

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal
de Campina Grande

GABRIEL MARQUES SARMENTO DE QUEIROGA

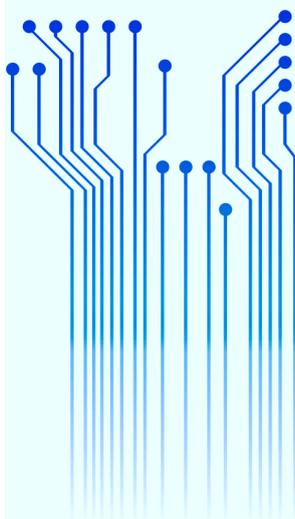


Centro de Engenharia
Elétrica e Informática

RELATÓRIO DE ESTÁGIO
ESC ENGENHARIA DE SISTEMAS DE CONTROLE LTDA



Departamento de
Engenharia Elétrica



Campina Grande
2024

GABRIEL MARQUES SARMENTO DE QUEIROGA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO
ESC ENGENHARIA– SETOR DE COMISSIONAMENTO

*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

Núbia Silva Dantas Brito, D.Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliadora, UFCG

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

Campina Grande
2024

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por ter me dado força e discernimento para enfrentar essa caminhada árdua, por estar me guiando para as escolhas certas e um futuro tão almejado. Por Nossa Senhora ser um amparo de mãe nos momentos difíceis que estive sozinho e por toda proteção até aqui.

Quero agradecer aos meus pais, Francisco e Cleonilda, por sempre me apoiarem nas minhas escolhas, mesmo que essas fossem difíceis para eles. Por serem meu alicerce, mesmo que a distância estivesse entre nós. Obrigado também aos meus irmãos, Juliana e Rafael, por estarem comigo em todos os momentos e apoiando os meus sonhos. Obrigado por me amarem e darem forças para que eu seguisse meu caminho.

Quero agradecer a minha doce e querida namorada, Emilly Cristine, por compreender a necessidade de me afastar para aperfeiçoar minha formação e por durante toda a caminhada da graduação, estar ao meu lado, me dando forças para eu me tornar um exímio profissional. Principalmente nesse período de estágio, que a distância se fez presente, mas que não foi empecilho para nossos sonhos se concretizarem. Obrigado pelo amor, amparo e colo nesses meses.

Agradeço à todos meus amigos da graduação, em especial à José Geraldo e Alderi Leocádio por todo apoio e companhia nesses meses. À Pedro Henrique por me mostrar as oportunidades certas e ser um amigo em todas as horas.

Agradeço à ESC Engenharia pela oportunidade de estágio, em especial a equipe de SERVICE por todo conhecimento compartilhado por Thisien, Hugo, Luis Eduardo, Renê e Lucas e empenho dos colegas de trabalho em ajudar nas mil dúvidas que surgiram a Genilson, Andrio, Tuanno, Adriano e Victor.

RESUMO

Este relatório relata as experiências vivenciadas pelo estagiário Gabriel Marques Sarmiento de Queiroga, graduando do curso de Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, durante seu estágio integrado na ESC Engenharia, localizada em Recife -PE. O estágio foi realizado de julho de 2024 a outubro de 2024, com uma carga horária semanal de 40 horas. Com supervisão dos gerentes engenheiros eletricitas Thisien Gabriel e Hugo Caldas do setor de service. As principais atividades desenvolvidas incluíram acompanhamento e realização de testes de aceitação de fábrica (TAF), parametrização de relés para proteção e controle de linhas de transmissão e *bay* de transferência. Além disso, foram realizadas visitas técnicas a subestações.

Palavras-chave: Estágio Integrado, Proteção de sistemas elétricos, IED, Subestações, Comissionamento, TAF, TAC UFCG, ESC.

ABSTRACT

This report describes the experiences of intern Gabriel Marques Sarmiento de Queiroga, an undergraduate student in Electrical Engineering at the Federal University of Campina Grande - UFCG, during his integrated internship at ESC Engenharia, located in Recife - PE. The internship was carried out from July 2024 to October 2024, with a weekly workload of 40 hours. Supervised by electrical engineers Thisien Gabriel and Hugo Caldas. The main activities developed included monitoring and carrying out factory acceptance tests (FAT), parameterization of relays for protection and control of transmission lines and transfer bays. In addition, technical visits to substations were carried out.

Keywords: Integrated Internship, IED, Substations, TAF, TAC, UFCG, ESC

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Logomarca ESC.....	12
Figura 2 - Curvas de capacidade de gerador calculadas dinamicamente.....	15
Figura 3 - Foto do Cubículo 5.....	19
Figura 4 - Foto do interior do Cubículo 2. Erro! Indicador não definido.....	20
Figura 5 - Foto do interior do Cubículo 4. Erro! Indicador não definido.....	20
Figura 6 - Sala de testes com painéis do Transformador, Trafo-Terra e Delta.....	22
Figura 7 - Tela de testes. Erro! Indicador não definido.....	23
Figura 8 – Bancada de Testes.....	24
Figura 9 – Diagrama unifilar da tela do IED de controle.....	25
Figura 10 – Chart de Controle.....	25
Figura 11 – Chart de Sinalizações.....	26
Figura 12 – Painel de Giga para os painéis do Transformador.....	26
Figura 13 – Régua de bornes do painel do bay de transferência.....	27
Figura 14 – Mala de testes polifásica conectada no painel.....	26
Figura 15 – Transformador da subestação Transformação.....	28
Figura 16 – Acesso à máquina de engenharia.....	29
Figura 17 – Sala de painéis da Subestação Transformação.....	30
Figura 18 – Execução de limpeza em disjuntores monopolares 230kV.....	31
Figura 19 – Execução de limpeza em TPs de barra 230kV.....	31
Figura 20 – Contato com o relé MICOM P145 para identificação de alarmes.....	32
Figura 21 – Conexão com relé MICOM P145 via cabo serial.....	33
Figura 22 – Tabela de Relay Word Bits.....	34
Figura 23 – Conexão do relé de teste na bancada do laboratório da ESC.....	34
Figura 24 – Configuração de lógica no AcSELaretor Quickset.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CHESF	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
SPCS	Sistemas de Proteção, Controle e Supervisão
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
EMS	<i>Energy Management System</i>
IED	<i>Intelligent Electronic Device</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
SIN	Sistema Elétrico Interligado
RDP	Registrador digital de perturbações
SEL	Schweitzer Engineering Laboratories

SUMÁRIO

1	Introdução	9
2	Objetivo	10
2.1	Objetivos Geral	10
2.2	Objetivos Específicos	10
2.3	Organização do Trabalho	10
3	Apresentação da Empresa	12
4	Fundamentação Teórica	14
4.1	Controle e supervisão de subestações	14
4.2	Comissionamento N1	16
5	Atividades Desenvolvidas	18
5.1	TAF Projeto 1	18
5.2	TAF Projeto 2	21
5.3	Pré-TAF Projeto 3	23
5.4	Acompanhamento de desenergização/ Energização de subestação 230/6.6kV de fábrica	28
5.5	Visita à Subestação para investigação de histórico de atuação	32
5.6	Parametrização de Relés da Linha SEL-411L	33
5.7	Treinamento de Interpretação de Oscilografias	35
6	Considerações Finais	37
	Referências	38

1 INTRODUÇÃO

A vivência do estágio para conclusão da graduação em engenharia elétrica é um processo essencial e que consegue ser a “porta de entrada” do estudante para o mercado de trabalho. Como estagiário, o aluno é apresentado a cultura de empresas e a todo ambiente laboral, com experiências sociais que moldam a postura de um futuro profissional.

O estágio fornece um aprendizado dinâmico e desafiador, onde o estudante é exposto a situações reais. 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. É nesse momento que a teoria, minuciosamente estudada em sala de aula, encontra a prática real do mercado de trabalho, proporcionando uma experiência única e enriquecedora.

O contato com o ambiente profissional permite que o estudante compreenda as demandas do mercado de trabalho, as tendências da área e as expectativas dos empregadores. Essa imersão no mundo corporativo também contribui para a construção de uma rede de contatos profissionais, o que pode ser fundamental para o futuro da carreira.

É importante ressaltar que o estágio não se limita apenas ao desenvolvimento de habilidades técnicas. Ele também contribui para o aprimoramento de competências comportamentais como comunicação, trabalho em equipe, resolução de problemas e adaptabilidade, que são essenciais para o sucesso profissional.

As atividades feitas nesse estágio, objeto deste relatório, foram realizadas na ESC Engenharia, especificamente no setor de Service, o qual se trata de comissionamento de equipamentos e painéis de controle e proteção, sob a supervisão dos gerentes Thisien Gabriel Montes e Hugo Caldas com orientação do professor Célio Anésio da Silva.

Abrangeu desde o manuseio de *softwares* de relés, interpretação dos procedimentos de redes da ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico) em específico o submódulo 2.11 que dita os requisitos mínimos para proteção da rede básica, que são sistemas a partir de 230kV, como também tarefas mais complexas como ajustes da lógica de controle e proteção e identificar erros de projetos SPCS (Sistemas de Proteção, Controle e Supervisão).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAL

O objetivo deste trabalho é relatar as experiências vividas pelo estudante na realização de atividades no setor de Service da empresa ESC Engenharia, no período compreendido de julho a outubro de 2024 com carga horária de 40 horas semanais, totalizando 712 horas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos estabelecidos são:

- Treinamento de Relés de proteção da linha SIPROTEC 5 da Siemens, modelos 7SJ, 7UT e 7SA;
- Treinamento de Relés de proteção e controle SEL, linhas 411, 421, 451, 487, 2440 e aplicação destes em projetos de MPCCSR (Medição, Proteção, Comando, Controle, Supervisão e Regulação);
- Elaboração de bancadas de testes em projetos de MPCCSR;
- Acompanhamento técnico de montagens e configurações de equipamentos de redes em testes de aceitação de fábrica e de campo;

2.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

No segundo capítulo, será apresentado uma descrição detalhada da empresa onde o estágio foi realizado, e todas as suas áreas de atuação no âmbito de projeto de subestações de alta e extra alta tensão.

No terceiro capítulo, será apresentado uma fundamentação teórica, abordando os temas essenciais para o desenvolvimento do trabalho. Com o objetivo de apresentar as etapas de projeto e os conceitos mais importantes no contexto.

No quarto capítulo, serão discutidas as principais atividades executadas pelo estagiário e as habilidades que foram desenvolvidas, assim como as dificuldades 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 ESC - Engenharia de Sistemas de Controle Ltda, foi fundada em 1999 para atender à demanda existente no mercado global de desenvolvimento de Sistemas Digitais voltados para o setor elétrico.

No intuito de fornecer uma melhor solução integrada aos clientes, a ESC Engenharia, ao longo de sua jornada, ampliou sua área de atuação e hoje, com os setores de Projeto Elétrico, Projeto Civil, Projeto Eletromecânico, Sistema Supervisório, Testes de Campo, Estudos Elétricos e Engenharia do Proprietário, oferece soluções, com excelência, nos mais diversos sistemas de automação de energia.

A empresa está situada na cidade de Recife - PE e ao longo de seus 25 anos e com mais de 100 colaboradores, vem contribuindo com o setor elétrico por meio da atuação em mais de 80 parques eólicos, de 150 subestações, de 240 linhas de transmissão e de 160 transformadores.

Figura 1: Logomarca ESC.



Os serviços fornecidos pela ESC podem ser divididos em:

1. Projetos elétricos: os quais englobam projeto básico e executivo de SPCS/MPCC, serviços auxiliares e arquitetura de sistemas digitais. Nos projetos básicos os sistemas de automação e proteção são estabelecidos as diretrizes técnicas, tais como as filosofias de funcionamento dos sistemas, requisitos técnicos mínimos dos equipamentos, padrões de documentações e fluxos de trabalho. O projeto de arquitetura digital é constituído por um *layout* que detalha as interconexões entre

os dispositivos digitais da subestação, ilustrando a topologia de rede através da qual os equipamentos estão conectados entre si, de acordo com as necessidades de cada sistema;

2. Projetos Cíveis: que são bases, canaletas e estruturas, este projeto visa dar ao construtor as condições para locar os eixos da obra, com a disposição das principais bases e estruturas como as caixas separadoras de água-óleo e as paredes corta-fogo, como também tem a terraplanagem, o projeto básico e executivo civil e o projeto arquitetônico e estrutural;
3. Projetos Eletromecânicos: neste âmbito, a empresa presta serviços de projeto de iluminação e instalações elétricas, diagrama unifilar simplificado, dimensionamento de barramentos, detalhes da instalação, arranjo geral do pátio e projeto básico e executivo;
4. Estudos elétricos: dentro do escopo possuem as categorias de estudos de parecer de acesso, de acesso e campanha de medição, de projetos básicos, de coordenação e seletividade da proteção, de curto-circuito e impacto nas proteções;
5. Sistemas Supervisórios: englobam Gateway e concentradores de Dados, suporte remoto à manutenção e instalação de sistemas SCADA(IHM) sistemas supervisórios (IHM), adequação ao submódulo 2.7 – ONS; lista de pontos cliente e ONS;
6. Serviços de Comissionamento: englobam a operação assistida, parametrização de relés, testes de aceitação de fábrica (TAF) e testes de aceitação de campo (TAC);
7. Engenharia do Proprietário: Empresas que decidem investir na área de energia não possuem um time de engenharia especializado para lidar com todas as complexidades desse tipo de empreendimento. Dessa forma, torna-se bastante atrativo terceirizar a sua equipe de engenharia, com um modelo de contratação chamado Engenharia do Proprietário. Nesse modelo de serviço, a gestão de todas as etapas da obra é transferida para uma empresa de engenharia especializada. Ou seja, a ESC se torna parte da sua equipe, atuando como os olhos da empresa contratante em todo o processo.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente capítulo tem como objetivo apresentar a fundamentação teórica que embasa os projetos desenvolvidos durante o estágio, englobando os conhecimentos adquiridos por meio de atividades de treinamento. São apresentados os conceitos básicos do setor elétrico, os quais foram aplicados na análise detalhada e no desenvolvimento dos projetos.

Um Sistema de Controle em uma Subestação é implementado seguindo uma arquitetura hierárquica por níveis:

- Nível 0: equipamentos primários e serviços auxiliares.
- Nível 1: dispositivos de proteção, controle e supervisão. Setor o qual o estágio foi desenvolvido.
- Nível 2: controle centralizado da subestação.
- Nível 3: controle remoto e centros de operação.

4.1 CONTROLE E SUPERVISÃO DE SUBESTAÇÕES

Segundo MOURA, no nível 2 temos o sistema supervisor, que geralmente é implementado usando tecnologia SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*). O sistema supervisor no nível 2 é responsável pela supervisão e controle de subestações individuais. Ele coleta dados em tempo real dos dispositivos e equipamentos da subestação, como medidores, relés de proteção, transformadores, disjuntores, entre outros. Esses dados são exibidos na interface gráfica do sistema supervisor, permitindo que os operadores monitorem o status da subestação, tomem decisões e controlem os equipamentos.

Eles são compostos por *software* e *hardware* que coletam dados de diversos dispositivos e equipamentos presentes na subestação, como disjuntores, transformadores, relés de proteção, medidores de energia, entre outros. Esses sistemas monitoram constantemente os parâmetros elétricos, como tensão, corrente, frequência, além de

outros dados operacionais, como temperatura, pressão e níveis de óleo do transformador. Essas informações são exibidas em uma interface gráfica, permitindo que os operadores visualizem e analisem o status e o desempenho da subestação. Na Figura 2 é mostrado algumas das várias telas que podem ser vistas no sistema supervisorio.

Figura 2 – Curvas de capacidade de gerador calculadas dinamicamente



Fonte: <https://cepel.br/produtos/sage/>

Além do monitoramento, os sistemas supervisorios também oferecem recursos de controle, permitindo que os operadores ajam sobre os equipamentos da subestação de forma remota. Eles podem enviar comandos para abrir ou fechar disjuntores dependendo das necessidades operativas da subestação, ajustar configurações de proteção, regular a tensão, entre outras ações.

Os sistemas supervisorios de subestações desempenham um papel fundamental na operação eficiente e segura do sistema de energia elétrica. Eles auxiliam na detecção de falhas, na manutenção preventiva, no gerenciamento de demanda e na otimização do fluxo de energia.

Além disso, esses sistemas também contribuem para a segurança dos operadores, uma vez que permitem que eles monitorem e controlem a subestação a partir de uma sala de controle remota, reduzindo a exposição a riscos.

No contexto de sistemas supervisorios de subestações elétricas, o nível 2 é referente ao nível hierárquico intermediário de controle e supervisão. É responsável pela

interface entre os níveis inferiores, como os dispositivos de campo e os controladores de automação, e os níveis superiores, como sistemas de gerenciamento de energia.

No nível 3, temos o sistema de gerenciamento de energia, também conhecido como EMS (*Energy Management System*). O EMS opera em um nível mais alto da hierarquia do sistema elétrico e é responsável pelo controle e supervisão de múltiplas subestações, além de outras partes do sistema elétrico, como usinas de geração e sistemas de transmissão.

O EMS coordena o fluxo de energia, realiza a programação de geração, gerencia a demanda de energia e realiza outras funções relacionadas ao gerenciamento global do sistema elétrico. Os dados coletados pelo sistema supervisorio no nível 2 são enviados para o sistema de gerenciamento de energia no nível 3, onde são processados, analisados e utilizados para tomada de decisões em nível global.

Da mesma forma, o sistema de gerenciamento de energia pode enviar comandos e instruções para o sistema supervisorio no nível 2, a fim de controlar os equipamentos e dispositivos da subestação.

4.2 COMISSIONAMENTO N1

Para a instalação de equipamentos em subestação é imprescindível testes após a construção e instalação em campo. Para inserção de um novo *bay*, termo que caracteriza um vão na subestação, é necessário IEDs (*Intelligent electronics device*) para controle e proteção, estes são os relés digitais, que após concepção de projeto e montagem dos painéis são realizados testes para averiguação da correta montagem.

Cada evento tem IEDs em um ou mais painéis de acordo com o projeto, como exemplo as redes básicas são regidas pelos procedimentos de redes da ONS que exigem redundância de proteção utilizando assim dois relés um para proteção principal e outro para alternada e um para controle dos equipamentos e dependendo do evento um dispositivo para registro de perturbações. Os relés de proteção, segundo o padrão da CHESF são alocados em painéis distintos para maior segurança.

Com a montagem dos painéis são realizados pré-testes de aceitação de fábrica, chamado de Pré-TAF, estes são essenciais para verificação da parametrização feita no relé, com testes de lógica e da sinalização dos sinais da entrada, as BIs (*Binary input*) que

são acionadas por potencial e sinais de saída, as BOs (*Binary output*) que são contatos de saída podendo ser secos (sem potencial) ou com potencial.

No Pré-TAF, geralmente é um período de tempo para execução maior que o TAF, por ser utilizado para retirar erros de montagem de painel, como interligação de bornes, erros e otimização da parametrização dos IEDs, com testes de lógica para verificar toda a parametrização e testes das proteções.

No TAF, são retestados todas as lógicas com presença de um fiscal designado pelo cliente e há mais discussões sobre a filosofia de proteção, e muitas vezes é necessário fazer alterações de projeto para atender a filosofia exigida.

O TAC engloba aspectos mais rígidos de teste, por ocorrer na subestação, logo o nível de responsabilidade e segurança aumentam. Nesta etapa o painel já estará instalado, cabeado e conectado com os equipamentos e demais painéis previstos em projeto, essas conexões são revisadas e conferidas com medição de potencial/continuidade.

Nessa etapa de comissionamento faz-se o planejamento executivo em três partes, energização CC e CA, este corresponde a conexão às duas fontes CC para redundância da alimentação dos painéis e a fonte CA que podem ser derivadas de outros painéis fazendo uma interligação entre vários painéis existentes ou direto da um circuito de fonte CC.

A segunda parte da execução é o comissionamento N1, este engloba todos os testes de BIs e BOs dos IEDs, testes de lógica com os equipamentos que envolvem o evento, isolando-o de todo o resto da subestação para evitar de envio de sinais que possam comprometer a operação, como TRIP. Além de testes com transformadores de instrumentos que fazem parte do evento.

A última etapa do planejamento executivo é integração, a qual o evento é conectado aos demais vãos a qual recebe ou envia informações por sinais elétricos. Neste ponto são conferidos minuciosamente todos os cabos de conexão com medição de continuidade, isolando de envio de sinais indevidos. As lógicas que fazem interface entre vão são comandos de TRIP, atuação de esquema de 50BF (Esquema da falha de disjuntor), atuação do bloqueio de disjuntor e rearme de bloqueio. São injetados sinais analógicos no circuito dos transformadores de instrumentos que fazem conexão com o vão, mas não fazem parte necessariamente do evento.

5 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Inicialmente, foi feita a integração com a empresa, de forma que foi apresentada todo a trajetória da empresa desde a fundação. Na primeira semana foram passados para estudo o Submódulo 2.11 dos Procedimentos de Rede, regras impostas pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), as quais para as atividades de coordenação e controle da operação da geração e da transmissão de energia elétrica integrantes do Sistema Interligado Nacional (SIN), esse procedimento em específico diz respeito a Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção.

O contato com o procedimento de rede, o qual refere-se a sistemas com níveis de tensão igual ou superior a 230kV, apresenta filosofias básicas de proteção que não são de tão fácil compreensão. Após contato com projetos, e participação de alguns testes com IEDs, e com a explicação de trechos desta norma pelo supervisor de estágio, Thisien Montes, o procedimento foi mais absorvido.

Estava em execução testes de aceitação de fábrica (TAF) de dois projetos simultaneamente, na fábrica de montagem de painéis na zona metropolitana de Recife-PE. Na segunda semana de estágio foi realizada uma atividade de acompanhamento que será descrita nas seções a seguir:

5.1 TAF PROJETO 1

Neste projeto, estavam sendo comissionados cinco cubículos de 34,5kV, um para atender um sistema híbrido de armazenamento de energia por baterias (SAEB), um cubículos são conectados a sistemas de aerogeradores, um para sistema de geração de energia fotovoltaica, um para uma carga RLC e outro como cubículo atuará como proteção geral do sistema. A Figura 3 representa o cubículo 5, todos possuíam o mesmo *layout* de montagem, apenas o cubículo 1, de possuíam TPs, e o sinal desses era conectados nos demais.

Figura 3 – Foto do Cubículo 5



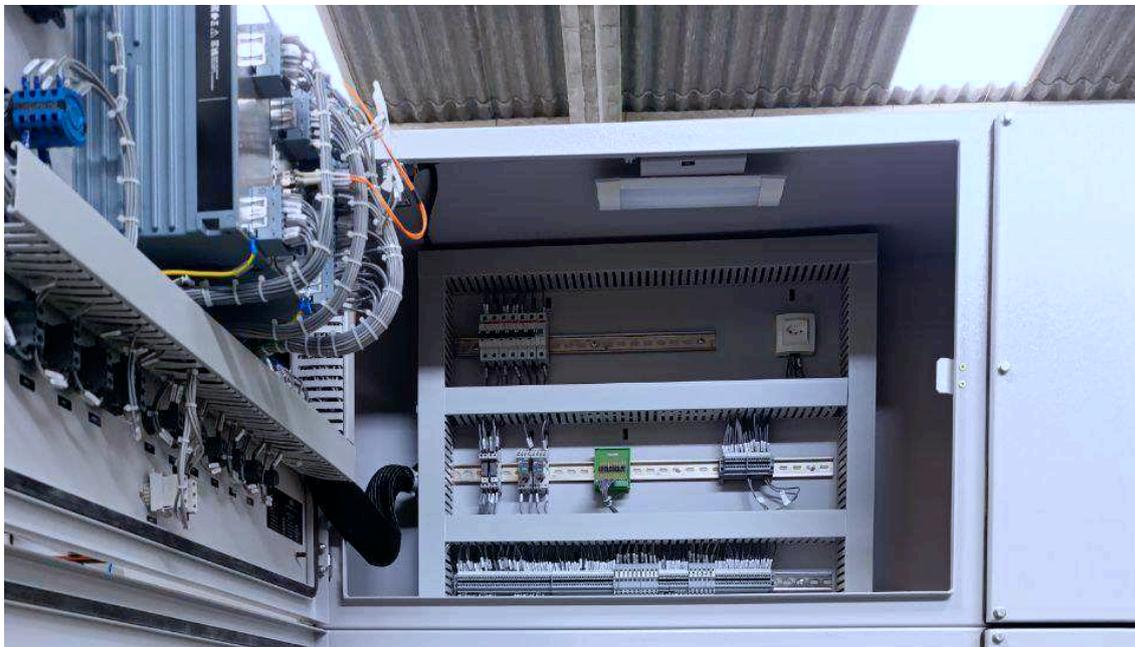
Fonte: O próprio autor.

No TAF, o cliente acompanha todos os testes, sendo verificado todos os caminhos do projeto, com testes de continuidade e potencial, à medida que o projeto funcional é testado utiliza-se lápis marca texto amarelo para marcação do trecho testado. Durante os testes, o projeto está sujeito a alterações, que são provenientes de desvios técnicos em projetos, ou por sugestões do próprio cliente no momento dos testes. Quando isso acontece, é marcado no projeto, com verde a parte que será retirada e vermelho a nova, isto é chamado realizado verde-vermelho no caderno com a finalização dos testes, são tiradas fotos dos cadernos de lógicas para que o projetista atualize e no momento do TAC esteja de acordo.

Os testes realizados são:

1. Medição de Potencial em toda régua de bornes, acionando um disjuntor por vez, para verificar mistura de potencial;
2. Continuidade dos circuitos;
3. Verificação dos cabos dos TC's e TP's até as chaves de aferição.

Figura 4 – Foto do interior do Cubículo 2



Fonte: O próprio autor.

Figura 5 – Foto do interior do Cubículo 4



Fonte: O próprio autor.

Após os testes construtivos, são realizados os testes de lógicas, com os intertravamentos da chave seccionadora e bloqueio do disjuntor, como os sinais que os IED's recebem por sinal elétrico BI, e as saídas de lógicas quando acionam as BO.

O passo seguinte é injetar sinais analógicos de tensão e corrente para teste das proteções parametrizadas, com aferição de tempo para confirmação. Os ajustes de proteção são fornecidos pela ordem de ajuste através do estudo feito que foi realizado pela ESC.

O sistema supervisório foi o ELIPSE, *software* de alto valor aquisitivo, possui todo a interface gráfica da configuração do sistema, mostrando o diagrama unifilar da subestação, tela de alarmes e histórico de manobras realizadas e sinais TRIP dos disjuntores e o indicativo das proteções que atuaram. O supervisório precisa ser o mais claro e objetivo possível para utilização do operador, sendo necessário aparecer em tela os pontos obrigatórios de alarme e urgência exigidos pelo cliente.

À medida que os testes são realizados é elaborado uma lista de pendências para que os eletricitas montadores resolvam. Grande parte das pendências do projeto em questão foram colocar plaquetas de identificação nos dispositivos dos painéis, e anilhas nos cabos que foram alterados. Outro ponto também é ajustar a lista de materiais, visto que durante montagem são alterados fabricantes dos modelos descritos em projetos.

5.2 TAF PROJETO 2

Durante a realização do TAF do projeto citado no capítulo anterior, estava sendo realizado em paralelo o Pré-TAF de painéis referentes a novos vãos para transformador de aterramento, transformador e disjuntor de transferência.

Dentre os citados, o trafo-terra precisava ser instalado em campo mais rápido, então foi feito o TAF deste painel primeiro, momento este que conta com a participação do discente, juntamente com um gerente do setor, Hugo. Mais uma vez foram realizados a medição dos potenciais, com acionamento dos disjuntores individualmente averiguando o não cruzamento dos potenciais entre os circuitos.

Figura 6 – Sala de testes com painéis do Transformador, Trafo-Terra e Delta

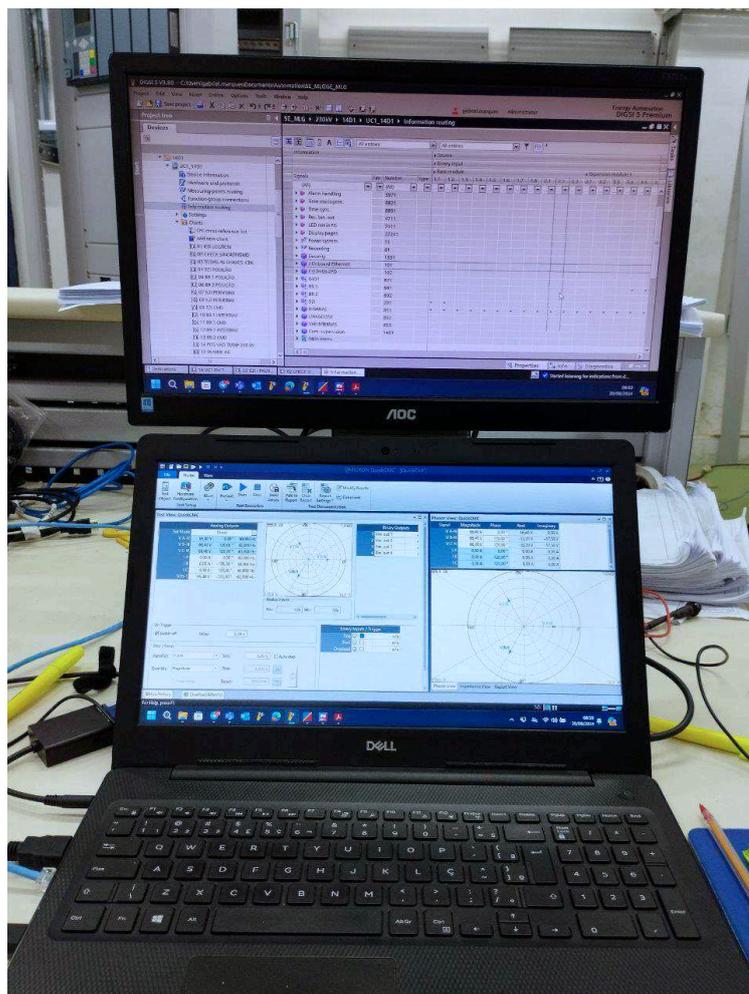


Fonte: O próprio autor

Em sequência, foi testado a lógica, não há comando de disjuntor nesse evento, logo a lógica engloba apenas os intertravamentos e bloqueio de manobra da seccionadora que conecta o transformador de aterramento ao barramento. Na subestação, existem vãos com relés digitais e eletromecânicos, ou seja, os sinais de lógica devem ser enviados fisicamente por meio de contatos de relés auxiliares, então muitos sinais de outros vãos são enviados com contatos normalmente aberto (NA) e normalmente fechado (NF). Há contatos de interface entre painéis para comunicação com outros painéis para execução de lógicas, são de grande importância, visto que a comunicação entre os vãos eletromecânicos utiliza contatos de interface. Uma vez que digitais, a comunicação é feita por fibra óptica, por outros protocolos de comunicação.

Na Figura 7, mostra as telas da bancada de teste para controle da injeção de grandezas analógicas com a mala OMICRON representada na tela do *notebook*, a tela superior é *software* DIGSI, do fabricante Siemens que em paralelo era feitos ajustes de lógica e/ou ativação e desativação das funções de proteção.

Figura 7 – Tela de testes.



Fonte: O próprio autor

No Pós-TAF são elaboradas a lista de pendências, a ata dos colaboradores, e uma lista detalhada de todos os arquivos que devem ser enviados para o cliente, com cadernos marcados de verde e vermelho, backup de parametrização, relatórios dos testes da mala de testes, como as oscilografias e Log (registros do histórico do relé) registrados.

5.3 PRÉ-TAF PROJETO 3

Com a conclusão do projeto anterior, foi prosseguido o pré-TAF dos demais painéis, para o transformador e do *bay* de transferência (chamado de delta). Para o transformador, são necessários dois painéis, um IED para proteção principal e outra para proteção alternada. Um painel contém dois IEDs, um de proteção e outra de controle para

o lado de alta (230kV), o segundo painel (69kV) contém três, um para proteção, um de controle e o registrador digital de perturbações (RDP).

Figura 8 – Bancada de Testes.



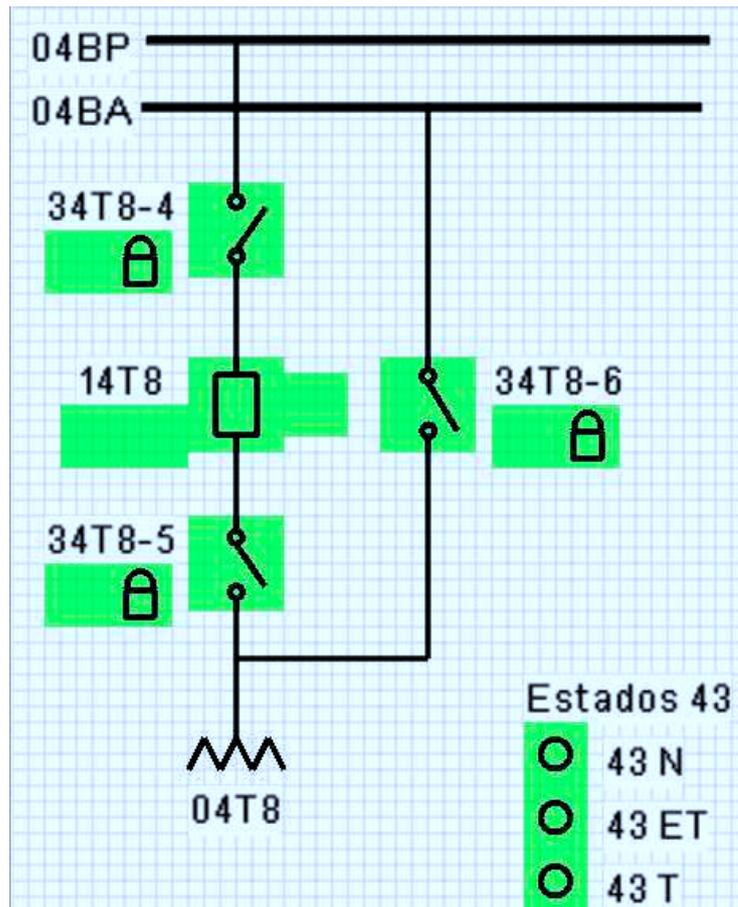
Fonte: O próprio autor

O maior desafio desse projeto foi realizar a parametrização das unidades de controle, por meu curto tempo na empresa, e meu contato com o *software* dos relés da SIMENS® o DIGSI ter sido apenas observando meus colegas de nos projetos anteriores.

Esse pode ser considerado um dos *softwares* mais completos de utilização, possui uma interface complexa, mas intuitiva. O espaço para montar as lógicas é disponibilizado portas lógicas, como FLIP FLOPs, ANDs, ORs, TIMERS, entre outras são montadas as condições de proteção, comandos, sinalização e controle. A Figura 10 abaixo representa uma folha de lógica de controle para identificar o estado da chave 43, que segundo a tabela ANSI, corresponde a chave de seleção.

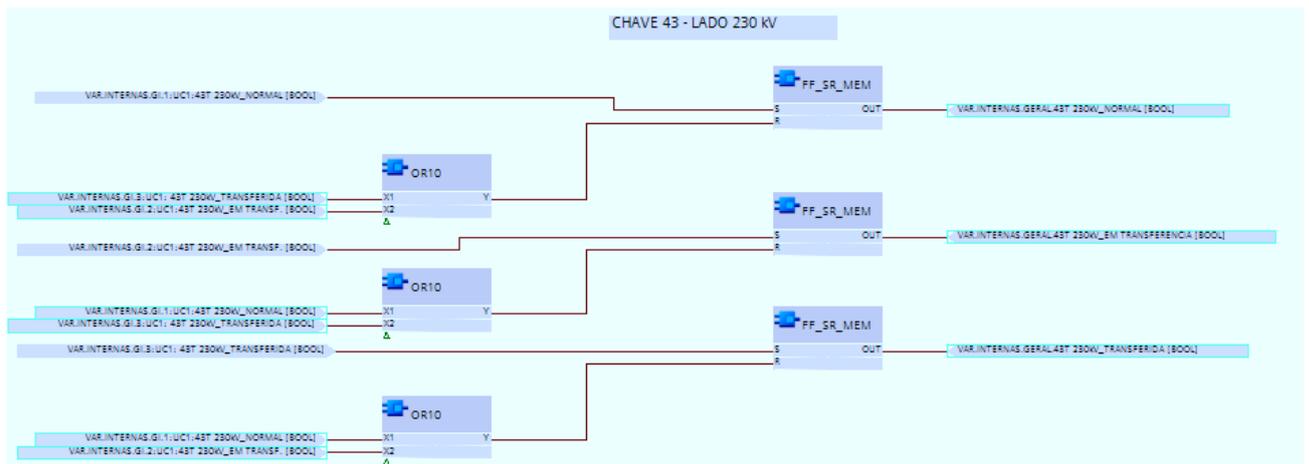
Com essa lógica, é possível ativar variáveis criadas para as situações de chave em Normal, que representa com chaves 4 e 5 fechadas, e a 6 aberta. Em transferência, a chave 6 está fechada também, e o estado de transferida apenas a chave 6 está fechada, nessa condição o disjuntor de transferência é utilizado para realizar a proteção. O diagrama unificar do *bay* é mostrado na Figura 9, abaixo.

Figura 9 – Diagrama unifilar da tela do IED de controle



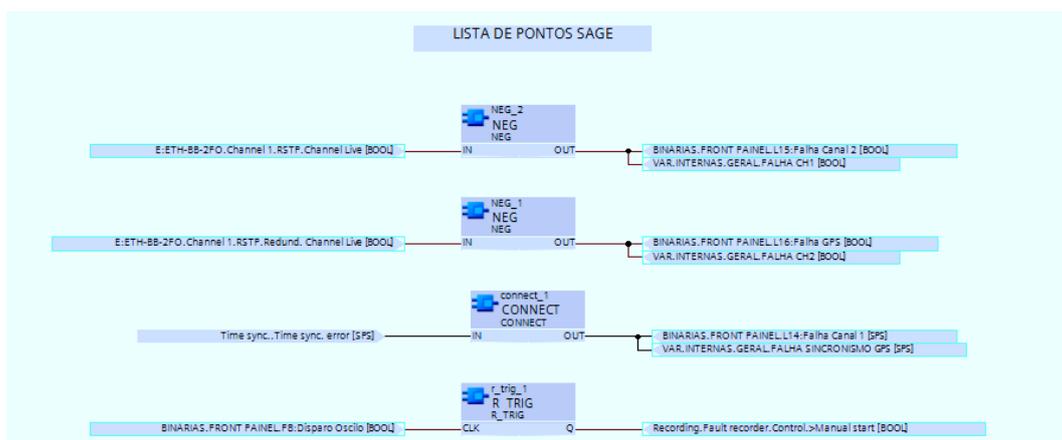
Fonte: O próprio autor.

Figura 10 – Chart de Controle



Fonte: O próprio autor.

Figura 11 – Chart de Sinalização



Fonte: O próprio autor.

Durante os ajustes de testes lógica e com permanência de erros a opção seguinte é conferir a “giga” termo utilizado para um painel de testes com chaves de duas posições para acionamento/simulação das BIs mostrado na Figura 12. Os problemas de “giga” englobam erros de montagem feitos por eletricitistas, nesse caso seriam o nível zero, como conexão em um borne errado, muitos erros de paralaxe acontecem, devido ao tamanho das régua de bornes, como representado na figura abaixo.

Figura 12 – Painel de Giga para os painéis do transformador



Fonte: O próprio autor.

Figura 13 – Régua de bornes do painel do *bay* de transferência.



Fonte: O próprio autor.

Quando os painéis que são conectados em projetos estão presentes para o mesmo TAF ou Pré-TAF, as interligações são feitas na fábrica também para melhor teste da lógica e comunicação, assim como a arquitetura de rede para troca de informações.

Para o *bay* de transferência, a comunicação digital era feita apenas com os painéis desse projeto, o transformador e o trafo-terra, com os demais painéis a comunicação foi realizada por contatos auxiliares dos relés, como por exemplo, se algum painel não digital atuar um relé de bloqueio (86), esse relé utiliza um dos contatos NA para energizar a bobina do relé 86 no painel do delta.

Com as conexões de interface todas testadas, é necessário subir as indicações de proteções para o sistema supervisor, assim conecta-se ao painel a mala de testes polifásica para injeção de corrente e tensão. A Figura 14 representa a como a mala estava conectada no painel.

Figura 14 – Mala de testes polifásica conectada no painel



Fonte: O próprio autor.

5.4 ACOMPANHAMENTO DE DESENERGIZAÇÃO/ ENERGIZAÇÃO DE SUBESTAÇÃO 230/6.6KV DE FÁBRICA

Uma fábrica, faz parada anual da fábrica para manutenções preventivas, como por exemplo a limpeza de isoladores, buchas dos transformadores e invólucros de cerâmica. A alimentação é composta por duas subestações, uma de seccionamento, localizado mais afastado da fábrica, e uma de transformação mais central na fábrica. Conta com dois transformadores, de 20 e 25 MVA, de configuração que qualquer um dos transformadores consegue suprir a carga, por ter um fator de sobrecarga previsto já.

Figura 15 – Transformador da subestação Transformação



Fonte: O próprio autor.

A atividade realizada foi, está para apoio durante a desenergização e energização, fazer as leituras de oscilografias e Logs e salvar o backup dos relés existentes. Os relés são da Schweitzer Engineering Laboratories (SEL) contendo os modelos 411, 487E e 751, para proteção diferencial de corrente de linhas e recursos de proteção de distância, o segundo para diferencial de alta velocidade para transformadores diferencial e por último para os alimentadores que possuíam outros relés em séries para ramais menores.

Figura 16 – Acesso à máquina de engenharia



Fonte: O próprio autor.

A alimentação das máquinas era em 6.600 V, uma tensão alta de alimentação garante menores correntes, e conseqüentemente menos cobre para construção. A título de curiosidade, o maior moinho, quando energizado atingiu uma corrente maior que 700 amperes.

Figura 17 – Sala de painéis da Subestação Transformação



Fonte: O próprio autor.

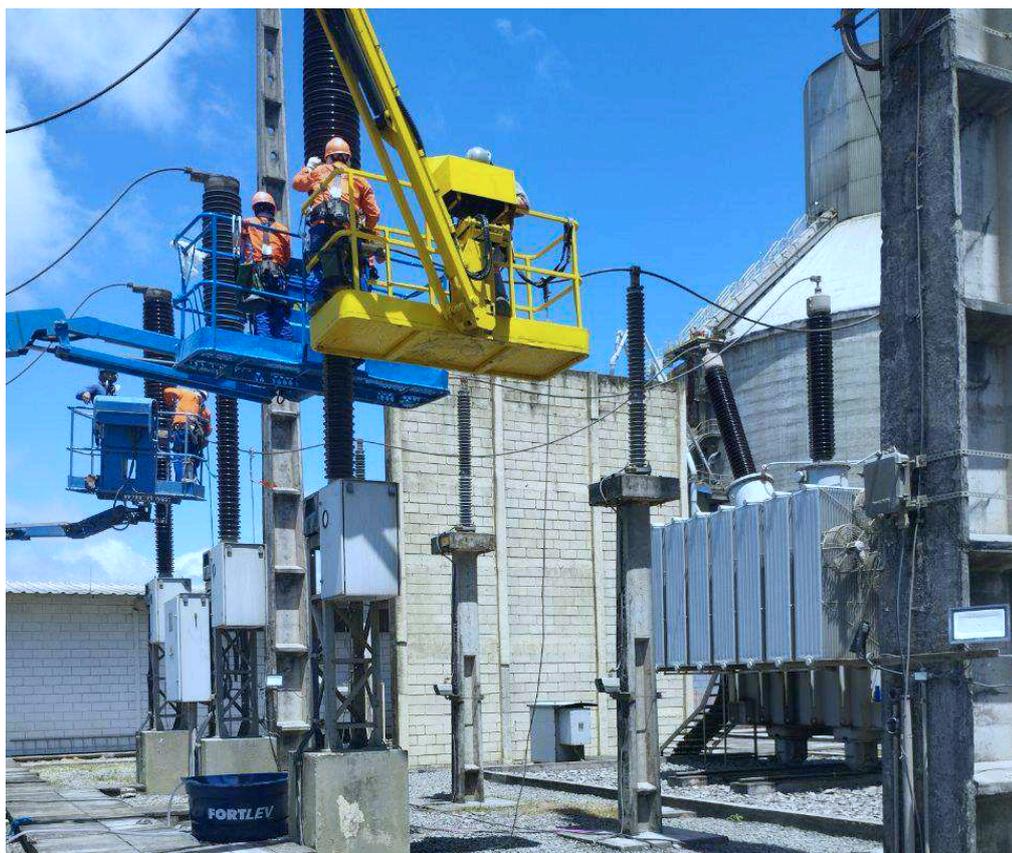
As manobras feitas para o desligamento na Subestação Seccionamento foram:

1. Abertura do disjuntor;
2. Abertura das chaves seccionadoras;
3. Fechamento da chave terra.

A chave terra, equipamento que é utilizado com a finalidade de aterrar a extremidade de uma linha de transmissão a fim de evitar induções eletromagnéticas e possíveis tensões induzidas. A intervenção foi realizada somente após a abertura do terminal remoto (outra extremidade da linha) e fechamento da chave terra. A concessionária de energia que solicitou essa manobra por motivos de manutenção no *bay* remoto.

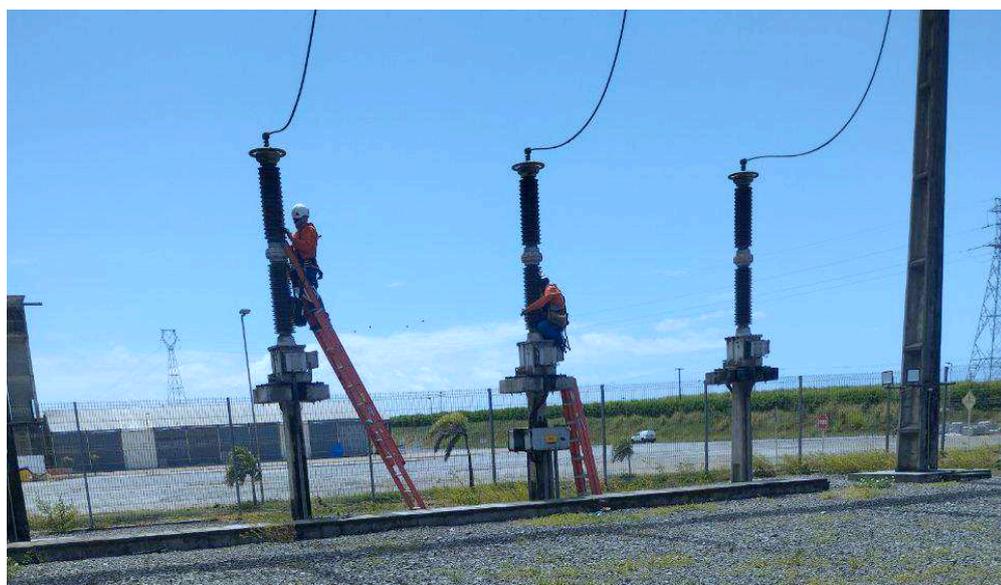
Abaixo segue as figuras da limpeza da subestação de Transformação.

Figura 18 – Execução de limpeza em disjuntores monopolares 230kV.



Fonte: O próprio autor.

Figura 19 – Execução de limpeza em TPs de barra 230kV.



Fonte: O próprio autor.

5.5 VISITA À SUBESTAÇÃO PARA INVESTIGAÇÃO DE HISTÓRICO DE ATUAÇÃO

Foi solicitado uma visita para investigação da atuação indevida do ponto baixa pressão do SF6 da câmara do disjuntor que fez atuar o esquema de falha de disjuntor (50BF) e abriu todos os disjuntores fechados da barra da subestação. Então foi solicitado que fossemos obter as oscilografias e logs dos relés de proteção para compreender melhor.

Os relés do *bay* era na Schineider Electric, da linha MICOM P145 na proteção e C264 para controle. No painel de interface da agente há um relé ABB. O discente em visitas fora da empresa cumpria função de apoio aos técnicos e engenheiros da empresa que estavam no local.

Figura 20 – Contato com o relé MICOM P145 para identificação de alarmes.



Fonte: O próprio autor.

Figura 21 – Conexão com relé MICOM P145 via cabo serial.



Fonte: O próprio autor.

5.6 PARAMETRIZAÇÃO DE RELÉS DA LINHA SEL-411L

Foi realizado a parametrização de 4 relés da linha SEL-411L, para três *bay* de linhas e um *bay* de transferência de uma subestação nova. Foi meu primeiro contato com a elaboração da lógica do *software* AcSELaretor Quickset, que diferente do DIGSI da SIMENS, é bem mais simples, os pontos nativos das lógicas como os estados consistidos das chaves seccionadoras não são encontrados no *software*, dessa forma essa parametrização necessitou ser acompanhada com a leitura do manual em paralelo.

A manual é indispensável até em momentos durante os testes TAF e TAC, no manual da SEL(SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES) é mostrado as lógicas internas de controle e proteção, assim podemos atribuir valores a entradas das lógicas e utilizar a saída para o resultado. As entradas e saídas são utilizados *Relay Words Bit*, são siglas que caracterizam os pontos, como mostrado na figura abaixo.

Figura 22 – Tabela de *Relay Word Bits*.

Name	Bit Description	Row
27APO	A-Phase undervoltage, pole open	81
27AWI	A-Phase undervoltage condition	58
27B81	Undervoltage supervision for frequency elements	394
27BPO	B-Phase undervoltage, pole open	81
27BWI	B-Phase undervoltage condition	58
27CPO	C-Phase undervoltage, pole open	82
27CWI	C-Phase undervoltage condition	58
27TC1–27TC6	Undervoltage Elements 1–6 torque control asserted.	231
2POBK1	Two poles open Circuit Breaker 1	45
2POBK2	Two poles open Circuit Breaker 2	45
32GF	Forward ground directional element	27
32GR	Reverse ground directional element	27
32IE	32I internal enable	26

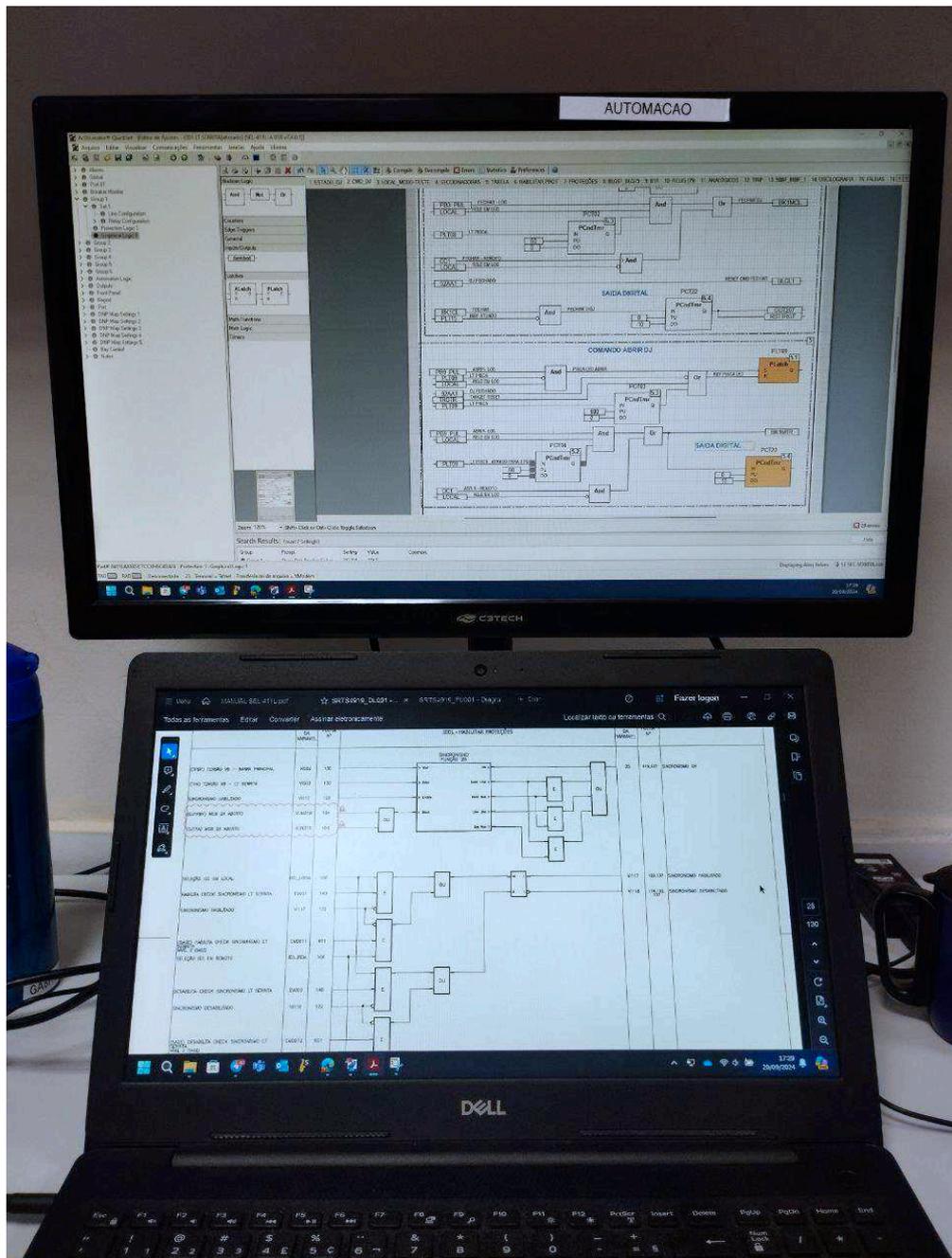
Fonte: O próprio autor.

Figura 23 – Conexão do relé de teste na bancada do laboratório da ESC.



Fonte: O próprio autor.

Figura 24 – Configuração de lógica no AcSELaretor Quickset.



Fonte: O próprio autor.

5.7 TREINAMENTO DE INTERPRETAÇÃO DE OSCIOGRAFIAS

Durante o estágio foi realizado pelo setor de estudos com o intuito de ensinar os detalhes que estão por trás de uma boa aquisição de dados para análise de perturbações. O treinamento engloba a os tipos de conexões existentes de transformadores de

instrumentos e erros que são comumente cometidos em campo, a revisão dos tipos de faltas e comportamento das componentes simétricas.

Foram apresentados os tipos de *softwares* mais utilizados no mercado para análise como também os de simulação que geram arquivos de oscilografias para análise de transitórios.

O IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) normatizou um padrão para arquivos de registros de perturbações e ocorrências o COMTRADE (*Common Format for Transient Data Exchange*), representa uma importante norma IEEE, codificada sob o número C37.111, que estabelece padrões para a formatação de arquivos contendo dados de eventos transientes. Estes dados podem ser oriundos tanto do sistema elétrico real quanto de modelos de sistemas elétricos simulados. A norma visa facilitar a interpretação e o compartilhamento de informações cruciais entre diferentes plataformas e dispositivos. Foi ensinado a manipulação dos arquivos para utilização mais dinâmica e aberta no Excel também (IEEE std C37.111).

Ao final foram apresentados mais de 15 casos de oscilografias reais de registros de perturbações para discussão, englobando vários projetos já executados pela empresa.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com esse relatório foi relatado as principais atividades realizadas durante o estágio do discente na disciplina de estágio integrado, como componente obrigatória como conclusão da graduação de engenharia elétrica. Realizado no setor de Comissionamento da empresa ESC Engenharia na cidade de Recife-PE.

O desafio enfrentado para o deslocamento e alocação na cidade foi facilitada pela existência de outros alunos do curso também estagiando na cidade que forneceram apoio durante todo o período, sem isso a possibilidade de estagiar em outra cidade iria ser muito baixa por motivos do custo de vida da capital pernambucana serem mais elevados.

Os primeiros contatos com as atividades demandaram habilidades que não foram adquiridas apenas no curso, como a manipulação de ferramentas para conexão de bornes, montagem de bancadas de testes e habilidades com o ferro de solda.

Os conhecimentos sobre o funcionamento da subestação foram expandidos após o entendimento de sistema SCADA que controlam e supervisionam, de IEDs utilizados para proteção, comando e controles, os protocolos de comunicação em esquemas de arquitetura digital para conexão entre IEDs e sistema SCADA. As visitas em subestações foram imprescindíveis para concretização dos conceitos de configurações de barramentos de subestações.

As disciplinas do curso que foram essenciais para está mais preparado para esse estágio foram equipamentos elétricos, proteção de sistemas elétricos, técnicas de medição, instalações elétricas, circuitos elétricos II, sistemas elétricos e análise de sistemas elétricos e análise de sistemas e sinais. A área de comissionamento abrange muitas áreas do conhecimento para que seja possível solução de problemas rápida.

REFERÊNCIAS

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

SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES. **SEL-411L Advanced Line Differential Protection, Automation, and Control System**. Schweitzer Engineering Laboratories, 2016-2024. p 1682.

MOURA, Cleidson. **Sistemas Supervisórios em Subestações**. 24 de maio de 2023. LinkedIn: Cleidson Moura. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/sistemas-supervis%C3%B3rios-em-subesta%C3%A7%C3%B5es-cleidson-moura/>

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Submódulo 2.11: Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção**. Rio de Janeiro: ONS, 2021.

IEEE std C37.111. **Measuring relays and protection equipment – Part 24: Common format for transient data exchange (COMTRADE) for power systems**. Proceedings of the IEEE, 2013