



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

THALES MORAIS BRAGA LYRA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

BM ENGENHARIA

Campina Grande, Paraíba

Dezembro de 2013

THALES MORAIS BRAGA LYRA
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.*

Orientador:

Professora Núbia Silva Dantas Brito

Campina Grande, Paraíba

Dezembro de 2013

THALES MORAIS BRAGA LYRA

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.*

Aprovado em / /

Thales Morais Braga Lyra

Aluno

Professor Avaliador

Universidade Federal de Campina Grande

Professora Núbia Silva Dantas Brito

Universidade Federal de Campina Grande

Orientador, UFCG

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais Magali e Marcos, pelo empenho nesta longa empreitada.

Agradeço a minha professora orientadora Núbia, pela oportunidade de aprendizado e crescimento quando muitos não acreditavam no meu trabalho, aos engenheiros eletricitas Ivson e Manoel, pela paciência e pelos ensinamentos.

Agradeço também ao mestre de obras João Batista, aos técnicos de segurança Fábio e Ilo, aos supervisores de montagem elétrica Francisco Galindo, Trajano e Edmilson, que contribuíram para enriquecer meus conhecimentos técnicos e pessoais e a todos os trabalhadores da obra, incluindo serventes, pedreiros, armadores, carpinteiros e eletricitas.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram de forma positiva nessa jornada.

Sumário

Lista de Tabelas.....	1
Lista de Figuras.....	2
Lista de abreviaturas e siglas.....	3
1. Introdução.....	5
2. A empresa	6
3. Fundamentação teórica	7
3.1 Transformadores de Potência	7
3.2 Transformadores para Instrumentos.....	8
3.2.1 Transformadores de Corrente (TC)	8
3.2.2 Transformador de Potencial (TP)	8
3.3 Disjuntores.....	9
3.4 Para-raios	10
3.5 Aterramento.....	11
4. Atividades Realizadas.....	13
4.1 RDO e AF	13
4.2 SE da Cervejaria Petrópolis.....	14
4.2.1 Casa de comando.....	19
4.2.2 Transformador Principal e de serviços auxiliares(TSA)	21
4.2.3 Pórticos e barramento.....	25
4.2.4 Chave Seccionadora.....	26
4.2.5 Transformadores para instrumentos.....	27
4.2.7 Isolador de pedestal	30
4.2.8 Aterramento	31
4.2.9 Outras subestações da Cervejaria Petrópolis.....	33
4.3 Obras da SE da Vitarella- 13800/380 V.....	37
5. Considerações finais	42
6. Referências bibliográficas.....	43
Anexo.....	44

Lista de Tabelas

Tabela 4.1 Dados da placa da chave seccionadora

Tabela 4.2 Dados da placa do TP de proteção indutivo

Tabela 4.3 Dados da placa do disjuntor

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABB - *Asea Brown Boveri*

AF - Autorização de fornecimento

EPI - Equipamento de proteção individual

ETDI - Estação de tratamento de despejos industriais

N_p - Relação de espiras do primário

N_s - Relação de espiras do secundário

PMT - Painel de média tensão

PT - Permissão de trabalho

QGBT - Quadro geral de baixa tensão

RDO - Relatório diário de obra

RT- Relação de transformação

SE - Subestação

SPDA - Sistema de proteção contra descargas atmosféricas

TC - Transformador de corrente

TP - Transformador de potencial

Lista de Ilustrações

Figura 2.1 Organograma.....	6
Figura 3.1 Transformador de corrente.....	7
Figura 3.2 Transformador de potencial.....	7
Figura 3.3 Curvas dos para raios	8
Figura 4.1 RDO- Relatório diário de obra.....	8
Figura 4.2 AF.....	9
Figura 4.3 Perspectiva geral.....	10
Figura 4.4 Locação de bases	10
Figura 4.5 Planta	11
Figura 4.6 Corte A -A.....	11
Figura 4.7 Corte B-B.....	10
Figura 4.8 Crachá	12
Figura 4.9 acabamento da casa de comando.....	11
Figura 4.10 Painel de média tensão da casa de comando.....	12
Figura 4.11 Banco de baterias para iluminação de emergência.....	13
Figura 4.12 Alvenaria da parede corta-fogo.....	14
Figura 4.13 Barramento.....	14
Figura 4.14 Ligação dos disjuntores ao barramento.....	15
Figura 4.15 Montagem da chave seccionadora de abertura horizontal	16
Figura 4.16 TP indutivo.....	17
Figura 4.17 Instalação das caixas de apssagem e eletrodutos dos TP e TC	18
Figura 4.18 Instalação do disjuntor a SF ₆	19
Figura 4.19 IP na base da chave seccionadora futura.....	20
Figura 4.20 Transformador principal	21
Figura 4.21 Comissionamento do transformador	22
Figura 4.22 Tratamento do óleo.....	22
Figura 4.23 Instalação do para-raio do transformador principal	22
Figura 4.24 Caixa separadora de água e óleo.....	23

Figura 4.25 SPDA na parede corta-fogo e pórticos de barramento.....	24
Figura 4.26 Resistor de aterramento	25
Figura 4.27 Projeto da malha de aterramento.....	27
Figura 4.28 Valhatadeira escavando	28
Figura 4.29 Malha de aterramento.....	28
Figura 4.30 Instalação dos painéis na subestação utilidades	29
Figura 4.31 Layout da SE Utilidades.....	30
Figura 4.32 Transformador posicionado na SE Utilidades.....	31
Figura 4.33 SE Envase.....	32
Figura 4.34 SE ETDI.....	33
Figura 4.35 DDS no primeiro dia na Vitarella	34
Figura 4.36 Acoplamento dos painéis de média tensão.....	35
Figura 4.37 Iluminação e tomadas da sala de baixa tensão	36
Figura 4.38 sala dos transformadores	37
Figura 4.39 Quadro.....	38
Figura 4.40 Instalação dos transformadores na respectiva base.....	39
Anexo 1 SE principal 3 semana.....	43
Anexo 2 SE principal 5 semana.....	43
Anexo 3 SE principal 15 semana.....	44
Anexo 4 SPDA na parede corta-fogo e pórticos de barramento	44

1. Introdução

Apresenta-se neste documento um relato sucinto das atividades desenvolvidas no estágio curricular realizado na BM Engenharia no período compreendido entre 12 de agosto e 06 de dezembro do corrente ano. O estágio integra a grade curricular do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande e tem como objetivo complementar a formação do aluno, vivenciando no mundo real os conhecimentos aprendidos na academia.

Durante o período de estágio foram realizadas diversas atividades, dentre as quais destacam-se: acompanhamento da execução da obra civil e montagem eletromecânica de subestações, confecção de relatórios diários de obra, compra de materiais e reuniões técnicas e de segurança. Todas as atividades foram supervisionadas pelos engenheiros eletricitas Manoel Ramos e Ivson Bandeira.

2. A Empresa

O estágio foi realizado na BM Engenharia, empresa presente no mercado desde 2007 e sediada na cidade de Recife-PE, onde atua no setor de montagens industriais de baixa e média tensão, subestação de média e alta tensão e quadros elétricos. Recentemente, a empresa começou a atuar também, no setor de obras civis de subestações. Ao longo dos anos, a BM engenharia já prestou serviços para empresas como ABB, Chesf, Arevakoblitz, ERSA, ALUSA Engenharia, porto de Suape, Vitarella, entre outros.

Atualmente a empresa possui cerca de cinquenta funcionários, entre engenheiros, pedreiros, auxiliares, eletricitas, carpinteiros e outros. De forma sucinta, o organograma da empresa é mostrado na Figura 2.1.

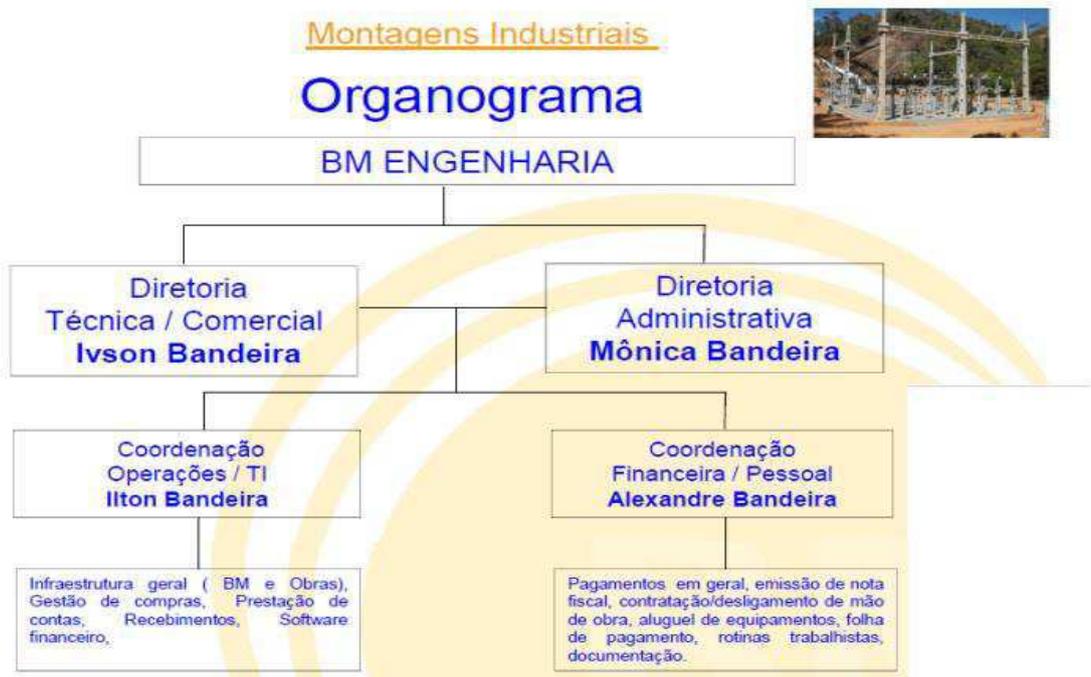


Figura 2.1 Organograma da empresa

3. Fundamentação Teórica

Apresenta-se nesta seção um resumo da fundamentação teórica pertinente às atividades realizadas durante o estágio.

3.1 Transformadores de potência

Devido à razões técnicas e econômicas, transmitir e distribuir energia elétrica ao longo de grandes distâncias em apenas um nível de tensão não é desejável, de modo que, na prática, são realizadas inúmeras transformações ao longo do sistema. Os equipamentos utilizados para esse fim são denominados de transformadores de potência, os quais estão entre os equipamentos mais caros e importantes do sistema elétrico.

Um transformador de potência típico é constituído basicamente de duas bobinas (condutores) enroladas sobre um núcleo de carcaça ferromagnética (uma denominada de primário e outra de secundário), podendo ser conectado independentemente dos lados. Se a fonte é conectada do lado de baixa tensão e a carga do lado de alta tensão, o transformador é dito elevador de tensão, caso contrário é dito abaixador de tensão. Os transformadores são classificados conforme os níveis de potência, número de fases e tensão de operação. Pode-se construir unidades monofásicas ou trifásicas, sendo as monofásicas as mais usuais, visto que em caso de manutenção e armazenamento de equipamentos de reposição é necessário apenas 33% da reserva da capacidade instalada. Os transformadores trifásicos possuem como vantagem menores dimensões e preço mais baixo em relação ao conjunto de três transformadores monofásicos.

A relação de transformação do transformador é dada por:

$$RT = \frac{N_s}{N_p} \quad (2.1)$$

3.2 Transformadores para instrumentos

Na prática, os níveis de tensão e corrente em um sistema elétrico de potência são muito elevados. Entretanto, muitas vezes se faz necessário o uso de tensão e correntes de baixo valor, como por exemplo, a alimentação de equipamentos de medição, controle e proteção. Nestes casos, o sistema faz uso dos denominados transformadores para instrumentos, são os transformadores de corrente (TC) e de potencial (TP).

3.2.1 Transformadores de Corrente (TC)

Equipamento destinado a reproduzir proporcionalmente em seu circuito secundário a corrente de seu circuito primário com sua posição fasorial mantida, conhecida e adequada para uso em instrumentos de medição controle e proteção (KINDERMANN, 1999). Os TC são ligados em série com a carga e segundo o padrão adotado no Brasil, os equipamentos ligados ao seu secundário são alimentados com uma corrente de 5A (ABNT - NBR 6821. Transformadores de Corrente - Especificação, 1992). Para alimentar os instrumentos, os TC apresentam número de espiras do primário menor que o número de espiras do secundário.

Apresenta-se na Figura 3.1 o esquema de um TC típico com dois enrolamentos em um núcleo toroidal e seu modo de conexão.

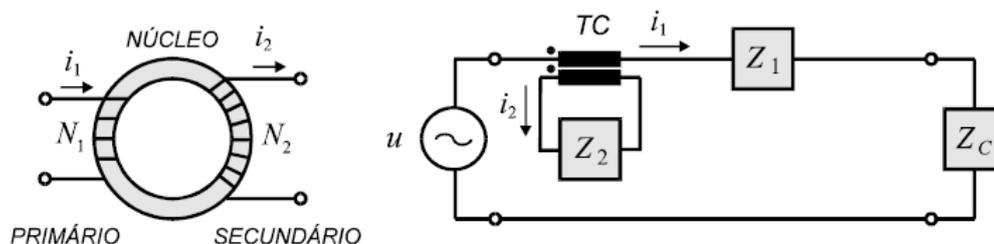


Figura 3.1 Transformador de corrente

3.2.2 Transformador de Potencial (TP)

Equipamento destinado a transmitir o sinal de tensão aos instrumentos de medição, controle e proteção. São subdivididos em TPC (transformador de potencial capacitivo), para tensões acima de 138 kV e TPI (transformador potencial indutivo), para tensões menores ou iguais a 138 kV. Apresentam número de espiras no primário maior que o secundário, sendo o secundário ligado em

paralelo com o circuito. Segundo a Norma NBR 6855 (NBR 6855 TRansformadores de potencial - Especificação, 1992), os valores de tensão no secundário dos TP são da ordem de 115V ou $115/\sqrt{3}$ V. Apresenta-se na Figura 3.2, o esquema de um TP e seu modo de conexão.

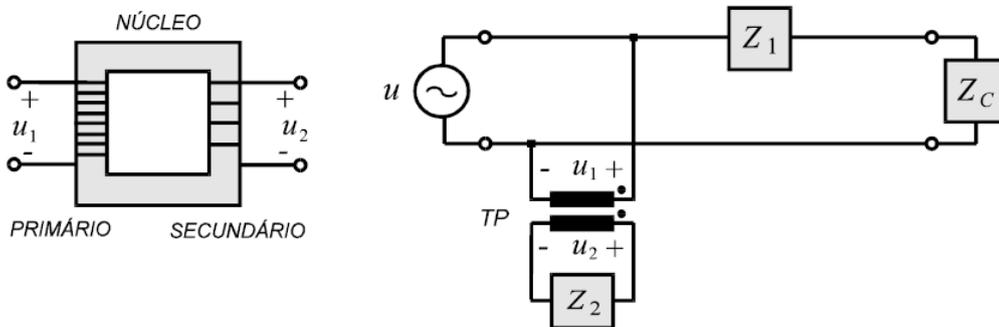


Figura 3.2 Transformador de potencial(GUERRA,2013)

3.3 Disjuntores

Dispositivo responsável pela interrupção da corrente elétrica. Além das correntes de falta, o disjuntor pode interromper correntes nominais de carga, correntes de magnetização de transformadores e reatores e as correntes capacitivas de banco de capacitores e linhas em vazio, mediante o comando de um relé. Apresenta duas posições de funcionamento: fechado ou aberto. Quando fechado, comporta-se como um condutor oferecendo passagem da corrente elétrica à carga. Na situação em aberto, isola o circuito da carga, cessando a corrente circulante.

Na abertura dos contatos dos disjuntores há o aparecimento de um arco elétrico nos seus terminais que precisa ser extinto o mais rápido possível, tal extinção pode ser realizada através de vários mecanismos de interrupção, que podem ser classificados como:

- A SF₆;
- A vácuo;
- A ar comprimido;
- A disjuntor a óleo.

3.4 Chaves Seccionadoras

Conforme(D'AJUR,1985), as chaves seccionadoras fazem o seccionamento de circuitos por necessidade operativa, ou por necessidade de isolar componentes dos sistema para a realização de manutenção, devendo ter suportabilidade entre terminais às solicitações dielétricas para que se possa executar o serviço de manutenção em condições adequadas de segurança.

Além das chaves seccionadoras, existem outros tipos de chaves classificados de acordo com as funções que desempenham, são elas:

- Chave de terra: São utilizadas para aterrar componentes do sistema que por ventura estejam em manutenção, tais como linhas e banco de capacitores;
- Chave de operação em carga: São utilizadas para abrir e/ou fechar determinados circuitos em carga tais como: reatores, capacitores e geradores;
- Chaves de aterramento rápido: São utilizadas para aterrar componentes energizados do sistema em caso de defeito, tais como em reatores não manobráveis ligados linhas de transmissão.

3.4 Para-raios

Os equipamentos do sistema elétrico podem ser submetidos a sobretensões oriundas de surtos de manobra e atmosféricos, assim, para garantir sua proteção, são utilizados para-raios que auxiliam na coordenação do isolamento de subestações elétricas, sua função é limitar o nível de tensão nos equipamentos, evitando que os mesmos sofram sobretensões inadequadas a sua operação. Em condições normais, atuam como um circuito aberto e em caso de surtos atmosféricos ou de manobra atuam como curto-circuito, caracterizam-se por uma curva $V \times I$ não-linear, com condução muito baixa para níveis normais de tensão exercendo assim pouca influência no sistema. Já na presença de surtos, apresentam uma redução brusca na resistência, na figura 3.3 é possível visualizar duas curvas de dois tipos de para-raios, onde observa-se sua respectiva característica não-linear.

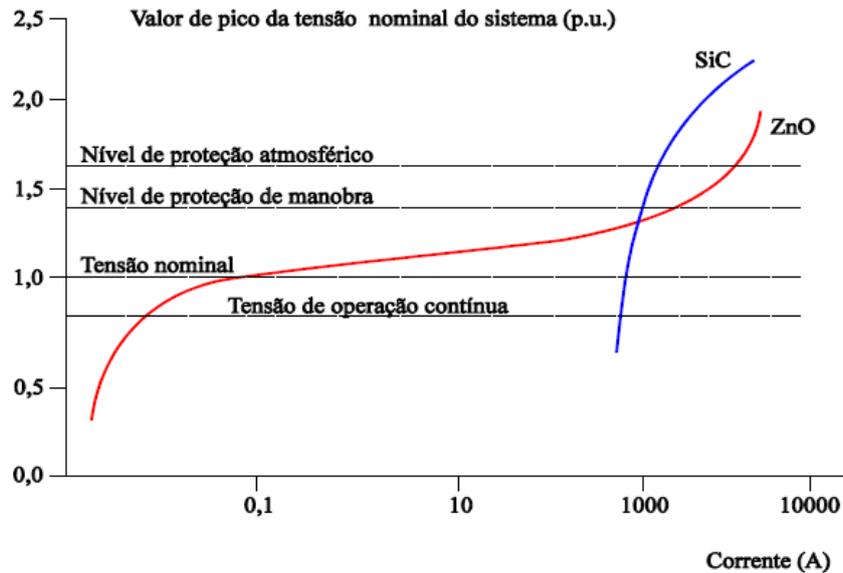


Figura 3.3 curvas dos para-raios de ZnO e SiC

3.5 Aterramento

De fundamental importância para a subestação, o aterramento tem o objetivo de fornecer um caminho para a circulação de corrente, pois permite o controle das tensões, em relação a terra, limita o esforço da tensão na isolação dos condutores, diminui as interferências eletromagnéticas e permite a redução dos perigos de choque para as pessoas que poderiam entrar em contato com os condutores vivos. Dentre as muitas finalidades do sistema de aterramento pode-se destacar:

- Limita as sobretensões em caso de faltas;
- Permite a atuação das proteções de maneira mais rápida e eficiente;
- Mantém os valores de tensão entre estruturas metálicas e terra dentro dos valores considerados admissíveis;
- Proporciona o devido escoamento de eletricidade estática para a terra;
- Proporciona o escoamento para a terra das descargas atmosféricas e/ou sobretensões de chaveamento;
- Obtém uma resistência de aterramento a mais baixa possível, para correntes de falta à terra;

- Mantém os potenciais produzidos pelas correntes de falta dentro de limites de segurança de modo a não causar fibrilação do coração humano.

4. Atividades Realizadas

No período compreendido entre os dias 12 e 22 de agosto, o estagiário participou de um período de treinamento, visando entendimento do funcionamento da empresa. Na ocasião, foram transmitidos conhecimentos relativos aos setores financeiro, logístico, administrativo, de recursos humanos e técnico, além do estudo dos materiais eletromecânicos. Foram também apresentadas orientações referentes ao processo de elaboração de RDO (relatório diário de obra) e AF (autorização de fornecimento). Apresenta-se a seguir um resumo das atividades mais relevantes realizadas.

4.1 RDO e AF

O RDO (ilustrado na Figura 4.1) é utilizado para descrever as atividades diárias da obra, os funcionários presentes no dia, condições climáticas e observações gerais. O RDO é de suma importância, pois serve de documento de todas as atividades relevantes relacionadas com a obra, além de servir como documento comprobatório em eventuais decisões judiciais.

		REGISTRO DIÁRIO DE OBRA				DATA: 26/08/2013							
						FOLHA: 01/01							
CLIENTE: SE09 KV Cervejaria Petrópolis Itapissuma-ABB		CIDADE: Itapissuma				UF: PE							
RESPONSÁVEL: Magnus Rodrigues		CARGO: Site Manager											
DRT	NOME DO FUNCIONÁRIO	FUNÇÃO	MANHÃ		TARDE		NOITE		TOTAL DE HORAS				
			ENTRADA	SÁTIMO	ENTRADA	SÁTIMO	ENTRADA	SÁTIMO	USC	ENET	ENET		
	André Luis da Silva Marques	Op. Beton.	07:30	12:00	13:00	17:30					9		
	Thales Morais Braga Lyra	Estagiário	07:30	12:00	13:00	17:30					9		
	Fábio José de A. Oliveira	Téc. Seg.	07:30	12:00	13:00	17:30					9		
	Pedro Manoel da Silva	Servente	07:30	12:00	13:00	17:30					9		
	Cosmo Gomes da Silva	Servente	07:30	12:00	13:00	17:30					9		
	Eduardo Barbosa de Lima	Servente	07:30	12:00	13:00	17:30					9		
	Erivaldo Dias Santiago	Servente	07:30	12:00	13:00	17:30					9		
	Marcos Vinicius M. Dias	Servente	07:30	12:00	13:00	17:30					9		
	João Batista	Mestre Obras	07:30	12:00	13:00	17:30					9		
	José Florentino da Silva	Armador	07:30	12:00	13:00	17:30					9		
	Leonilton Inácio Silva	Armador	07:30	12:00	13:00	17:30					9		
	Alvaro Preira da Silva	Pedreiro	07:30	12:00	13:00	17:30					9		
	Damião João da Silva	Pedreiro	07:30	12:00	13:00	17:30					9		
	Marcelo de S. da Silva	Carpinteiro	07:30	12:00	13:00	17:30					9		
	Ailton da Silva Trindade	Ajudante	07:30	12:00	13:00	17:30					9		
RELATÓRIO DOS SERVIÇOS													
ITEM	DESCRIÇÃO								OBSERVAÇÕES/FISCALIZAÇÃO				
1	Malha de aterramento dos containers e equipamentos da obra - Concluído												
2	Aterramento dos containers e equipamentos da obra - Concluído												
3	Casa de comando - blocos de alvenaria - em andamento												
4	Armação da base do pórtico 2 de entrada - Concluído												
5	Concretagem da parede corta-fogo - Concluído												
6	Concretagem da base do pórtico 1 - Concluído												
Condições de trabalho: Manhã: Bom (operável) Tarde: Bom (operável)													
Visto do responsável técnico:													
Visto do cliente:													
Não iniciaram nesta data os Pedreiros prometido pela BM na Ata de Reunião do dia 22/08/13													

Figura 4.1 RDO - Relatório diário de obra

Para efetuar compras, a política interna da empresa exige que se elabore um documento denominado de AF (autorização de fornecimento). Após confeccionado, o documento é enviado ao responsável pelo setor de compras, que entra em contato com o fornecedor para concluir a operação.

O levantamento dos materiais é realizado a partir da leitura dos projetos junto à equipe técnica, que quantifica e seleciona os materiais que serão usados.

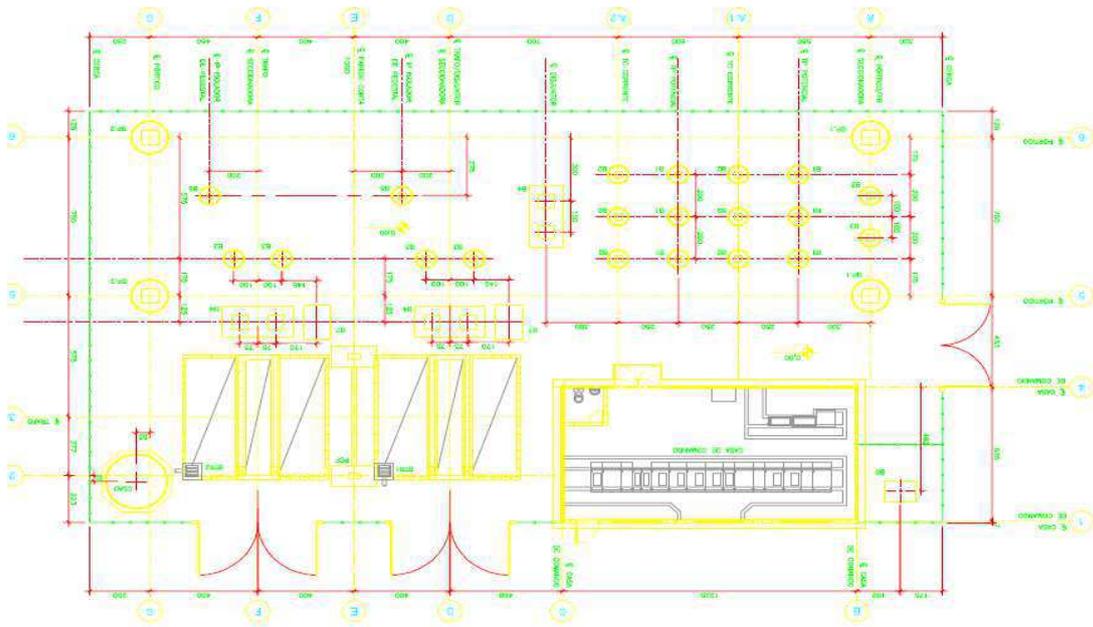
As AF (figura 4.2) são emitidas em conformidade com o cronograma, de modo que os materiais cheguem no momento certo.

		AUTORIZAÇÃO DE FORNECIMENTO				DATA	Nº					
						21/08/2013	BM_003_13_ABB_69KT - CERVEJARIA PETRÓPOLIS ITAPISSUMA CIV. AGINDOL - ARTEFATOS DE CIMENTO _Rev(002)					
FATURAR PARA				FORNECEDOR								
BANDEIRA & ALMEIDA LTDA				ACINOL - ARTEFATOS DE CIMENTO DO NORDESTE LTDA								
CNPJ		INSCRIÇÃO ESTADUAL		CNPJ		INSCRIÇÃO ESTADUAL OU MUNICIPAL						
09.151.271/0001-12		038691728		80422470001-82								
ENDEREÇO		BAIRRO		ENDEREÇO		Nº		BAIRRO				
Rua Professor Avertano Rocha, 198 - (Próximo a CHESF)		Torrões		Rua Regeneração		1241 B		ARRUDA				
CIDADE		CEP		CIDADE		CEP		UF				
RECIFE		50761-100		Recife		52120-300		PE				
TELEFONE		PONTO DE REFERÊNCIA		FAX		CONTATO		DDD TELEFONE				
81-3446-8543		Próximo a CHESF - Av. Eng. Abdias de Carvalho - Torrões		81-3446-8543		Igor Maia		81 8819-6023				
E-mail		FAX		E-mail		CONTATO		DDD TELEFONE				
igoraacinoi@gmail.com		81-3446-8543		igoraacinoi@gmail.com		Igor Maia		81 8819-6023				
Nº	CENTRO RESULTADO	PRODUTO DESCRIÇÃO	RECEITA / DESPESA	QUANT	UN	PREÇO UNITÁRIO	IPÍ	ICMS	DESC %	DATA DE FATURA	PREÇO UNITÁRIO COM IPÍ	PREÇO TOTAL COM IPÍ (R\$)
1	201007	MATELO PEQUENO TAM 2	3.1.02.05.0034	5	Cm	100,00				21/08/2013	100,00	500,00
2											-	-
3	1,01E+09	ABRACADEIRA GALVANIZADA TIPO D 3/4	310101								-	-
4											-	-
5											-	-
6											-	-
7											-	-
8											-	-
9											-	-
10											-	-
11											-	-
12											-	-

4.2 Autorização de fornecimento

4.2 SE da Cervejaria Petrópolis

No período compreendido entre 23 de agosto e 23 de novembro, o estágio foi realizado na obra da Cervejaria Petrópolis, localizada em Itapissuma-PE, a 36 km do Recife. Com custo de 1,265 milhões de reais, a obra foi fiscalizada pela ABB, empresa responsável pelo fornecimento dos projetos elétricos e eletromecânicos, equipamentos e comissionamento.



4.4 Locação de bases

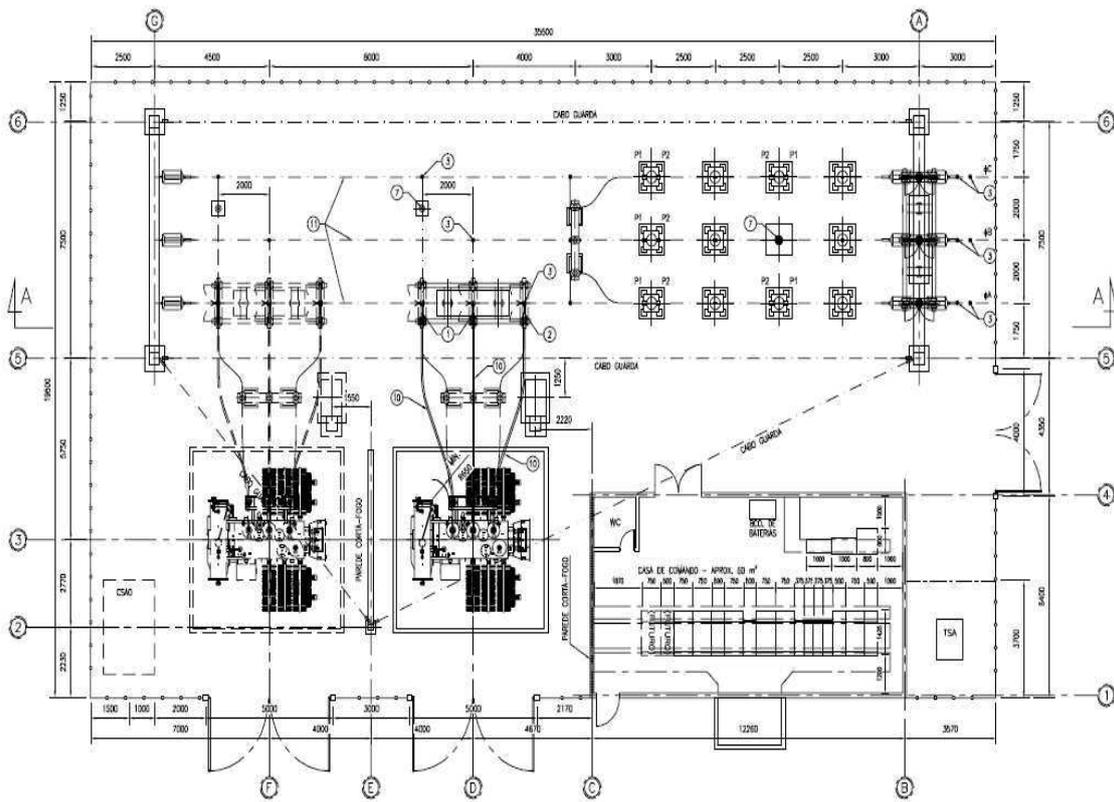


Figura 4.5 Planta

Logo no primeiro dia, realizou-se um procedimento padrão de segurança obrigatório a todos, denominado de integração, que visa: instruir (através da apresentação de normas de segurança) e certificar que o funcionário está apto a trabalhar e possui todos os EPI (equipamento de proteção individual). Ao final, o processo é concluído através do selo de integração colado no crachá (Figura 4.8).



Figura 4.8 Crachá.

Além do procedimento da integração que visa aumentar o grau de segurança na obra, existe um outro procedimento padrão denominado de DDS (diálogo diário de segurança), o qual trata-se de um diálogo realizado diariamente no início do expediente, com o objetivo de repassar conhecimentos básicos de segurança, higiene e saúde. Embora não seja parte do procedimento, o tempo destinado ao DDS é também utilizado para repassar informações administrativas, técnicas e de ordem disciplinar a todos os presentes na obra.

Antes do início da montagem elétrica, coube ao estagiário dar suporte à alimentação elétrica do canteiro de obras e verificar se o que estava sendo executado estava de acordo com o projeto, isto é, se as bases dos equipamentos elétricos do pátio estavam alocados corretamente, se foram deixados espaços para a instalação de eletrodutos, dentre outros.

Durante o período de montagens eletromecânicas (após o fim da construção civil), o estagiário exerceu atividades de supervisão e coordenação da equipe, visando executar o projeto corretamente e conforme o cronograma previamente estabelecido.

O estagiário também participou do processo de: solicitar e calcular o volume de concreto necessário, realizar compras de material elétrico e civil, aluguel de equipamentos, fiscalizar a obra, contratar e demitir funcionários e assuntos gerais ligados à pessoal.

A seguir serão descritas as principais atividades referentes a construção da casa de comando, das bases e instalações dos equipamentos no pátio.

4.2.1 Casa de comando

Apresentam-se a seguir ilustrações do processo de alvenaria da casa de comando. Foram acompanhadas atividades relacionadas com a instalação: da iluminação elétrica, das tomadas, dos banco de baterias para iluminação de emergência e painéis (composto por 14 cubículos, que foram acoplados, fixados à base e interligados por uma equipe de montadores sob supervisão de um técnico eletromecânico designado pela ABB).



Figura 4.9 Alvenaria da casa de comando.



Figura 4.10 Casa de comando finalizada.



Figura 4.11 Painel de média tensão da casa de comando.



Figura 4.12 Instalação dos painéis de iluminação e tomadas.



Figura 4.13 Banco de baterias para iluminação de emergência.

4.2.2 Transformador principal/serviços auxiliares (TSA)

A SE principal possui dois transformadores: um de 69/13,8 kV -7,5 MVA (Figura 4.14) e outro para serviços auxiliares (TSA) 13800/380 kV, todos da marca WEG. Prevendo uma ampliação futura, alocou-se um espaço para a construção de um terceiro transformador.



Figura 4.14. Transformador principal.

Durante a fase de comissionamento (figura 4.15, 4.16 e 4.17), uma equipe de três funcionários da empresa Montex, de João Pessoa-PB, se fez presente. Realizou-se a montagem final do transformador, onde se instalou os radiadores, o reservatório de expansão, buchas de alta entre outros, foi analisado ainda a relação de transformação, o isolamento, resistência ôhmica, fator de potência, relação dos taps, análise laboratorial e tratamento do óleo dielétrico dentre outros.



Figura 4.15 Comissionamento do transformador.



Figura 4.16 Tratamento do óleo.



Figura 4.17 Instalação do para-raios do transformador principal.

No neutro do transformador instalou-se um resistor de aterramento de 40 ohms (Figura 4.18) para limitar a corrente de falta a um valor que não danifique os equipamentos, além de permitir que o fluxo de corrente permita a atuação dos relés de proteção, desligando o sistema, em caso de falta.



Figura 4.18 Resistor de aterramento.

Entre as bases do transformador principal e do transformador futuro construiu-se uma parede corta-fogo (Figura 4.19) com a função de proteger as pessoas e os equipamentos da subestação em uma eventual explosão do transformador. Inicialmente realizaram-se escavações para construir a base e em seguida, os serviços de alvenaria e concretagens para fazer as vigas e pilares. A parede corta fogo possui 4,2 metros de altura e ao fim da construção do mesmo foi instalado uma haste para proteção a descargas atmosféricas.



Figura 4.19 Etapa de alvenaria da parede corta-fogo.

Próximo aos transformadores construiu-se ainda uma caixa separadora, na qual será escoado o óleo que porventura caia na bacia (Figura 4.20).



Figura 4.20 Caixa separadora de água e óleo.

4.2.3 Pórticos e barramentos

A construção dos pórticos e barramentos foi realizada a partir da escavação das áreas previamente demarcadas, instalação das tubulações de concreto, dos postes e vigas, em seguida fez-se o barramento com a respectiva cadeia de isoladores. No barramento foram conectados os IP e o disjuntor, conforme mostrado nas Figuras 4.21 e 4.22.



Figura 4.21 Barramento.



Figura 4.22 Ligação dos disjuntores ao barramento

4.2.4 Chave Seccionadora

Após a construção da base (Figura 4.23), instalaram-se os postes e as jabaquaras para fixação da chave seccionadora. Para isso, foram necessários dois eletricitas montadores e um supervisor para verificar se o procedimento estava sendo executado corretamente (Figura 4.24).



Figura 4.23 Anéis da base da chave seccionadora e demais equipamentos do pátio.



Figura 4.24 Montagem da chave seccionadora de abertura horizontal.

Os dados de placa da chave utilizada na subestação principal são apresentados na tabela 4.1.

Tabela 4.1 Dados da placa da chave seccionadora.

Tensão Nominal	72,5 kV
Corrente Nominal	630 A
Corrente térmica nominal	20 A
Corrente dinâmica nominal	62 A
Acionamento	Manual
Especificação	NBR 62271

4.2.5 Transformadores para instrumentos

Na subestação principal utilizaram-se dois TC de medição, três de proteção, e três TP de medição e proteção (Tabela 4.2). A construção das bases foi realizada seguindo o mesmo procedimento adotado para a chave seccionadora. Os detalhes da montagem eletromecânica de um TP fornecido pela ABB é apresentado nas Figuras 4.25 e 4.26. Os dados de placa dos TC e do TP de medição não foram apresentados porque ainda não haviam sido fornecidos.

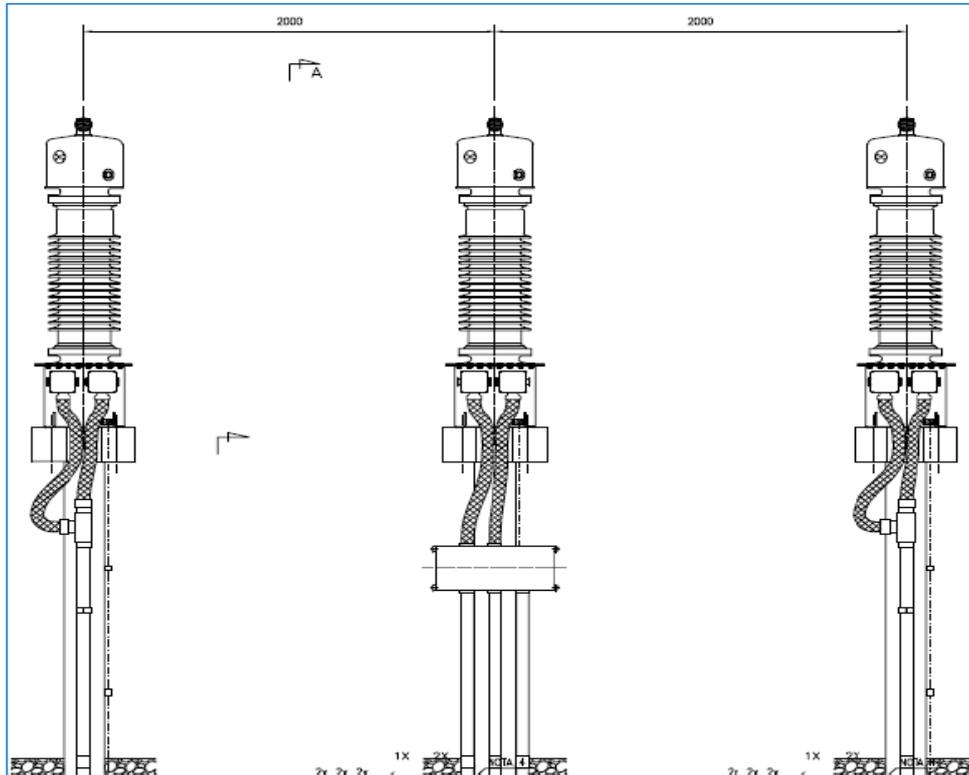


Figura 4.25 Detalhes da instalação de um TP indutivo.

Tabela 4.2 Dados da placa do TP de proteção indutivo.

U_{max.}(kV)	72,5
N.I.(kV)	140/350
Frequência(Hz)	60
P.term(VA)	400
Tipo óleo	Naftênio tipo A
Volume óleo(l)	66
Peso(Kg)	240



Figura 4.26 Instalação das caixas de passagem e eletrodutos dos TP e TC.

4.2.6 Disjuntor

O disjuntor possui a base diferente dos demais equipamentos, de modo que inicialmente se elaborou uma maneira de executar a concretagem (Figura 4.27). O instante da instalação do disjuntor sobre a sua respectiva base é mostrado na Figura 4.28. Para realizar essa operação foram necessários três eletricitistas montadores e um supervisor de montagem elétrica da BM Engenharia.



Figura 4.27 Base do disjuntor.



Figura 4.28 Instalação do disjuntor a SF₆.

Os dados de placa do disjuntor utilizado na subestação principal são apresentados na Tabela 3.3

Tabela 3.3 Dados de placa do disjuntor.

Fabricante	ABB
Meio de extinção	SF ₆
Tensão Nominal(kV)	72,5
Corrente Nominal	2000
Corrente de curta duração	1s 31,5 kA

4.2.7 Isolador de pedestal

O isolador de pedestal (IP) tem a finalidade de isolar a fase da terra, dando sustentação aos cabos que passam pela subestação. Na obra foram utilizados cinco IP. Apresenta-se na Figura 4.29, três IP posicionados à frente do transformador principal, que serão substituídos por chaves seccionadoras em caso de futura ampliação.



Figura 4.29 IP na base da chave seccionadora futura.

4.2.8 Aterramento

O aterramento da subestação possui duas malhas interconectadas (uma menor e mais profunda de 0,8 m e outra maior de 0,6 m), além da presença de 202 hastes. Devido ao alto valor da resistividade do solo, foi necessário um projeto de aterramento mais complexo.

Inicialmente, fez-se o estudo do projeto para a correta marcação do terreno. As escavações foram realizadas de forma manual, com o auxílio de uma retroescavadeira e de uma valhatadeira (Figura 4.31). Em seguida, instalaram-se as hastes verticalmente no solo e fizeram-se as conexões entre cabos e entre cabos e hastes através de solda isotérmica, com o objetivo de obter a menor resistência elétrica possível.

Durante o processo, verificou-se que existe uma interligação entre a malha de aterramento da subestação principal de 69 kV e as demais subestações de 13,8 kV. Isso ocorre para garantir a referência de potencial em todo sistema da fábrica.

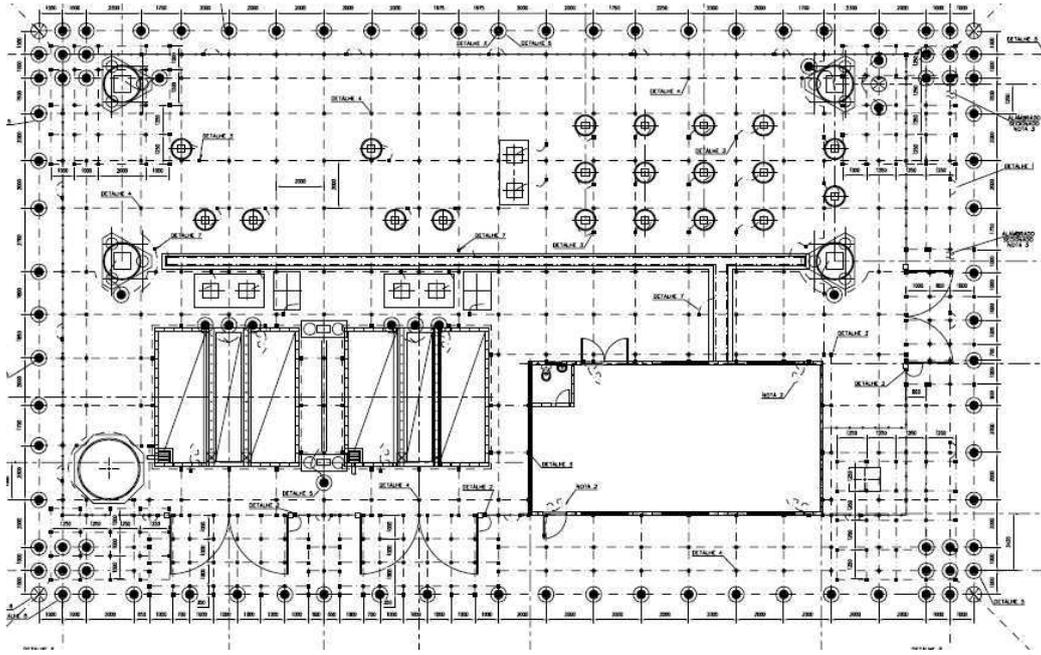


Figura 4.30 Projeto da malha de aterramento.



Figura 4.31 Valhatadeira escavando.



Figura 4.32 Malha de aterramento.

Em anexo, é possível visualizar a evolução da obra ao longo de quinze semanas.

4.2.9 Outras subestações da Cervejaria Petrópolis

Foram construídas ainda, outras três subestações de 13,8 kV/380 V, denominadas de Envase, ETDI e Utilidades. Em todas foram acompanhados: as obras civis, o processo de instalação dos transformadores, acoplamento dos painéis, conforme mostrado nas figuras a seguir.



Figura 4.33 Instalação dos painéis na SE Utilidades.

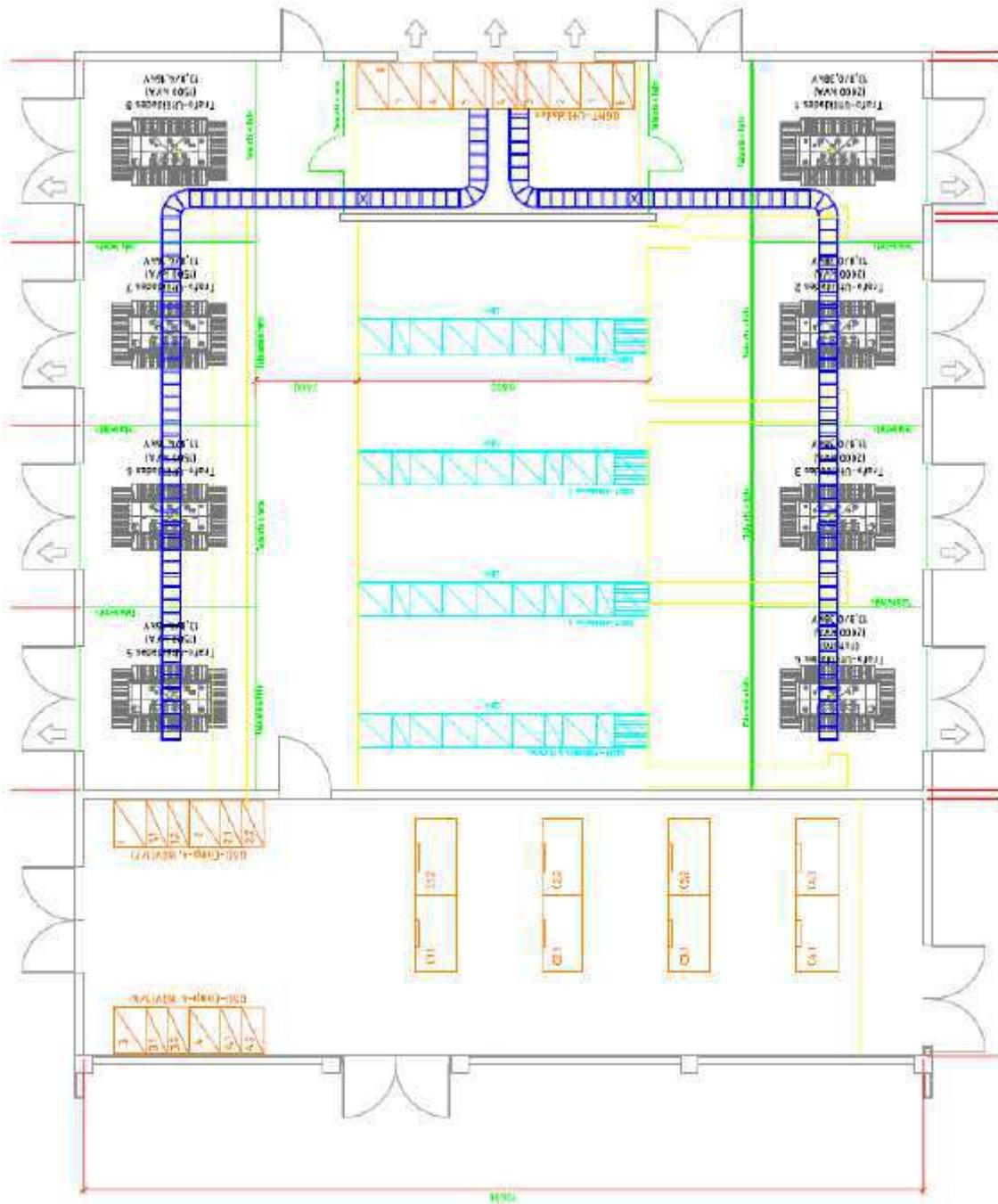


Figura 4.34 *Layout da SE Utilidades.*



Figura 4.35 Transformador posicionado na SE Utilidades.

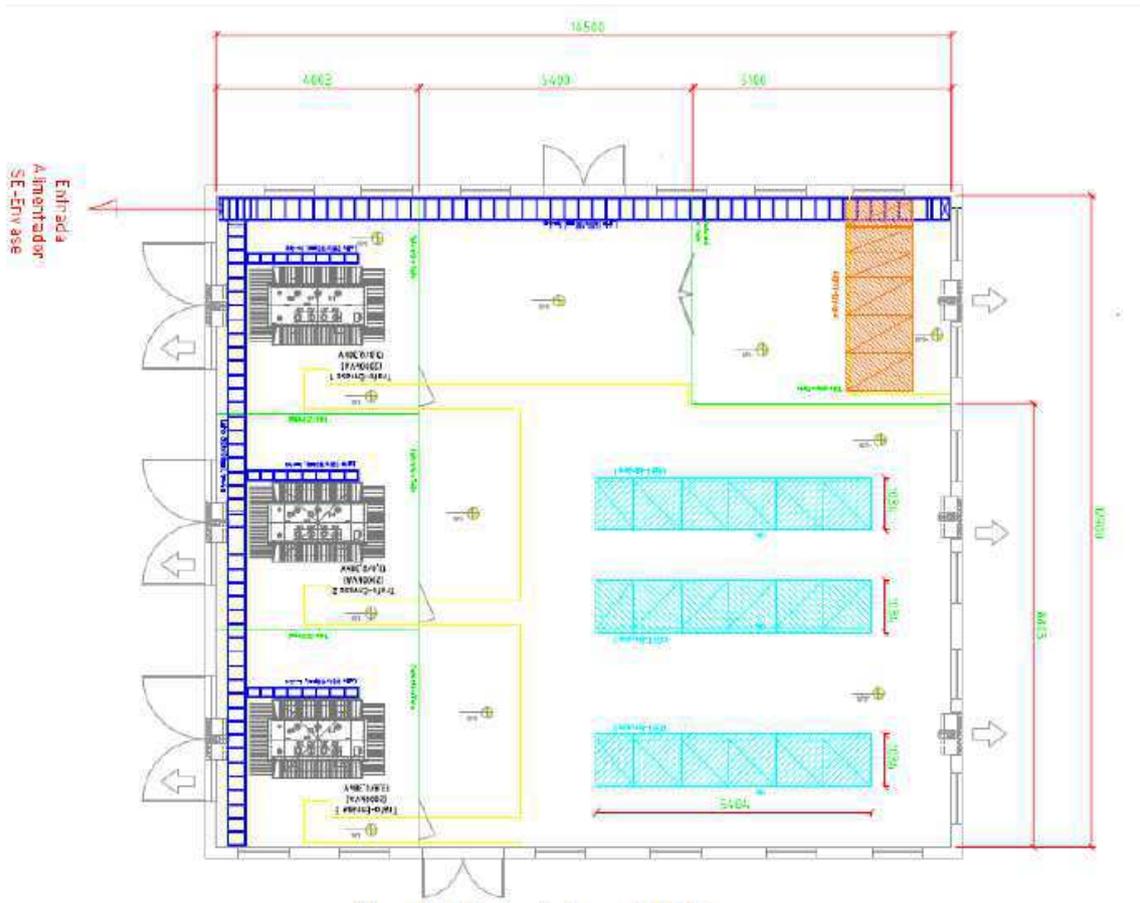


Figura 4.36 SE Envase.



Figura 4.37 Fase final da construção civil da SE Envase.

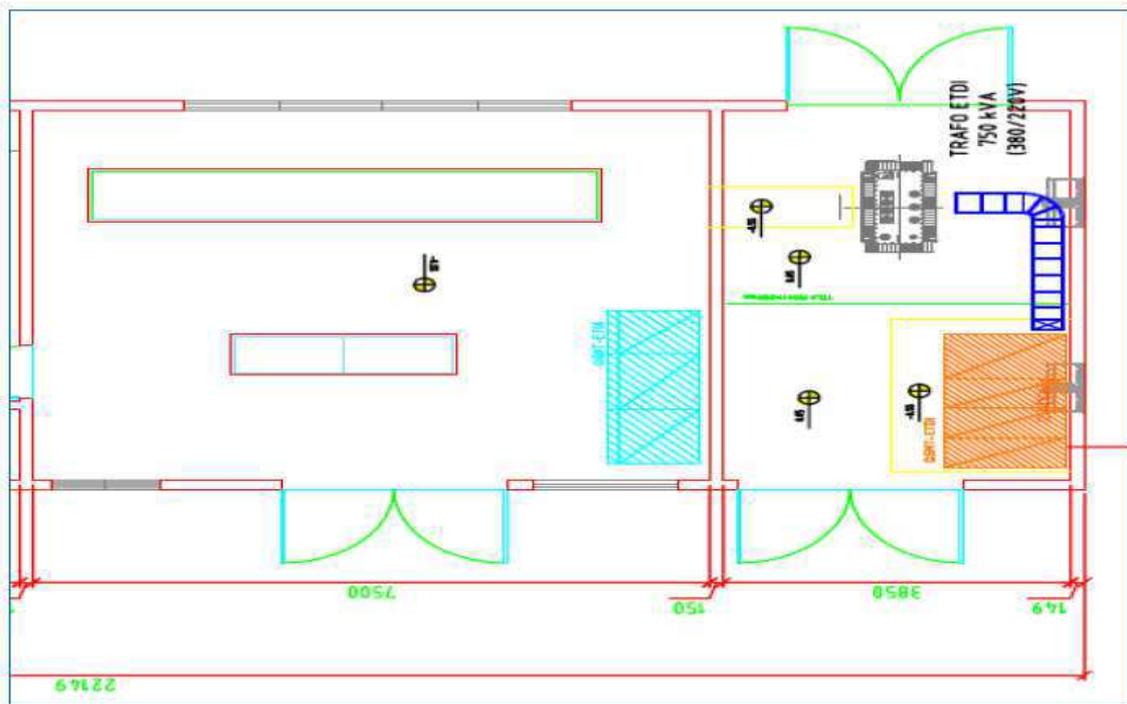


Figura 4.38 SE ETDI.



Figura 4.39 Construção civil SE ETDI.

4.3 SE Vitarella

Neste caso, a obra da subestação da fábrica 1 da Vitarella compreendeu a execução apenas da montagem elétrica. Foram realizados acoplamentos de painéis de média tensão, instalação de dois transformadores nas respectivas bases, serviços de iluminação e tomadas e o lançamento de cabos de média tensão do poste para a entrada dos painéis.

Os trabalhadores da BM Engenharia foram divididos em equipes, compostas por um eletricista, um montador e dois auxiliares. As figuras a seguir ilustram as atividades realizadas.



Figura 4.40 Primeiro dia na Vitarella.



Figura 4.41 Acoplamento dos painéis de média tensão.



Figura 4.42 Iluminação e tomadas da sala de baixa tensão.



Figura 4.43 sala dos transformadores.



Figura 4.44 Quadro.



Figura 4.45 Instalação dos transformadores na respectiva base.

As obras foram realizadas sob a supervisão de técnicos de segurança, com todos os serviços necessitando de um documento denominado de PT (permissão para trabalho), onde eram avaliados os riscos e tomadas as decisões cabíveis. Além disso, o acesso a algumas áreas era permitido apenas com o uso de máscaras, tocas e aventais de modo a manter a higiene local. Nos locais onde a BM Engenharia executou serviços de manutenção elétrica, não foi permitido tirar fotos.

No último dia do estágio, a obra estava nos seus preparativos finais, restando apenas instalar os leitos nas canaletas, concluir o lançamento de cabos, fazer muflas, instalar luminárias de emergência e efetuar as devidas interligações.

5. Considerações finais

Ao final do estágio pôde-se constatar a sua importância na formação acadêmica do aluno. Um ponto de destaque é a preparação do aluno para o mercado de trabalho, o que foi feito acompanhando o dia-a-dia do engenheiro. Muitos foram os conhecimentos adquiridos, os quais envolveram não apenas os relativos a engenharia elétrica, mas também relacionados com engenharia civil, administração, entre outros.

A oportunidade de acompanhar atividades em campo e escritório contribuíram decisivamente para obter uma visão ampla das atividades que um engenheiro pode desenvolver, o que resultou em um grande aprendizado pessoal.

6. Referências bibliográficas

ABNT - NBR 6821. Transformadores de Corrente - Especificação. [S.l.]: [s.n.], 1992.

ALMEIDA, M. A. D. **Apostila de Proteção de Sistemas Elétricos**. Natal: [s.n.], 2000.

ARY, D. **Equipamentos Elétricos: Especificação e aplicação em subestações de alta tensão**. [S.l.]: [s.n.], 1985.

GUERRA, F. C. M. **Proteção de Sistemas Elétricos Notas de Aula**. Campina Grande: [s.n.], 2013.

KINDERMANN, G. **Proteção de Sistemas Elétricos de Potência Vol.1**. 1. ed. Florianópolis: UFSC-EEL-LabPlan, 1999.

NBR 6855 TRansformadores de potencial - Especificação. [S.l.]: [s.n.], 1992.

Anexo

Evolução da obra da subestação principal da cervejaria Petrópolis.



SE principal 3^a semana



SE principal 5^a semana



SE principal 15ª semana



SPDA na parede corta-fogo e pórticos de barramento