENSÃO (FASE A)
			VM	DJ2-2	9	X3	2	DJ2	QUADRO SERV. AUX. 220/127Vca	MEDIÇÃO DE TENSÃO (FASE B)
			BR	DJ3-2	10	X3	2	DJ3	QUADRO SERV. AUX. 220/127Vca	MEDIÇÃO DE TENSÃO (FASE C)
446-25	2x2,5	0	VR	TERRA	7	X3		TERRA	QUADRO SERV. AUX. 220/127Vca	TERRA
			PT	D28-4	1	XCC	4	D28	QUADRO SERV. AUX. 125Vcc	ALIMENTAÇÃO (+) 125Vcc
			AZ	D28-2	2	XCC	2	D28	QUADRO SERV. AUX. 125Vcc	ALIMENTAÇÃO (-) 125Vcc
			PT	D29-2	1	XCA	2	D29	QUADRO SERV. AUX. 220/127Vca	ALIMENTAÇÃO 220Vca
			AZ	D29-4	2	XCA	4	D29	QUADRO SERV. AUX. 220/127Vca	ALIMENTAÇÃO 220Vca
1M2-45	4x4,0	0	PT	X2-1	1	X2	1	X1	CAIXA SECUNDARIO TC'S 13,8kV	MEDIÇÃO DE CORRENTE 69kV (FASE A)
			VM	X2-3	3	X2	3	X1	CAIXA SECUNDARIO TC'S 13,8kV	MEDIÇÃO DE CORRENTE 69kV (FASE B)
			BR	X2-5	5	X2	5	X1	CAIXA SECUNDARIO TC'S 13,8kV	MEDIÇÃO DE CORRENTE 69kV (FASE C)
			VD	X2-6	6	X2	6	X1	CAIXA SECUNDARIO TC'S 13,8kV	MEDIÇÃO DE CORRENTE 69kV (COMUM)
2M1-47	4x2,5	0	PT	X1-4	8	X2	4	X1	CAIXA SECUNDARIO TP'S 13,8kV	MEDIÇÃO DE TENSÃO 13,8kV (FASE A)
			VM	X1-5	9	X2	5	X1	CAIXA SECUNDARIO TP'S 13,8kV	MEDIÇÃO DE TENSÃO 13,8kV (FASE B)
			BR	X1-6	10	X2	6	X1	CAIXA SECUNDARIO TP'S 13,8kV	MEDIÇÃO DE TENSÃO 13,8kV (FASE C)
					7	X2				CAIXA SECUNDARIO TP'S 13,8kV
1M1-46	4x2,5	0	PT	X2-1	8	X1	1	X2	CAIXA SECUNDARIO TP'S 69kV	MEDIÇÃO DE TENSÃO 69kV (FASE A)
			VM	X2-3	9	X1	3	X2	CAIXA SECUNDARIO TP'S 69kV	MEDIÇÃO DE TENSÃO 69kV (FASE B)
			BR	X2-5	10	X1	5	X2	CAIXA SECUNDARIO TP'S 69kV	MEDIÇÃO DE TENSÃO 69kV (FASE C)
			AZ	X2-2	7	X1	2	X2	CAIXA SECUNDARIO TP'S 69kV	MEDIÇÃO DE TENSÃO 13,8kV (COMUM)

Figura 9 – Página do projeto de interligação.

Durante o estágio, foi dada atenção à interligação dos equipamentos, onde foram corrigidos alguns erros de ligação e de escrita nas anilhas. As anilhas possuem três camadas para se escrever os dados das ligações, o padrão utilizado para se escrever nas anilhas foi de na camada frontal anotar-se o ponto para onde o cabo está indo e na camada de cima escreve-se o ponto em que esta anilha está ligada.

3.3 Proteção da SE Mangabeira Shopping

O painel de proteção e controle foi instalado dentro da casa de comando e foi conectado aos equipamentos que serão monitorados e aos quadros de alimentação CA e CC. Na casa de comando existe um banco de baterias para alimentação de emergência, no caso da falta de alimentação por parte do transformador auxiliar.

A casa de comando é o local onde alguns equipamentos são mantidos, protegidos contra intempéries do tempo, contra furtos e vandalismo. São esses, os equipamentos da casa de comando: Retificador; QDCA; QDCC; Painel de proteção e controle; conjunto de cinco cubículos contendo disjuntores, chave e transformador de serviços auxiliares.

O retificador utilizado na SE Mangabeira Shopping tem como característica 220Vca/125Vcc de 20 A, fabricado pela POWERBRAS, exposto na Figura 10. O retificador unido a um banco de baterias garante o funcionamento constante dos equipamentos, independente de eventuais falhas da rede elétrica.



Figura 10 – Retificador.

Em regime normal, com a presença da rede comercial, as baterias são mantidas em flutuação pelo sistema de retificadores, com a tensão nominal de 132,0 Vcc (2,2 Vcc por elemento) para bateria do tipo chumbo-ácido. No caso de indisponibilidade do fornecimento da energia pela rede comercial, ou quaisquer anormalidades que impliquem no desligamento do sistema, as baterias passam a alimentar os consumidores até uma tensão final de descarga prevista de 105 Vcc. Após a restauração da corrente alternada, este volta a alimentar os equipamentos e recarregar as baterias.

Os três disjuntores de 13,8 kV (figura 11) da subestação são instalados dentro de cubículos, como o da figura 12, na casa de comando, assim como o transformador auxiliar.



Figura 11 – Disjuntor de 13,8 kV



Figura 12 – Cubículo de média tensão

PROTEÇÃO CONTRA DESCARGA ATMOSFERICAS:

Setores 69KV – serão instalados pára-raios tipo estação na entrada de linha de 69KV e próximo ao transformador de força.

Setores 13,8KV – Serão instalados pára-raios tipo estação próximo a bucha de BT do transformador de força de capacidade 10KA.

PROTEÇÃO DO TRANSFORMADORES DE FORÇA:

O esquema de proteção do transformador abaixador deverá ser provido das seguintes funções:

- Proteção de sobrecorrente diferencial (87);
- Proteção de sobrecorrente (50/51 e 50/51G);
- Relé acumulador de gás-Buchholz (63).

A malha de proteção do transformador deverá atuar diretamente no disjuntor geral de entrada (12B1).

Alem dos relés acima que darão trip no disjuntor geral, o transformador será fornecido com proteções intrínsecas com as seguintes funções:

- Térmica, localizada no secundário de TC de bucha (49);
- Termômetro de medição de temperatura de topo do óleo (26);
- Indicador de nível de óleo (71);
- Dispositivo de alívio de pressão.

Que possibilitarão a supervisão do referido equipamento, pela IHM instalada no painel a ser instalado na sala de comando.

PROTEÇÃO CONTRA CURTO CIRCUITOS:

Setor 69kV – Serão instalados transformadores de corrente de bucha no lado de alta do transformador de força e TC's de média instalado no cubículo do disjuntor geral de 13,8kV que associado aos reles REQ 650 e RET 650 farão as funções de sobrecorrente do tipo trifásico + neutro (50/51ABCN e 51G) do tipo eletrônico com tecnologia digital, instalado no painel da sala de comando, possibilitando a abertura automática dos disjuntores de 69kV quando da existência de curto circuito.

Setor 13,8kV – Serão instalados dois disjuntores para proteção das duas saídas dos alimentadores para proteção dos mesmos, além de proteção de retaguarda para curto fase-terra 51G e 59N que dará trip no disjuntor geral de barra 13,8kV (11T1).

O sistema de combate a incêndio da subestação será através de um extintor **CO2 de 6Kg** instalado na casa de comando próximo a porta de entrada e um de pó químico (PQS) 16Kg instalado na parede externa da casa de comando para utilização no pátio da SE.

3.4 Substituição de relés

Nas subestações Mangabeira, Distrito, Tambaú e Catolé a CONCENGE fez a substituição de relés de proteção tipo PEXTRON, SEPAM 40 e SEPAM 2000 por relés do tipo SEL 751-A e SEL 351-S.

Na SE Mangabeira (MGB) o relé SEPAM 2000 do painel de proteção e controle do disjuntor 12B1 foi substituído pelo relé SEL 351-S e o relé PEXTRON do disjuntor 11B1 foi substituído pelo relé SEL 751-A.

Na SE Distrito (DST) os relés PEXTRON dos religadores 21L1, 21L2, 21L3, 21L4, 21L5, 21L6 e 21D1 foram substituídos pelos relés SEL 751-A.

Na SE Tambaú (TBU) os relés PEXTRON dos religadores 21L1, 21L2, 21L3, 21L4, 21L6, 21L7 e 21D2 foram substituídos pelos relés SEL 751-A.

Na SE Catolé (CTL) o relé SEPAM 40 do disjuntor 12B1 foi substituído pelo relé SEL 351-S e os relés SEPAM 40 dos religadores 21C1, 21C2, 21C3, 21C4 e 21D1 foram substituídos pelos relés SEL 751-A.

Com essa modernização, vários cabos de comando e sinalização, que interligavam cada religador (ou disjuntor) à UTR, foram retirados e deram lugar a um único cabo de fibra ótica, responsável por toda a comunicação entre o equipamento e a UTR.

A CONCENGE foi responsável pela elaboração dos projetos funcionais e de interligação necessários devido à nova configuração para substituição dos relés. Estes projetos foram feitos a partir dos projetos existentes fornecidos pela Energisa. As figuras em anexo mostram os projetos do religador 21L1 da SE Tambaú.



Figura 13 – Anteporta do religador antes do retrofit, com relé PEXTRON.



Figura 14 – Anteporta do religador depois do retrofit, com relé SEL-751.

4. Atividades realizadas

4.1 Medição da resistividade do solo

Para dimensionar o projeto da malha de aterramento da subestação, é necessário realizar a medição da resistividade do solo e sua estratificação. Pois a resistividade é a característica do solo que vai determinar a sua resistência em baixas frequências (50 e 60Hz).

No dia 19 de fevereiro de 2014, foram realizadas as medições de resistividade do solo no terreno da SE Pocinhos, sendo utilizado o terrômetro digital da MEGABRÁS, modelo MTD20Kwe, devidamente aferido e carregado. Primeiramente se observou as condições do ambiente, sendo registrado como tipo de solo argiloso, temperatura do local no momento das medições de 29°, a última chuva no local ocorreu 4 dias antes da medição e com o estado aparente de umidade 50%.

Foi utilizado o método de Werner para as medições, que faz uso do terrômetro com quatro terminais, dois de corrente e dois de potencial, como mostrado na Figura 15. A fonte interna do aparelho, cria uma corrente elétrica que circula entre as duas hastes externas, conectadas aos terminais de corrente C1 e C2, onde: a = Espaçamento das hastes cravadas no solo. p = Profundidade da haste cravada no solo.

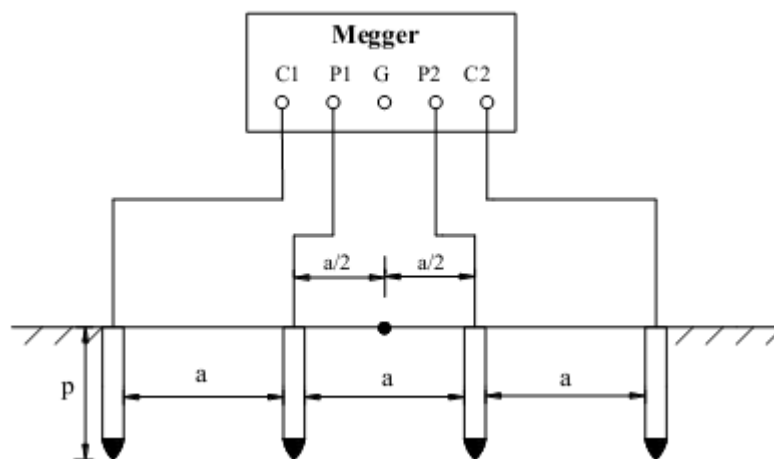


Figura 15 – Método de Werner

A corrente que circula pelo terreno entre as hastes, produz potencial nos eletrodos P1 e P2, essa diferença de potencial será interpretada como uma tensão U , dividindo essa tensão pela corrente I que está a ser injetada em C1 (ou C2), obtém-se uma resistência (R_t). Com o valor dessa resistência, pode-se calcular a resistividade do solo, através da fórmula $\rho = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R_t$ [8].

É importante ter alguns cuidados nas medições, para evitar erros de medições ou mesmo acidentes, são eles:

- -As hastes devem estar posicionadas com um espaçamento igual, alinhadas e enterradas numa mesma profundidade (utilizou-se 30 cm);

- -Verificar se o terrômetro está devidamente calibrado e aferido, se sua bateria está carregada e se ele está posicionado simetricamente entre as hastes;
- -A utilização de luvas e calçados de isolamento para execução das medições. As medições foram realizadas com os espaçamentos das hastes de 1m, 2m, 4m, 8m e 16m, em cada um dos seis (A, B, C, D, E, F) pontos expostos na Figura16.

Os valores medidos foram registrados e analisados. Calculou-se a média aritmética dos valores da resistência elétrica para cada espaçamento adotado e em seguida foram observados os valores que apresentavam desvio de cada medida em relação ao valor médio maior que 50%, e essas medidas foram desconsideradas (valores em vermelho da Tabela 1). E então calcula-se uma nova média aritmética das resistências remanescentes e esse valor é aplicado na equação a seguir, para a obtenção da resistividade média:

$$\rho = \frac{4 * \pi * d * R}{1 + \left(2 * \frac{d}{\sqrt{(d^2 + 4 * p^2)}} \right) - \left(\frac{d}{\sqrt{d^2 + p^2}} \right)} (\Omega m)$$

onde,

d = distância entre eletrodos (m);

R = resistência do solo medida (Ω)

p= profundidade da haste (0.3m)

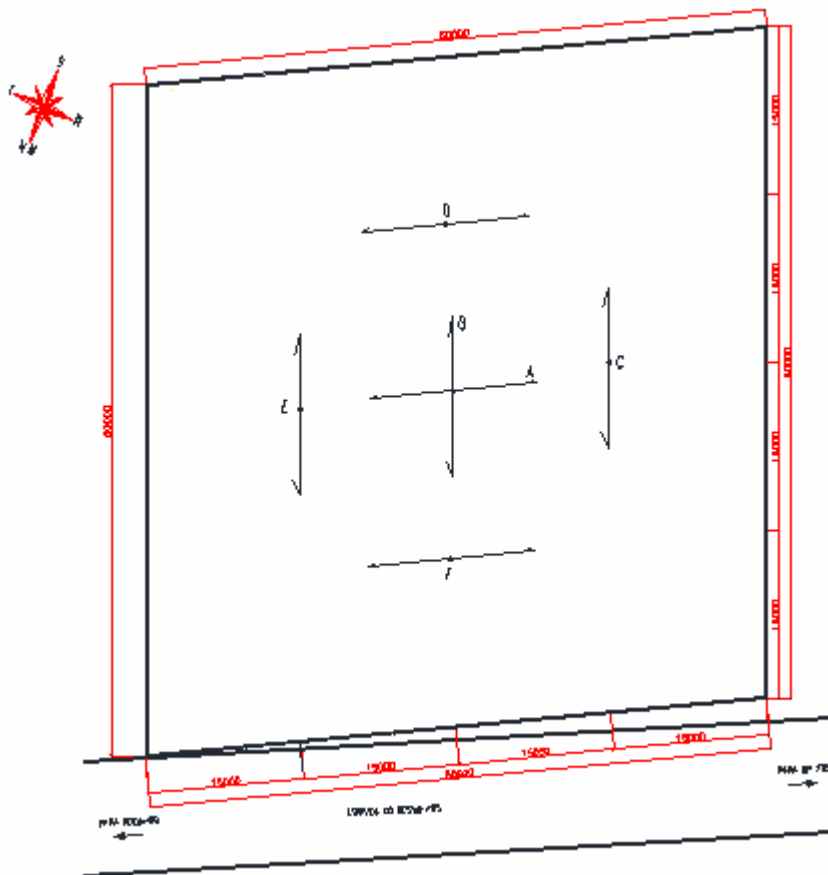


Figura 16 – Pontos onde foram realizadas as medições.

Tabela 1 – Medições campo e valores calculados.

MEDIÇÕES DE CAMPO								VALOR RESISTIVIDADE MÉDIA (Ωm)
DISTANCIA ENTRE ELETRODOS(m)	resistência medida (Ω)						VALOR MÉDIO (Ω)	
	A	B	C	D	E	F		
2	0,61	0,61	0,69	1,28	1,81	1,15	0,87	11,19
4	0,50	0,51	0,48	0,95	1,03	0,93	0,73	18,55
8	0,55	0,52	0,48	0,84	0,92	0,60	0,65	32,80
16	0,57	0,58	0,57	0,70	0,83	0,75	0,67	67,02
32								

Esses dados foram repassados a Energisa, para realização do projeto de dimensionamento da malha de aterramento.

4.2 Acompanhamento das obras

O estagiário esteve quase sempre presente na construção da SE. Nesse período, ele esteve acompanhando os trabalhos das equipes de obra civil, eletromecânica e de instalações elétricas.

Foi feito o acompanhamento das atividades relacionadas à segurança do trabalho, como a realização e o registro dos Diálogos Diários de Segurança (DDS) que é basicamente a utilização de um pequeno espaço de tempo, antes do início das atividades diárias na empresa e com duração de 5 a 15 minutos, para a discussão e instruções básicas de assuntos ligados à segurança no trabalho que devem ser utilizadas e praticadas por todos os participantes. Outra atividade realizada na área de segurança do trabalho foi o acompanhamento do preenchimento, pelos encarregados, do formulário de Análise Preliminar de Risco (APR) para cada atividade desempenhada por suas equipes visando prever e identificar os perigos envolvidos em determinado empreendimento, tanto na fase de implantação quanto na fase de operação, com o objetivo de eliminar, mitigar ou controlar os riscos antes que estes se materializem.

O estagiário acompanhou junto aos encarregados, a reposição de material para obra (cimento, tintas, areia, EPIs, tubulações, parafusos, aluguel de equipamentos, etc), evitando qualquer tipo de compra emergencial que pudesse trazer maiores gastos.

4.3 Comando da equipe de *retrofit*

O estagiário participou diretamente em campo da substituição dos relés dando instruções aos eletricitistas e ajudantes.

O trabalho se iniciava com a retirada de todos os fios e componentes que não seriam mais utilizados. Em seguida a ante porta do religador era serrada para que pudesse ser fixado o novo relé. Então eram feitas todas as ligações do relé, e depois se testava com um multímetro todas as funções do relé, inclusive eram testados comandos remotos. Todos os cabos que ligavam o religador à UTR eram retirados das canaletas e

era feito o lançamento da fibra ótica. Por fim era feito o acabamento da instalação, fixando todos os fios e vedando as entradas de tubulações.

O estagiário fazia ainda um relatório de comissionamento da cablagem descrevendo o trabalho e mostrando fotos de como ficou. Os projetos funcionais e de interligação eram atualizados conforme construído e enviados junto com relatório para o departamento de automação da Energisa.

4.4 *As built*

Durante o andamento das obras da SE Mangabeira Shopping, e também durante o *retrofit*, muitas mudanças foram sendo realizadas em relação aos projetos originais. Essas alterações foram sendo registradas nos projetos disponíveis em campo e em seguida atualizadas no AutoCAD pelo estagiário. No final da construção da SE, foi feita uma varredura em todas as ligações elétricas dos equipamentos, quadros e painéis e todas as alterações foram questionadas junto ao pessoal de comissionamento da Energisa e, em seguida, foram passadas no AutoCAD e atualizadas, para que os projetos fossem entregues conforme comissionado.

5. Conclusões

A disciplina de estágio se mostrou como um dos momentos de maior importância para o aluno durante o curso, pois foi uma forma eficiente de proporcionar ao estudante a complementação profissional, colocando-o em contato direto com a realidade do seu campo de atuação, com o ambiente real de trabalho e com os mais diversos problemas técnicos. Além do aprendizado quanto às relações interpessoais, resultado do convívio com profissionais de várias áreas e com muitas experiências profissionais transmitidas.

Este relatório descreve, de forma sucinta, as atividades realizadas pelo aluno durante a construção de uma subestação de distribuição de energia elétrica, que foi fonte de grande aprendizado, pois abordou assuntos não só das disciplinas de engenharia elétrica (equipamentos elétricos, materiais elétricos, distribuição de energia elétrica, desenho técnico, etc) como também conhecimentos da área de engenharia civil e conhecimentos no software AutoCAD, líder e referência no desenho, modelagem e engenharia 2D e 3D.

Portanto, é indispensável esta atividade para a vivência, por parte do aluno, de ocorrências fora do ambiente acadêmico, enquanto estudante e aprendiz, pois abre espaço para dúvidas e esclarecimentos importantes para um futuro engenheiro.

6. Referências bibliográficas

[1] Energisa. **Diagrama Funcional Unifilar** – Subestação Aeroclubes 69/13,8kV (conforme comissionado), PETRA Engenharia, 06 de Agosto de 2012.

[2] PEREIRA, R. M. ; SPRITZER, I. M. P. A. . **Automação e digitalização em subestações de energia elétrica: um estudo de caso**. Rio de Janeiro: CEFET-RJ, 2006.

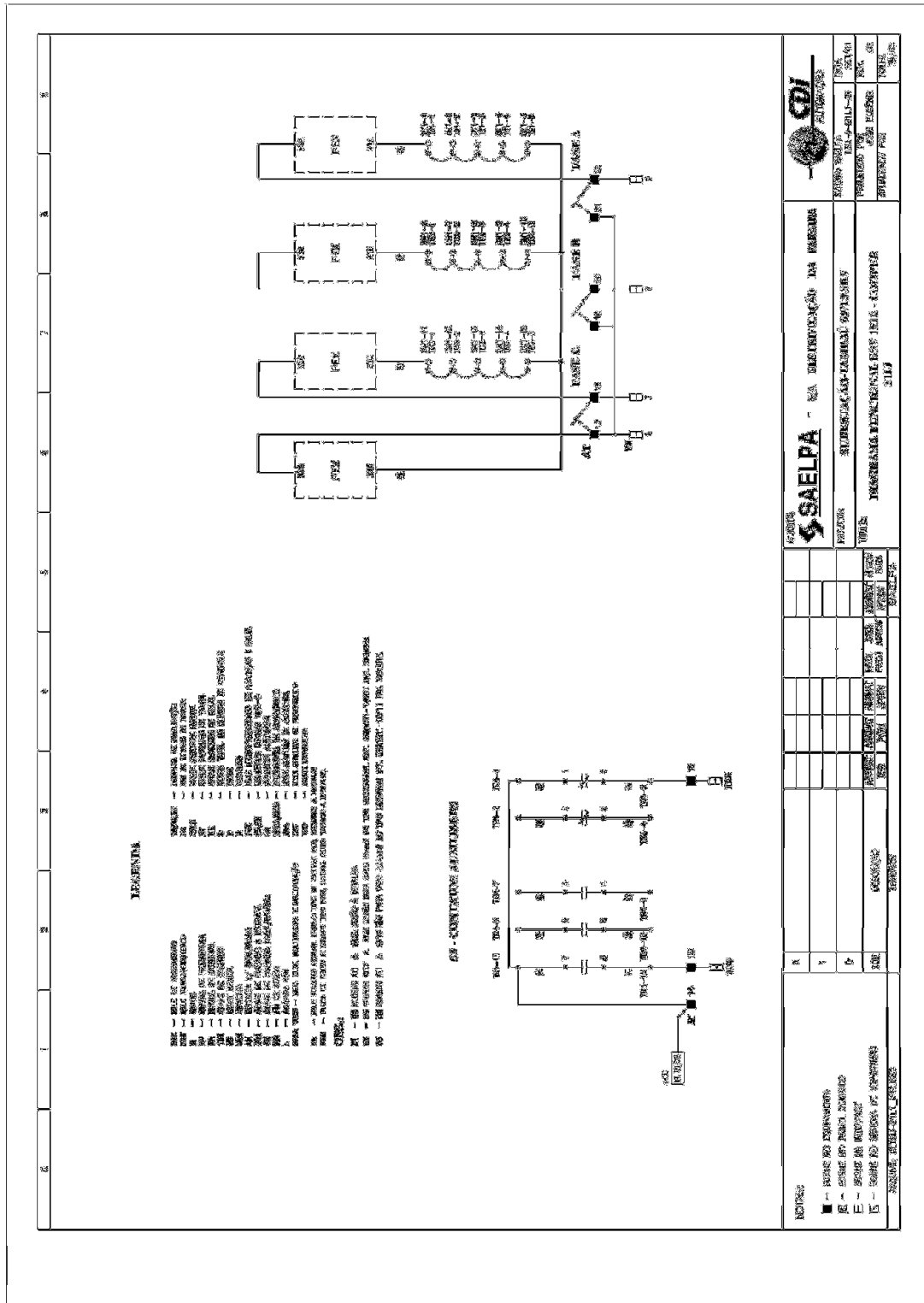
[3] GOUVEIA, Francisco Alex de Oliveira. **Relatório de Estágio Supervisionado**. Campina Grande (Paraíba): Universidade Federal de Campina Grande, 2008, página 18.

[4] SCHROEDER, Marco Aurélio de Oliveira. **Medição de resistividade de solo e tratamento de dados**, Universidade Federal de São João del-Rei, 2011, Figura 7, página 6.

[5] MARINHO, Charles de Souza. **Relatório de Estágio Supervisionado**. Campina Grande (Paraíba): Universidade Federal da Paraíba, 2009, página 41.

[6] Energisa. **Memorial de cálculo: Malha de Terra SE Aeroclubes** – Subestação Aeroclubes 69/13,8kV, PETRA Engenharia, 06 de Agosto de 2012.

[7] ABNT. NBR 7117:1987. **Medição da resistividade e determinação da estratificação do solo**.





Disjuntor de 69 kV a gás SF6.



Painel do disjuntor de 69 kV.



Transformador de Corrente.



Transformador de Potencial.



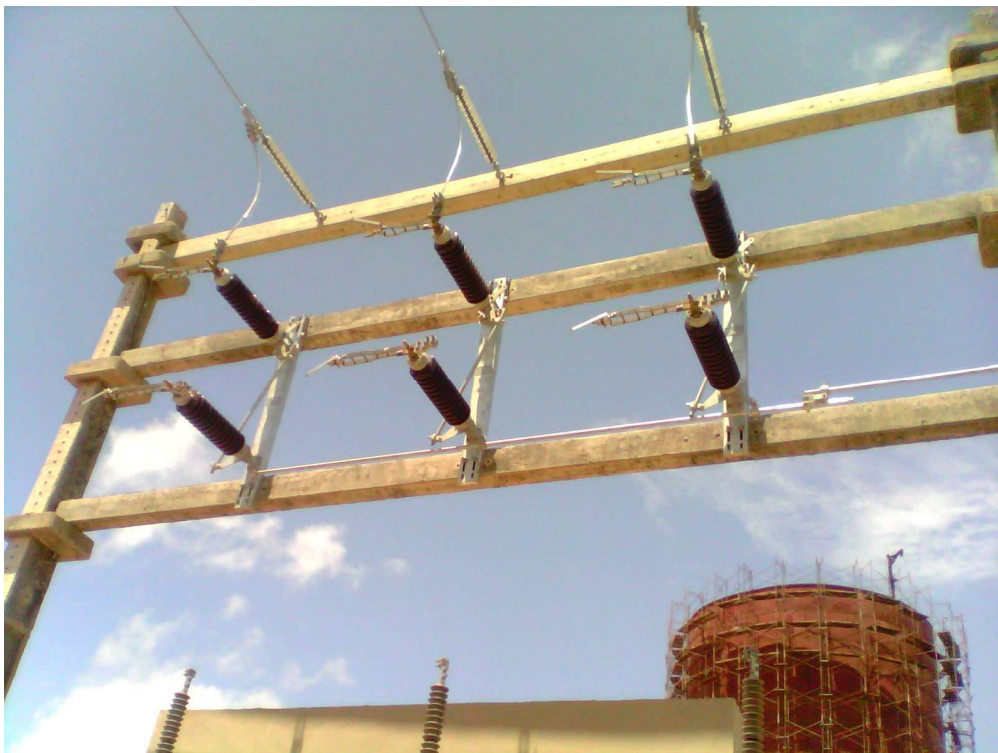
Caixa de passagem para cabos de interligação.



Caixa de comando da chave motorizada.



Parede corta-fogo e pára-raios.



Chave motorizada montada na vertical.



Chave motorizada montada na horizontal.



Painel de medição abrigado.



Casa de comando.



Interior da casa de comando em construção.