

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal
de Campina Grande

MICHEL DA ROCHA CHAGAS

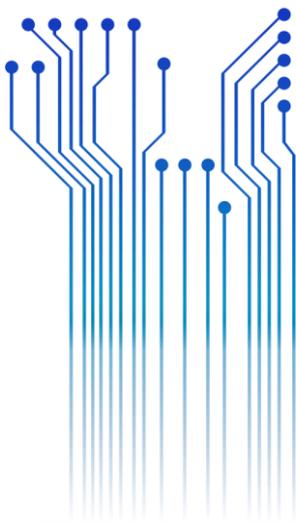


Centro de Engenharia
Elétrica e Informática

RELATÓRIO DE ESTÁGIO
INTEREST ENGENHARIA – SETOR ELETROMECÂNICO



Departamento de
Engenharia Elétrica



Campina Grande
2024

MICHEL DA ROCHA CHAGAS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO
INTEREST ENGENHARIA – SETOR ELETROMECAÂNICO

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Graduação em
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: Eletrotécnica

Professor Dr. Pablo Bezerra Vilar
Orientador

Campina Grande
2024

MICHEL DA ROCHA CHAGAS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO
INTEREST ENGENHARIA–SETOR ELETROMECAÂNICO

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Graduação em
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: Eletrotécnica

Aprovado em 29/04/2024

Célio Anésio Da Silva, D.Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador, UFCG

Professor Pablo Bezerra Vilar, D.Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, pela minha vida e pelo dom da perseverança, que me permitiu concluir este curso.

Agradeço também à toda a minha família, que tem sido meu suporte durante toda essa caminhada, em especial ao meu pai, Antônio Francisco das Chagas, por ser meu maior exemplo de força e superação, à minha mãe, Ana Maria da Rocha, por ser nosso pilar de sustentação em todos os momentos, às minhas irmãs, Amanda da Rocha Chagas e Andressa da Rocha Chagas, por terem sonhado comigo nesse tão esperado dia, bem como por serem peças fundamentais para tal feito, às minhas tias Teresa e Lúcia, às minhas avós Francisca Maria da Rocha e Maria Ana da Conceição, e à Nadhia Rodrigues da Silva e sua família por terem sido a minha família e por me acompanharem durante boa parte dessa jornada.

Gostaria de agradecer também aos meus amigos de caminhada, Alderi Leocardio, Bruno Rodrigues, Eduardo Sátiro, Pedro Henrique, Geraldo Maia e Lucas Figueira, que sem dúvida tornaram meus dias mais leves. Agradeço ainda ao pessoal da INTEREST Engenharia, em nome do Gerente Junior César, pessoa fundamental na escolha do tema, e à Ana Karollina, pelas dúvidas sanadas ao longo da confecção desse trabalho.

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

RESUMO

O relatório a seguir detalha as experiências vivenciadas pelo estagiário Michel da Rocha Chagas, do curso de Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, durante seu estágio integrado na INTEREST Engenharia. O estágio ocorreu de 17 de outubro de 2023 a 16 de abril de 2024, com uma carga horária semanal de 30 horas, totalizando 784 horas de atividades. Durante este período, as responsabilidades foram supervisionadas por Pablo Bezerra Vilar e Ana Patrícia Figueiredo Melo de Andrade Lima. As principais atividades desempenhadas incluíram o desenvolvimento de projetos de malha de terra, iluminação do pátio de subestações e arranjo físicos de subestações. Além disso, foram realizados desenhos técnicos, listas de materiais e memoriais descritivos para projetos de subestações.

Palavras-chave: Estágio Integrado, Subestações, UFCG, INTEREST, Aterramento, Iluminação de pátio, desenhos técnicos.

ABSTRACT

The following report details the experiences lived by the intern Michel da Rocha Chagas, from the Electrical Engineering course at the Federal University of Campina Grande - UFCG, during his integrated internship at INTEREST Engenharia. The internship took place from October 17, 2023, to April 16, 2024, with a weekly workload of 30 hours, totaling 784 hours of activities. During this period, the responsibilities were supervised by Pablo Bezerra Vilar and Ana Patrícia Figueiredo Melo de Andrade Lima. The main activities performed included the development of grounding grid projects, substation yard lighting, and substation physical arrangements. Additionally, technical drawings, material lists, and descriptive memoranda for substation projects were prepared.

Keywords: Integrated Internship, Substations, UFCG, INTEREST, Grounding, Yard Lighting, Technical Drawings.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Logomarca Interest.	14
Figura 2: Pontos de medição.	17
Figura 3 - Barra Simples (BS).	20
Figura 4 - Barra Principal e de Transferência (BPT).	21
Figura 5 - Barra Em Anel.	21
Figura 6 - Barra Dupla com Disjuntor e Meio (DJM).	22
Figura 7 - Barra Dupla com Disjuntor Simples A 4 Chaves (BD4).	23
Figura 8 – Planta da Malha de Terra.	25
Figura 9 – Legenda da Planta	25
Figura 10 – Corte da Casa de Relés.	26
Figura 11 – Detalhes das Conexões com Solda Exotérmica.	26
Figura 12 – Lista de Material.	27
Figura 13 – Modelagem da Subestação.	28
Figura 14 – Luminária.	28
Figura 15 – Planta, Legenda E Ângulos de Instalação.	29
Figura 16 – Detalhe do Poste com Luminárias.	30
Figura 17 – Lista de Material.	30
Figura 18 – Planta do Arranjo Físico.	31
Figura 19 – Corte do Arranjo Físico.	32
Figura 20 – Lista de Equipamentos.	32
Figura 21 – Lista de Material.	33
.....	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Níveis Mínimos de Iluminamento.	18
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CHESF	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
DJM	Barra dupla com Disjuntor e Meio
BD4	Barra Dupla com Disjuntor Simples a 4 Chaves
BPT	Barra Principal e de Transferência
BS	Barra Simples
PP	Para-Raios
TPC	Transformador De Potencial Capacitivo
TC	Transformador de Corrente
DISJ	Disjuntor
SPV	Abertura Semipantográfica Vertical
DAL	Dupla Abertura Lateral
SECC	Chave Seccionadora
C/LT	Com Lâmina de Terra
S/LT	Sem Lâmina de Terra
EST	Estrutura

SUMÁRIO

1	Introdução	11
2	Objetivo	12
2.1	Objetivos Geral	12
2.2	Objetivos Específicos	12
2.3	Organização do Trabalho	12
3	Apresentação da Empresa	14
4	Fundamentação Teórica	16
4.1	Malha de Terra	16
4.2	Iluminação de Pátio	18
4.3	Arranjo Físico da Subestação	18
4.3.1	Equipamentos	19
4.3.2	Configuração de Barramento	20
5	Atividades Desenvolvidas	24
5.1	Malha de Terra	24
5.1.1	Planta	24
5.1.2	Cortes	26
5.1.3	Detalhes	26
5.1.4	Lista de Material	27
5.2	Iluminação de Pátio	27
5.2.1	Modelagem no DIALux	27
5.2.2	Escolha das luminárias	28
5.2.3	Planta	29
5.2.4	Detalhes	29
5.2.5	Lista de Materiais	30
5.3	Arranjo Físico	31
5.3.1	Planta	31
5.3.2	Corte	31
5.3.3	Lista de Equipamentos	32
5.3.4	Lista de Material	33
6	Considerações Finais	34
	Referências	35

1 INTRODUÇÃO

O estágio é uma experiência transformadora que tem um impacto significativo na vida do estudante. Primeiramente, proporciona uma oportunidade única para aplicar na prática os conhecimentos teóricos adquiridos em sala de aula e laboratórios, o que ajuda a solidificar e aprofundar a compreensão dos conceitos aprendidos. Isso não só fortalece a base acadêmica, mas também oferece uma visão mais ampla e contextualizada sobre a profissão escolhida.

Além disso, o estágio proporciona um ambiente de aprendizado dinâmico e desafiador, onde o estudante é exposto a situações reais do mercado de trabalho. Essa imersão na rotina profissional permite o desenvolvimento de habilidades práticas e interpessoais essenciais, como comunicação eficaz, trabalho em equipe, resolução de problemas e tomada de decisões sob pressão.

O estágio em Engenharia Elétrica, objeto deste relatório, foi realizado na INTEREST Engenharia, especificamente no setor de projetos eletromecânicos, sob a supervisão do gerente Júnior Cesar Barbosa dos Santos, da líder técnica Ana Karollina Soares Lacerda e da diretora Ana Patrícia F. M. de Andrade Lima, com orientação do professor Pablo Bezerra Vilar.

Ao longo de seis meses, totalizando 784 horas de experiência, com início em 17 de outubro de 2023 e término em 16 de abril de 2024, o estagiário teve a oportunidade de colocar em prática os conhecimentos teóricos adquiridos ao longo da graduação. Isso abrangeu desde o manuseio de softwares e a interpretação de normas técnicas até tarefas mais complexas, como o dimensionamento da iluminação de pátios de subestações, projetos de malha de terra e ajustes e projetos de arranjo físico de subestações.

Durante o estágio, foi exposto uma variedade de desafios e situações do mundo real, que lhe permitiram desenvolver habilidades técnicas e interpessoais essenciais para sua futura carreira como engenheiro eletricitista. A interação com colegas de equipe e a orientação dos supervisores foram fundamentais para o crescimento profissional e pessoal.

Ao final do período de estágio, foi adquirido uma bagagem significativa de aprendizado e experiência prática, para enfrentar os desafios e contribuir de forma eficaz no campo da Engenharia Elétrica.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVOS GERAL

O objetivo primordial do estágio na empresa é oferecer suporte na implementação dos projetos executivos, com foco especial na Equipe Eletromecânica. Isso proporcionou uma oportunidade direta de aplicar os conhecimentos teóricos adquiridos durante a graduação, ao mesmo tempo em que permitia a aquisição de experiência prática e o desenvolvimento de novas habilidades técnicas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos estabelecidos são:

- Compreender conceitos básicos relacionados aos projetos eletromecânicos de subestações e sobre o setor elétrico;
- Desenvolver projetos de malha de terra para edificações de subestações;
- Desenvolver projetos de ampliação de subestações;
- Desenvolver projetos de iluminação de pátio de subestações.

2.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

No primeiro capítulo, foi apresentado de forma concisa os objetivos do relatório de estágio e contextualizamos o trabalho desenvolvido.

No segundo capítulo, será apresentada uma descrição detalhada da empresa onde o estágio foi realizado.

No terceiro capítulo, será apresentada uma fundamentação teórica, abordando os temas essenciais para o desenvolvimento do trabalho. Explorando os conceitos básicos dos projetos executados durante o estágio.

No quarto capítulo, serão discutidas as principais atividades executadas pela estagiária e as habilidades que foram desenvolvidas ao longo do período de estágio.

Finalmente, na conclusão do trabalho, os objetivos alcançados, bem como as dificuldades enfrentadas e as principais habilidades adquiridas durante a experiência de estágio serão destacadas.

3 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A INTEREST Engenharia, fundada em junho de 1990, é uma empresa especializada em consultorias e projetos de engenharia nas áreas de transmissão e geração de energia elétrica de empreendimentos por todo o Brasil.

A empresa está situada na cidade de Recife - PE e ao longo de seus quase 34 anos vem contribuindo com o setor elétrico por meio da entrega de mais de 300 projetos para cerca de 60 clientes de forma direta ou indiretamente.

Figura 1: Logomarca Interest.



Fonte: Interest, s.d

Os serviços fornecidos pela INTEREST podem ser divididos em:

1. Projetos básicos e executivos de subestações: neste escopo, a empresa realiza projetos civis, eletromecânicos e elétricos. Em que, no projeto elétrico são contemplados os projetos de proteção, controle e supervisão (SPCS), o projeto de serviços auxiliares e também o projeto de medição e faturamento.
2. Serviços de Comissionamento: neste âmbito, a empresa presta serviços de comissionamentos de sistemas de proteção e controle de subestações, testes de aceitação em fábrica (TAF) e testes de aceitação em campo (TAC).
3. Outros serviços: neste domínio estão todos os serviços relacionados com a análise, especificações e estudos de projetos ou equipamentos, tais serviços incluem:
 - Análise técnica e certificação de projetos e equipamentos de subestações.
 - Especificações técnicas de equipamentos de subestações e de sistemas de proteção, controle e supervisão (SPCS).
 - Montagem e instalação de sistemas de proteção, controle e supervisão (SPCS).

- Estudos de coordenação e seletividade de proteções e estudos elétricos de sistemas de potência.

A INTEREST Engenharia possui o objetivo de apresentar qualidade e confiabilidade em serviços de engenharia para o setor elétrico por meio de excelência em projetos. Ademais, a empresa é orientada por valores como: Ética e transparência; Pessoas; Integridade; Ambiente de trabalho; Sustentabilidade e Resultados.

O corpo técnico da INTEREST Engenharia é dividido em três equipes de projetos: Equipe Civil, Equipe Eletromecânica e Equipe SPCS.

A Equipe Civil é responsável por toda a infraestrutura da subestação. Incluindo a arquitetura das edificações, a concepção das bases para as estruturas, implementação de cercas, drenagem e etc.

A Equipe Eletromecânica é responsável por elaborar o estudo do layout da subestação, o dimensionamento e o detalhamento de barramentos, a iluminação do pátio, o projeto de malha de terra e proteção contra descargas atmosféricas, esticamentos de cabos, projeto de estruturas e suportes, instalações elétricas das edificações, entre outros.

A Equipe SPCS é responsável por projetos de controle, proteção e supervisão das subestações, desenvolvendo diagramas unifilares de proteção e medição, diagramas funcionais, diagramas lógicos, diagramas de interligação e etc.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo aborda-se a fundamentação teórica dos principais conceitos relacionados aos projetos desenvolvidos durante o estágio, além de abranger os conhecimentos adquiridos por meio de treinamentos. Também são apresentadas as definições fundamentais relacionadas ao setor elétrico.

Os fundamentos teóricos aqui expostos são aplicados nas análises dos projetos executados e incorporados nos memoriais de cálculos, fornecendo uma base sólida para o desenvolvimento e a avaliação das soluções propostas.

Este capítulo está subdividido em três seções específicas, abordando as seguintes áreas: malha de terra, iluminação de pátio e configurações de barramento.

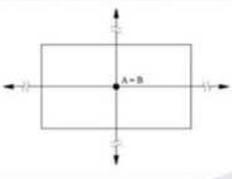
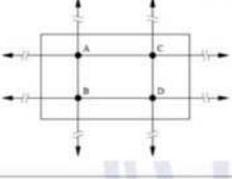
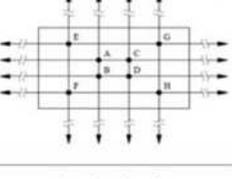
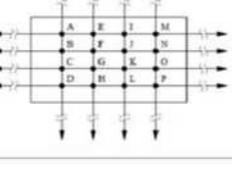
4.1 MALHA DE TERRA

Um sistema de aterramento elétrico consiste na conexão intencional da parte eletricamente condutiva de um circuito com a terra, proporcionando um caminho para cargas residuais indesejadas. É fundamental que o sistema de aterramento atenda a alguns requisitos mínimos, como garantir condições de segurança, satisfazer demandas térmicas e eletromecânicas, além de ser capaz de suportar adequadamente as tensões elétricas em situações anormais de operação.

A concepção geral de um projeto de aterramento em uma subestação segue as diretrizes estabelecidas na norma NBR 15751, que define os padrões para elaboração de projetos de malha de terra em subestações. Da mesma forma, considerando a necessidade de conhecimento sobre o solo onde a malha de aterramento será instalada, a NBR 7117 estabelece critérios e parâmetros para medição da resistividade e estratificação do solo.

Na Figura 2 apresenta-se a quantidade de medições necessárias de acordo com a área do terreno.

Figura 2: Pontos de medição.

Croquis das linhas de medição (SEV)	Área do terreno (m ²)	Número mínimo de SEV
	$S \leq 1\,000$	2
	$1\,000 < S \leq 2\,500$	4
	$2\,500 < S \leq 10\,000$	8
	$10\,000 < S \leq 20\,000$	16

Fonte: ABNT NBR 7117, 2020.

É importante destacar que para áreas maiores que 20.000 m², é necessário subdividir em grupos de áreas menores.

De acordo com a NBR 7117-1, o desempenho de um sistema de aterramento pode ser estimado com base em parâmetros como a resistência de aterramento, tensões de passo e toque, curva de potenciais na superfície do solo, profundidade do solo, entre outros.

Em resumo, a malha de terra é um conjunto de elementos condutivos (hastes, cabos, conexões elétricas) interligados e enterrados no solo para dissipar correntes.

Em uma subestação, é essencial que todos os equipamentos e estruturas estejam conectados à malha de terra. Além disso, essa conexão também deve ser feita em todas as edificações, visando minimizar os riscos para pessoas e equipamentos.

4.2 ILUMINAÇÃO DE PÁTIO

O cálculo luminotécnico do pátio é realizado a fim de proporcionar um ambiente com níveis adequados de iluminação. Isto é feito para satisfazer os requisitos de iluminação em locais de trabalho e garantir que haja iluminação mínima o suficiente para realizar tarefas visuais de maneira segura e eficaz durante o período de trabalho. O padrão adotado para o projeto de iluminação de pátio realizado durante o estágio foi o da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF), através do documento 301-CHESF-ET-PJ-EM-ABRIL-2019, no qual são estabelecidas diretrizes e especificações para projetos de iluminação de pátio. Na Tabela 1, são mostrados os valores mínimos de iluminamento necessário em cada parte da subestação.

Tabela 1 – Níveis Mínimos de Iluminamento.

Área	Iluminamento mínimo
Vias de Acesso e Pátio.	10 lux
Equipamentos de Manobra do Pátio	15 lux
Equipamentos Principais (Transformadores)	25 lux
Barramentos	15 lux

Fonte: O próprio autor.

Para a realização do projeto de iluminação de pátio, é utilizado o software DIALux, para simular, calcular e visualizar os níveis de iluminação no espaço externo. Ele permite criar layouts de iluminação precisos, calcular a distribuição da luz, analisar o desempenho energético e produzir visualizações realistas do projeto de iluminação. O DIALux oferece uma ampla gama de ferramentas e recursos para ajudar na seleção e configuração de luminárias, na definição de cenários de iluminação e na avaliação de parâmetros como iluminância, uniformidade e eficiência energética.

4.3 ARRANJO FÍSICO DA SUBESTAÇÃO

O arranjo físico de uma subestação refere-se à disposição espacial dos equipamentos elétricos, estruturas e barramentos dentro do espaço designado para a subestação elétrica. Isso inclui a organização dos transformadores de corrente, potencial e potência, disjuntores, chaves seccionadoras, para-raios, e outros dispositivos, juntamente com a configuração dos barramentos que conectam esses componentes. O

arranjo físico é fundamental para garantir a eficiência operacional, a segurança e a confiabilidade do sistema elétrico, facilitando também as operações de manutenção e inspeção.

4.3.1 EQUIPAMENTOS

- **Para-raios**

Dispositivos de proteção projetados para desviar correntes de surto elétrico, como raios atmosféricos, para o solo, protegendo os equipamentos e estruturas da subestação contra danos causados por sobretensões. Normalmente são instalados na entrada/saída das subestações e próximo aos principais equipamentos.

- **Transformador de Potencial (TP)**

Também conhecido como transformador de instrumentos, é um dispositivo utilizado para reduzir a tensão em circuitos de medição e proteção, fornecendo sinais seguros para os instrumentos de medição, controle e proteção. Os TPs são essenciais para garantir a precisão e a segurança dos sistemas de medição e proteção em uma subestação elétrica. Para níveis de tensões superiores a 138 kV, é comum o uso de uma classe especial de TP, conhecidos como Transformador de Potencial Capacitivo (TPC).

- **Transformador de Corrente (TC)**

Um dispositivo utilizado para reduzir a corrente em um circuito de alta tensão para níveis seguros e adequados para medição e proteção. Os TCs são amplamente empregados em subestações elétricas para fornecer sinais de corrente precisos para dispositivos de medição, controle e proteção, como relés de proteção e medidores de energia. Eles desempenham um papel fundamental na operação segura e eficiente do sistema elétrico, permitindo o monitoramento preciso e a detecção rápida de falhas ou condições anormais.

- **Chave Seccionadora**

Um dispositivo utilizado para isolar seções específicas de uma subestação elétrica, permitindo o desligamento de equipamentos para manutenção ou reparo. As chaves seccionadoras são fundamentais para garantir a segurança dos operadores durante as operações de manutenção.

- **Disjuntor**

Um dispositivo de proteção que interrompe o fluxo de corrente elétrica em uma linha ou circuito em caso de sobrecarga, curto-circuito ou outras condições anormais. Os

disjuntores garantem a segurança do sistema elétrico ao proteger os equipamentos contra danos e prevenir possíveis acidentes.

- **Transformador de Potência**

Dispositivo mais importante da subestação, responsável por alterar a magnitude da tensão e corrente, transformando-as de um nível para outro, geralmente entre sistemas de alta e baixa. Esses equipamentos são essenciais na transmissão de energia elétrica.

4.3.2 CONFIGURAÇÃO DE BARRAMENTO

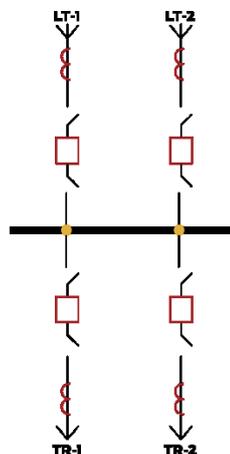
A configuração de barramento em uma subestação elétrica refere-se à disposição e interconexão dos barramentos. Em outras palavras, é a organização dos condutores elétricos que conectam os diversos equipamentos e dispositivos dentro da subestação.

Existem diferentes configurações de barramento, dependendo das necessidades específicas de cada subestação e das características do sistema elétrico ao qual ela está conectada. Alguns exemplos comuns de configurações de barramento incluem:

- **Barramento simples (BS)**

Nesta configuração de barramento, todos os eventos da subestação são conectados a uma única barra. Esses eventos pode ser uma linha de transmissão (LT), um transformador de potência (TR), entre outros. É utilizado apenas um disjuntor para cada evento, o que torna essa configuração mais simples. Em termos de manutenção, o circuito é desenergizado, independentemente do número de eventos com necessidade de passar por manutenção. Na Figura 3, é mostrado um exemplo dessa configuração de barramentos.

Figura 3 - Barra Simples (BS).

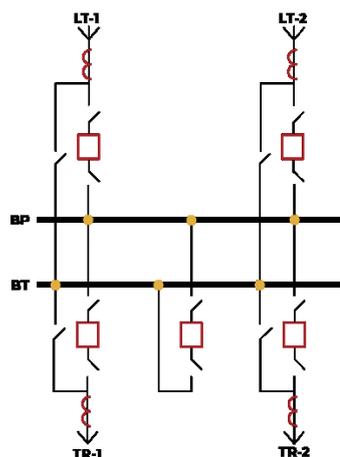


Fonte: Mesh Engenharia.

- **Barramento principal e barramento de transferência (BPT)**

Há um barramento principal para a operação normal da subestação e um barramento de transferência que permite a conexão rápida de equipamentos de reserva em caso de falha. A adição desta barra e de um disjuntor extra permite a realização de manutenção em algum disjuntor sem desligar o circuito associado a ele. Na Figura 4, é mostrado um exemplo dessa configuração de barramentos.

Figura 4 - Barra Principal e de Transferência (BPT).

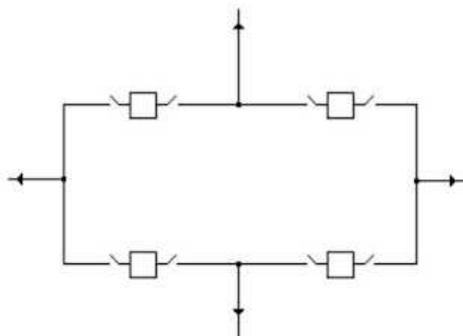


Fonte: Mesh Engenharia.

- **Barramento em anel**

Os equipamentos são conectados em um arranjo circular, permitindo múltiplos caminhos para o fluxo de energia. Isso proporciona redundância e maior confiabilidade ao sistema. Esta configuração é economicamente vantajosa e flexível, qualquer um dos disjuntores pode ser retirado para manutenção sem a interrupção do serviço. No entanto, apresenta a vulnerabilidade na ocorrência de falhas, já que na ocorrência de falhas o anel é dividido. Na Figura 5, é mostrado um exemplo dessa configuração de barramentos.

Figura 5 - Barra Em Anel.



Fonte: o próprio autor.

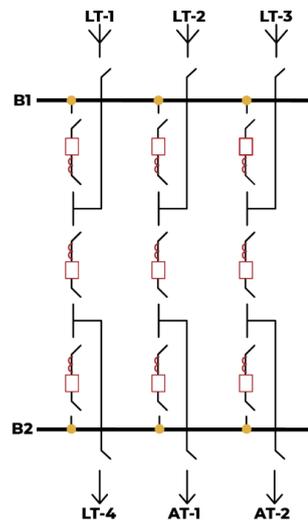
- **Barra Dupla Com Disjuntor e Meio (DJM)**

Nesse tipo de arranjo, duas barras principais correm paralelas uma à outra, cada uma sendo alimentada por fontes distintas, como linhas de transmissão ou transformadores. O ponto de interseção entre essas barras é onde está localizado o disjuntor meio, também conhecido como disjuntor de interconexão.

O disjuntor meio desempenha um papel crucial na operação do sistema. Ele é responsável por conectar ou desconectar as duas barras principais conforme necessário. Em condições normais de operação, o disjuntor e meio permanece fechado, permitindo que a energia flua livremente entre as barras. No entanto, se ocorrer uma falha em uma das barras, o disjuntor associado a barra será aberto, isolando a falha, mas a corrente continuará fluindo pelo disjuntor meio.

Essa configuração oferece redundância operacional, o que significa que mesmo se as duas barras principais falharem, o sistema pode continuar operando normalmente. Além disso, a presença do disjuntor meio oferece flexibilidade adicional para operações de manutenção. Isso ocorre porque uma das barras principais pode ser isolada para manutenção, enquanto a outra continua a fornecer energia ao sistema. Na Figura 6, é mostrado um exemplo dessa configuração de barramentos.

Figura 6 - Barra Dupla com Disjuntor e Meio (DJM).



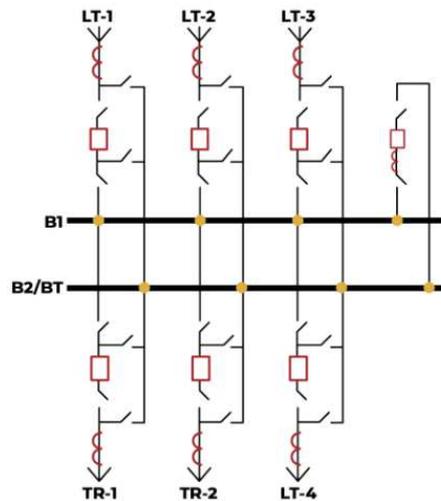
Fonte: Mesh Engenharia.

- **Barra Dupla com Disjuntor Simples a Quatro Chaves (BD4)**

Nesse tipo de arranjo, duas barras principais correm paralelas uma à outra, cada uma sendo alimentada por eventos distintos, como linhas de transmissão ou

transformadores, assim como no caso anterior. Cada uma das barras recebe uma parte das cargas, podendo ou não receber todas durante alguma manobra. Como o próprio nome sugere, existe quatro chaves, com funções distintas, sendo uma de by-pass, utilizada para manutenção do disjuntor, outra para isolar o disjuntor durante a manutenção e duas com função de selecionar os barramentos de forma independente. Na Figura 7, é mostrado um exemplo dessa configuração de barramentos.

Figura 7 - Barra Dupla com Disjuntor Simples A 4 Chaves (BD4).



Fonte: Mesh Engenharia.

5 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Inicialmente, foram apresentados alguns conceitos fundamentais com o objetivo de preparar a estagiária para desempenhar suas funções na equipe de projetos eletromecânicos. Os principais conceitos abordados foram expostos na seção anterior. No capítulo subsequente, serão detalhadas as principais atividades desenvolvidas pela estagiária ao longo dos seis meses.

5.1 MALHA DE TERRA

Na elaboração do projeto de malha de terra da edificação de uma subestação procede da análise das medições da resistividade do solo, tais medições servem como ponto de partida para a modelagem do terreno e análise do reticulado de malha a ser traçado. O número de pontos de medições que serão realizados é determinado com base nas dimensões do terreno. No caso de uma ampliação da subestação, é comum seguir o padrão existente.

Nos projetos de aterramento para as edificações contidas na subestação, são elaborados documentos de planta, cortes, lista de material e detalhes que ilustram as conexões das partes metálicas das edificações com a malha de terra. A seguir será detalhado as principais partes de um projeto de malha de terra para a casa de relés de uma subestação.

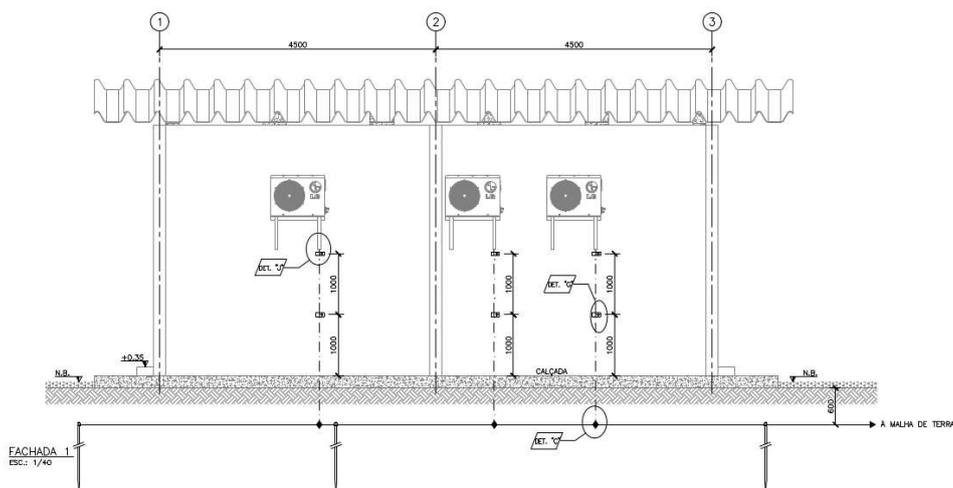
5.1.1 PLANTA

Na planta é representado o reticulado da malha, a ligação de todos os componentes que serão aterrados, os tipos de conexões bem como a legenda e notas referente a cada item que se encontra na planta. Nas Figuras 8 e 9, são mostradas a planta e a legenda, respectivamente, referente a casa de relés em estudo.

5.1.2 CORTES

Os cortes são usados para fornecer ao responsável pela execução do projeto uma visão espacial de como será o projeto, bem como mostrar alguns detalhes que não são possíveis de serem visto na planta. Na Figura 10, é mostrado um exemplo de corte, com algumas das ligações que não são possíveis de identificar somente pela planta.

Figura 10 – Corte da Casa de Relés.

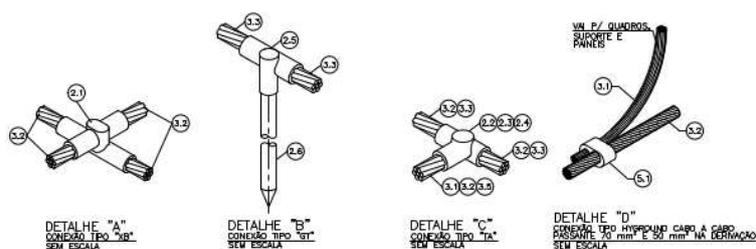


Fonte: O próprio autor.

5.1.3 DETALHES

São ampliações da planta ou do corte no qual se deseja mostrar com maiores detalhamentos. Normalmente utilizados em ligações especiais, detalhes não tão comuns, que possam instruir melhor o executor do projeto. Na Figura 11, são mostrados alguns tipos de conexões realizadas entre cabos de cobre e entre cabos de cobre e hastes, todas utilizando solda exotérmica.

Figura 11 – Detalhes das Conexões com Solda Exotérmica.



Fonte: O próprio autor.

5.1.4 LISTA DE MATERIAL

A lista de material é um resumo de todo o projeto. Nela é especificado cada um dos materiais que serão utilizados durante a execução do projeto. Na Figura 12, é mostrado um exemplo de lista de material para a malha de terra.

Figura 12 – Lista de Material.

LISTA DE MATERIAL	
ITEM	DESCRIÇÃO
1.1	ARRUELA LISA, EM AÇO CARBONO GALVANIZADO A FOGO, Ø3/8".
1.2	PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA EM AÇO GALVANIZADO A FOGO, Ø3/8"x2".
1.3	PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA EM AÇO GALVANIZADO A FOGO, Ø3/8"x3".
1.4	PORCA SEXTAVADA EM AÇO GALVANIZADO A FOGO, Ø3/8".
1.5	PARAFUSO CABEÇA REDONDA M6 C/ FENDA, ROSCA SOBERBA PARA BUCHA.
1.6	PARAFUSO CABEÇA REDONDA M10 C/ FENDA, ROSCA SOBERBA PARA BUCHA.
1.7	BUCHA DE NYLON S-10, PARA PARAFUSO DE Ø6 A 8 mm.
1.8	BUCHA DE NYLON S-12, PARA PARAFUSO DE Ø8 A 10 mm.
1.9	GRAMPO TIPO UNHA EM COBRE ESTANHADO PARA CABOS 35-70 mm ² , COM FURO DE FIXAÇÃO Ø7 mm.
1.10	GRAMPO TERRA DUPLO COM PARAFUSO TIPO U-GTDU.
2.1	MOLDE PLUS TIPO "XB", DE SOLDA EXOTÉRMICA, PARA CONEXÃO TIPO "X" ENTRE CABOS DE COBRE 70 mm ² SOBREPOSTO E NÃO CORTADOS.
2.2	MOLDE PLUS TIPO "TA", DE SOLDA EXOTÉRMICA PARA CONEXÃO TIPO "T" ENTRE CABOS, 70 mm ² PASSANTE E 70 mm ² DERIVAÇÃO, NA HORIZONTAL.
2.3	MOLDE PLUS TIPO "TA", DE SOLDA EXOTÉRMICA PARA CONEXÃO TIPO "T" ENTRE CABOS, 95 mm ² PASSANTE E 50 mm ² DERIVAÇÃO, NA HORIZONTAL.
2.4	MOLDE PLUS TIPO "TA", DE SOLDA EXOTÉRMICA PARA CONEXÃO TIPO "T" ENTRE CABOS, 95 mm ² PASSANTE E 70 mm ² DERIVAÇÃO, NA HORIZONTAL.
2.5	MOLDE BÁSICO TIPO "GT", DE SOLDA EXOTÉRMICA, PARA CONEXÃO DE CABO DE COBRE 95 mm ² PASSANTE EM HASTE DE ATERRAMENTO Ø3/4".
2.6	HASTE DE ATERRAMENTO EM AÇO SAE 1010/20, REVESTIDA DE COBRE COM CAMADA DE 0,254 (MÍNIMO), OBTIDO PELO PROCESSO DE ELETRODEPOSIÇÃO, DIMENSÕES Ø3/4"x3000 mm.
3.1	CABO DE COBRE NU MEIO DURO 50 mm ² , ENCORDAMENTO CLASSE 2A.
3.2	CABO DE COBRE NU MEIO DURO 70 mm ² , ENCORDAMENTO CLASSE 3A.
3.3	CABO DE COBRE NU DURO 95 mm ² , ENCORDAMENTO CLASSE 3A. (NOTA 5)
3.4	CABO DE COBRE 50 mm ² COM COBERTURA PROTETORA EM PVC DE COR VERDE, TEMPERA MEIA-DURA, ENCORDAMENTO CLASSE 2A.
3.5	CABO DE COBRE 70 mm ² COM COBERTURA PROTETORA EM PVC DE COR VERDE, TEMPERA MEIA-DURA, ENCORDAMENTO CLASSE 3A.
4.1	CORDOALHA FLEXÍVEL EM COBRE ELETROLÍTICO ESTANHADO, COMPRIMENTO DE 300 mm, FORNECIDA COM DOIS FUROS DE 11 mm.
5.1	CONECTOR À COMPRESSÃO EM LIGA DE COBRE, PARA DOIS CABOS DE 16-70 mm ² , TIPO HYGROUND.
5.2	TERMINAL TUBULAR COM BOCA NORMAL, COM UM FURO DE FIXAÇÃO M10 E UMA COMPRESSÃO, EM COBRE ELETROLÍTICO COM ACABAMENTO ESTANHADO, PARA CABO DE 50 mm ² .
5.3	CONECTOR TERMINAL RETO EM BRONZE ESTANHADO PARA CABO DE 50 mm ² À SUPERFÍCIE.

Fonte: O próprio autor.

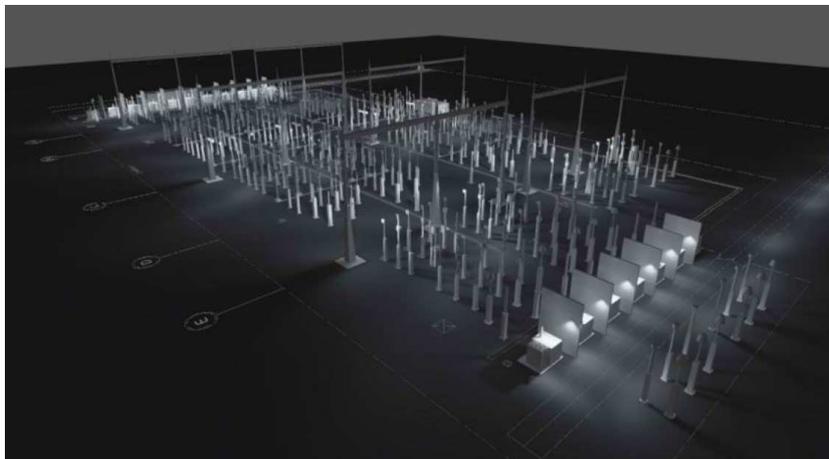
5.2 ILUMINAÇÃO DE PÁTIO

5.2.1 MODELAGEM NO DIALUX

Nessa etapa, a planta com as marcações de todos os pórticos, postes, estruturas de suporte é importada para o DIALux. Em seguida é modelado todos os componentes da subestação que possam causar sombreamento no pátio. Na Figura 13, é mostrado o resultado da modelagem da subestação. É importante destacar que nesse tipo de modelagem, como o objetivo é analisar a interferência que cada componente tem no

sombreamento da subestação, não uma grande preocupação com a modelagem desses componentes, sendo levado em consideração algumas informações básicas, como altura, largura, comprimento e forma geométrica.

Figura 13 – Modelagem da Subestação.



Fonte: O próprio autor.

5.2.2 ESCOLHA DAS LUMINÁRIAS

Com base nos níveis exigidos por cada empresa, são escolhidas as luminárias de acordo com o nível de potência, tensão, entre outras características. Feito isso, essas luminárias serão posicionadas com altura e orientação de acordo com o melhor índice de iluminância encontrado. Na Figura 14 é mostrado um exemplo de luminária vapor de sódio, usual nesse tipo de projeto. É importante destacar que esse tipo de luminária está sendo substituído por LED atualmente.

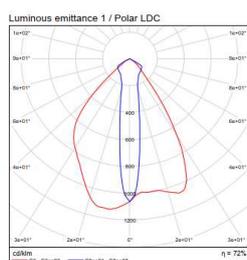
Figura 14 – Luminária.

Philips RVP351 1xSON-T250W S 1xSON-T250W



Light output ratio: 72.15%
Lamp luminous flux: 28000 lm
Luminaire luminous flux: 20202 lm
Power: 276.0 W
Luminous efficacy: 73.2 lm/W

Colourimetric data
1xSON-T250W: CCT 2000 K, CRI 25



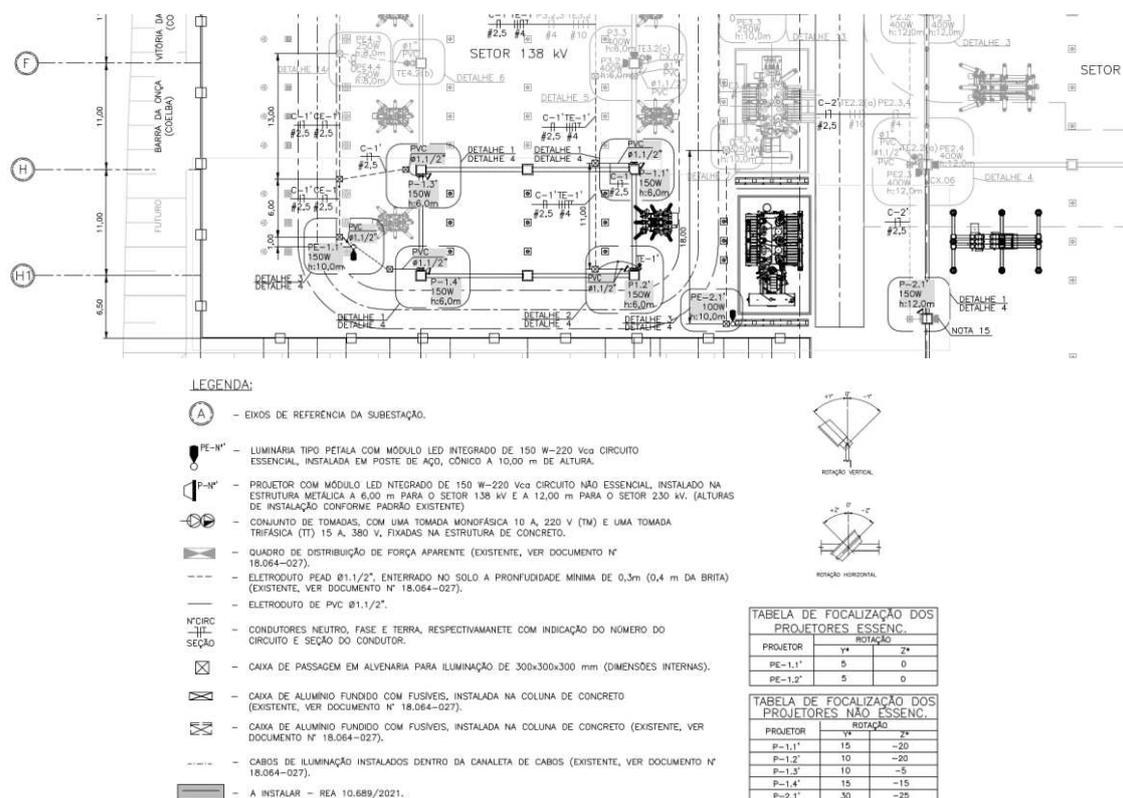
Tempo – compact and consistent
Tempo is a complete floodlighting range offering a wide choice of lamp types and symmetrical and asymmetrical reflectors. It is designed for general-purpose floodlighting, and is particularly suited to small- to medium-scale area or surface lighting. The Tempo series' compact housing guarantees optimum visual integration. Anodized-aluminum reflectors ensure a highly efficient beam distribution, while the nylon bolt caps feature a goniometric aiming device for easy adjustment and alignment. A universal mounting bracket allows ceiling, wall or surface mounting with a wide range of adjustment for both down- and uplighting. Tempo's all-weather construction is designed to make cleaning and servicing easy and fast. Access to the lamp and gear is simple, via the hinged front glass with its quick-release stainless-steel clips. All Tempo luminaires are RoHS-compliant

Fonte: O próprio autor.

5.2.3 PLANTA

Na planta será mostrado o posicionamento de todas as luminárias, com suas respectivas alturas e ângulos de montagem, em conformidade com o DIALux. Além disso, nela deve conter todos os encaminhamentos dos circuitos, com legendas dos cabos e símbolos utilizados. Na Figura 15, é possível observar parte da planta do projeto de iluminação de pátio, com a disposição das luminárias, bem como os circuitos referentes a cada uma delas.

Figura 15 – Planta, Legenda E Ângulos de Instalação.

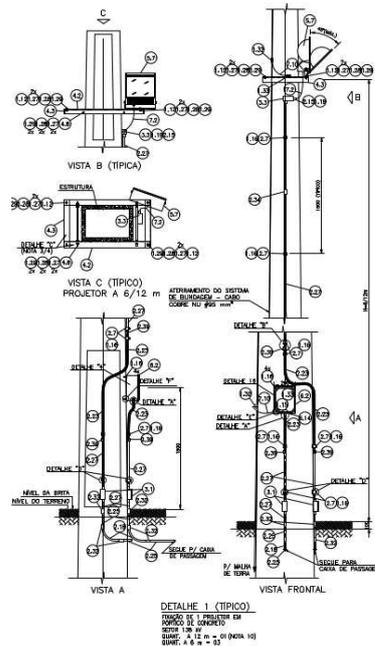


Fonte: O próprio autor.

5.2.4 DETALHES

São ampliações no qual se deseja mostrar com maiores níveis de detalhamentos. Normalmente utilizados em ligações especiais, detalhes não tão comuns, que possam instruir melhor o executor do projeto. Na Figura 16 é mostrado um detalhe do poste com as luminárias instaladas. Nele, é possível observar algumas informações sobre a instalação das luminárias, como altura de montagem, posição do quadro, quantidade fios, entre outras informações relevantes.

Figura 16 – Detalhe do Poste com Luminárias.



Fonte: O próprio autor.

5.2.5 LISTA DE MATERIAIS

A lista de material é um resumo de todo o projeto. Nela é especificado cada um dos materiais que serão utilizados durante a execução do projeto. Na Figura 17, é mostrado um exemplo de lista de material para referente a instalação das luminárias e de toda estrutura necessária para tal feito.

Figura 17 – Lista de Material.

QUANTIDADE		ITENS PARA MONTAGEM		RESERVAÇÃO
QTD	UNID. COMB. TOMADA (UNID. 10)	QTD	UNID.	
1. ITENS GERAIS DE MONTAGEM				
1.10	-	Ø1	PS	PIPE CURTO GALVANIZADO Ø81/4", ROSCA BSP.
1.11	-	Ø1	PS	PIPE LONGO GALVANIZADO Ø81/4", ROSCA BSP.
1.12	04	-	PS	PARAFUSO CARRICA SECCIONADA EM AÇO GALVANIZADO A FOGO Ø3/8"x3/4"
1.15	04	-	PS	PARAFUSO CARRICA SECCIONADA W1/2"x3/4" mm, GALVANIZADO A FOGO, TORÇÃO COM 2 ARRUELA LISA, LIGA DE PRESSÃO E LIGA ROSCA SECCIONADA.
1.16	10/14	08	PS	PARAFUSO CARRICA SECCIONADA COM TENDA, ROSCA SECCIONADA DE Ø1/4"x100 mm, COM BUCHA W1/2", S15.
1.17	-	08	PS	PLATINA MODELO P16 Ø81/4", ROSCA BSP.
1.19	01	-	PS	PROTEÇÃO-CABO MÚLTIPO EM ALUMÍNIO COM BUCHA DE NEOPRENO, ROSCA BSP DE Ø1/1/2", P/ CABO DE DIÂMETRO MÍNIMO DE Ø13 mm, USAR AO TEMPO.
1.27	16	-	PS	ARRUELA LISA EM AÇO GALVANIZADO A FOGO DE Ø81/4".
1.28	12	-	PS	BUCHA SECCIONADA EM AÇO GALVANIZADO A FOGO DE Ø81/8".
1.29	12	-	PS	ARRUELA DE PRESSÃO EM AÇO GALVANIZADO A FOGO DE Ø81/8".
1.30	02	-	PS	CONECTOR BARRILETO, MONTADO EM BRONZE, PARA DOIS CABOS DE SEÇÃO 30 A 50 mm², SÓDIO ESSA DE 90 mm².
1.33	02	-	PS	CONECTOR TERMINAL, RETO, MONTADO EM BRONZE, PARA UM CABO DE SEÇÃO 30 mm².
2. ELETRÓTIPO E ACESSÓRIOS				
2.2	01	-	PS	ARRUELA SECCIONADA EM LIGA DE ALUMÍNIO E SÚLCO, PARA ELÉTRÓTIPO DE Ø1/1/2", ROSCA BSP.
2.7	06/10	02	PS	BRAÇADEIRA EM AÇO GALVANIZADO A FOGO, TIPO "F" COM PARAFUSO PARA ELÉTRÓTIPO DE Ø1/1/2".
2.9	03	01	PS	BUCHA SECCIONADA EM LIGA DE ALUMÍNIO E SÚLCO, PARA ELÉTRÓTIPO DE Ø1/1/2", ROSCA BSP.
2.15	01	-	PS	BUCHA DE REDUÇÃO EM AÇO GALVANIZADO A FOGO Ø1/1/2"x1/2".
2.16	-	01	PS	BUCHA DE REDUÇÃO EM AÇO GALVANIZADO A FOGO Ø1/1/2"x3/4".
2.18	02	01	PS	CLAVIA 90° PARA ELÉTRÓTIPO DE PVC Ø1/1/2", ROSCA BSP.
2.23	06	-	PS	ELETRÓTIPO METALIZADO PLÁSTICO EM PFA DE AÇO INOX, ZINCO, RESISTENTE COM PVC EXTRUDADO Ø1/1/2".
2.25	02	01	PS	ELETRÓTIPO DE PVC-RIGIDO Ø1/1/2", EM NÁFAS DE 3m, ROSCA BSP, 90° FLEX. PREC.
2.26	-	01	PS	ELETRÓTIPO GALVANIZADO A FOGO Ø81/4", EM VÍTRIS DE 3 m, ROSCA BSP.
2.27	02/14	01	PS	ELETRÓTIPO GALVANIZADO A FOGO Ø1/1/2", EM VÍTRIS DE 3 m, ROSCA BSP.
2.32	06	03	PS	LIGA PARA ELÉTRÓTIPO DE PVC Ø1/1/2", ROSCA BSP.
2.34	01/93	01	PS	LIGA PARA ELÉTRÓTIPO DE AÇO GALVANIZADO A FOGO Ø1/1/2", ROSCA BSP.
2.38	01	-	PS	LIGAM. CÔNICO EM LIGA DE ALUMÍNIO SÚLCO PARA CONEXÃO A CANALIZADA, ANEL DE ELÉTRÓTIPO PLÁSTICO, TIPO GALVANIZADO DE Ø1/1/2", ROSCA BSP, À PROVA DE TEMPO.
2.39	03	-	PS	ANEL DE BATERIA EM LIGA DE ALUMÍNIO SÚLCO PARA BARRICA DE ELÉTRÓTIPO RIGIDO A FLANGE DE Ø1/1/2", À PROVA DE TEMPO.
3. CONDULETES				
3.1	02	Ø1	PF	CONDULETE EM ALUMÍNIO FUNDIDO, À PROVA DE TEMPO, COM ENTRADAS DE Ø1/1/2" ROSCA BSP TIPO "C".
3.3	01	-	PF	CONDULETE EM ALUMÍNIO FUNDIDO, À PROVA DE TEMPO, COM ENTRADAS DE Ø1/1/2" ROSCA BSP TIPO "LH".
4. PERFIL, PERFILADO E VERGALHÃO				
4.2	02	-	PF	CANTONEIRA TIPO "L" 3"x3"x5/16"x1100 mm, GALVANIZADA A FOGO.
4.3	02	-	PF	CANTONEIRA TIPO "L" 3"x3"x5/16"x750 mm, GALVANIZADA A FOGO.
4.8	02	-	PF	VERGALHÃO ROSCA TOTAL Ø3/8", EM AÇO GALVANIZADO A FOGO, COMPRIMENTO 1000 mm.
5. PROJETORES, PETALAS E TOMADAS				
5.3	-	Ø1	PF	TOMADA MONOFÁSICA 1 Ø A-220 Vol, LIGA DE ALUMÍNIO FUNDIDO, ROSCA BSP À PROVA DE TEMPO.
5.4	-	Ø1	PF	TOMADA TRIFÁSICA 15 A-360 Vol, LIGA DE ALUMÍNIO FUNDIDO, ROSCA BSP À PROVA DE TEMPO.
5.7	01	-	PF	PROJETOR MODULAR LED, 150 W-220 V, CORPO EM LIGA DE ALUMÍNIO COPPER-FREE, FACHO C/ ÂNGULO DE ABERTURA EM 60°, A PROVA DE TEMPO (IP66), COM PINTURA EPOXI NA COR CINZA MUNSSELL N 6,5.
6. CAIXA DE LIGAÇÃO E CAIXA DE FUSÍVEL				
6.2	01	-	PF	CAIXA EM ALUMÍNIO FUNDIDO, À PROVA DE TEMPO, P65, 300x295x150 mm COM TAMP. PLANA E FUROS DE Ø1/1/2".
6.7	01	-	PF	CONJUNTO DE SEGURANÇA COMPOSTO DE BASE, TAMP. ANEL DE PROTEÇÃO, PARAFUSO DE AJUSTE E FUSÍVEL DAZED 1 A.
6.8	01	-	PF	RESMA DE BORNES COM 2 BORNES PARA FIO PASSANTE, DE POLIAMIDA (PRETO) 24 A, 250 V, PARA CABO DE ATÉ 4,0 mm². (DETALHE A)
6.14	01	-	PF	VÍTRILA DE RESPIRO EM LIGA DE ALUMÍNIO, COM TRAVA DE ABERTURA DE MOVIMENTO DE ESCAPE.
7. CABOS GERAIS E DOS CIRCUITOS				
7.2	06/12	-	m	CABO DE COBRE, BIPOLAR 2 x 2,5 mm², 0,6/1 kv.
7.10	02	-	m	CABO DE COBRE HU MEIO DURO, 95 mm², ENCORVOAMENTO CLASSE 3A, CONFORME NBR 6524/NER 16254-1.

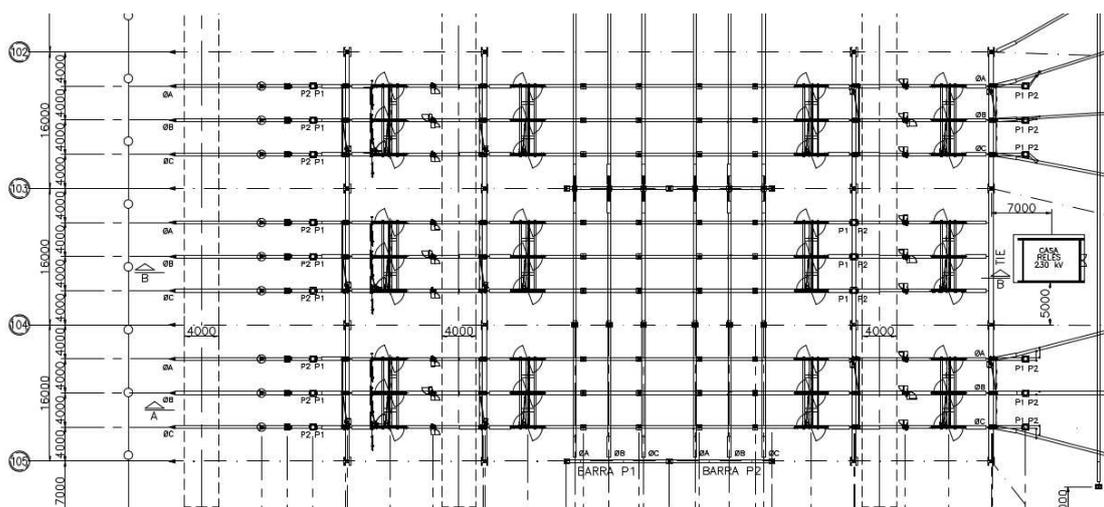
Fonte: O próprio autor.

5.3 ARRANJO FÍSICO

5.3.1 PLANTA

A planta do arranjo físico é responsável por mostra a disposição espacial de todos os componentes da subestação, como transformadores, disjuntores, chaves, barramentos, equipamentos de controle e proteção, bem como as estruturas associadas, como muros, cercas e edifícios. A planta da subestação é crucial para garantir que todos os equipamentos sejam posicionados adequadamente dentro da área disponível, atendendo aos requisitos de segurança, acessibilidade, e funcionalidade da subestação. Para isso, distâncias padrões são adotadas por cada empresa, de acordo com suas diretrizes. Na Figura 18 é mostrado parte de um exemplo de planta do arranjo físico.

Figura 18 – Planta do Arranjo Físico.



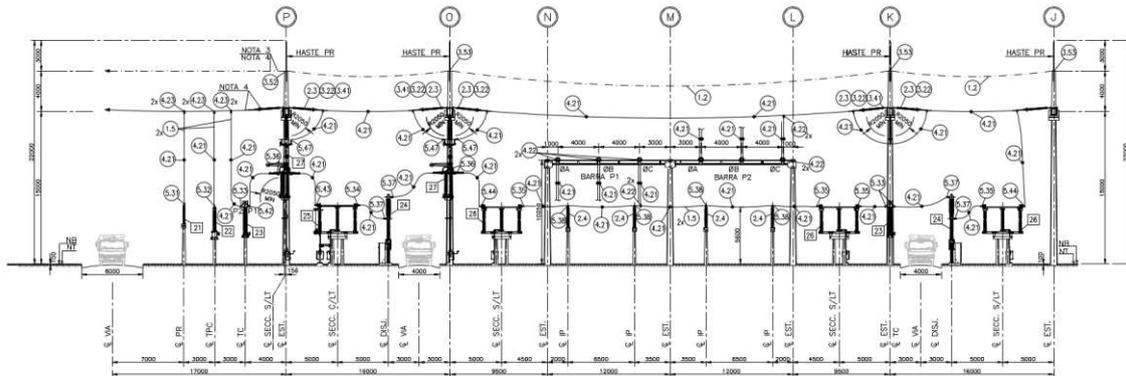
Fonte: O próprio autor.

5.3.2 CORTE

O corte do arranjo físico fornece uma representação vertical detalhada da subestação, mostrando as alturas e as relações entre os diferentes níveis da instalação. Ele descreve a disposição dos equipamentos e estruturas em diferentes níveis de elevação, como nível do solo e níveis superiores (se aplicável). O corte do arranjo físico é importante para garantir que a subestação seja construída de maneira segura, evitando conflitos de interferência entre os equipamentos e as estruturas em diferentes níveis. Na

Figura 19 é mostrado um exemplo de corte, no qual é possível identificar todos os materiais e equipamentos utilizados na construção da subestação.

Figura 19 – Corte do Arranjo Físico.



Fonte: O próprio autor.

5.3.3 LISTA DE EQUIPAMENTOS

Nessa etapa do projeto, todos os equipamentos utilizados desde serviços auxiliares aos equipamentos de manobra são especificados de acordo com as premissas do projeto. Na lista de materiais mostrada na Figura 20, é possível observar as especificações de todos os equipamentos utilizados na subestação.

Figura 20 – Lista de Equipamentos.

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANT.	OBSERVAÇÃO
21	Para-raios tipo estação, de óxido de zinco, involucro em polimérico, uso externo, corrente de curta duração $I_{cc} = 40$ kA, tensão nominal 192 kV, máxima tensão contínua de operação (MCOV) 154 kV, corrente nominal de descarga 10 kA, distância de escoamento mínima 25 mm/kV. Demais características elétricas e construtivas definidas na especificação técnica 119-CHESF-ET-EQ-PR.	16	
22	Transformador de potencial capacitivo, 230 kV, uso externo, corrente de curta duração $I_{cc} = 40$ kA/1s, corrente dinâmica 104 kA, TSNTA 950kV. Tensão primária 230/√3 kV e tensões secundárias 115/115/√3 V, com 3 enrolamentos secundários, classes 50 VA CL 0,2 E 50VA 0,5/3P, sendo 1 para medição e 2 para proteção. Relação nominal 1200/200 & 1200/2000 & 1200/2000:1. Distância de escoamento mínima 25 mm/kV. Demais características elétricas e construtivas definidas na especificação técnica 117-CHESF-ET-EQ-TP.	15	
23	Transformador de corrente, 245 kV, uso externo, corrente de curta duração $I_{cc} = 40$ kA/1s, corrente dinâmica 104 kA, corrente nominal 2000 A, TSNTA 950 kV. Com 4 enrolamentos secundários, Relação (P): 1000x2000 - 1 e Relação (MO): 500/1.000x1.000/2.000 - 1, sendo um para medição operacional e três para proteção, classes 1x 3VA, cl. 0,5 /3x 3VA, cl. 10P17 + TPY. Fator térmico 1,20 para proteção e medição. Distância de escoamento mínima 25 mm/kV. Demais características elétricas e construtivas definidas na especificação técnica 115-CHESF-ET-EQ-TC.	18	
24	Disjuntor tripolar a gás SF6, 245 kV, uso externo, corrente de curta duração $I_{cc} = 40$ kA/1s, corrente dinâmica 104 kA, corrente nominal 3150 A, TSNTA 950 kV. Distância de escoamento mínima 25 mm/kV. Sem resistor de pré-inserção. Demais características elétricas e construtivas definidas na especificação técnica 110-CHESF-ET-EQ-DJ.	6	
25	Secionador tripolar, 245 kV, uso externo, corrente de curta duração $I_{cc} = 40$ kA/1s, corrente dinâmica 104 kA, corrente nominal 3150 A, TSNTA 950 kV, montagem horizontal, tipo (DAL) dupla abertura lateral, com lâmina de terra, com Anexo C. Distância de escoamento mínima 25 mm/kV. Demais características elétricas e construtivas definidas na especificação técnica 113-CHESF-ET-EQ-SC.	3	
26	Secionador tripolar, 245 kV, uso externo, corrente de curta duração $I_{cc} = 40$ kA/1s, corrente dinâmica 104 kA, corrente nominal 3150 A, TSNTA 950 kV, montagem horizontal, tipo (DAL) dupla abertura lateral, sem lâmina de terra. Distância de escoamento mínima 25 mm/kV. Demais características elétricas e construtivas definidas na especificação técnica 113-CHESF-ET-EQ-SC.	9	Fornecida COM anexo B: 07 Fornecida SEM anexo B: 02
27	Secionador tripolar, 245 kV, uso externo, corrente de curta duração $I_{cc} = 40$ kA/1s, corrente dinâmica 104 kA, corrente nominal 3150 A, TSNTA 950 kV, tipo SPV (Semi-pantográfica Vertical), sem lâmina de terra. Distância de escoamento mínima 25 mm/kV. Demais características elétricas e construtivas definidas na especificação técnica 113-CHESF-ET-EQ-SC.	10	Fornecida COM anexo B: 05 Fornecida SEM anexo B: 05

Fonte: O próprio autor.

5.3.4 LISTA DE MATERIAL

Por fim, todos os cabos, conectores, cadeias de isoladores e ferragens utilizadas no projeto, são especificadas na lista de material. Nela deve ser informada a quantidade de cada um dos materiais. Na Figura 21 é mostrado um exemplo de lista de material referente a montagem da subestação.

Figura 21 – Lista de Material.

LISTA DE QUANTITATIVOS ELETROMECÂNICO - SETOR 230 kV				
1. CABOS				
ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	OBS
1.2	CABO DE AÇO Ø3/8" DOTTEREL, FORMAÇÃO 7 FIOS, DIÂMETRO TOTAL 9,52 mm, CARGA DE RUPTURA 6990 kgf. REF.: CIMAF.	m	1100	
1.5	CABO DE ALUMÍNIO REFORÇADO COM ALMA DE AÇO (CAA), BITOLA 1272 MCM, CÓDIGO BITTERN, FORMAÇÃO 45 FIOS DE 4,27 mm DE ALUMÍNIO (1350-H19) E 7 FIOS DE 2,85 mm DE AÇO, DIÂMETRO TOTAL 34,17 mm, CARGA DE RUPTURA 15458 kgf. REF.: NEXANS.	m	6400	
1.7	TUBO EM LIGA DE ALUMÍNIO EXTRUDADO, DIÂMETRO NOMINAL Ø2" IPS SCH 40, ASTM 6101, CONDUTIBILIDADE MÍNIMA 55% IAC, FORNECIDO EM VARAS DE 6 METROS. REF.: ALCAN.	PÇ	6	
2. ISOLADORES				
ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	OBS
2.3	OPÇÃO 1: ISOLADOR DE DISCO TIPO CONCHA-BOLA, EM VIDRO TEMPERADO, ENGATE IEC 16A, DIÂMETRO 330mm, PASSO 146mm, DISTÂNCIA ESCOAMENTO 545mm, CARGA DE RUPTURA 16000 kgf, MASSA APROXIMADA DE 8,8kg. REF.: ELECTROVIDRO.	PÇ	1728	
2.4	COLUNA ISOLADOR DE PEDESTAL DE PORCELANA, TIPO NÚCLEO SÓLIDO, MARROM, TENSÃO 230 kV, COM CÍRCULO DE FURAÇÃO DA BASE 178 mm E DO TOPO 127 mm DE DIÂMETRO. DISTÂNCIA DE ESCOAMENTO 6125 mm. REF.: SANTANA.	PÇ	42	
3. FERRAGENS PARA FIXAÇÃO DAS CADEIAS E CABOS PARA-RAIOS				
ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	OBS
3.21	CONJUNTO DE FERRAGENS PARA CADEIA DE ANCORAGEM SEM DERIVAÇÃO, COM TENSOR, PARA DOIS CABOS, TENSÃO 230 kV, CARGA DE RUPTURA 120 kN. REF.: FORJASUL.	CJ	28	
4. CONECTORES DE BARRAMENTO				
ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	OBS
4.21	CONECTOR ESPAÇADOR, ANTICORONA, TENSÃO 230 kV, APARAFUSADO, EM LIGA DE ALUMÍNIO, PARA DOIS CABOS CAA, BITOLA 1272 MCM, CÓDIGO BITTERN, ESPAÇADOS 200 mm. REF.: DELTA STAR.	PÇ	190	
4.22	CONECTOR DERIVAÇÃO T, CABO A CABO, ANTI-CORONA, TENSÃO 230 kV, APARAFUSADO, EM LIGA DE ALUMÍNIO, PARA UM CABO CAA, BITOLA 1272 MCM, CÓDIGO BITTERN NO TRONCO E UM CABO CAA, BITOLA 1272 MCM, CÓDIGO BITTERN NA DERIVAÇÃO. REF.: DELTA STAR.	PÇ	174	
5. CONECTORES DE EQUIPAMENTOS				
ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	OBS
5.37	CONECTOR TERMINAL RETO, CHAPA À DOIS CABOS, ANTI-CORONA, TENSÃO 230 kV, APARAFUSADO, EM LIGA DE ALUMÍNIO, PARA DOIS CABOS CAA, BITOLA 1272, CÓDIGO BITTERN, ESPAÇADOS 200 mm. APLICAÇÃO: DISJUNTOR. REF.: DELTA STAR.	PÇ	36	

Fonte: O próprio autor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), foi fundamental na realização do estágio ao garantir um embasamento teórico obtido em sala de aula e prático obtido nos laboratórios, posteriormente aplicado e aprimorado durante a realização do estágio na empresa.

A experiência profissional do estagiário proporcionou uma oportunidade valiosa para aplicar habilidades acadêmicas na prática, ao mesmo tempo em que desenvolveu novas competências técnicas e não técnicas fundamentais para sua trajetória profissional.

Ao longo dos seis meses de estágio, o estagiário teve a chance de assimilar uma variedade de conceitos relacionados aos projetos de subestações em desenvolvimento. Isso incluiu o entendimento detalhado de normas, especificações técnicas e considerações específicas do setor elétrico brasileiro, especialmente os requisitos mínimos estabelecidos pelos Procedimentos de Rede do ONS.

Durante o estágio, houve um aprimoramento significativo na execução de projetos, com destaque para arranjos físicos e iluminação de pátio de subestação. Além disso, o estagiário participou ativamente da elaboração de documentos de premissas de projetos, modificações em arranjo físico para a expansão de subestações, dimensionamento de banco de dutos, traçados de canaletas. Em cada projeto, foi necessário o desenvolvimento de memórias de cálculo, criação de desenhos detalhados (plantas e cortes) e elaboração de listas de materiais e de equipamentos, contribuindo diretamente para o aprimoramento profissional do estagiário na área de projetos eletromecânicos.

Além das habilidades técnicas, o estágio proporcionou um ambiente propício para o desenvolvimento de habilidades não técnicas essenciais para o ambiente de trabalho. Entre elas, destacam-se a capacidade de identificar e resolver problemas de forma eficiente, a cooperação em equipe, a adaptabilidade diante de desafios em constante mudança e a comunicação clara e eficaz. Essas habilidades, combinadas com o conhecimento técnico adquirido, fortaleceram a preparação profissional do estagiário para enfrentar os desafios futuros com confiança e competência.

REFERÊNCIAS

FRONTIN, Sérgio O. Equipamentos de Alta Tensão: Prospecção e Hierarquização de Inovações Tecnológicas; Brasília: Teixeira, 2013.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. Submódulo 2.3: requisitos mínimos para subestação e seus equipamentos. Rio de Janeiro: ONS, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15751: Sistema de aterramento de subestações - Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7117: Medição da Resistividade e Estratificação do solo**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

AZEVEDO, Marcelo Peixoto. **Arranjos de subestações de Alta Tensão**. 2015. 70 páginas. Departamento de Engenharia Elétrica – CEFET-MG, Minas Gerais, 2015. Disponível