



**Universidade Federal de Campina Grande**

**Centro de Engenharia Elétrica e Informática**

**Curso de Graduação em Engenharia Elétrica**

**DIEGO SOARES LOPES**

**ESTÁGIO INTEGRADO NA AGAM EMPREENDIMENTOS**

**Campina Grande, Paraíba**

**Dezembro de 2011**

**DIEGO SOARES LOPES**

## **ESTÁGIO INTEGRADO NA AGAM EMPREENDIMENTOS**

*Relatório de Estágio Integrado submetido à  
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da  
Universidade Federal de Campina Grande  
como parte dos requisitos necessários para a  
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no  
Domínio da Engenharia Elétrica.*

**Área de Concentração: Processamento de Energia**

**Orientador:**

**Francisco das Chagas Fernandes Guerra, Doutor**

**Campina Grande, Paraíba  
Dezembro de 2011**

**DIEGO SOARES LOPES**

## **ESTÁGIO INTEGRADO NA AGAM EMPREENDIMENTOS**

*Relatório de Estágio Integrado submetido à  
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da  
Universidade Federal de Campina Grande  
como parte dos requisitos necessários para a  
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no  
Domínio da Engenharia Elétrica.*

**Área de Concentração: Processamento de Energia**

**Aprovado em        /        /**

**Professor Avaliador  
Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador**

**Francisco das Chagas Fernandes Guerra, Doutor  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador, UFCG**

Dedico este trabalho a todos aqueles que tornaram possível essa conquista, Deus primeiramente, familiares, amigos e professores.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, não importando de qual religião ele seja que me deu o dom da vida e a capacidade de perseverar conseguindo assim percorrer o longo caminho em busca do título de bacharel em engenharia elétrica.

Agradeço também à minha mãe, Arlene, que se esforçou sozinha na criação de sua família, que me deu forças pra continuar a estudar, que nas madrugadas de estudo me apoiou, enfim por tudo que ela fez e representou na minha vida e nessa conquista.

Agradeço também a toda minha família, em especial ao meu irmão Thiago, que sempre esteve presente nos momentos sejam eles bons ou ruins pelos quais passei e a meu tio José Aderaldo que me deu a oportunidade de estagiar nessa empresa e o suporte necessário para que isso fosse possível.

Agradeço a Universidade Federal de Campina Grande e ao professor Francisco das Chagas, por me orientarem e me moldarem para melhor servir a sociedade com os conhecimentos adquiridos ao longo do curso e na elaboração deste trabalho.

Agradeço também a todos da AGAM empreendimentos que como meus orientadores sempre estavam dispostos a me ajudarem em qualquer dificuldade que eu encontrasse ao longo do estágio.

E por fim agradeço a todos os amigos, principalmente aqueles que , assim como eu, ficaram noites sem dormir, finais de semana sem diversão e muitas outras privações em busca do conhecimento para melhorar a humanidade.

*“A alegria está na luta, na tentativa,  
no sofrimento envolvido e não na  
vitória propriamente dita.”*

Mahatma Gandhi.

## RESUMO

Este documento tem como finalidade relatar a experiência de estágio integrado na AGAM empreendimentos uma empresa que realiza projetos de *mpccs* (medição, proteção, controle, comando e supervisão) de subestações elétricas para a CHESF (Companhia Hidroelétrica do São Francisco). Nele consta histórico da empresa, seus princípios, quando surgiu, projetos envolvidos dentre outras características, as atividades realizadas pelo estagiário, assuntos que foram estudados para treinamento do estagiário, projeto realizados e quais as capacidades do mesmo ao final do estágio.

**Palavras-chave:** Estágio, trabalho, AGAM, *mpccs*.

## ABSTRACT

This document aims to report the integrated stage experience at AGAM a company that makes enterprise *mpccs*' (measurement, protection, control, command and control) projects of electrical substations to CHESF (Hydroelectric Company of San Francisco). In this document are included the company history, its principles, when it appeared, among other characteristics, projects and activities performed by the trainee, aspects of *mpccs* that were studied by the trainee, project carried out and what the capabilities developed for him at end of the stage.

**Keywords:** Stage, work, AGAM, *mpccs*.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Logotipo da empresa AGAM .....	14
Figura 2 Esquema básico de um TC .....	19
Figura 3 Esquema básico de um TP .....	22
Figura 4 Planta situacional de uma subestação de 230 kV .....	25
Figura 5 Arranjo barra principal e transferência .....	27
Figura 6 Arranjo em barra dupla .....	29
Figura 7 Lista de etiquetas LT LANXESS painel 15F .....	33
Figura 8 Lista de materiais LT LANXESS painel 15F .....	34
Figura 9 Planta baixa da sala de operação de pirapama II .....	34
Figura 10 Lista de cabos LT LANXESS .....	35
Figura 11 Diagrama unifilar da LT02C9 – ARAPIRACA .....	37
Figura 12 Diagrama trifilar da LT02C9 – ARAPIRACA .....	38
Figura 13 Distribuição de potencial dos potenciais P1Q e N1Q da LT02C9 – ARAPIRACA .....	38
Figura 14 Esquema elétrico de lógica das seccionadoras da LT02C9 – ARAPIRACA .....	39
Figura 15 Exemplo de diagrama lógico da LT02C9 – ARAPIRACA .....	40
Figura 16 Circuito interno do disjuntor utilizado na LT02C9 – ARAPIRACA .....	40
Figura 17 Programação das chaves utilizadas na LT02C9 – ARAPIRACA .....	41
Figura 18 Quadro sinótico do painel do vão Q da LT02C9 – ARAPIRACA .....	41
Figura 19 Exemplo de fiação do CH1 da LT02C9 – ARAPIRACA .....	42
Figura 20 "Rasgos" que devem ser efetuados no painel CH1 da LT02C9 – ARAPIRACA .....	43
Figura 21 Interligação do armário do disjuntor da LT02C9 – ARAPIRACA .....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Classes de exatidão dos TC's .....	20
Tabela 2 Carga nominal EB-251.2.....	21
Tabela 3 Designação da carga nominal TP.....	23
Tabela 4 Principais códigos NEMA utilizados neste documento .....	30
Tabela 5 Tipos de etiquetas.....	32

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	– Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANSI	– Instituto Nacional Americano de Padrões <i>American National Standards Institute</i>
CHESF	– Companhia Hidroelétrica do São Francisco
CIEE	– Centro de Integração Empresa-Escola
IEEE	– Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IEL	– Instituto Euvaldo Lodi
NEMA	– Associação Nacional de fabricantes elétricos <i>National Electrical Manufacturers Association</i>
NIEE	– Núcleo de Integração Empresa-Escola
UFCG	– Universidade Federal de Campina Grande

# SUMÁRIO

1	Introdução .....	13
2	A Empresa .....	14
2.1	Atividades realizadas pela AGAM.....	14
2.1.1	Projetos básicos e executivos .....	14
2.1.2	Estudos especiais, assessoria e consultoria.....	15
2.1.3	Gerenciamento técnico da aquisição de máquinas e equipamentos.....	16
2.1.4	Gerenciamento e fiscalização de obras de construção.....	16
2.1.5	Comissionamento (entrada em operação).....	16
2.1.6	Cadastro e levantamento de instalações com atualização de desenhos e documentação técnica .....	16
2.1.7	Instalação e montagem eletromecânica .....	17
2.1.8	Manutenção .....	17
2.1.9	Processamento de dados.....	18
2.1.10	Construção civil.....	19
3	Embasamento Teórico .....	19
3.1	Transformador de corrente .....	19
3.1.1	Princípios fundamentais .....	19
3.1.2	Principais características elétricas dos TC's.....	20
3.1.3	Designação normativa dos TC's.....	21
3.2	Transformador de potencial.....	22
3.2.1	Princípios fundamentais .....	22
3.2.2	Principais características elétricas dos TP's .....	22
3.2.3	Designação normativa dos TP's e os grupos de ligação.....	23
3.3	Conhecimento sobre subestações .....	24
3.3.1	Infra-estrutura de uma subestação .....	24
3.3.2	Funções de uma subestação.....	25
3.3.3	Arranjos dos barramentos de uma subestação .....	26
3.4	Padrão NEMA .....	29
4	Atividades Realizadas.....	31
4.1	Estudo da teoria envolvida no projeto de <i>mpccs</i> .....	31
4.2	Auxílio em projeto de subestação.....	32
4.3	Projeto de uma linha de subestação fictícia.....	35
4.3.1	Diagrama funcional .....	37
4.3.2	Diagrama de fiação.....	42
4.3.3	Diagrama de interligação.....	43
5	Conclusão .....	45
	Bibliografia .....	46
	ANEXO A – Memória de Cálculo.....	47

# 1 INTRODUÇÃO

Neste relatório é apresentada a experiência do aluno Diego Soares Lopes, do curso de graduação em engenharia elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) no cumprimento do seu estágio integrado, que teve duração de primeiro de Agosto de dois mil e onze até o dia trinta de novembro de dois mil e onze em um total de 660h.

O Estágio Integrado tem como objetivo integrar o saber acadêmico à prática profissional, incentivando o reconhecimento de habilidades e competências adquiridas dentro e fora do ambiente escolar, permitindo ao aluno adquirir consciência do seu perfil e que possa reconhecer necessidade de retificação de aprendizagem nos conteúdos dos componentes curriculares cursados.

O Estágio Integrado poderá ser remunerado ou não remunerado e se realizar sob a forma de consultoria técnica projetual, através de termo de compromisso ou nas dependências da empresa, mediante contrato de estágio através de órgão credenciado como IEL, NIEE e CIEE, no nosso caso a realização se deu de através do termo de compromisso que segue como anexo deste trabalho.

O objetivo deste documento é deixar registrado o conhecimento obtido e as experiências de trabalho realizadas pelo estagiando, sejam elas no âmbito de relacionamento profissional através de desenvolvimento de projetos, visitas técnicas dentre outros ou no âmbito acadêmico através de estudos realizados para melhor exercer a sua função dentro da empresa.

## 2 A EMPRESA

Com sede em Pernambuco, a empresa AGAM tem desenvolvido trabalhos nos diversos Estados do Nordeste, atuando sob o moderno conceito de empresa de engenharia integrada.

Tendo suas atividades iniciadas em 1985, a AGAM acumula vasta experiência no ramo, resultado da formação e do elevado nível de desempenho dos seus profissionais. Sua equipe atua junta a mais de 10 anos, conta com profissionais com experiência que ultrapassa os 25 anos.

A empresa AGAM é especializada na elaboração de projetos e gerenciamento de obras de engenharia, montagem, instalação, manutenção, comissionamento, com substancial acervo de serviços prestados na área de engenharia consultiva, prestação de serviços de construção civil, manutenção industrial, montagens eletromecânicas e instalações gerais.



Figura 1 Logotipo da empresa AGAM

### 2.1 ATIVIDADES REALIZADAS PELA AGAM

#### 2.1.1 PROJETOS BÁSICOS E EXECUTIVOS

O projeto básico de uma instalação, fundamental para definição de soluções, equipamentos e critérios de funcionamento, adequação tecnológica e conseqüente eficiência, requer uma equipe qualificada e experiente.

Na fase de elaboração do projeto básico identifica-se como de fundamental importância, para a aquisição dos principais equipamentos e para a contratação de empreiteiro, a elaboração das respectivas especificações técnicas.

Os projetos executivos civis, elétricos, mecânicos e complementares são por sua vez aqueles que asseguram as boas condições de funcionamento e continuidade operacional das instalações.

Os projetos confiados a AGAM abrangeram:

- Na área de eletromecânica: estudo de arranjo físico (*layout*), cálculo e detalhamento de barramentos, de malha de terra, de coordenação de isolamento, de proteção contra descargas atmosféricas e de iluminação dos pátios;
- Na área civil: cálculo e detalhamento de bases para equipamentos de muros de arrimo, de terraplanagem, de canaletas de cabos, de pavimentação das vias de acesso e pátios de estacionamento, de sistemas de drenagem de óleo de transformadores, de paredes corta-fogo, de sistemas de drenagem de água pluviais e de sistemas de abastecimento d'água e de esgotamento sanitário, casas de comando e edificações gerais;
- Na área elétrica: projeto de sistemas de medição, proteção, comando, controle e supervisão para novas subestações e para troca de painéis de subestações existentes. Os projetos incluem além da determinação do sistema mais adequado, a elaboração de esquemas funcionais, projeto de fiação de painéis e de cabeaço;
- Na área de meio ambiente: elaboração de projetos ambientais.

Para a adequada execução desses serviços, a empresa precisa de organização, experiência e capacitação tecnológica, que hoje incorpora além dos conhecimentos específicos, com apoio da informática.

### 2.1.2 ESTUDOS ESPECIAIS, ASSESSORIA E CONSULTORIA

Além de manter em seu quadro permanente equipe altamente qualificada para o desenvolvimento e incorporação de novas tecnologias, a AGAM tem a flexibilidade e o relacionamento necessários para contratar especialistas de renome nacional e internacional quando se fizer necessário aos trabalhos de engenharia das diversas modalidades.

### 2.1.3 GERENCIAMENTO TÉCNICO DA AQUISIÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

O acompanhamento de todo o processo aquisitivo de equipamentos, desde a análise técnica das propostas, análise e aprovação dos desenhos do fabricante, até o acompanhamento e controle de qualidade de todo o processo de fabricação e os testes finais de aceitação, garantem ao cliente o recebimento de suas aquisições nas estritas condições especificadas, além de um adequado acompanhamento do cronograma de entrega.

### 2.1.4 GERENCIAMENTO E FISCALIZAÇÃO DE OBRAS DE CONSTRUÇÃO

Garante ao cliente a tranquilidade e a certeza de que uma construção, montagem ou instalação seja executada rigorosamente dentro dos padrões determinados pelas especificações e projetos, garantindo cronogramas e custos.

### 2.1.5 COMISSIONAMENTO (ENTRADA EM OPERAÇÃO)

Após concluída a montagem ou instalação de equipamentos e principalmente de plantas completas, uma equipe especializada verifica se os equipamentos ou plantas funcionam corretamente como esperado nos projetos e especificações, corrigindo as eventuais distorções existentes. Esse trabalho visa garantir a continuidade operacional, normalmente afetada nas instalações recém colocadas em operação.

### 2.1.6 CADASTRO E LEVANTAMENTO DE INSTALAÇÕES COM ATUALIZAÇÃO DE DESENHOS E DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

A eficiência e eficácia das equipes de produção e manutenção, assim como, os trabalhos de ampliação e reforma não dispensam a existência de desenhos e diagramas atualizados, representando fielmente a situação real de operação das instalações industriais.

A AGAM dispõe de equipe treinada especificamente para esse fim, podendo não só efetuar o levantamento de campo e atualização dos desenhos em determinado momento, como mantê-los permanentemente atualizados.



### 2.1.7 INSTALAÇÃO E MONTAGEM ELETROMECCÂNICA

Em complementação ao conjunto de serviços postos à disposição de seus clientes, a AGAM coloca-se também como prestadora de serviços de montagens eletromecânicas.

### 2.1.8 MANUTENÇÃO

A tendência mundial, tem sido a contratação de empresas especializadas em manutenção, reduzindo-se a formação de equipe própria para essa área. Esta prática tem permitido a redução de custos pela utilização compartilhada de especialistas e de equipamento por várias indústrias. Atuando com uma equipe especializada a AGAM vem atender a demanda Nordestina desse setor.

Nas áreas de montagem e manutenção preventiva, preditiva e corretiva de equipamentos de subestação elétrica, oferecemos os seguintes serviços:

- Serviços de inspeções termográficas - A termografia tem se tornado, ao longo dos últimos anos, uma das mais úteis e econômicas ferramentas de manutenção preditiva disponível. A AGAM dispõe de equipamentos versáteis, facilitando os trabalhos de inspeção. Técnicos treinados e certificados pelo fabricante aumentam a confiabilidade dos serviços.
- Serviços de correção do fator de potência (bancos de capacitores automáticos ou fixos) - Projetos das instalações, avaliação dos custos; montagens e instalações.
- Calibração e aferição de relés - Montagem e instalação de subestações elétricas, projetos, cronograma de montagem, obras civis, montagem eletromecânica, relatórios de acompanhamento, testes de funcionamento e comissionamento das instalações.
- Análise físico-química de óleo mineral isolante - Índice de neutralidade (acidez), rigidez dielétrica, densidade, fator de potência (a 25 e 100 graus Celsius), cor, teor de água, tensão interfacial.
- Transformadores - Medição da relação de transformação (*TTR*), medição da resistência de isolamento elétrico, com polarização de 01 a 10 minutos (*MEGGER* motorizado ou manual), medição da resistência de enrolamento (*PONTE KELVIN*), medição do fator de potência de

isolamento (*DOBLLE*), ensaios nos acessórios de proteção, secagem no campo - *hot oil spray*, tratamento termo-vácuo do óleo isolante, filtragem ou troca do óleo isolante; revisões em comutadores sob carga.

- Sistema de geração - Manutenção e ensaio no regulador de velocidade, manutenção, medição e calibragem no carregador de barreiras, manutenção e ensaio no sensor de velocidade, manutenção do sistema de controle automático, manutenção e ensaios no banco de baterias, manutenção no sistema de resfriamento, manutenção no sistema injetor.
- Disjuntores - Ensaio de corrente injetada (carga fantasma), medição da resistência de isolamento elétrico, com polarização de 01 a 10 minutos (*MEGGER* motorizado ou manual), medição da resistência de contatos (*PONTE KELVIN*), desmonte das câmaras de extinção e inspeção dos contatos principais, regulagem do percurso dos contatos móveis, limpeza e lubrificação do mecanismo de acionamento, descarbonização das câmaras de extinção e pólos, regulagem da profundidade e simultaneidade dos contatos, ensaios nos circuitos de comando, controle e sinalização, troca ou filtragem do óleo isolante.
- Transformadores de potencial e de corrente - Medição da resistência de isolamento elétrico (*MEGGER*), medição da relação de transformação (*TTR*).
- Pára-raios, barramentos, chaves seccionadoras, muflas e demais equipamentos de subestação - Ensaio de isolação, lubrificação, ajustes de simultaneidade dos contatos (seccionadoras), medição da resistência de terra.

#### 2.1.9 PROCESSAMENTO DE DADOS

Um centro de processamento de dados dotado de máquinas, programas e principalmente equipe competente, tem apoiado suas áreas de projetos, gerenciamento de obras e administração. A integração entre os setores de informática e de engenharia, tem gerado soluções as mais criativas. Essa experiência é oferecida aos clientes, merecendo ênfase os serviços realizados com a utilização do *CAD (Computer Aided Design)*.

### 2.1.10 CONSTRUÇÃO CIVIL

Neste ramo de atividade, a AGAM acumula experiência na execução de obras próprias e para terceiros. Seu principal diferencial em relação aos concorrentes constitui-se na sua larga experiência em gerenciamento de obras, obtida em outras frentes de trabalho, principalmente como fiscal e controladora da qualidade de obras executadas por terceiros.

## 3 EMBASAMENTO TEÓRICO

Nessa sessão estão resumidos os conhecimentos necessários para uma melhor compreensão das atividades realizadas durante o período de estágio.

### 3.1 TRANSFORMADOR DE CORRENTE

O transformador de corrente (TC) é um transformador cujo enrolamento primário é ligado em série a um circuito elétrico, enquanto o enrolamento secundário se destina a alimentar bobinas de corrente de instrumentos elétricos de medição, proteção ou controle.

#### 3.1.1 PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS

O esquema básico de um TC é mostrado na Figura 2.

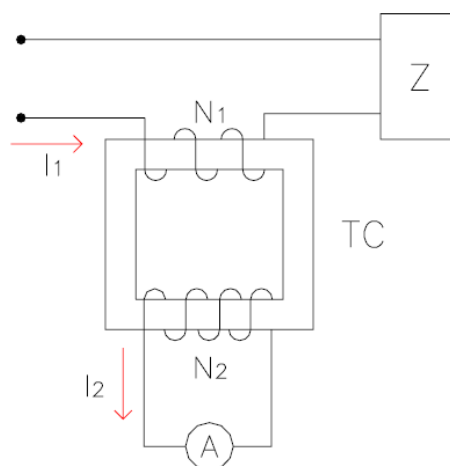


Figura 2 Esquema básico de um TC

A lei de transformação é dada pela Expressão 1,

*Expressão 1 Relação entre numero de espiras e corrente no TC*

$$N_1 \cdot I_1 = N_2 \cdot I_2. \quad (1)$$

Em que temos  $N_1$  sendo o número de espiras do enrolamento primário,  $I_1$  a corrente circulando no enrolamento primário,  $N_2$  a quantidade de espiras do enrolamento secundário e  $I_2$  a corrente que circula no enrolamento secundário.

### 3.1.2 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DOS TC'S

A corrente no secundário de um TC é padronizada em 5A, enquanto aquela que circula no primário é o valor nominal suportado pelo TC em regime normal de operação. Sua especificação deve considerar a corrente máxima do circuito em que o TC está inserido e os valores de curto-circuito.

A classe de exatidão de um TC é o valor máximo do erro, expresso em percentagem, que poderá ser causado pelo TC aos valores lidos pelos instrumentos a ele conectados. A Tabela 1 mostra esses valores:

*Tabela 1 Classes de exatidão dos TC's*

	<b>TC para medição</b>	<b>TC para proteção</b>
<b>ABNT</b>	0,3 ; 0,6; 1,2 ; 3,0	5 ; 10
<b>ANSI</b>	0,3 ; 0,6 ; 1,2	10

A classe de exatidão do TC para medição de faturamento a consumidor é de 0,3, isso se deve por que não são toleráveis grandes variações com relação ao valor real de energia consumido é tanto de interesse de quem consome quanto de quem fornece que esse valor esteja o mais próximo da realidade possível.

A carga nominal na qual se baseiam os requisitos de exatidão do TC as designações dessas cargas segundo ABNT: EB-251.2 são mostradas na Tabela 2:

Tabela 2 Carga nominal EB-251.2

<b>Designação da carga</b>	<b>Resistência (<math>\Omega</math>)</b>	<b>Reatância (<math>\Omega</math>)</b>	<b>Potência Aparente(VA)</b>	<b>Fator de Potência</b>	<b>Impedância (<math>\Omega</math>)</b>
C 2,5	0,09	0,0436	2,5	0,9	0,1
C 5,0	0,18	0,0872	5,0	0,9	0,2
C 12,5	0,45	0,2180	12,5	0,9	0,5
C 25,0	0,50	0,8661	25,0	0,5	1,0
C 50,0	1,00	1,7321	50,0	0,5	2,0
C 100,0	2,00	3,4642	100,0	0,5	4,0
C 200,0	4,00	6,9283	200,0	0,5	8,0

O fator térmico é o fator pelo qual se deve multiplicar a corrente primária nominal para se obter a corrente primária máxima que o TC é capaz de conduzir em regime permanente, sob frequência nominal, sem exceder os limites de elevação de temperatura especificados e sem sair de sua classe de exatidão.

O nível de isolamento de um TC é dado quanto às condições que deve satisfazer a sua isolação em termos de tensão suportável, já a corrente térmica suportável é a maior corrente primária que o TC é capaz de suportar durante 1 segundo, com o enrolamento do secundário curto-circuitado, sem exceder, em qualquer enrolamento, a temperatura máxima especificada para sua classe de isolamento.

A corrente dinâmica nominal é o valor de pico que um TC é capaz de suportar durante o primeiro meio ciclo com o enrolamento secundário curto-circuitado, sem danos devido às forças eletromagnéticas resultantes e chega a ter um valor igual a 2,5 vezes o valor da corrente térmica nominal.

### 3.1.3 DESIGNAÇÃO NORMATIVA DOS TC'S

A designação dos TC's, de acordo com a ABNT, é feita indicando a classe de exatidão seguida da carga nominal com a qual se verifica esta exatidão, exemplo 0,6 – C50,0 ou 0,3 – C2,5. A designação segundo a norma ANSI é feita indicando a classe de exatidão seguida da letra “B” e da impedância da carga nominal com a qual se verifica essa exatidão exemplo, 0,6B – 2,0.

## 3.2 TRANSFORMADOR DE POTENCIAL

O transformador de potencial (TP) é um transformador cujo enrolamento primário é ligado em derivação a um circuito elétrico enquanto o secundário se destina a alimentar as bobinas de potencial de instrumentos elétricos de medição, proteção ou controle.

### 3.2.1 PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS

O esquema fundamental de um TP é mostrado na Figura 3

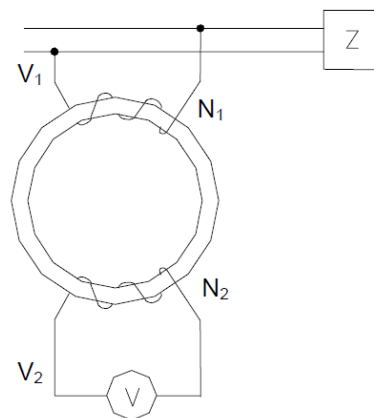


Figura 3 Esquema básico de um TP

A lei de transformação é dada pela Expressão 1,

*Expressão 2 Relação entre o numero de espiras e a tensão nos enrolamentos*

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} \quad (1)$$

Em que temos  $N_1$  sendo o número de espiras do enrolamento primário,  $V_1$  a tensão aplicada no enrolamento primário,  $N_2$  a quantidade de espiras do enrolamento secundário e  $V_2$  a tensão presente no enrolamento secundário.

### 3.2.2 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DOS TP'S

A tensão primária nominal do TP é estabelecida de acordo com a tensão do circuito no qual o TP será instalado, já a tensão secundária nominal é padronizada em 115V ou  $115/\sqrt{3}$ V. O valor máximo do erro (expresso em porcentagem) que poderá ser causado pelo transformador aos instrumentos a ele conectados

Tabela 2 Classes de exatidão dos TP's

	Classe de exatidão	
	Recomendada	Aceitável
<b>TP's Alimentando Instrumentos</b>	0,3	0,6
<b>Medidores Indicadores</b>	0,6	1,2

A carga nominal é a carga em que se baseiam os requisitos de exatidão do TP. A Tabela 3 apresenta a designação segundo a ABNT e a ANSI.

Tabela 3 Designação da carga nominal TP

Designação ABNT	Designação ANSI
P 12,5	W
P 25	X
P 75	Y
P 200	Z
P 400	ZZ

A potência térmica é a maior potência aparente que um TP pode fornecer em regime sob tensão e frequências nominais, sem exceder os limites de temperatura permitidos pela sua classe de isolamento, já o nível de isolamento define a especificação do TP quanto a isolação em termos de tensão suportável.

### 3.2.3 DESIGNAÇÃO NORMATIVA DOS TP'S E OS GRUPOS DE LIGAÇÃO

A designação correta dos TP's é feita indicando-se a classe de exatidão separada por um hífen do valor da maior carga nominal com a qual esta se verifica. Exemplos 0,6 – P400 (ABNT) → 0,6 – ZZ(ANSI), 1,2 – P25 → 1,2 – X (ANSI).

De acordo com a ABN, os TP's se classificam em 3 grupos:

- Grupo 1: TP projetado para ligações entre fases;
- Grupo 2: TP projetado para ligações entre fase e neutro de sistemas diretamente aterrados;

- Grupo 3: TP projetado para ligação entre fase e neutro de sistemas onde não se garanta a eficácia do aterramento.

Define-se um sistema trifásico com neutro efetivamente aterrado como sendo um sistema caracterizado por um fator de aterramento que não exceda 80%.

### 3.3 CONHECIMENTO SOBRE SUBESTAÇÕES

O objetivo principal de um sistema elétrico de potência é transferir toda energia elétrica gerada a partir fontes primárias de energia (hidráulica, térmica, nuclear, etc) para os seus consumidores, garantindo qualidade e confiabilidade.

Para atingir este objetivo, o sistema elétrico de potência é dividido em partes qualitativamente distintas que se interagem formando o sistema elétrico como um todo: geração, transmissão, seccionamento e distribuição.

Para que seja possível a interação entre essas partes, existem as subestações elétricas cuja finalidade básica é de interligá-las, promovendo o controle do fluxo elétrico de potência.

Pode-se definir uma subestação, como um conjunto de equipamentos utilizados para dirigir o fluxo de energia em um sistema de potência bem como garantir sua segurança por meio de dispositivos automáticos de proteção, além de redistribuir o fluxo de energia através de rotas alternativas durante as ocorrências das contingências.

#### 3.3.1 INFRA-ESTRUTURA DE UMA SUBESTAÇÃO

Toda subestação é composta por diversos setores, que juntos, são responsáveis por sua operação.

Em uma planta situacional, podemos verificar a existência de diversas obras civis, desde a construção dos seus acessos internos e externos (pavimentação), até mesmo suas instalações elétricas e setores de administração da operação e controle.

A área de uma subestação sempre é isolada do ambiente externo, através de muros, grades ou telas. Ainda, esta deverá possuir ótima drenagem e ser preferencialmente ser plana.



Internamente é dividida em pátios (com diferentes níveis de tensão) onde poderemos encontrar os *bay's* dos equipamentos. Tais pátios são compostos por um solo em cascalho (brita) a fim de que se obtenha uma maior resistência de contato.

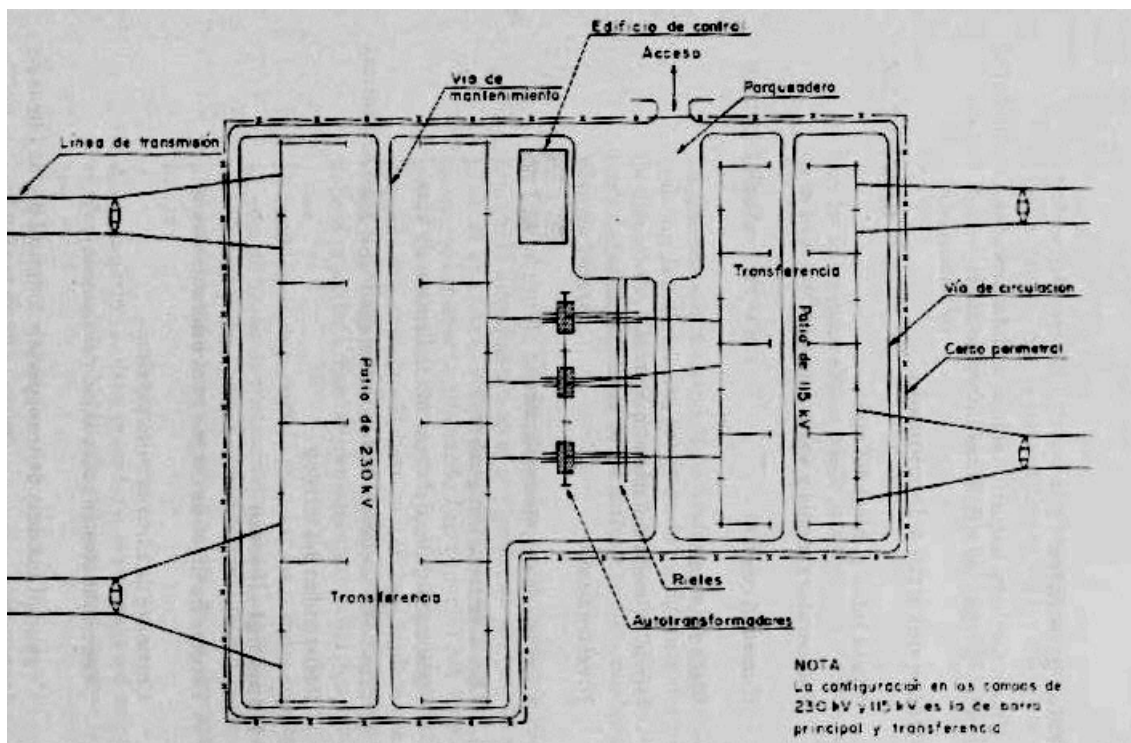


Figura 4 Planta situacional de uma subestação de 230 kV

### 3.3.2 FUNÇÕES DE UMA SUBESTAÇÃO

Basicamente uma subestação consiste em um número de circuitos de entrada e saída conectados a um sistema comum de barramentos, podendo desempenhar, conforme sua configuração, as seguintes funções:

- Transformação - Modificar as grandezas características do fluxo de energia elétrica, pela passagem do mesmo em transformadores (abaixadores e elevadores ou de usina).
- Manobra - Redistribuição do fluxo de energia elétrica pela alteração da configuração do Sistema.
- Seccionamento - Limitar o comprimento dos trechos de linha de transmissão, com o objetivo de aumentar a confiabilidade do Sistema.
- Distribuição - Subdivisão do fluxo de energia elétrica que chega a um ponto do Sistema, pôr diversos circuitos de saída, destinados a

alimentação de consumidores industriais ou residenciais. A nomenclatura de distribuição esta associada a níveis de tensão inferiores a 69 kV.

### 3.3.3 ARRANJOS DOS BARRAMENTOS DE UMA SUBESTAÇÃO

As novas subestações apresentam substanciais mudanças nos critérios de projeto. Esses critérios foram modificados devido ao crescimento do nível de tensão e logicamente das elevadas potências de carga e de curto circuito. Os esquemas de manobras evoluíram de modo a garantirem maior confiabilidade e segurança aos sistemas de potência.

A denominação arranjo é usada para as formas de se conectarem entre si as linhas, transformadores e cargas de uma subestação. Existem diversos arranjos possíveis a serem realizados em uma subestação e devem ser determinados em função da flexibilidade requerida em termos de facilidade de manobras, da continuidade e confiabilidade operacionais, do custo e facilidade referente a manutenções e com relação aos custos de implantação.

Os tipos de arranjos existentes são o de barramento simples (barra singela), barramento simples seccionado, duplo barramento simples, barra principal (operação) e transferência, barra dupla, barra dupla com seccionador de *bypass* ou barra dupla a 5 chaves, barra dupla com 4 chaves, barramento duplo com disjuntor duplo, barramento duplo com disjuntor e meio, barramento em anel, barra dupla com barra de transferência, barramento duplo com disjuntor e um terço, disjuntor e três quartos, malha, pirâmide, transferência dupla e barramento triplo, dos quais para este documento os que nos interessam são os arranjos barra principal (operação) e transferência e o arranjo em barra dupla.

Barra principal (operação) e transferência - Em instalações de maior importância, quando existe o requisito de não perder o circuito durante a manutenção do disjuntor, pode-se utilizar o arranjo de barra principal (operação) e transferência.

Neste arranjo, as linhas são ligadas normalmente à barra de operação e, em caso de manutenção do disjuntor, à barra de transferência. A efetividade do arranjo requer a instalação de um disjuntor especial, o disjuntor de transferência, que é utilizado como reserva para qualquer disjuntor das linhas, para tanto, deve ser previsto um sistema de adaptação da proteção de cada linha para a proteção deste disjuntor.

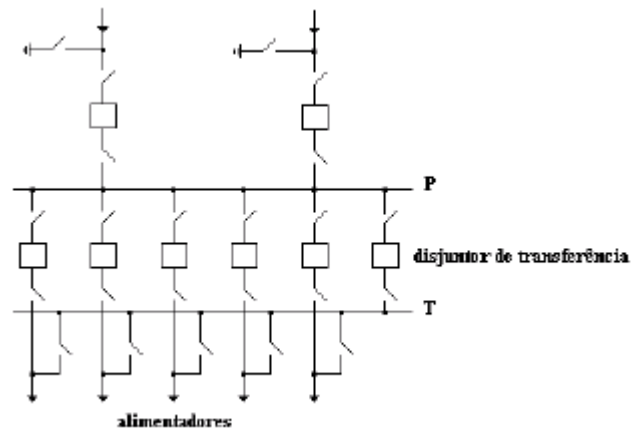


Figura 5 Arranjo barra principal e transferência

Com esta configuração cada *bay* pode ser comutado por meio do disjuntor de transferência à barra de igual nome conservando desta forma o serviço do respectivo bay durante a manutenção do disjuntor.

Neste tipo de esquema, a barra principal deve permanecer sempre energizada, enquanto a barra de transferência será energizada apenas durante a substituição de um disjuntor “de linha” ou de “transformador” pelo disjuntor de *bypass*.

Principais vantagens:

- Custo inicial e final baixo;
- Qualquer disjuntor pode ser retirado de serviço para manutenção;
- Equipamentos podem ser adicionados e/ou retirados à barra principal sem maiores dificuldades.
- Há uma maior confiabilidade neste arranjo do que no de barra simples correspondente, em troca do acréscimo do custo, uma vez que agora, para  $m$  circuitos temos  $m+1$  disjuntores e  $3m+2$  seccionadores, além de uma barra extra.

Principais desvantagens:

- Requer um disjuntor extra para conexão com a outra barra;
- As manobras são relativamente complicadas quando se deseja por um disjuntor em manutenção;
- Falha no barramento ou num disjuntor resulta no desligamento da subestação.

Obs.: A manobra do disjuntor de transferência exige: primeiro, a manobra de fechamento das chaves de transferência, seguida da chave *bypass*, e finalmente, do

disjuntor de transferência, depois, abre o disjuntor principal, e finalmente, os seccionadores deste disjuntor.

Arranjo em barra dupla - O arranjo barra dupla é um esquema de manobra no qual qualquer evento pode estar conectado a quaisquer das barras. Neste tipo de instalação, entre cada disjuntor de um evento e o barramento devem existir, pelo menos, duas chaves (as chaves seletoras de barra).

Uma alternativa, em instalações de grande porte e importância, para se evitar o inconveniente de desligar as linhas de saída quando da realização de serviços de manutenção nos disjuntores das linhas, ou nas barras, é a utilização do arranjo de barramento duplo. Neste arranjo, cada linha pode ser conectada a qualquer barra indistintamente. As barras, por sua vez, devem ser dimensionadas de forma a terem a capacidade de alimentar todas as linhas simultaneamente. A efetividade do arranjo requer a instalação do disjuntor de acoplamento de barras.

Normalmente, o sistema opera com metade dos circuitos conectados a uma das barras e metade conectada a outra barra, com o disjuntor ou chave de interligação de barras fechado, permitindo a passagem de um fluxo de energia que equilibre as duas metades do sistema. Apenas uma das chaves seletoras de barra estará fechada. Para manobrar uma linha é suficiente a operação de um disjuntor.

O barramento duplo deve ser empregado quando:

- As instalações forem muito grandes e trabalhem com tensões e frequências diferentes;
- Existirem vários consumidores em uma instalação cujos valores nominais de consumo são reunidos em uma única alimentação;
- Para reduzir o nível de curto-circuito;
- Caso haja defeitos em uma das barras, todos os disjuntores a ela ligados abrirão, mas metade do sistema continuará operando, ligado a outra barra;
- Os outros circuitos poderão ser transferidos da barra defeituosa para a sã;
- A perda total do suprimento só ocorrerá em caso de contingência de dupla manobra do disjuntor e defeito no barramento dos demais circuitos;
- Há maior confiabilidade e menor custo em relação ao arranjo de barra principal e de transferência.

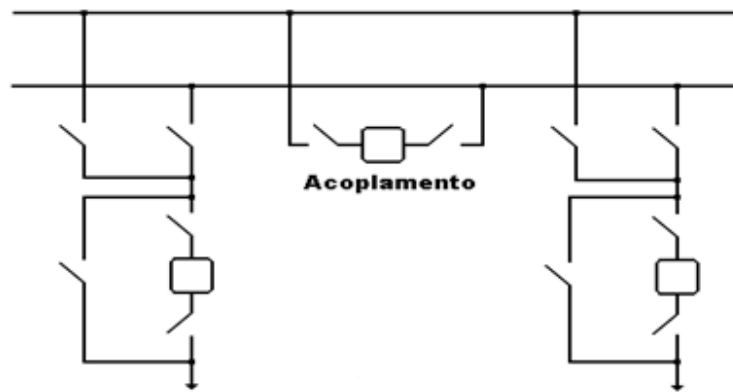


Figura 6 Arranjo em barra dupla

Principais vantagens:

- Permitem alguma flexibilidade com ambas as barras em operação;
- Qualquer uma das barras poderá ser isolada para manutenção;
- Facilidade de transferência dos circuitos de uma barra para outra com o uso de um único disjuntor de transferência e manobras com chaves.

Principais desvantagens:

- Requer um disjuntor extra (de transferência) para conexão com a outra barra;
- A proteção do barramento pode causar a perda da subestação quando esta operar com todos os circuitos num único barramento;
- Alta exposição a falhas no barramento;
- Falha no disjuntor de transferência pode colocar a subestação fora de serviço.

No projeto é necessário considerar que as duas barras devem ter a mesma capacidade, e por sua vez, a capacidade total da subestação; o disjuntor acopla assim parte dos barramentos, e, portanto, deve ter a mesma capacidade que estes.

### 3.4 PADRÃO NEMA

Os dispositivos e equipamentos de comutação são referidos por números, com sufixos de letras adequados quando necessário, de acordo com as funções que realizam. Estes números se baseiam em um sistema adotado por uma norma para comutador automático pelo *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)* e incorporado

pela *American Standard C37.2-1991*. Este sistema é usado em esquemas de conexão encontrados em manuais de instruções e em especificações.

*Tabela 4 Principais códigos NEMA utilizados neste documento*

<b>Código</b>	<b>Definição</b>
BB	Bobina de bloqueio
PR	Pára-Raios
TC	Transformador de Corrente
TP	Transformador de Potencial
52	Disjuntor
89	Seccionador
AIR	Auto-Transformador
RE	Reator
21	Relé de distância de fase
21N	Relé de distância da terra
25	Relé de verificação de sincronismo
27	Relé de subtensão
50	Relé de sobre corrente instantâneo fase
50N	Relé de sobre corrente instantâneo neutro
50BF	Relé de falha do disjuntor
51	Relé de sobre corrente temporizado fase
51N	Relé de sobre corrente temporizado neutro
59I	Relé de sobre tensão instantâneo
59T	Relé de sobre tensão temporizado
68	Relé de oscilação de potência
77	Transdutor
79	Relé de Religamento
86	Relé de Bloqueio
BC	Bloco de teste de corrente
BP	Bloco de teste de potencial
CA	Chave de aferição para medição
CTV	Chave de seleção de tensão
52CS	Chave de comando do disjuntor

89CS	Chave de comando da seccionadora
25CS	Chave de sincronização
ARC	Armário do Carrier
26	Temperatura do óleo
49	Temperatura do enrolamento
63	Relé Buchholtz ou de gás
87T	Relé diferencial
63VS	Válvula de segurança
71	Nível do óleo
90	Relé de regulação de tensão automático
32	Relé de potência reversa
67	Relé de sobre corrente direcional de fase
67N	Relé de sobrecorrente direcional de neutro

No desenvolvimento de projeto de medição, proteção, controle, comando e supervisão realizados em subestações, esse padrão é utilizado para nomear os relés presentes nos painéis assim como as funções de proteção realizadas pelas unidades principais de proteção, a Tabela 4 mostra os alguns dos principais códigos utilizados no projeto em subestações.

## 4 ATIVIDADES REALIZADAS

Esta sessão se destina as atividades realizadas durante o período de estágio.

### 4.1 ESTUDO DA TEORIA ENVOLVIDA NO PROJETO DE *MPCCS*

Durante o primeiro mês de estágio foi realizado um treinamento com o estagiário para que o mesmo aprendesse os conceitos necessários para realização de projeto de medição, proteção, controle, comando e supervisão de subestações elétricas, isso se deu devido ao estagiário em questão não ter se cursado a ênfase de eletrotécnica, conceitos abordados na sessão 3 deste documento que seriam estudadas em disciplinas como proteção de sistemas elétricos, equipamentos elétricos e técnicas de medição. Essa atividade foi realizada durante o mês de agosto de 2011.

## 4.2 AUXÍLIO EM PROJETO DE SUBESTAÇÃO

A segunda atividade realizada durante o período de estágio ocorreu durante o mês de setembro de 2011, onde o estagiário auxiliava um engenheiro no projeto de *mpccs* de uma linha de transmissão em uma subestação. A subestação em questão é a de Pirapama II que fica localizada no litoral sul de Pernambuco.

A CHESF contratou a empresa para a realização do *retrofiting* linha LT LANXESS – 04S1 que faz parte do setor de 230kV e na sala de operação é representada pelos painéis 15F e 15R.

Dentre as diversas etapas do projeto o estagiário participou na elaboração do diagrama de fiação e interligação, que será mais detalhado na terceira atividade, assim como detalhes necessários ao projeto como lista de cabos, lista de etiquetas e lista de material necessário no projeto. A realização dessa atividade serviu de base para que o estagiário fosse se habituando aos cadernos referentes ao diagrama funcional, ao diagrama de fiação e ao diagrama de interligação e assim no futuro estivesse apto a desenvolver um projeto sozinho.

A lista de etiquetas é composta pelas etiquetas que serão utilizadas no painel para identificar chaves, relés, bornes dentre outros, são compostas de 3 tipos diferentes como mostrada na Tabela 5:

*Tabela 5 Tipos de Etiquetas*

Tamanho	Espaço para gravação		Dimensão
	Caracteres por linha	Numero de Linhas	
<b>A</b>	34		3x26x200mm
<b>B</b>	20		3x18x74mm
<b>C(INT)</b>	12		3x15x35mm

As etiquetas são em acrílico com fundo preto possuem letras grafadas na cor branca e sua fixação no tipo A e B se dá através de parafusos e no tipo C de cola. Um exemplo de lista de etiqueta é mostrado na Figura 7



SUBESTAÇÃO - PIRAPAMA II														
LISTA DE ETIQUETAS														
DESENHO CONSTRUTIVO - PAINEL 15F - 04S1														
POS. QT.	GRAVAÇÃO	TAMANHO: A	POS. QT.	GRAVAÇÃO	TAMANHO: B	POS. QT.	GRAVAÇÃO	TAMANHO: C	POS. QT.	GRAVAÇÃO	TAMANHO: C	POS. QT.	GRAVAÇÃO	TAMANHO: C
E1	PAINEL DE COMANDO LT 04S1		E2	ANUNCIADOR DE ALARMES	74	E12	74		E24	34S1-7VM		E26	63X1X	
1				E3	CHAVE TELECOMANDO CLT		E13	CLT		E25	34S1-7VD		E27	63ALX
				E4	CHAVE DE TESTE DE CORRENTE E TENSÃO DO MULTIMEDIDOR - FT1		E14	FT1		E26	RR1		E28	52BFACX
				E5	QUALIMETRO OUM		E15	MM		E27	RR2		E29	52BFACX1
				E6	CHAVE DE COMANDO DO DISJUNTOR 14S1 52CS		E16	52CS		E28	FU1		E30	63X2
				E7	CHAVE DE TRANSFERÊNCIA 43S1		E17	43S1		E29	FU2		E31	63X3
				E8	CHAVE SECCIONADORA 4 34S1-4		E18	34S1-4VM		E30	FU3		E32	52BFX
				E9	CHAVE SECCIONADORA 5 34S1-5		E19	34S1-4VD		E31	RPP		E33	43URMX1
				E10	CHAVE SECCIONADORA 6 34S1-6		E20	34S1-5VM		E32	27n		E34	43URMX2
				E11	CHAVE SECCIONADORA 7 34S1-7		E21	34S1-5VD		E33	RB		E35	52LX
							E22	34S1-6VM		E34	52BFX		E36	RDPX1
					E23	34S1-6VD		E35	63X1		E37	RDPX2		

TAMANHO	ESPAÇO P/ GRAVAÇÃO	CHARACTERES POR LINHA	Nº DE LINHAS	DIMENSÃO	POSICÃO
A	34	2	3 x 25 x 200 mm	E1	
B	20	3	3 x 18 x 74 mm	E2 a E11	
C (INT.)	12	1	3 x 15 x 35 mm	E12 a E47	

NOTAS:	CARACTERÍSTICAS: 1 - ETIQUETA EM ACRILICO COM FUNDO PRETO 2 - LETRAS GRAVADAS NA COR BRANCA 3 - FIXAÇÃO: TIPO A e B "APARAFUSADA", TIPO C "COLADA". 4 - TAMANHO DAS LETRAS: TIPO "A" 9mm, TIPO "B" 3mm	DEPC DIVISÃO DE PROJETOS EXECUTIVOS DE MPCS	<b>Chesf</b> Companhia Saneamento de São Paulo	SUBESTAÇÃO PIRAPAMA II DESENHO Nº PRD-4-S1-03-30	FOLHA : 14 REV. 0
--------	--	--	---	---	----------------------

Figura 7 Lista de etiquetas LT LANXESS painel 15F

A lista de material necessária fica localizada no diagrama de fiação e nela se encontra o material necessário para a montagem do painel tanto quantidade e tipos de relés, botoeiras, etiquetas, anunciadores, unidades de proteção dentre outros. Um exemplo de lista de materiais pode ser verificado na Figura 8.

Na lista de materiais estão presentes todos os componentes, tanto aqueles que necessitarão serem comprados quanto os que serão aproveitados, caso algum componente necessite ser retirado ele entra na lista de materiais hachurado, para que na obra facilite a retirada desses componentes.

Já a lista de cabos consiste nos cabos que serão lançados entre painéis ou entre o painel e uma caixa de ligação, ou entre o painel e o armário do disjuntor, ou entre o painel e uma seccionadora dentre outros. É necessária a planta baixa da sala de operação e as distâncias entre os equipamentos no pátio para que sejam determinados os comprimentos necessários para os cabos, um exemplo de lista de cabos pode ser visto na Figura 9 assim como um exemplo de planta baixa da sala de operações na Figura 10.

ITEM	QTD	DESCRIÇÃO	ITEM	QTD	DESCRIÇÃO	ITEM	QTD	DESCRIÇÃO
01	01	CONJUNTO DE ANUNCIADORES COM 40 FORTES, FORMAÇÃO DE 8 COLUNAS E 8 LINHAS; TENSÃO DE ALIMENTAÇÃO: 38-254VDC 47/50 50-24VDC; TENSÃO DE SAÍDA 24Vdc; TIPO: ME3210; FABRICANTE: MUEL; CÓDIGO: 74	10	05	FUSÍVEL TIPO DIAZED COMPLETO, COM BASE PROTEGIDA, PARAFUSO DE AJUSTE E TAMPA, CAPACIDADE 6A; FABRICANTE: SIEMENS; CÓDIGO: FJ2 e FJ3	18	01	RELE BIESTÁVEL COM 04 CONTATOS REVERSÍVEIS, CORRENTE NOMINAL 12A, 250Vdc; MODELO: BF-4; FABRICANTE: ARTECHE; CÓDIGO: 790X
02	01	QUADRADO; FABRICANTE: SIEMENS; CÓDIGO: 4LM; OBS.: EXISTENTE NO PAINEL	11	01	FUSÍVEL TIPO DIAZED COMPLETO COM BASE PROTEGIDA PARAFUSO DE AJUSTE E TAMPA CAPACIDADE 4A; FABRICANTE: SIEMENS; CÓDIGO: FJ1; OBS.: EXISTENTE NO PAINEL	19	03	RELE AUXILIAR, COM 08 CONTATOS "NA", BOBINA 250Vdc; TIPO: CS10; FABRICANTE: SPEICHER & SHUH; CÓDIGO: RA, RB e RC; OBS.: EXISTENTE NO PAINEL
03	01	CHAVE DE COMANDO DO DISJUNTOR 600V, 25A; TIPO: CA20B-BR0764-EL; FABRICANTE: KRAUS NAIMER; CÓDIGO: 92C3	12	01	RELE PISCA-PISCA, PARA DISCORDÂNCIA DE POSIÇÃO DA CHAVE 52CS COM O DISJUNTOR 14S1; TIPO: FABRICANTE: FINFER; CÓDIGO: RPP	20	18	RESERVA DE BORNES TERMINAIS COM 12 BORNES, 20A, 600V; FABRICANTE: BENDIX; CÓDIGO: L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9, R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8 e R9; OBS.: 12 EXISTENTES NO PAINEL
04	01	CHAVE DE TRANSFERÊNCIA DAS PROTEÇÕES, TIPO A-14, MOD. A7-975-5; FABRICANTE: KRAUS NAIMER; CÓDIGO: 43S1; OBS.: EXISTENTE NO PAINEL	13	01	RELE AUXILIAR, COM 03 CONTATOS REVERSÍVEIS, TENSÃO 24Vdc, NA9, BASE; FABRICANTE: SHIRACK; CÓDIGO: 27n	21	90	ETIQUETAS CONFORME LISTA DE ETIQUETAS, FL.14 e FL.15
05	01	CHAVE DE TELECOMANDO DO DISJUNTOR, COM 08 CONTATOS; FABRICANTE: SIEMENS; CÓDIGO: 61; FORNECIMENTO: DOMC	14	24	RELE AUXILIAR COM 03 CONTATOS REVERSÍVEIS, 250Vdc+BASE; MODELO: 60.13.9.250.0040; FABRICANTE: FINFER; CÓDIGO: 520PVCX1.63ALX.520PVCX.63X2.63X3.520PVCX.43LPMX1.43LPMX2.63P1.80PQ2.TP11.TP2C.LL1.LL2.LL3.LL4.LL5.63ALX.63ALX.63ALX.897LX.27X8.CLTXL3	22	01	BARRA DE COBRE PARA ATERRAMENTO; CÓDIGO: BT; OBS.: EXISTENTE NO PAINEL
06	04	SINALIZADOR VERMELHO COM RESISTOR INCORPORADO PARA 250Vdc; FABRICANTE: BLINDEX; CÓDIGO: 4351-4VM, 4351-5VM, 4351-6VM e 4351-7VM; OBS.: EXISTENTE NO PAINEL	15	03	RELE AUXILIAR DE SINALIZAÇÃO BARRA, 2ma, COM 01 CONTATO REVERSÍVEL E 02 NA, TENSÃO NOMINAL 250Vdc; TIPO: FABRICANTE: ARTECHE; CÓDIGO: 63TX, 62PACX1, 62DX; FORNECIMENTO: DOMC			
07	04	SINALIZADOR VERDE COM RESISTOR INCORPORADO PARA 250Vdc; FABRICANTE: BLINDEX; CÓDIGO: 4351-4VD, 4351-5VD, 4351-6VD e 4351-7VD; OBS.: EXISTENTE NO PAINEL	16	05	RELE DE TELECOMANDO COM 04 CONTATOS REVERSÍVEIS, TENSÃO 48Vdc; TIPO: RT-1; FABRICANTE: ARTECHE; CÓDIGO: RT1, RT2, RT3, RT4 e RT-5; OBS.: 1: 03 EXISTENTES NO PAINEL; OBS.: 2: 03 FORNEC. DOMC			
08	01	CHAVE FLEX-TEST DE 10 POLOS, 05 DE CORRENTE E 04 DE TENSÃO; FABRICANTE: BENDIX; CÓDIGO: FT1; OBS.: EXISTENTE NO PAINEL	17	03	RELE BIESTÁVEL COM 08 CONTATOS REVERSÍVEIS, CORRENTE NOMINAL 12A, 250Vdc; MODELO: BL-8; FABRICANTE: ARTECHE; CÓDIGO: 43TX1, 43TX2 e 43TX3			
09	02	RESISTOR DE 3,3kΩ PARA SINALIZAÇÃO CHAVE 52CS; TIPO: FABRICANTE: RRI e RR2; OBS.: EXISTENTE NO PAINEL						

15F - VISTA FRONTAL (RETROFITING)

<p>NOTAS: ⑤, ⑥, ⑦, ⑧, ⑨, ⑩, ⑪, ⑫, ⑬, ⑭, ⑮, ⑯, ⑰, ⑱, ⑲, ⑳, ㉑, ㉒, ㉓, ㉔, ㉕, ㉖, ㉗, ㉘, ㉙, ㉚, ㉛, ㉜, ㉝, ㉞, ㉟, ㊱, ㊲, ㊳, ㊴, ㊵, ㊶, ㊷, ㊸, ㊹, ㊺, ㊻, ㊼, ㊽, ㊾, ㊿</p>	<p>Setor: 230V LT LANXESS - 04S1 - VÃO A PAINEL DE COMANDO - 15F VISTA FRON. E LISTA DE MAT.(ADICIONAIS)</p>	<p><b>DEPC</b> DIVISÃO DE PROJETOS EXECUTIVOS DE MPCS</p>	<p><b>Chesf</b> Sociedade Anônima de Eletricidade</p>	<p>SUBESTAÇÃO PIRAPAMA II DESCRIÇÃO Nº PRD-4-S1-03-30</p>
--	--	---	---	---

Figura 8 Lista de materiais LT LANXESS painel 15F

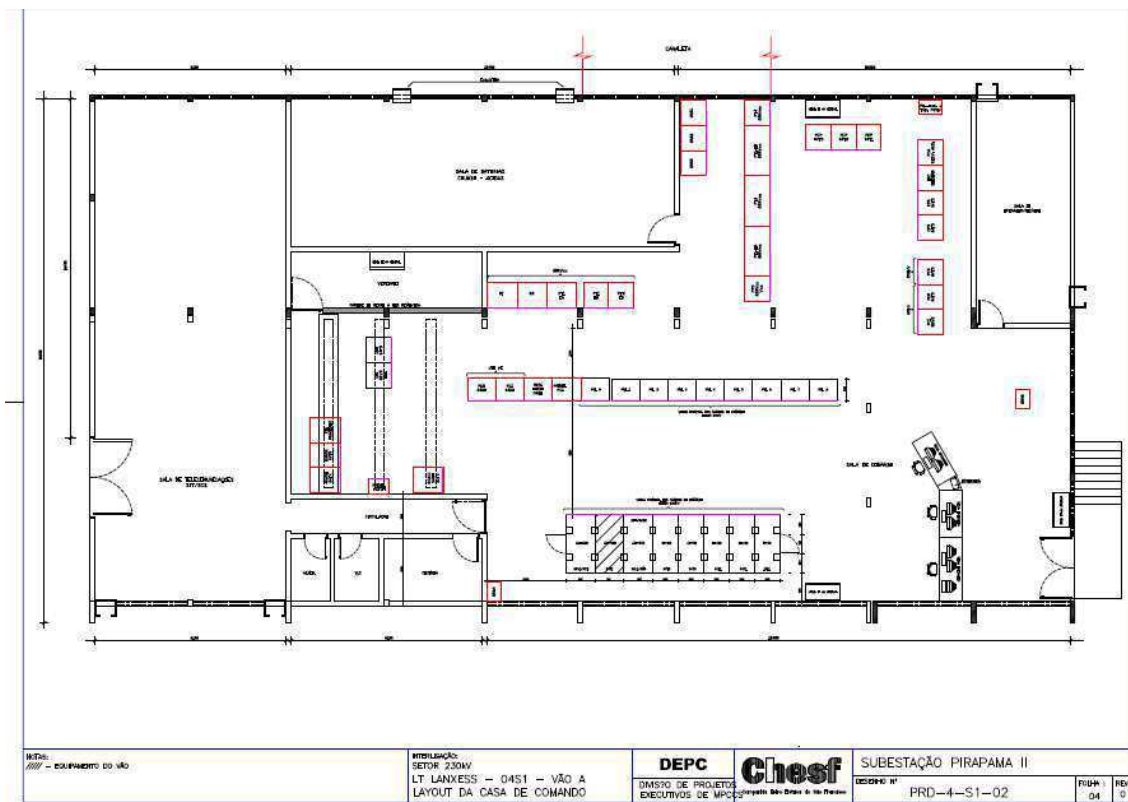


Figura 9 Planta baixa da sala de operação de Pirapama II

NUMERO CABO	BITOLA (mm) <sup>2</sup>	COMP. APROX. (m)	DE	PARA	OBS.	NUMERO CABO	BITOLA (mm) <sup>2</sup>	COMP. APROX. (m)	DE	PARA	OBS.
2A101	4x2,5	19	TPC #A - LT 04S1	CK. US. TPC's - LT 04S1	BL	2A615	6x0,75	28,50	PNL 15R - LT 04S1	UTR FOXBORO	BL
2A102	4x2,5	3,50	TPC #B - LT 04S1	CK. US. TPC's - LT 04S1	BL	2A616	6x0,75	28,50	PNL 15R - LT 04S1	UTR FOXBORO	BL
2A103	4x2,5	19	TPC #C - LT 04S1	CK. US. TPC's - LT 04S1	BL						
2A104	4x2,5	19	TPC #A - LT 04S1	CK. US. FAT. TPC's - LT 04S1	BL	2A901	2x6	9,20	PNL SERV. AUX. RESERVA - PTE-BB (CIPA. DEFINITIVA)	PNL 15R - LT 04S1	
2A105	4x2,5	3,50	TPC #B - LT 04S1	CK. US. FAT. TPC's - LT 04S1	BL						
2A106	4x2,5	19	TPC #C - LT 04S1	CK. US. FAT. TPC's - LT 04S1	BL	2A601	6x0,75	28,50	CK. US. TPC's - LT 04S1	CK. US. TPC's - LT 04S1	
2A107	4x2,5	99	CK. US. TPC's - LT 04S1	PNL 15F - LT 04S1	BL	2A602	6x0,75	28,50	CK. US. TPC's - LT 04S1	CK. US. TPC's - LT 04S1	
2A108	4x2,5	99	CK. US. TPC's - LT 04S1	PNL 15F - LT 04S1	BL	2A603	6x0,75	28,50	CK. US. TPC's - LT 04S1	CK. US. TPC's - LT 04S1	
2A109	4x2,5	191	CK. US. FAT. TPC's - LT 04S1	PNL MED. FAT. - LT 04S1	BL	2A604	6x0,75	28,50	CK. US. FAT. TPC's - LT 04S1	PNL MED. FAT. - LT 04S1	
2A110	4x2,5	99	CK. US. FAT. TPC's - LT 04S1	PNL 15F - LT 04S1	BL	2A605	6x0,75	28,50	CK. US. FAT. TPC's - LT 04S1	PNL 15F - LT 04S1	
2A201	2x6	19	TC #A - LT 04S1	CK. US. TC's - LT 04S1	BL						
2A202	2x6	3,50	TC #B - LT 04S1	CK. US. TC's - LT 04S1	BL						
2A203	2x6	19	TC #C - LT 04S1	CK. US. TC's - LT 04S1	BL						
2A204	2x6	19	TC #A - LT 04S1	CK. US. FAT. TC's - LT 04S1	BL						
2A205	2x6	3,50	TC #B - LT 04S1	CK. US. FAT. TC's - LT 04S1	BL						
2A206	2x6	19	TC #C - LT 04S1	CK. US. FAT. TC's - LT 04S1	BL						
2A207	4x6	88	CK. US. TC's - LT 04S1	PNL 15R - LT 04S1	BL						
2A208	4x6	183	CK. US. FAT. TC's - LT 04S1	PNL MED. FAT. - LT 04S1	BL						
2A301	12x2,5	80,50	ARMARIO DISJUNTOR 14S1 - LT 04S1	PNL 15F - LT 04S1	BL						
2A302	4x6	80,50	ARMARIO DISJUNTOR 14S1 - LT 04S1	PNL 15F - LT 04S1	BL						
2A303	4x6	80,50	ARMARIO DISJUNTOR 14S1 - LT 04S1	PNL 15F - LT 04S1	BL						
2A304	12x2,5	80,50	ARMARIO DISJUNTOR 14S1 - LT 04S1	PNL 15F - LT 04S1	BL						
2A305	4x2,5	80,50	ARMARIO DISJUNTOR 14S1 - LT 04S1	PNL 15F - LT 04S1	BL						
2A801	4x6	147	PNL MED. FAT. - LT 04S1	PNL 15F - LT 04S1	BL						
2A802	12x2,5	11	PNL 15F - LT 04S1	PNL 4R - LT 04C2							
2A803	12x2,5	11	PNL 15F - LT 04S1	PNL 4R - LT 04C2							
2A804	12x2,5	11	PNL 15F - LT 04S1	PNL 4R - LT 04C2							
2A805	4x2,5	11	PNL 15R - LT 04S1	PNL 4R - LT 04C2							
2A807	2x2,5	11	PNL 15R - LT 04S1	PNL 4R - LT 04C2							
2A808	4x2,5	11	PNL 15R - LT 04S1	PNL 4F - LT 04C2							
2A809	2x2,5	14	PNL 15R - LT 04S1	(NOTA 2)	BL						
2A810	20x0,75	29	PNL 15F - LT 04S1	UTR FOXBORO	BL						
2A811	6x0,75	29	PNL 15F - LT 04S1	UTR FOXBORO	BL						
2A812	6x0,75	29	PNL 15F - LT 04S1	UTR FOXBORO	BL						
2A813	6x0,75	29	PNL 15F - LT 04S1	UTR FOXBORO	BL						
2A814	20x0,75	28,50	PNL 15R - LT 04S1	UTR FOXBORO	BL						

Figura 10 Lista de Cabos LT LANXESS

### 4.3 PROJETO DE UMA LINHA DE SUBESTAÇÃO FICTÍCIA

A terceira atividade realizada pelo estagiário foi o projeto de *mpccs* de uma linha fictícia com as seguintes características, uma linha de transmissão de 69kV de uma subestação de 13,8kV – 69kV, com o setor de 69kv tendo arranjo de barra principal e barra de transferência.

Disjuntor de 69kV e 600A de arco em hexafluoreto de enxofre, tensão de comando 125Vcc e tensão de alimentação do motor e aquecimento de 220V (CA). TCs com dois enrolamentos no secundário com a relação de 200/400/600 – 5 – 5 A e classe de exatidão 0,6B1 e 2,0%B2 onde um enrolamento é utilizado para medição operacional e o outro para proteção. TP's com dois enrolamentos no secundário e relação de transformação de 69000 – 115/ 115/√3V e classe de extadião 0,6C100, assim como o TC um enrolamento para medição operacional e outro para proteção.

A medição será realizada por um multimedidor que mede corrente em ampéres, tensão em volts, potência ativa em megawatts, potência reativa mega volt-ampère reativos e fator de potência. A unidade de proteção possui as funções 21, 21N, 67N, 79,

o comando e controle serão através das chaves do disjuntor e das seccionadoras ambos com sinaleiras incorporadas. Deverá estar presente no projeto também um anunciador de alarmes com conversor incorporado para 38 pontos com 7 linhas e 6 colunas, devem ser utilizados relés para multiplicação dos contatos auxiliares e os tipos de painéis utilizados serão o PC(painel de comando) e o CH (chassi de relés).

Fazem parte do projeto:

- Diagrama Funcional composto pelos diagrama unifilar, diagrama trifilar, distribuição de potenciais, comando do disjuntor, relés auxiliares para intertravamento, comando das seccionadoras, sinalização dos equipamentos do pátio, alarmes e quadro sinótico dos anunciadores, programação das chaves, circuito interno do disjuntor, circuito interno das seccionadoras e diagramas lógicos da proteção digital.
- Diagrama de fiação composto pela lista de materiais, vista frontal e posterior com cortes do painel e do chassi, lista de etiquetas
- Diagrama de Interligação composta da lista de cabos, *layout* da sala de comando, memória de calculo do cabo de abertura pela proteção do disjuntor que está a 400m da sala de comando.

Essa atividade foi realizada durante os meses de outubro e novembro de 2011. Para começar um projeto desse tipo primeiramente se devem obter as especificações dos equipamentos que são presentes no vão que a proteção irá atuar, dados como qual o disjuntor, quais as seccionadoras, qual o TC, qual o TP, isso é necessário para a determinação de quais bornes desses equipamentos serão utilizados para a realização das ligações e como serão realizadas essas ligações, esses dados normalmente são fornecidos pela CHESF caso a linha já esteja em funcionamento e caso seja uma nova linha pela empresa que ganhar a licitação da compra e montagem dos equipamentos.

No nosso projeto fictício nos baseamos na linha LT02C9 – ARAPIRACA setor de 69kV na subestação de Penedo, o projeto dessa linha serviu como projeto de referência para a elaboração do projeto da LT02D1 – ASGAARD localizada na subestação fictícia de Diego II, o nome da linha de transmissão LT02D1 é equivocado segundo o padrão CHESF, pois a letra “D” em linhas de transmissão se refere ao Vão de Transferência e não poderia ser atribuída para uma linha de transmissão comum, como o estagiário teve que confeccionar os cadernos a mão e só ficou ciente deste detalhe depois de 1 mês de desenvolvimento do projeto o nome não foi alterado.

Após ter conhecimento sobre os equipamentos do pátio devem-se determinar quais são os equipamentos utilizados nos painéis, a unidade de proteção, os relés, o multimedidor, bloco de testes, chaves, o anunciador dentre outros, em geral a CHESF é quem especifica quais os equipamentos utilizados quem projeta determina apenas os tipos de cabos e relés auxiliares que serão utilizados, no nosso caso utilizaram os mesmos encontrados nos painéis da LT02C9 – ARAPIRACA. Como mostrado na especificação do projeto a subestação de Diego II não possui armário do Carrier ou UTR sendo assim não possui comunicação com outras subestações nem a presença dos relés auxiliares de transmissão e recepção assim como a chave Local/Telecomando.

4.3.1 DIAGRAMA FUNCIONAL

O diagrama funcional é onde está todo o diagrama elétrico e lógico do projeto, para o projetista é o caderno mais importante, nele se encontra os diagramas unifilares e trifilares que servem para mostrar uma visão geral da linha, dos instrumentos de proteção e medição que já estão presentes ou que serão inseridos no projeto, o diagrama unifilar da linha LT02C9 – ARAPIRACA pode ser visto na Figura 11 assim como o diagrama trifilar na Figura 12.

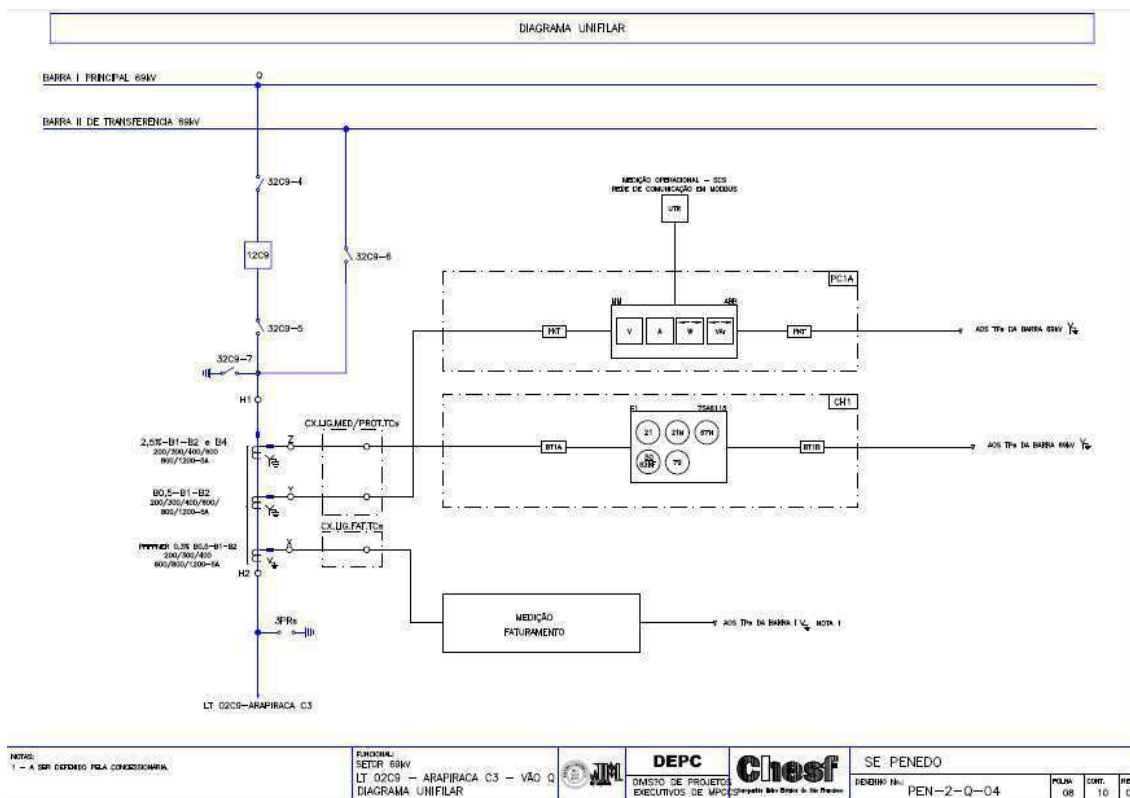


Figura 11 Diagrama Unifilar da LT02C9 – ARAPIRACA

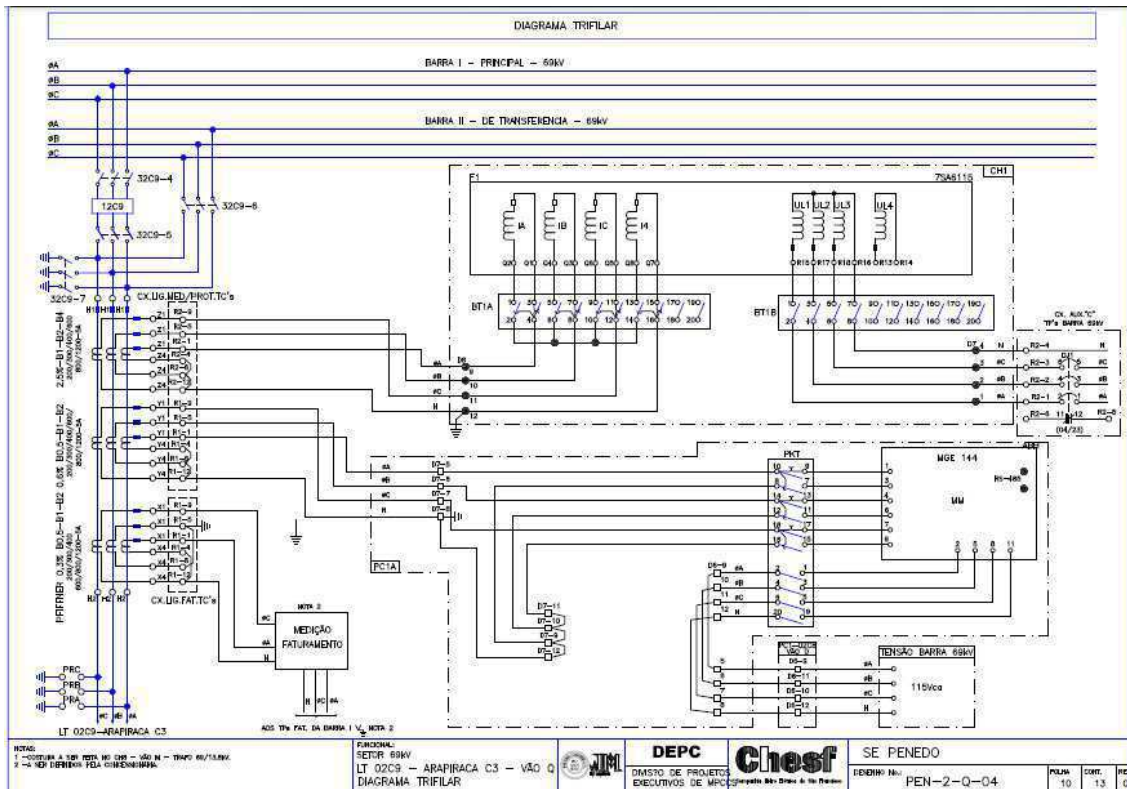


Figura 12 Diagrama Trifilar da LT02C9 – ARAPIRACA

Outra informação importante que está presente no diagrama funcional é a distribuição de potencial, que são os pontos que estão no mesmo nível de tensão e são conectados, um exemplo de distribuição de potencial pode ser visto na.

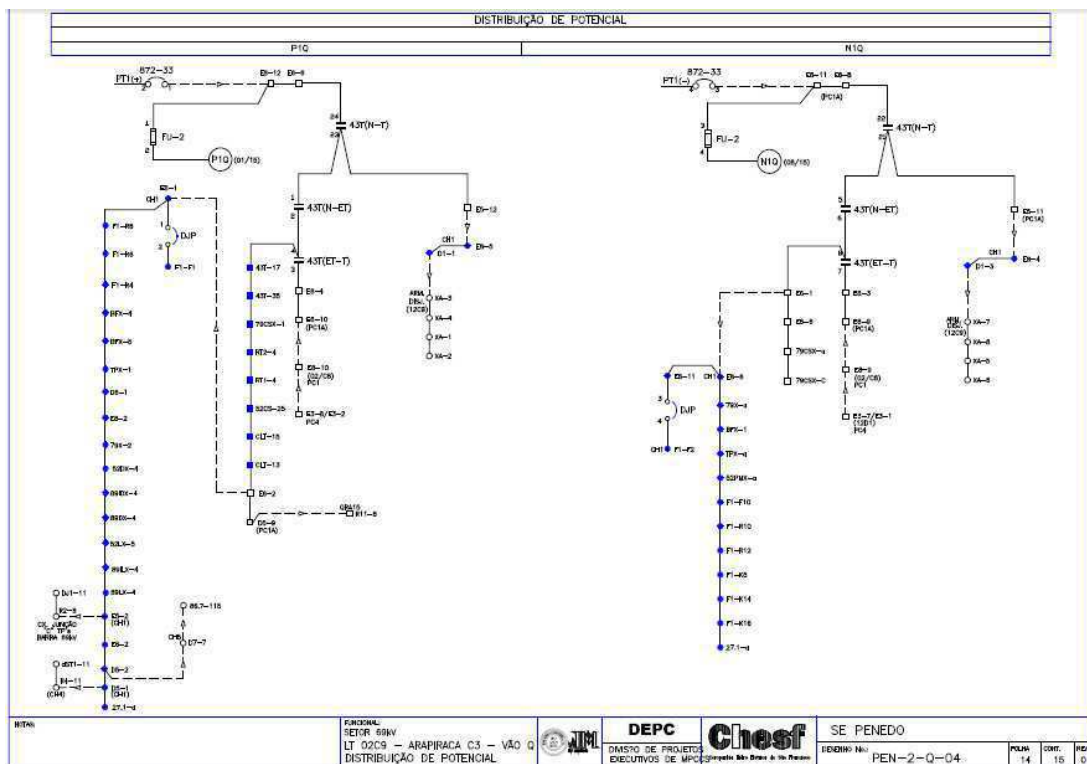


Figura 13 Distribuição de potencial dos potenciais PIQ e N1Q da LT02C9 – ARAPIRACA

No diagrama funcional está o esquema elétrico de como será o projeto, os intertravamentos, as ligações para abertura e fechamento do disjuntor e seccionadoras, a ligação dos contatos auxiliares para sinalização de eventos com o anunciador, ligações das chaves 43T, 52CS, 89CS e 79CS dentre outras funcionalidades do projeto. Devido a extensão do diagrama funcional ele não poderá ser totalmente disponibilizado neste documento, um caderno que representa o diagrama funcional de uma linha de 69 kV tem em media 65 páginas, quando maior a tensão da linha maior o caderno pois além de ser inserido mais uma unidade de proteção para garantir mais confiabilidade ao sistema, aparece o registrador digital de perturbações (RDP) o que faz com que aumentem o numero de relés e de ligações necessárias. Um exmplo de diagrama elétrico presente no funcional pode ser visualizado na Figura 14.

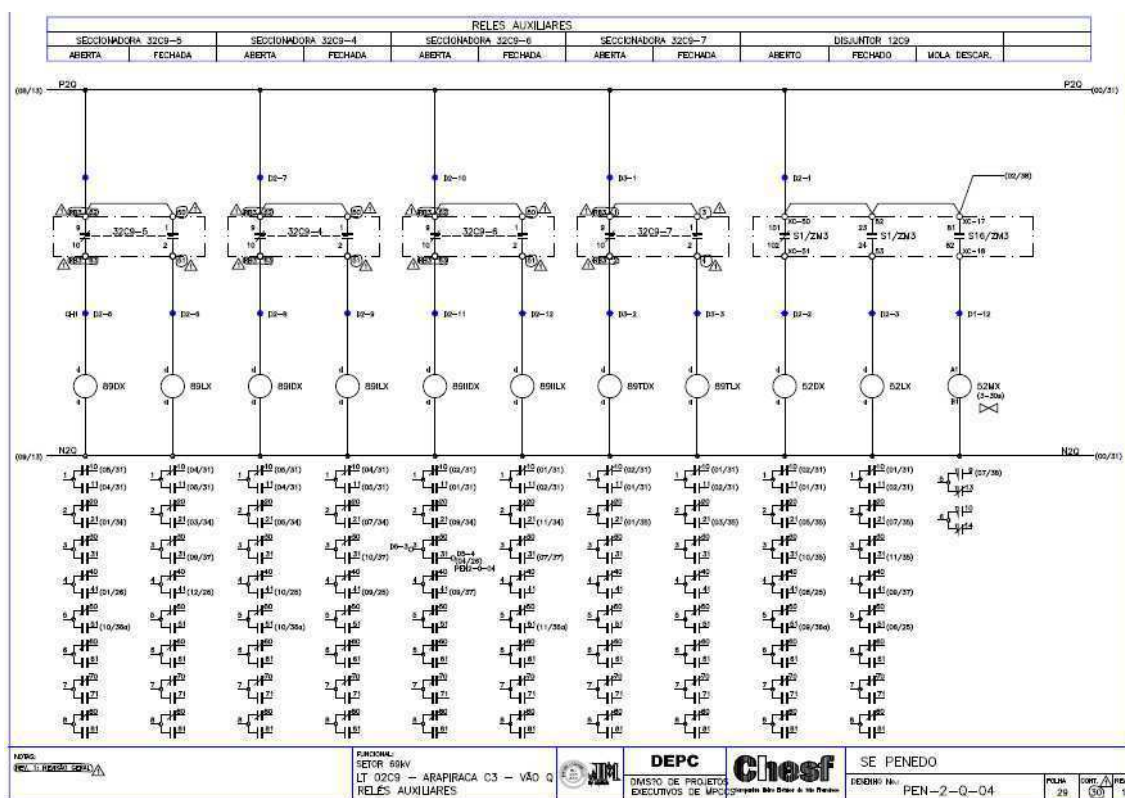


Figura 14 Esquema elétrico de lógica das seccionadoras da LT02C9 – ARAPIRACA

No funcional ainda pode-se encontrar o diagrama lógico de programação da unidade de proteção que é utilizado para definir as atividades e o modo de atuação da proteção dependendo dos sinais de entrada, um exemplo de diagrama lógico pode ser verificado na Figura 15. Além dos diagramas lógicos, no funcional podemos encontrar o circuito interno do disjuntor e a programação das chaves como mostrado nas Figura 16 e Figura 17 respectivamente.

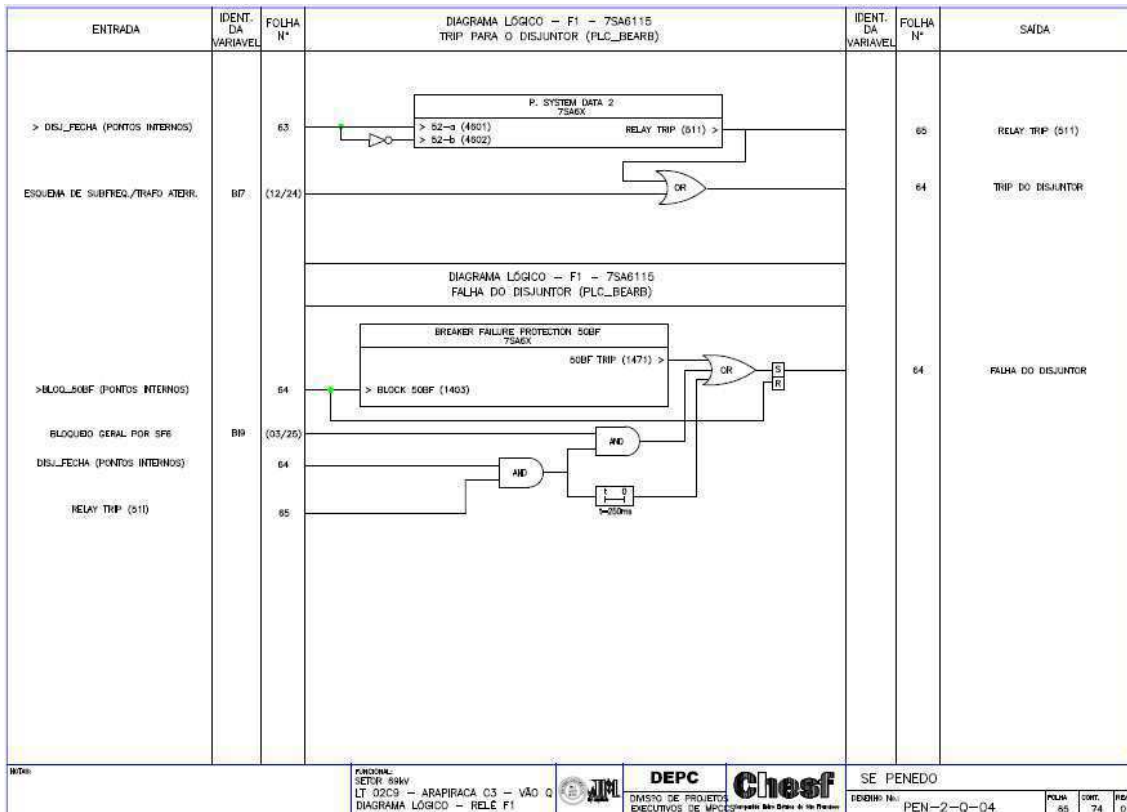


Figura 15 Exemplo de Diagrama lógico da LT02C9 – ARAPIRACA

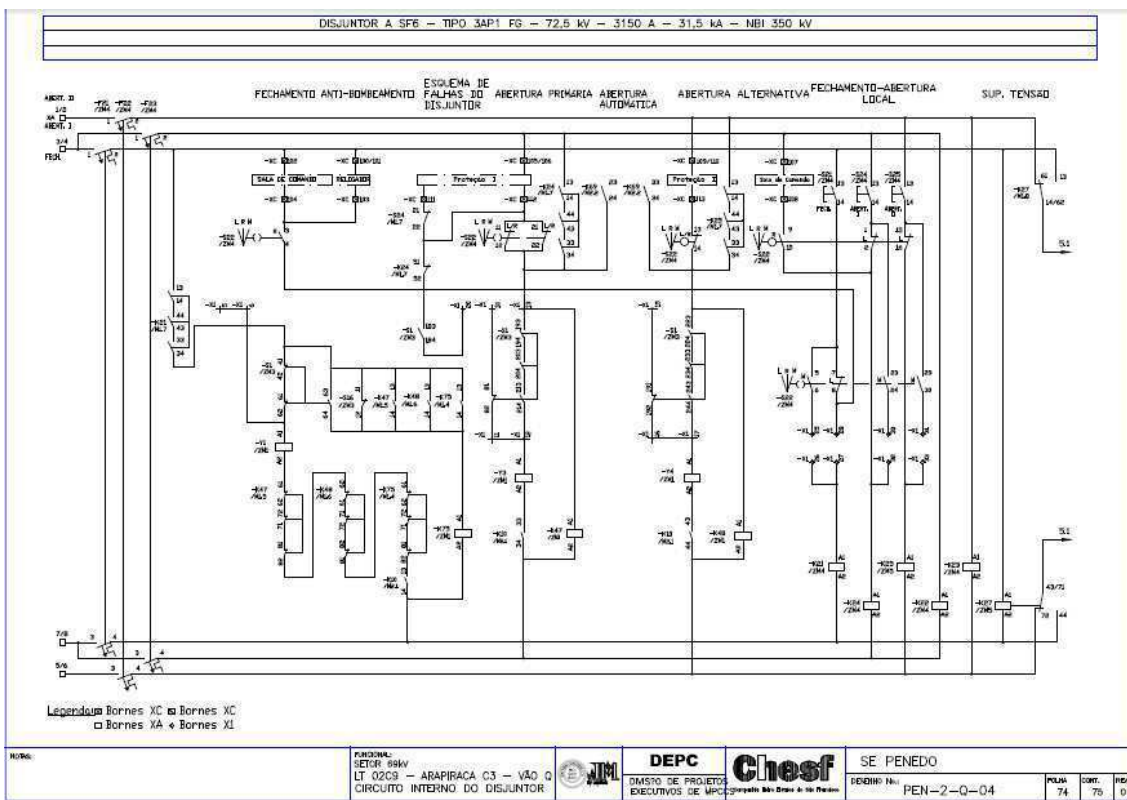


Figura 16 Circuito interno do disjuntor utilizado na LT02C9 – ARAPIRACA



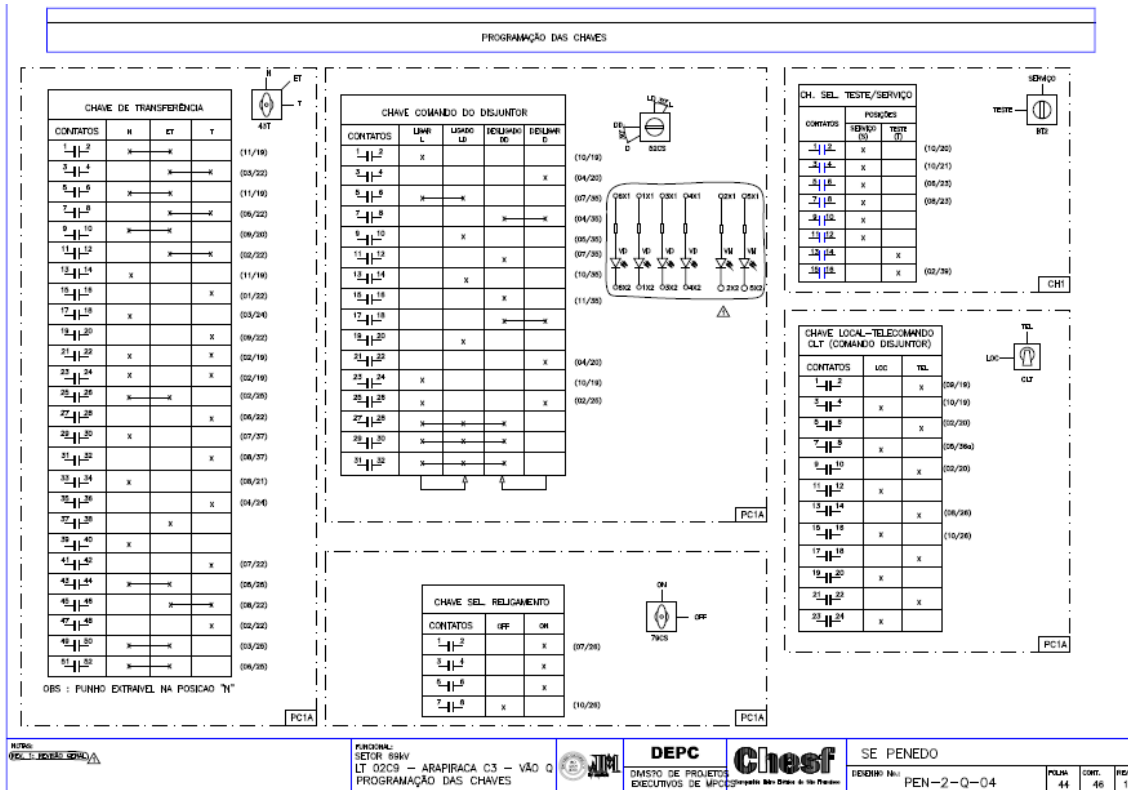


Figura 17 Programação das chaves utilizadas na LT02C9 – ARAPIRACA

Assim como o quadro sinótico presente no painel PC1A da LT02C9 – ARAPIRACA.

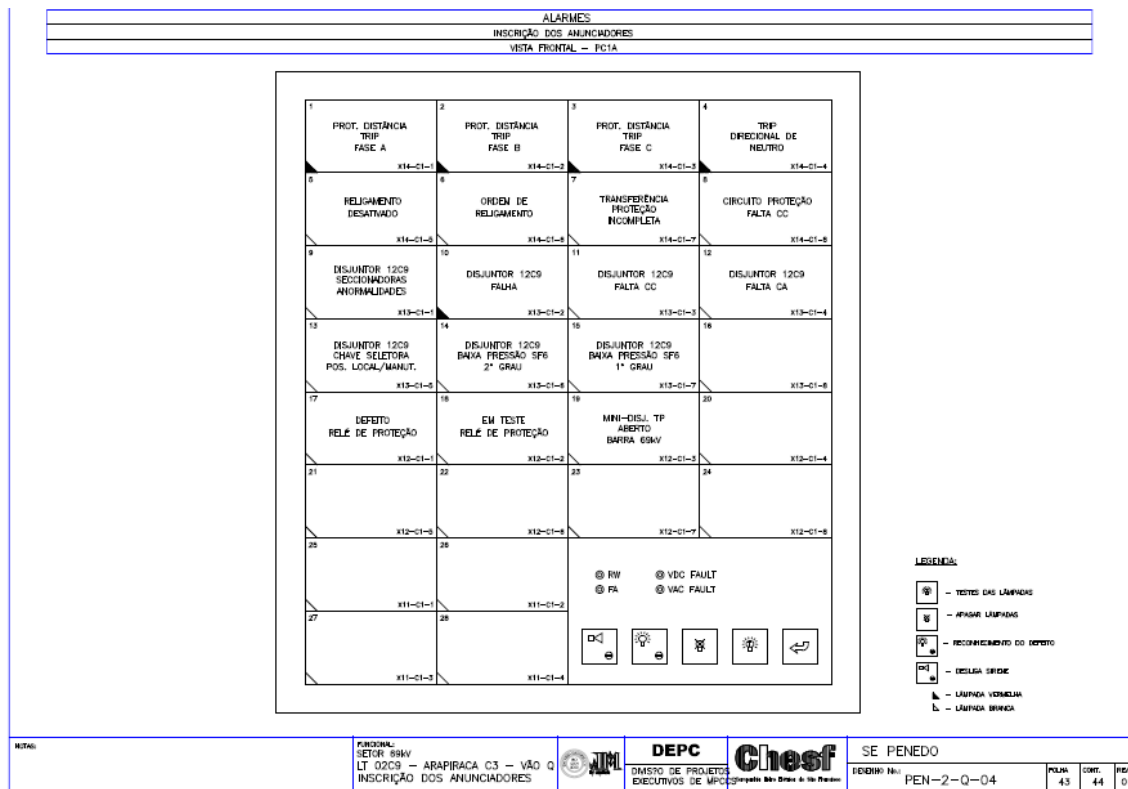


Figura 18 Quadro sinótico do painel do vão Q da LT02C9 – ARAPIRACA

### 4.3.2 DIAGRAMA DE FIAÇÃO

No diagrama de fiação é mostrado como devem ser ligados os fios entre os relés, multimedidor, fusíveis, lâmpadas, bloco de testes, chaves, régua, anunciador e as unidades de proteção se denomina de fiação pelo fato de ser no mesmo painel caso fosse entre painéis ou entre o painel e um equipamento do pátio seria uma interligação.

O primeiro passo para realização da fiação é se ter o *layout* do painel, ou seja, onde está localizado cada componente para se decidir qual a melhor maneira para realização da fiação, os esquemas elétricos presentes no funcional não levam em conta o arranjo físico do painel mas apenas a lógica e se eletricamente está adequado, para se minimizar custo e até quantidade de relés necessários e preciso analisar a melhor maneira de como os fios vão ser conectados.

É recomendado que cada borne de cada componente possua apenas 2 fios ligados a ele para que facilite a montagem, a manutenção e mantenha-se a organização. Este diagrama é de fundamental importância na execução da montagem do painel, pois é por ele que o eletricista se guia no momento de realizar as conexões, na Figura 19 é apresentado um exemplo de como se representa as fiações e os relés em um diagrama de fiações.

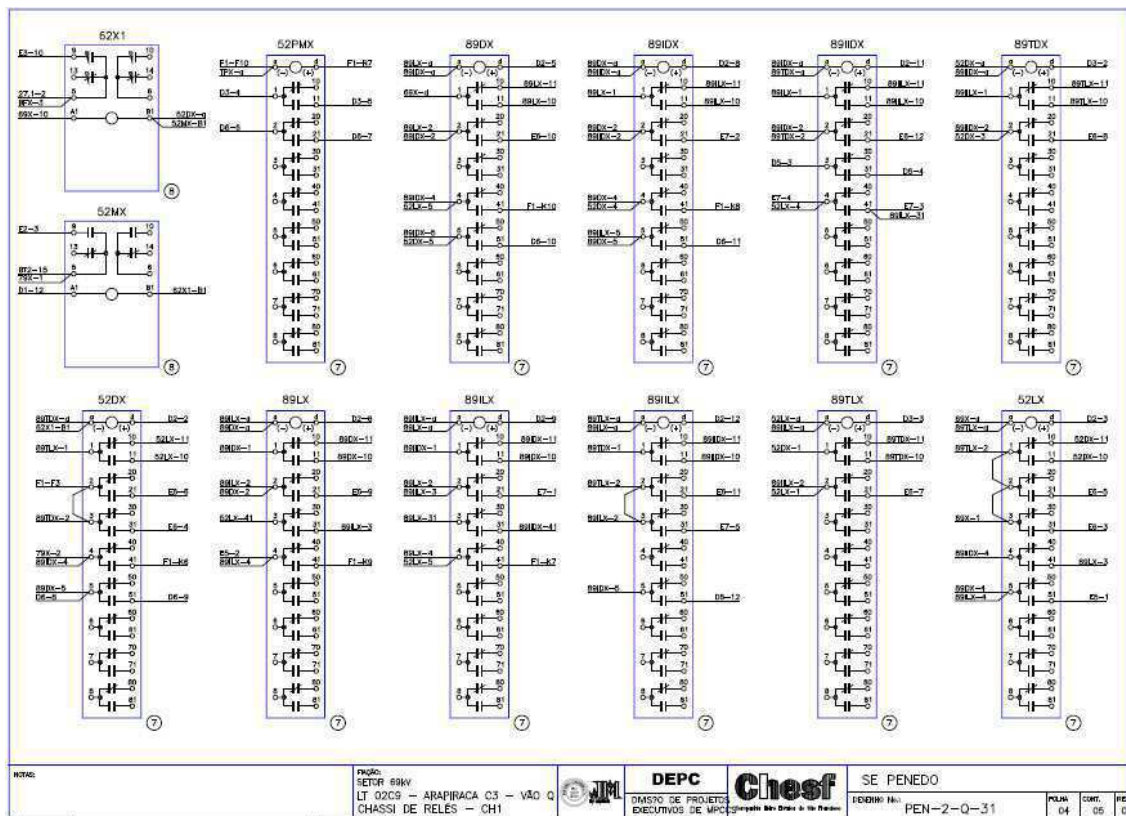


Figura 19 Exemplo de fiação do CH1 da LT02C9 – ARAPIRACA

Além das fiações a serem realizadas esse caderno possui a lista de materiais, que já foi abordada anteriormente e possui um exemplo na Figura 8, a lista de etiquetas presente na Figura 7 e os “rasgos” que devem ser feitos no painel para a inserção dos componentes, “rasgos” são os cortes necessários a serem feitos no painel como mostrado na Figura 20. Um caderno com um diagrama de fiação de uma linha de 69 kV tem em média 10 folhas.

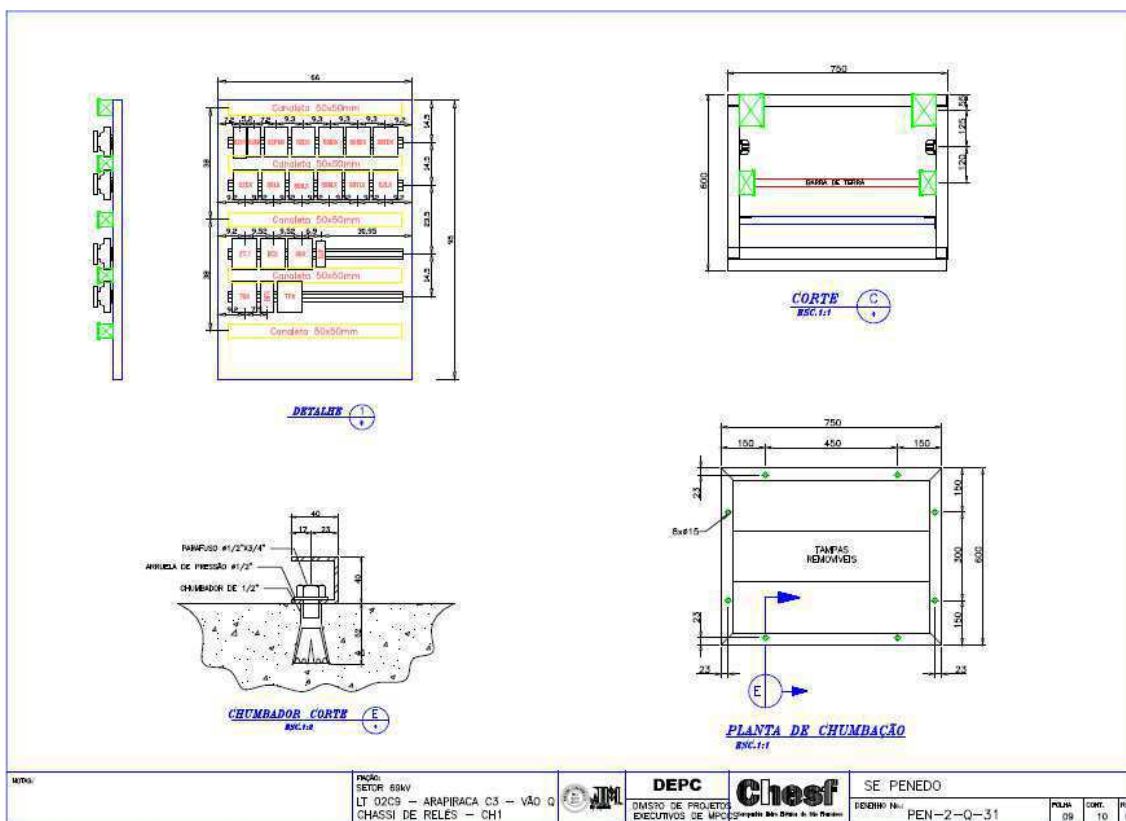


Figura 20 "Rasgos" que devem ser efetuados no painel CH1 da LT02C9 – ARAPIRACA

#### 4.3.3 DIAGRAMA DE INTERLIGAÇÃO

O diagrama de interligação consiste na ligação entre painéis ou entre um painel e um equipamento do pátio (disjuntor, seccionadora, caixa de ligação do TP dentre outros) através de cabos. Os cabos são estruturas compostas de várias “veias” ou fios que são blindados caso seja entre um painel e um equipamento do pátio devido a indução magnética do ambiente, os cabos podem conter 2, 4, 6, 9 ou 12 fios.

Assim como na fiação há a preocupação com a quantidade de cabos utilizados e para minimizar ao máximo essa quantidade deve ser levada em consideração a posição do painel na sala de comando por isso no caderno referente ao diagrama de interligação está presente a planta baixa da sala de operação semelhante à mostrada na Figura 9

Um exemplo de interligação pode ser vista na Figura 21.

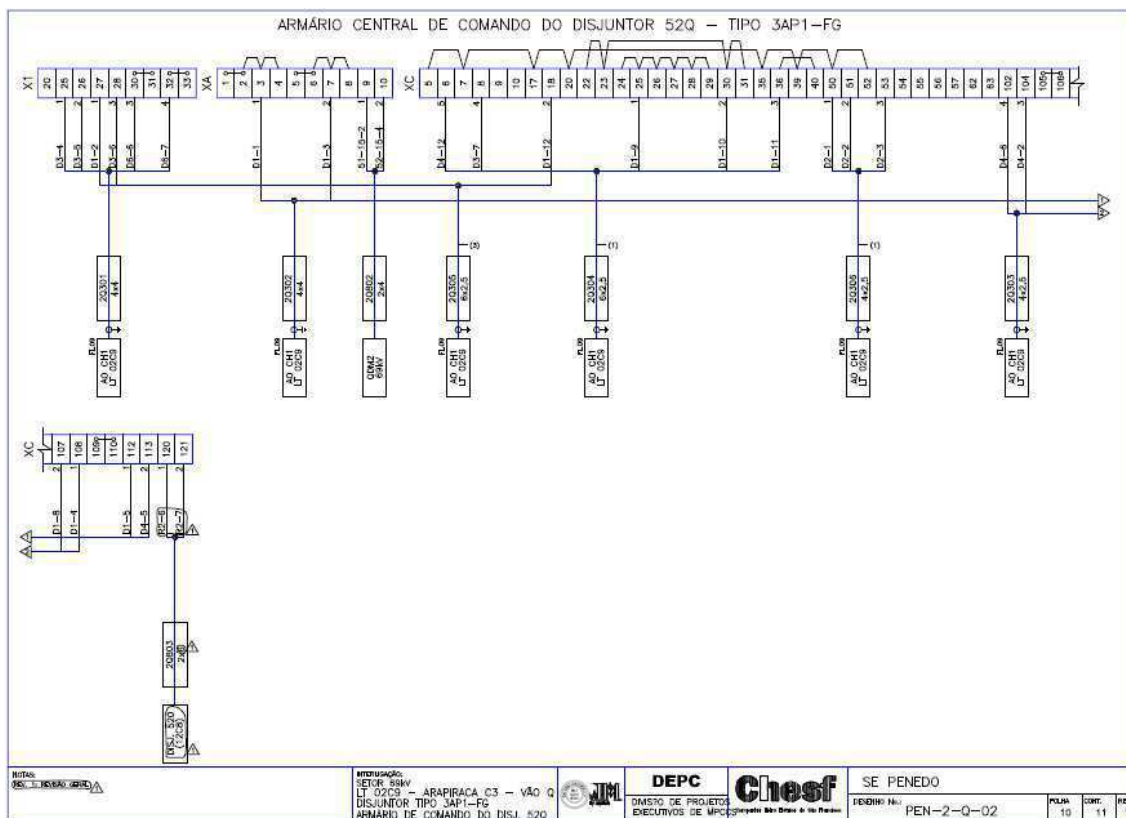


Figura 21 Interligação do armário do disjuntor da LT02C9 – ARAPIRACA

No diagrama de interligação ainda temos a memória de cálculo que é o cálculo da queda de tensão para o dimensionamento do cabo que é mandado para o circuito de abertura do disjuntor, para garantir que a tensão de chegada no circuito de abertura seja suficiente para abrir o disjuntor, um exemplo de memória de cálculo pode ser encontrada no anexo deste relatório.

## 5 CONCLUSÃO

Este documento teve como objetivo descrever as atividades realizadas e as informações obtidas durante o período de estágio integrado realizado na empresa AGAM empreendimentos no desenvolvimento de projetos em *mpccs*.

Foram fornecidas informações que permitem a realização de projetos nessa área, tais como configurações básicas de subestações, equipamentos de proteção e medição além de descrição do desenvolvimento de projetos em *mpccs*.

## BIBLIOGRAFIA

ABNT. (2002). NBR 10520 - Informação e documentação - Citações em documentos - Apresentação. *Associação Brasileira de Normas Técnicas* (p. 7). ABNT.

ABNT. (2005). NBR 14724 - Informação e documentação — Trabalhos acadêmicos — Apresentação. *Associação Brasileira de Normas Técnicas* (p. 9). ABNT.

ABNT. (2002). NBR 6023 - Informação e documentação - Referências - Elaboração. *Associação Brasileira de Normas Técnicas* (p. 24). ABNT.

ABNT. (2003). NBR 6028 - Informação e documentação - Resumo - Apresentação. (p. 2). Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT. (2005). NBR 6034 - Informação e documentação - Índice - Apresentação. *Associação Brasileira de Normas Técnicas* (p. 4). ABNT.

Inmetro. (2010). *Unidades Legais de Medida*. Acesso em 12 de 08 de 2010, disponível em Inmetro: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/unidLegaisMed.asp?iacao=imprimir>

# ANEXO A – MEMÓRIA DE CÁLCULO

Fortaleza/CE, 16 de novembro de 2010.

À  
**COMPANHIA HIDRO ELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO – CHESF**  
**DIVISÃO DE PROJETOS EXECUTIVOS DE MPCCS – DEPC.**  
**AT.: ENG.º ÉLCIO DELGADO- GERENTE / ENG.º CARLOS FORMIGA – DEPC**  
**REFERÊNCIA: SE PENEDO – SETOR 69kV – VÃO Q – LT 02C9 – ARAPIRACA C3**  
**ASS.: MEMÓRIA DE CÁLCULO DIMENSIONAMENTO DO CABO DO DISJUNTOR PARA**  
**ABERTURA PELA PROTEÇÃO.**

Prezados Senhores,

## 1. DIMENSIONAMENTO DO CABO DO DISJUNTOR PARA ABERTURA PELA PROTEÇÃO.

### 1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS DE QUEDA DE TENSÃO

Da: Bateria (125Vcc) ao painel de serviços auxiliares 125Vcc= 0,5V

### 1.2 CÁLCULO DA QUEDA DE TENSÃO LIMITE

Tensão mínima da bobina de abertura (-20%) equivale a 100Vcc  
 Tensão final de descarga de bateria (-8%) – 115Vcc  
 $\Delta V \text{ Limite} = (115 - 0,50) - 100 = 14,5V$

### 1.3 CÁLCULO DO CONDUTOR

#### 1.3.1 Cálculo da resistência em corrente contínua ( $\Omega / km$ )

$$\Delta V \text{ Limite} = D \times I1 \times R_{CCT}$$

D – distância (km)= 0,9km

Potência da bobina de abertura do disjuntor (disparador): 312W

I1 – Corrente transportada pelo cabo (A) =  $312W / 125VCC = 2,5A$

Rcct – Resistência em corrente contínua ( $\Omega / km$ )

$$14,50 = 0,90 \times 2,5 \times R_{cct}$$

$$R_{cct} = 6,44\Omega/km$$

$$R_{cct} = R_{cc20^\circ C} \times (1 + 0,00393 (T-20))$$

T – Temperatura Limite = 70°C

$$R_{cct} = R_{cc20^\circ C} \times 1,196$$

$$R_{cc 20^\circ C} = \frac{R_{cct}}{1,196} = \frac{6,44}{1,196} = 5,40\Omega/km \text{ (Ver tabela anexa).}$$

- 1.3.2 O cabo de 4,0mm<sup>2</sup> possui Rcc20°C = 4,61 e é o mais próximo do valor 5,40 encontrado. Logo, o cabo escolhido é o de bitola 4,0mm<sup>2</sup>.

Nota: Tabela de Rcc20°C do fabricante de cabos Pirelli.

- 1.3.3 Comprovação:

$$\begin{aligned}\Delta V &= D \times I_l \times R_{cct} (I) \\ R_{cct} &= R_{cc20^\circ C} \times 1,196 = 4,61 \times 1,196 = 5,51 \\ \Delta V &= 0,90 \text{ km} \times 2,5 \text{ A} \times 5,51 \Omega/\text{km} = 12,40\end{aligned}$$

$$\Delta V = 12,40 \text{ V}$$

Como  $\Delta V(\text{limite}) > \Delta V (14,5 > 12,70)$ , o condutor de 4,0mm<sup>2</sup> atende ao critério de dimensionamento pela Max. Queda de tensão.

---

*AGAM Engenheiros e Consultores Ltda*

Geronimo Rabelo Santos  
-Engenheiro Eletricista-  
CREA N.º 8.502 – D/PE



**BAIXA TENSÃO**
**TABELAS DE DIMENSIONAMENTO**

Os valores de resistências elétricas e reatâncias indutivas indicadas na tabela a seguir são valores médios e destinam-se a cálculos aproximados de circuitos elétricos, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$Z = R \cos \phi + X \sin \phi$$

**TABELA 22 - RESISTÊNCIAS ELÉTRICAS E REATÂNCIAS INDUTIVAS DE FIOS E CABOS ISOLADOS EM PVC, EPR E XLPE EM CONDUTOS FECHADOS (VALORES EM  $\Omega$  / km)**

Seção (mm <sup>2</sup> )	R <sub>cc</sub> (A)	Condutos não-magnéticos (B) Circuitos FN / FF / 3F	
		R <sub>ca</sub>	X <sub>L</sub>
[1]	[2]	[3]	[4]
1,5	12,1	14,48	0,16
2,5	7,41	8,87	0,15
4	4,61	5,52	0,14
6	3,08	3,69	0,13
10	1,83	2,19	0,13
16	1,15	1,38	0,12
25	0,73	0,87	0,12
35	0,52	0,63	0,11
50	0,39	0,47	0,11
70	0,27	0,32	0,10
95	0,19	0,23	0,10
120	0,15	0,19	0,10
150	0,12	0,15	0,10
185	0,099	0,12	0,094
240	0,075	0,094	0,098
300	0,060	0,078	0,097
400	0,047	0,063	0,096
500	0,037	0,052	0,095
630	0,028	0,043	0,093
800	0,022	0,037	0,089
1000	0,018	0,033	0,088

(A) Resistência elétrica em corrente contínua calculada a 70 °C no condutor;

(B) Válido para condutores isolados, cabos unipolares e multipolares instalados em condutos fechados não-magnéticos.