

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

**CONTEÚDO**

1.	OBJETIVOS DO DOCUMENTO E ÁREA DE APLICAÇÃO .....	3
2.	GESTÃO DA VERSÃO DO DOCUMENTO.....	3
3.	UNIDADES DA VERSÃO DO DOCUMENTO .....	3
4.	REFERÊNCIAS .....	3
5.	SIGLAS E PALAVRAS-CHAVE.....	5
6.	DESCRIÇÃO.....	7
6.1.	Elaboração de Projeto de Subestação .....	7
6.2.	Obtenção de Dados Preliminares.....	7
6.2.1.	Condições de Serviço.....	7
6.2.2.	Características Gerais do Sistema Elétrico .....	8
6.3.	Planejamento e Tipos de Subestação .....	10
6.3.1.	Considerações Gerais .....	10
6.3.2.	Planejamento .....	11
6.3.3.	Tipos de Subestações .....	12
6.4.	Projeto Civil.....	22
6.4.1.	Dados Preliminares para Projeto.....	22
6.4.2.	Instalações Provisórias .....	23
6.4.3.	Movimento de Terra.....	24
6.4.4.	Drenagem e Pavimentação .....	25
6.4.5.	Edificação .....	27
6.4.6.	Bases e Fundações para Postes.....	30
6.4.7.	Caixas, Eletrodutos e Canaletas .....	30
6.5.	Projeto Eletromecânico.....	31
6.5.1.	Considerações Gerais .....	31
6.5.2.	Aterramento .....	31
6.5.3.	Blindagem .....	33
6.5.4.	Condutores Nus Flexíveis e Rígidos .....	34

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

---

6.5.5.	Estruturas.....	36
6.5.6.	Equipamentos Adicionais .....	37
6.6.	Projeto Elétrico .....	40
6.6.1.	Sistema de Automação.....	40
6.6.2.	Sistema de Proteção .....	48
6.6.3.	Sistema de Medição .....	57
6.7.	Apresentação do Projeto .....	58
6.7.1.	Geral .....	58
6.7.2.	Projetos.....	59
6.8.	Comissionamento .....	60
6.9.	Projeto <i>As Built</i> .....	61
7.	ANEXOS .....	61
7.1.	Desenho 01: Parede Corta Fogo e Bacia de Contenção – Dimensional .....	62
7.2.	Desenho 02: Distância entre Transformadores.....	63
7.3.	Desenho 03: Distância de Transformadores de Potência para Edificações .....	64
7.4.	Desenho 04: Simbologias.....	65

RESPONSÁVEL POR OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO BRASIL  
**Nilson Baroni Jr.**

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

## 1. OBJETIVOS DO DOCUMENTO E ÁREA DE APLICAÇÃO

Este documento define os critérios e requisitos técnicos mínimos a serem atendidos para elaboração de projetos de novas subestações AT/AT, AT/MT e MT/MT da Enel Distribuição Ceará / Enel Distribuição Goiás / Enel Distribuição Rio bem como ampliação, extensão, reforço e melhoria, de modo a assegurar as condições técnicas, econômicas e de segurança necessárias ao adequado fornecimento de energia elétrica. Este critério pode ser aplicado em subestações existentes e novas subestações.

Este documento se aplica a Infraestruturas e Redes Brasil na operação de distribuição Rio, Ceará e Goiás.

## 2. GESTÃO DA VERSÃO DO DOCUMENTO

Versão	Data	Descrição das mudanças
1	02/04/2019	Emissão da especificação técnica de construção. Este documento cancela e substitui os documentos WKI-OMBR-MAT-18-0063-EDCE, WKI-HVOU-CRJ-18-0020-EDRJ e NTC-60.

## 3. UNIDADES DA VERSÃO DO DOCUMENTO

Responsável pela elaboração do documento:

- Operação e Manutenção Brasil.

Responsável pela autorização do documento:

- Operação e Manutenção Brasil;
- Qualidade de Processos Brasil.

## 4. REFERÊNCIAS

- Procedimento Organizacional n.375, *Gestão da Informação Documentada*;
- Código Ético do Grupo Enel;
- Plano de Tolerância Zero à Corrupção;
- NR 10, Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, do Ministério do Trabalho e Emprego;
- NR 18, Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção;
- ABNT NBR 5410, Instalações Elétricas de Baixa Tensão;
- ABNT NBR 5419 Proteção contra descargas atmosféricas – Parte 1: Princípios Gerais;
- NBR 7117, Medição da resistividade e determinação da estratificação do solo;
- ABNT NBR 9511, Cabos elétricos - Raios mínimos de curvatura para instalação e diâmetros mínimos de núcleos de carretéis para acondicionamento;

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

- ABNT NBR 10151, Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento;
- ABNT NBR 10152, Níveis de ruído para conforto acústico;
- ABNT NBR 13231, Proteção contra incêndio em subestações elétricas de geração, transmissão e distribuição;
- ABNT NBR 15749, Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento;
- ABNT NBR 15751, Sistemas de aterramento de subestações – Requisitos.
- WKI-OMBR-MAT-18-0248-INBR Utilização de Materiais em Linhas e Redes de Distribuição Aéreas de AT, MT e BT;
- GSC-001, *Underground Medium Voltage Cables*;
- GSH-002, *Hybrid Modules*;
- GST-001, *MV-LV Transformers*;
- GST-002, *Power Transformers*;
- GSTP-001, *RGDAT-A70*;
- GSCG-002, *Technical Conformity Assessment*;
- GSCH-005, *Metal-Oxide Polymer-Housed Surge Arresters Without Gaps For A.C. Systems for Substations from 12kV to 245kV*;
- E-SE-003, *Interruptores de Média Tensión*;
- E-SE-005, *Transformador de Instrumentación de Alta Tensión*;
- E-SE-006, *Secionadores de Média Tensión*;
- E-SE-007, *Transformador de Instrumentación de Média Tensión*;
- E-SE-008, *Celda de Média Tensión*;
- E-SE-009, *Banco de Condensadores*;
- E-MT-012, *Cables Unipolares Aislados de Media Tensión para Salida de Subestaciones y Redes Troncales de Distribución*;
- IO 1482 Critérios técnicos de projeto e construção de subestações AT/MT;
- IO 1483 Critérios técnicos de projetos de subestação AT/AT;
- IO 1698 Critérios Técnicos de Desenvolvimento da Rede AT, MT e BT.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

**5. SIGLAS E PALAVRAS-CHAVE**

<b>Palavras Chaves</b>	<b>Descrição</b>
Alimentador	Linha elétrica destinada a transportar energia elétrica em média tensão.
Alta Tensão (AT)	Alta Tensão de Distribuição - Tensão entre fases cujo valor eficaz é igual ou superior a 69 kV e inferior a 230 kV, ou instalações em tensão igual ou superior a 230 kV quando especificamente definidas pela ANEEL
Área de Corrosão Classe A	Área que se caracteriza por uma poluição moderada ou desprezível, sendo identificada como classe de poluição muito leve ou leve
Área de Corrosão Classe B	Área que se caracteriza por uma poluição mediana, sendo identificada como classe de poluição média;
Área de Corrosão Classe C	Área que se caracteriza por uma poluição pesada, sendo identificada como classe de poluição pesada ou muito pesada.
By-pass	Passagem secundária, em contorno a equipamentos, possibilitando a retirada de operação do mesmo sem interrupção de energia.
Comissionamento	Ato de submeter equipamentos, instalações e sistemas a testes e ensaios especificados, antes de sua entrada em operação.
Condição N	Estado permanente da rede, em uma configuração padrão, com todos os elementos disponíveis
Condição N-1	É um estado temporário da rede, em uma configuração modificada, devido à indisponibilidade de um elemento
Contingência	Perda de equipamentos ou instalações que provoca ou não violação dos limites operativos ou corte de carga.
Engastamento	Profundidade que o poste deve ser enterrado.
Equipamento de Proteção	Qualquer um dos componentes necessários ao desempenho da função completa de um sistema de proteção
Extra Alta Tensão (EAT)	Tensão entre fases cujo valor eficaz é superior a 230 kV
IED	Dispositivo cuja função principal é a de promover uma rápida retirada de serviço de um elemento do sistema, quando esse sofre um curto-circuito, ou quando ele começa a operar de modo anormal que possa causar danos ou, de outro modo, interferir com a correta operação do resto do sistema.
LILO	Linha de entrada – Linha de saída (Line In - Line Out)
Média Tensão (MT)	Média Tensão - Tensão entre fases cujo valor eficaz é superior a 1 kV e inferior a 69 kV.
Projeto de Ampliação	Obras decorrentes de projetos que dão origem a novas subestações para atendimento a novas cargas elétricas.
Projeto de Extensão	Obras decorrentes de projetos com a finalidade de atender novas cargas elétricas, que dão origem a acréscimo nas dimensões físicas das instalações como novas entradas e saídas de linha de (EL/SL) e saídas de alimentadores (AL).
Projeto de Melhoria	Obras que envolvem a instalação ou substituição de equipamentos destinados à melhoria das condições operacionais das instalações cujos

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

	efeitos refletem diretamente nos atributos da qualidade do fornecimento (níveis de tensão, DEC, FEC, etc.), como instalação de bancos de capacitores, disjuntores e reguladores de tensão.
Projeto de Reforço	Obras que atuam sobre as instalações existentes com a finalidade exclusiva de aumento da capacidade instalada decorrente da adição de mais um transformador ou substituição do (s) existente (s) por outro (s) de maior capacidade.
Projetos	Conjunto de documentos com as regras, diretrizes, esquemas de ligação e listas de material que orientam à construção de algo ou alguma coisa.
Sinal de <i>Trip</i>	Sinal elétrico enviado por um relé de proteção para abertura de um dispositivo de disjunção.
Sistema de Proteção, Controle e Supervisão (SPCS)	Sistema ao qual estão associados todos os equipamentos necessários para detectar, localizar, iniciar e completar a eliminação de uma falta ou de uma condição anormal de operação de um sistema elétrico.
Subestação de Distribuição (SED)	Subestação que conecta o Sistema de Distribuição de Alta Tensão – SDAT ao Sistema de Distribuição de Média Tensão – SDMT, contendo transformadores de potência.
Transferência Direta de Disparo (TDD)	Atuação de proteções instantâneas e que habilita o religamento automático.
Transformador de Corrente (TC)	Transformador para instrumento cujo enrolamento primário é ligado em série em um circuito elétrico, e reproduz, no seu circuito secundário, uma corrente proporcional à do seu circuito primário, com sua posição fasorial substancialmente mantida em uma posição definida, conhecida e adequada para uso com instrumentos de medição, controle ou proteção.
Transformador de Potencial (TP)	Transformador para instrumento cujo enrolamento primário é ligado em derivação com o circuito elétrico, e reproduz, no seu circuito secundário, uma tensão proporcional a do seu circuito primário, com sua posição fasorial substancialmente mantida em uma posição definida, conhecida e adequada para uso com instrumentos de medição, controle ou proteção.
Vão (bay)	Parte de uma subestação correspondente a uma entrada ou saída de linha (vão de entrada de linha “EL” ou saída de linha “SL”), ou a um transformador (vão de transformador “TR”), ou a um alimentador (vão de alimentador “AL”) ou a outro equipamento determinado. Corresponde ao termo inglês bay.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

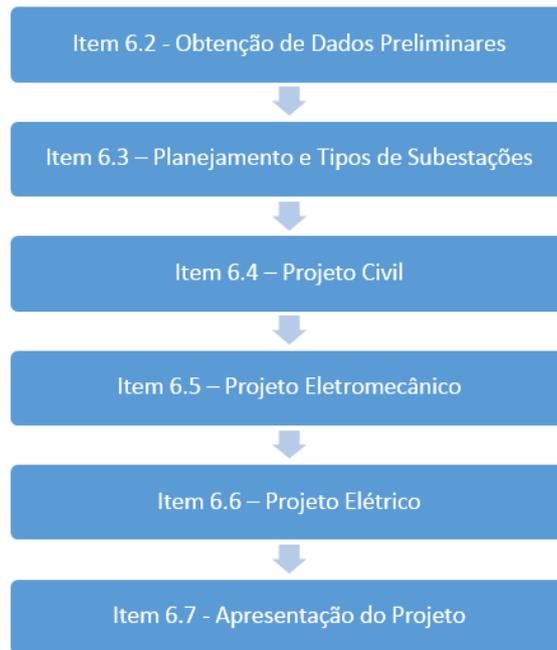
Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

## 6. DESCRIÇÃO

### 6.1. Elaboração de Projeto de Subestação

A elaboração de projetos de subestações deve seguir o roteiro apresentado na Figura 1.



**Figura 1:** Fluxo de elaboração do projeto de subestação

### 6.2. Obtenção de Dados Preliminares

#### 6.2.1. Condições de Serviço

Os equipamentos, dispositivos e materiais contemplados neste critério devem ser apropriados para clima tropical, atmosfera salina, expostos a ação direta dos raios solares e de fortes chuvas, devendo resistir as condições da Tabela 1.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

Característica	Enel Distribuição Ceará	Enel Distribuição Rio	Enel Distribuição Goiás
Altitude máxima (m)	1000	1000	1000
Temperatura mínima (°C)	+15	-10	-10
Temperatura máxima média (°C)	+25	+25	+25
Temperatura máxima (°C)	+40	+40	+40
Umidade relativa média (%)	>80	>80	>80
Pressão máxima do vento (N/m <sup>2</sup> )	700	700	700
Nível de contaminação (ABNT IEC/TR 60815)	Muito Alto (IV)	Muito Alto(IV)	Alto (III)
Nível de Salinidade (mg/cm <sup>2</sup> dia)	> 0,3502	-	-
Radiação solar máxima (Wb/m <sup>2</sup> )	1.000	1000	1000

**Tabela 1** - Condições Ambientais

### 6.2.2. Características Gerais do Sistema Elétrico

Na Tabela 2 são apresentadas as características principais do sistema elétrico da Enel Distribuição Ceará / Enel Distribuição Goiás / Enel Distribuição Rio.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

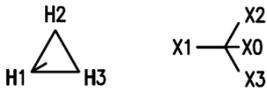
**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

Característica	Enel Distribuição Ceará	Enel Distribuição Rio	Enel Distribuição Goiás
Tipo do sistema	Delta - Estrela com neutro solidamente aterrado	Delta - Estrela com neutro solidamente aterrado	Delta - Estrela com neutro solidamente aterrado
Diagrama			
Número de fases AT e MT	3	3	3
Frequência (Hz)	60	60	60
Tensão Nominal do Sistema/Tensão máxima de operação (kV)			
AT1	-	138/145	138/145
AT2	69 /72,5	69/72,5	69/72,5
MT1	-	34,5/36	34,5/36
MT2	13,8/15	13,8;11,95/15	13,8/15
Nível de curto-circuito simétrico (kA)			
AT1	40	40	40
AT2	31,5	31,5	31,5
MT1	-	16	16
MT2	16 / 25	16/25	16/25
Nível Isolamento Um/Uf/Ui V (Nota 1)			
AT1		145/230/550	145/230/550
AT2	72,5/140/325	72,5/140/325	72,5/140/325
MT1	-	36/70/170	36/70/170
MT2	17,5/38/95	17,5/38/95	17,5/38/95
Conexão do transformador AT/MT	Dyn1	Dyn1	Dyn1
Tensão BT CA (Vca)	380/220	220/127	380/220
Tensão auxiliar CC (Vcc)	125 (+10%-20%)	125 (+10%-20%)	125 (+10%-20%)

**NOTA 1:** Nos dados referente a Nível de isolamento, deve-se adotar a legenda a seguir:

- Um: Tensão máxima do equipamento (kVef);
- Uf: Tensão Suportavel de frequência industrial (kVef);
- Ui: Tensão Suportavel de impulso atmosférico (kVcrista).

**Tabela 2** - Características Principais do Sistema Elétrico

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

### 6.3. Planejamento e Tipos de Subestação

#### 6.3.1. Considerações Gerais

As Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT devem ser instaladas em áreas de propriedade da Enel Distribuição Ceará, Enel Distribuição Goiás e Enel Distribuição Rio.

Os projetos das subestações devem ser realizados aplicando em forma integrada critérios gerais relacionados à funcionalidade das instalações, qualidade do equipamento, preservação do meio ambiente, condições de trabalho, confiabilidade e custos.

##### 6.3.1.1. Funcionalidade das Instalações

Quanto a funcionalidade das instalações deve ser verificada:

- Escolha de diagramas unifilares capazes de evoluir, com etapa inicial de construção mínima;
- Disposições físicas que permitam a utilização de equipamentos localizados de maneira que se facilite sua manutenção, reforma e ampliações futuras, com o mínimo de interrupções de serviço;
- Devem ser buscadas configurações que permitam valorizar a manutenção e ampliação aplicando técnicas de trabalho em tensão (linha viva);
- Operação da subestação (SED) em forma telecontrolada;
- Considerar capacidade de reserva dos transformadores, visando garantir o atendimento total da carga em condições N-1 devido a falha do transformador, sempre maximizando o índice de aproveitamento desses equipamentos;
- Preferência por equipamentos que permitam uma manutenção baseada no estado dos mesmos, para o qual devem possuir sensores que monitorem e identifiquem defeitos ocultos;
- Comunicação do estado dos equipamentos à Unidade de Manutenção;
- Eliminação de elementos e serviços prescindíveis;
- Segurança patrimonial.

##### 6.3.1.2. Qualidade do Equipamento

Quanto a qualidade dos equipamentos deve ser verificada:

- Escolha de equipamentos que garantam elevada confiabilidade. A qualidade dos equipamentos deve assegurar as condições, critérios e exigências indicadas nas especificações técnicas de materiais, os quais se baseiam nas provas exigidas nas normas aplicáveis e aprovação de TCA, conforme GSCC-002;
- Escolha de equipamentos que necessitem de baixa ou nenhuma manutenção;
- Escolha de equipamentos que preferencialmente se auto diagnostiquem e comuniquem seu estado;
- Incorporação de equipamentos com nova tecnologia somente quando se tenham suficiente antecedente de bom desempenho, e estejam homologados pela Enel.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

### 6.3.1.3. Preservação do Meio Ambiente

Quanto a preservação do meio ambiente, deve ser observada:

- Aplicação de medidas para atenuar os efeitos negativos quanto a impacto visual, ruído (conforme NBR 10151 e NBR 10152) e eliminação de resíduos;
- Obtenção de licenças ambientais e certificado do Corpo de Bombeiros.

### 6.3.1.4. Condições de Trabalho

Quanto as condições de trabalho devem ser verificadas:

- Segurança e facilidade para o pessoal nas manobras locais de equipamentos e nos serviços de manutenção;
- Ausência de obstáculos em zonas de trânsito para a circulação livre de pessoas e veículos;
- Eliminação de superfícies escorregadias;
- Sinalização adequada de todos os riscos (elétricos, mecânicos, etc.).

### 6.3.1.5. Confiabilidade e Custos

Quanto a confiabilidade e custos deve ser verificada:

- Escolha de diagramas unifilares baseados na obtenção dos melhores índices de confiabilidade;
- Escolha de equipamentos e materiais que permitam otimizar custos, em toda vida útil e prazos de construção;
- Tamanho e desenvolvimento das subestações em concordância com as características da demanda;
- Adaptação das subestações a restrições externas tais como: regulamentações da autoridade reguladora, disponibilidade de espaço e possíveis penalizações.

### 6.3.2. Planejamento

O planejamento da subestação deve ser efetuado pela unidade responsável e consiste na determinação do tipo de projeto a ser desenvolvido. Este planejamento deve permitir um desenvolvimento progressivo da demanda dentro da expectativa de crescimento da localidade a ser atendida.

Para a realização dos estudos, a unidade responsável deve dispor das seguintes informações:

- a) Levantamento da carga: deve ser feito em função da carga a ser atendida na região;
- b) Estudo e definição da potência da subestação em função da carga demandada: o estudo deve ser efetuado baseado nos dados obtidos na alínea "a)";
- c) Planos diretores governamentais e dos órgãos de meio ambiente para a região;
- d) Previsão da taxa de crescimento da carga;

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil  
 Função Apoio: -  
 Função Serviço: -  
 Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

e) Aquisição das plantas: subsídios fornecidos pelas unidades regionais.

Nesta especificação técnica estão definidos os critérios de projeto para as subestações com os níveis de tensão indicados na Tabela 3.

Tipo de Conexão	Nível de Tensão no Primário (kV)	Nível de Tensão no Secundário (kV)	Tipo de Estrutura
AT/AT	138	69	Aérea / Aérea
AT/MT	138	34,5	Aérea / Aérea
AT/MT	138	13,8/11,95	Aérea / Abrigada
AT/MT	69	34,5	Aérea / Aérea
AT/MT	69	13,8/11,95	Aérea / Abrigada
MT/MT	34,5	13,8/11,95	Aérea / Abrigada

**Tabela 3** - Níveis de tensão das SED

### 6.3.3. Tipos de Subestações

#### 6.3.3.1. Tipos de Conexões de AT

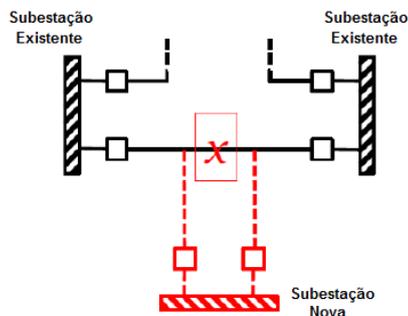
Novas subestações podem ser conectadas à rede de AT integrando-as em uma linha de AT existente ou conectando-as à outra subestação existente.

No caso de uma conexão com uma linha de AT, pode ser adotado o seguinte esquema:

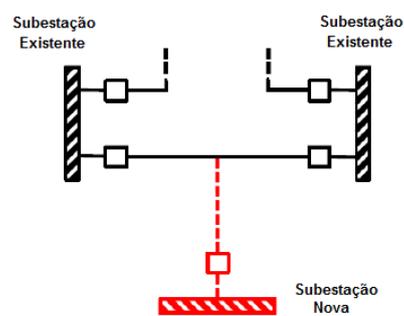
- LILO (Figura 3);
- Conexão Tap (Figura 2).

Em caso de conexão com as subestações existentes, podem ser adotados os seguintes esquemas:

- LILO de vãos (bays) novos (Figura 5);
- Conexão radial (Figura 4);
- Conexão radial dupla (Figura 6);
- Adjacente à subestação existente (Figura 7).



**Figura 3** - Conexão LILO



**Figura 2** - Conexão em Derivação (Tap)

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

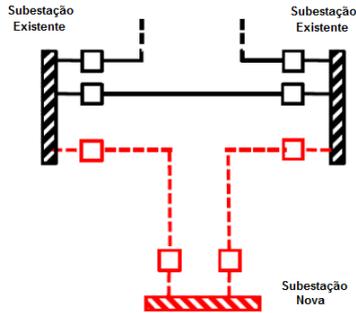


Figura 5 - Conexão LILLO de vãos (bays) novos

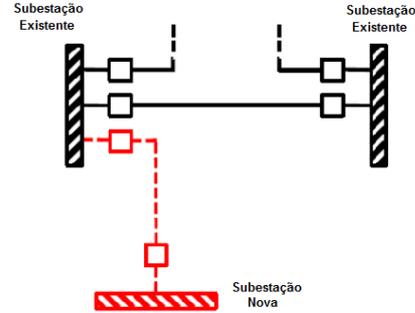


Figura 4 - Conexão Radial

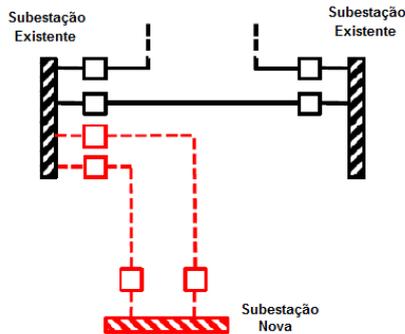


Figura 6 - Conexão Radial Dupla

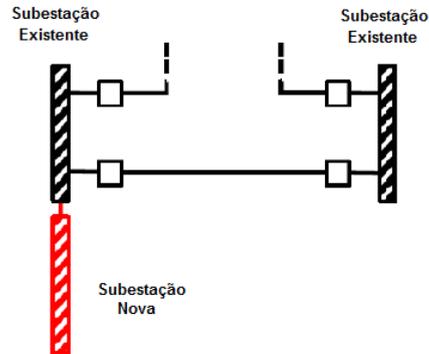


Figura 7 - Conexão Adjacente à subestação existente

**6.3.3.2. Subestações AT/AT**

Subestações AT/AT são instalações que normalmente recebem grandes quantidades de energia, portanto devem garantir confiabilidade, segurança e flexibilidade.

As subestações AT/AT devem atender à demanda de potência da rede sem sobrecarga do autotransformador, tanto no cenário N como no cenário N-1.

A Seção de transformação deve possuir autotransformadores especificados conforme a GST002.

A conexão da subestação AT/AT pode ser feita com duas ou mais linhas AT1. No caso de duas linhas, a conexão pode ser obtida exclusivamente:

- Conexão LILLO de uma linha malhada com outras;
- 2 linhas radiais de outra subestação AT/AT.

As subestações AT/AT são divididas nas seguintes seções:

- a) Seção de Alta Tensão Primária (AT1): Contempla as entradas/saídas de linhas de AT1 e 2 barramentos;
- b) Seção de Transformação AT/AT: Contempla 2 autotransformadores AT/AT e seus acessórios;
- c) Seção de Alta Tensão Secundária (AT2): Contempla as saídas de linhas de AT2 e 1 ou 2 barramentos.

As subestações podem ser de dois tipos, de Função de Interface (FI) e de Função de Transformação (FT), diferenciando-se principalmente pelo tipo de barramento AT2.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil  
 Função Apoio: -  
 Função Serviço: -  
 Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

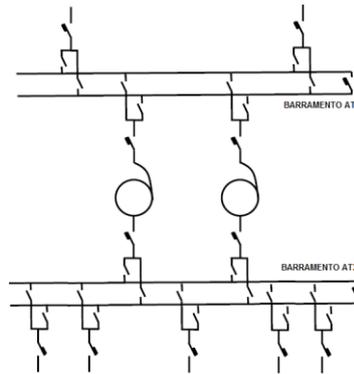
A rede de alta tensão é operada com neutro solidamente aterrado para evitar tensão adicional no isolamento em caso de falha de aterramento.

**6.3.3.2.1. Subestações AT/AT com Função de Interface (FI)**

É uma subestação complexa e com alto valor de potência instalada, seu layout deve garantir confiabilidade e disponibilidade tanto em caso de falhas quanto em condições de manutenção, por esse motivo é necessária redundância nos equipamentos instalados.

A subestação AT/AT FI deve ser projetada para interface do sistema de transmissão em EAT com o sistema de distribuição em AT.

A SED AT/AT FI deve ser conforme diagrama da Figura 8 e Anexo 7.5 (Diagramas Unifilares).



**Figura 8** - Diagrama unifilar simplificado SED AT/AT com Função de Interface

Os equipamentos principais de cada seção da subestação estão indicados na Tabela 4.

Seção	Equipamento	Quantidade	Especificação
AT1 (138kV)	Módulo Híbrido, Modelo Y1, Tensão 145 kV	4	GSH002
AT1 (138kV)	Módulo Híbrido, Modelo Single Bay, Tensão 145 kV	1	GSH002
Transformação AT/AT	Autotransformador AT/AT (Nota 2)	2	GST002
AT2 (69kV)	Módulo Híbrido, Modelo Y1, Tensão 72,5 kV	7	GSH002
AT2 (69kV)	Módulo Híbrido, Modelo Single Bay, Tensão 72,5 kV	1	GSH002

**NOTAS:**

- 1 - A quantidade de entradas de linhas AT1 e de saídas de linhas AT2 podem variar de acordo com o projeto da SED;
- 2 – O projetista pode optar por utilizar autotransformador trifásico ou banco de autotransformadores monofásico. Os autotransformadores devem ser conforme especificação GST002.

**Tabela 4** - Equipamentos SED AT/AT FI

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

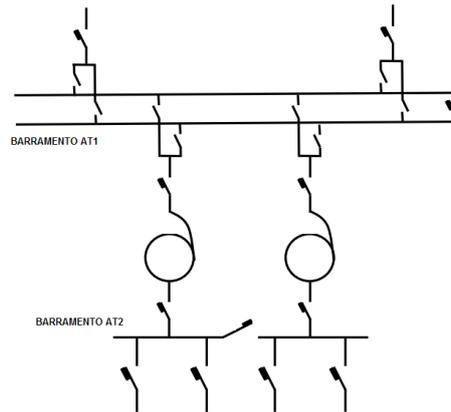
Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

### 6.3.3.2.2. Subestações AT/AT com Função de Transformação (FT)

A subestação AT/AT com função de transformação é uma opção menos complexa possuindo apenas 1 barramento AT2. A SED AT/AT FT deve ser conforme diagrama da Figura 9 e Anexo 7.5 (Diagramas Unifilares).



**Figura 9** - Diagrama unifilar simplificado SED AT/AT com Função de Transformação (FT)

As subestações AT/AT FT devem ser utilizadas quando a quantidade de saídas de linhas AT2 for igual ou menor que 4. Quando a quantidade de saídas de linhas AT2 for superior a 4, devem ser construídos dois barramentos AT2, conforme SED AT/AT FI.

Os equipamentos principais de cada seção da subestação estão indicados na Tabela 5.

Seção	Equipamento	Quantidade	Especificação
AT1 (138kV)	Módulo Híbrido, Modelo Y1, Tensão 145 kV	4	GSH002
AT1 (138kV)	Módulo Híbrido, Modelo Single Bay, Tensão 145 kV	1	GSH002
Transformação AT/AT	Autotransformador AT/AT (Nota 2)	2	GST002
AT2 (69kV)	Módulo Híbrido, Modelo Single Bay, Tensão 72,5 kV	7	GSH002

**NOTAS:**

1 - A quantidade de entradas de linhas AT1 e de saídas de linhas AT2 podem variar de acordo com o projeto da SED;

2 – O projetista pode optar por utilizar autotransformador trifásico ou banco de autotransformadores monofásico. Os autotransformadores devem ser conforme especificação GST002.

**Tabela 5** - Equipamentos SED AT/AT FT

### 6.3.3.2.3. Demais Instalações

O serviço auxiliar da subestação AT/AT deve vir de uma fonte própria e/ou de uma rede de MT existente, que pode ser o terciário do autotransformador. Se houver duas fontes de alimentação, em caso de falta, uma deve suportar a carga da outra.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

### 6.3.3.3. Subestações AT/MT

O projeto de novas subestações AT/MT deve ser modular, divididos em seções conforme a seguir:

- a) Seção AT: inclui barramento isolado a ar e bays de entrada/saída de linha;
- b) Seção de Transformação: inclui transformadores e os seus equipamentos auxiliares;
- c) Seção MT: container, construções pré-fabricadas ou em avenaria com cubículo de MT, incluindo o barramento MT, seccionamentos de MT, banco capacitor e equipamentos auxiliares (comando e controle) para a subestação. Subestações de 34,5 kV devem possuir seção MT aérea.

A subestação AT/MT deve ser capaz de atender toda a demanda de potência da rede sem sobrecarga do transformador no cenário N.

No caso de uma contingência da subestação (cenário N-1), toda a demanda de potência da rede deve ser atendida através da capacidade de sobrecarga dos outros transformadores da subestação, ver Tabela 6, e/ou da contribuição da rede MT.

A SED, normalmente, opera com a barra de MT aberta.

Tipo de Transformador	Capacidade de Sobrecarga
Transformador abaixo de 20 anos e resultados dos testes elétricos e análise de óleo conforme GST002	20%
Transformador entre 20 anos e 40 anos ou resultados dos testes elétricos e análise de óleo conforme GST002	10%
Transformador acima de 40 anos ou resultados dos testes elétricos e análise de óleo conforme GST002	0%

**Tabela 6** – Capacidade de Sobrecarga no cenário N-1

#### 6.3.3.3.1. Subestação Padrão

A Subestação Padrão deve ser conectada à rede de AT através de conexão de LILO e os principais elementos instalados são:

- 2 linhas de AT;
- 2 transformadores;
- 2 barramentos simples de MT.

A Seção AT deve utilizar módulos híbridos, modelo Y2, para conexão de cada linha a cada transformador, os módulos híbridos estão especificados conforme a GSH002 e Tabela 7.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

TIPO DO MÓDULO
Módulo Híbrido, Modelo Y2, Tensão 145 kV
Módulo Híbrido, Modelo Y1, Tensão 145 kV
Módulo Híbrido, Modelo Single Bay, Tensão 145 kV
Módulo Híbrido, Modelo Y2, Tensão 72,5 kV
Módulo Híbrido, Modelo Y1, Tensão 72,5 kV
Módulo Híbrido, Modelo Single Bay, Tensão 72,5 kV

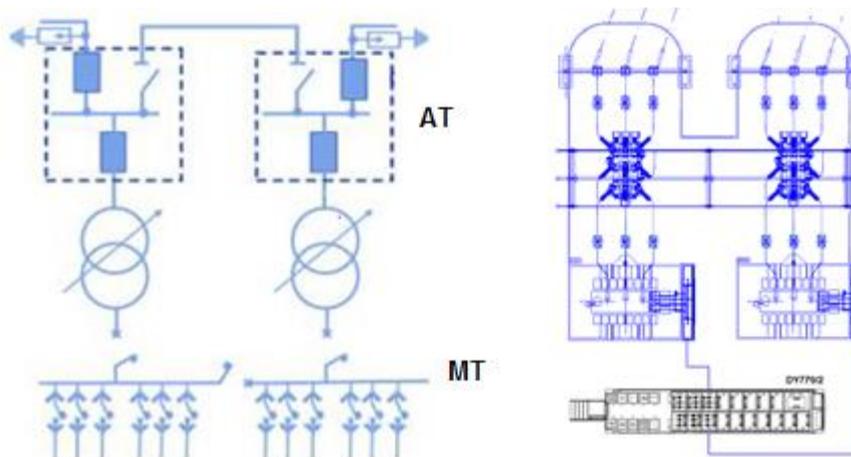
**Tabela 7** - Módulos Híbridos

A Seção de Transformação deve possuir 2 transformadores com potências nominais definidas na Tabela 8 e especificados conforme a GST002.

Potência - ONAN/ONAF1/ONAF2 (MVA)
10/12.5/16
15/20/25
24/32/40
38/53/63

**Tabela 8** - Transformadores de Potência

O Diagrama unifilar da Subestação Padrão AT/MT deve ser conforme Figura 10 e Anexo 7.5 (Diagramas Unifilares).



**Figura 10** - Diagrama Simplificado da Subestação Padrão

A Seção MT deve ser conforme definido no item 6.3.3.5.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil  
 Função Apoio: -  
 Função Serviço: -  
 Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

### 6.3.3.3.2. Subestação Simplificada

A Subestação Simplificada pode ser implementada apenas no caso da mesma ser projetada para atender as necessidades de qualidade do serviço, e não as necessidades de carga.

A Subestação Simplificada é caracterizada por uma conexão radial ou uma conexão LILO na Seção AT e que inclui como características principais:

- 1 ou 2 entradas/saídas de linhas AT;
- 1 transformador;
- 1 barramento de MT.

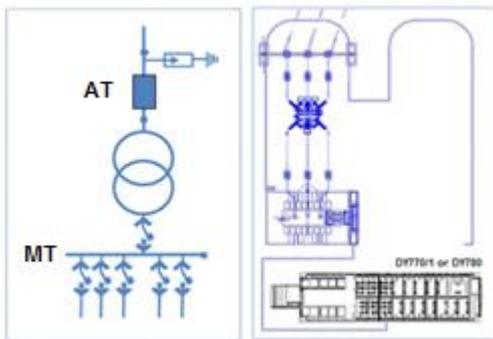
A alimentação da Subestação Simplificada de forma radial pode ser realizada através de derivação de uma linha de alta tensão.

O uso da Subestação Simplificada requer que, no caso do cenário N-1, a rede de MT existente seja capaz de atender toda a demanda de potência (indisponibilidade do único transformador instalado).

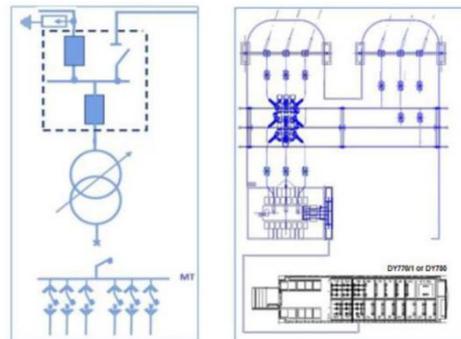
A seção de transformação da Subestação Simplificada deve ter apenas 01 transformador, normalmente, com potência nominal até 25 MVA conforme Tabela 8.

A Seção MT deve ser conforme definido no item 6.3.3.5.

A Seção AT com conexão radial, deve utilizar módulo híbrido, modelo Single Bay, conforme diagrama da Figura 12 e Anexo 7.5 (Diagramas Unifilares). Para as subestações com conexão LILO, conforme Figura 13 e Anexo 7.5 (Diagramas Unifilares), deve ser utilizado 01 módulo híbrido modelo Y2. Os módulos híbridos devem ser conforme indicados na Tabela 7.



**Figura 12** - Subestação Simplificada com Conexão Radial



**Figura 11** - Subestação Simplificada com conexão LILO

### 6.3.3.3.3. Subestação Especial

A Subestação Especial deve ser utilizada apenas em casos específicos, de alta confiabilidade, concentração de carga.

Os principais elementos presentes são:

- 2 bay de AT, no mínimo;
- 1 ou 2 barramentos na seção primária;
- 2 ou 3 transformadores;

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

- 2 ou 4 seções de barramentos na média tensão.

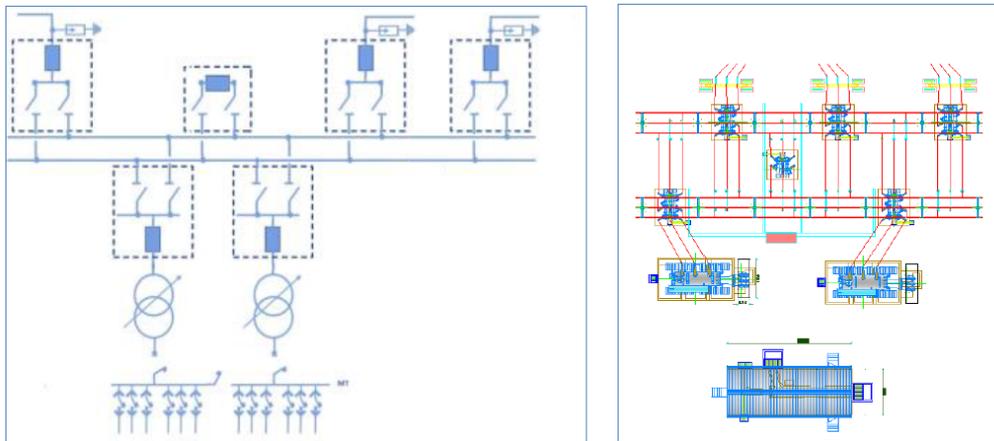
a) Subestação Nodal

Para a subestação especial tipo nodal, a seção primária, deve possuir no mínimo 3 alimentações de linhas de AT não puramente radiais e barramento duplo de AT.

Devem ser utilizados módulos híbridos, modelo Y1, para conexão das linhas ao barramento da seção primária e deste aos transformadores, e 01 módulo híbrido, modelo Single Bay, para interconexão entre os 2 barramentos, conforme diagrama indicado na Figura 13 e Anexo 7.5 (Diagramas Unifilares).

Na seção de transformação, devem ser utilizados 2 transformadores.

A Seção de MT da SED deve ser conforme definido no item 6.3.3.5.



**Figura 13** - Subestação Especial Tipo Nodal

b) Subestação Especial com 3 transformadores

A Subestação Especial com 3 transformadores deve ser conectada à rede de AT através de conexão de LILO e os principais elementos instalados são:

- 2 linhas de AT com 1 barramento;
- 3 transformadores;
- 4 seções de barramento simples de MT.

Para a subestação especial com 3 transformadores, na seção primária, devem ser utilizados barra simples e módulos híbridos, modelo Y2, para conexão de cada linha aos transformadores mais externos e a utilização de um Single Bay ao transformador central. A subestação especial com 3 transformadores deve possuir 1 barramento de MT com 4 seções, sendo 2 para o transformador central conforme indicado no diagrama da Figura 14 e Anexo 7.5 (Diagramas Unifilares).

Na seção de transformação deve conter 3 transformadores.

A Seção de MT da SED deve ser conforme definido no item 6.3.3.5.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

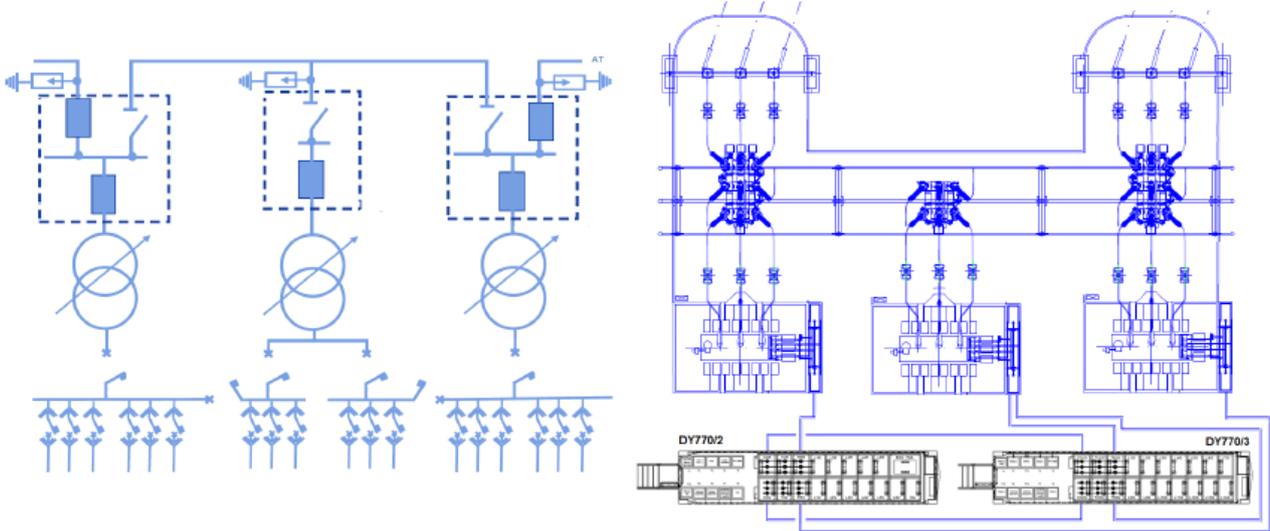
**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes



**Figura 14** - Subestação Especial com 3 transformadores

#### 6.3.3.4. Subestações MT/MT

As subestações MT/MT podem possuir arranjo conforme SED Padrão AT/MT ou SED Simplificada AT/MT, conforme Anexo 7.5 (Diagramas Unifilares).

O projeto da subestação MT/MT deve observar o disposto no item 6.3.3.5.

#### 6.3.3.5. Seção MT

##### 6.3.3.5.1. Tensão 13,8 kV ou 11,95 kV

Para as subestações cuja a capacidade de corrente do barramento de MT seja até 1600A e tensão máxima de 24kV dentro do horizonte de planejamento, a seção de MT deve ser projetada utilizando containers, onde estarão incluídos os barramentos de MT, os equipamentos de disjunção e os de controle, conforme Tabela 9.

Tipo de Subestação	Qtd. de transformadores	Tipo de Barramento	Qtd. Container	Qtd. De Linhas de MT
Simplificada	1	01 Barramento Simples	1	5
Simplificada	1	01 Barramento Simples	1	11
Padrão	2	02 Barramentos Simples	1	11
Especial	2	02 Barramentos Simples	1	11
Especial	3	04 Barramentos Simples	1+1	11 + 14

**Tabela 9** - Utilização de Containers

**NOTA 1:** Para os containers uma das linhas de MT pode ser utilizada para fazer a conexão de Bancos de Capacitores;

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

Para subestações cuja capacidade de corrente do barramento de MT seja superior a 1600A e a tensão máxima até 24kV dentro do horizonte de planejamento, devem ser utilizados cubículos de MT conforme especificação E-SE-008.

A Seção MT, seja em container ou em alvenaria, deve contemplar:

- Cubículos de MT;
- Painéis de Proteção e Controle;
- Sistema de ventilação, anticondensação e ar condicionado;
- Sistema de Iluminação interior e exterior;
- Serviço Auxiliar (Transformador, Paineis e Baterias);
- Proteções, telecontrole e gestão de neutro;
- Sistema Medição de Qualidade.

#### **6.3.3.5.2. Tensão 34,5 kV**

Para subestações com tensão máxima de MT superior a 24 kV, devem ser utilizados barramento aéreo. Os equipamentos a serem utilizados devem ser conforme definidos no item 6.5.6.

#### **6.3.3.5.3. Neutro MT**

Em geral, nas subestações o neutro pode ser:

- Isolado ou não intencionalmente ligado a terra;
- Diretamente ligado a terra, através de eletrodo com uma resistência insignificante sem a interposição de uma impedância;
- Conectado a terra por meio de um eletrodo de terra com uma resistência insignificante e com a interposição de uma impedância indutiva, uma impedância resistiva ou uma impedância indutiva-resistiva.

O tipo de aterramento do neutro em MT, combinado com as características da rede MT em termos de extensão e solução construtiva, determina a corrente de falha e as sobretensões internas.

Em geral, a ligação a terra do neutro em MT pela interposição de uma impedância indutiva-resistiva permite limitar as correntes em caso de falha monofásica fase a terra a 1 kA e as sobretensões internas.

Além disso, esta solução permite a detecção da linha com falha com uma proteção tipo watt-métrica.

Portanto, na concepção de novas subestações AT/MT, é necessário avaliar a possibilidade de aterrar o neutro da rede MT por meio de uma impedância com bobina sintonizável (bobina Petersen). A avaliação deve considerar os impactos na nova subestação e na rede existente.

A impedância deve ser conectada ao ponto estrela (neutro) do enrolamento secundário do transformador AT/MT ou a um ponto estrela artificial (por meio de um transformador de aterramento).

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

Quando o aterramento do neutro do lado de MT dos transformadores AT/MT for realizado por meio de uma impedância, esta deve ser implementada conforme o valor da corrente capacitiva da rede associada, conforme demonstrado na Tabela 10.

<b>Corrente Capacitiva (Ic)</b>	<b>Tipo de Impedância para Aterramento do Neutro</b>
Até 60 A	Resistência
60<Ic<100A (redes estáveis)	Impedância fixa
60<Ic<100A (redes variáveis)	Impedância ajustável*
100<Ic<300A	Impedância ajustável*
300<Ic<500A	Impedância fixa + Impedância ajustável*
500<Ic<800A	Impedância ajustável* nova (TFN)

\*Impedância ajustável: Bobina de Pertersen Ajustável, Resistências em Série ou Resistência em Paralela

**Tabela 10** - Tipos de conexões do Neutro de MT

## 6.4. Projeto Civil

### 6.4.1. Dados Preliminares para Projeto

#### 6.4.1.1. Escolha do Terreno

Após aprovação do estudo do planejamento deve ser feita a escolha do local adequado para a construção da SED. Deve ser verificada a posição do local em relação ao centro de carga, as condições climáticas, vias de acesso e à infra-estrutura disponível (abastecimento de água, esgoto, níveis de ruído, etc).

Para novas subestações, as subestações Padrões são, preferencialmente, construídas em área de 3000 m<sup>2</sup> e as subestações Especiais em área de 3500 m<sup>2</sup>. As subestações simplificadas devem ser construídas em áreas em que caso seja necessário ser feita ampliação, o espaço seja o suficiente para uma subestação padrão.

#### 6.4.1.2. Levantamento Topográfico

A topografia tem por finalidade determinar o contorno, dimensão e posição relativa do terreno da SED.

O Levantamento Planimétrico deve representar em um plano horizontal: o norte magnético/norte verdadeiro, os limites da superfície do terreno, ângulos, confinantes, bem como todas as particularidades notáveis, naturais e artificiais do terreno, como canais, via de acesso, cercas, obras de arte, etc.

O Levantamento Altimétrico deve representar as medidas da diferença de nível entre diversos pontos. Deve ser executado de 10x10m e ultrapassar os limites do terreno em 20m, em todas as direções e indicar as cotas no eixo da via de acesso e faixa de domínio. Devem ser representadas em curvas de nível com variação máxima de 0,5 metro.

O nível de referência e os cantos do terreno devem ser indicados, em campo, com marcos de concreto, com identificação em baixo relevo.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

A caderneta de campo deve ser parte integrante do projeto, enviada em meio digital. Quando solicitado pela unidade de Engenharia, a caderneta deve vir em meio físico com croqui.

#### **6.4.1.3. Estudo da Resistividade do Solo**

Deve ser feito um estudo do solo para o dimensionamento do sistema de aterramento.

#### **6.4.1.4. Estudo da Alimentação de AT e MT**

Estudo das melhores condições físicas de entradas e saídas de linhas e alimentadores em função dos terrenos circunvizinhos e arruamentos.

#### **6.4.1.5. Sondagem**

Após análise visual do terreno deve ser feita a seleção dos ensaios e investigações a serem executadas, com base nas Normas da ABNT referentes ao assunto, com a finalidade de garantir a resistência e estabilidade da obra. Caso a subestação contenha instalações hidrossanitárias, devem ser realizados, no mínimo, os ensaios SPT e testes de absorção do solo.

O projeto deve conter o número de sondagens e sua localização em planta, profundidade a ser explorada, descrição do tipo de sondagem utilizado.

Quando da locação dos furos deve ser dada especial atenção às áreas de maiores cargas, como local dos transformadores de potência, fundações das edificações, base dos equipamentos, etc.

#### **6.4.1.6. Projeto Civil, Eletromecânico e Elétrico**

A apresentação do projeto deve ser conforme item 6.7 deste documento.

Devem ser apresentadas no projeto elétrico, sistema digital de Medição, Proteção, Comando, Controle e Supervisão - MPCCS, todas as proteções com detalhamento nos diagramas unifilares, trifilares, funcionais, placa diagramática, desenhos dos painéis, desenho do retificador, memorial descritivo, manual de ligação, listas de materiais, lista de condutores, lista de fiação e lista de desenhos. Os desenhos devem conter todos os detalhes de instalação, de modo a não deixar dúvidas, falta de informações ou identificações dos materiais e componentes requeridos.

#### **6.4.2. Instalações Provisórias**

O projeto deve contemplar a instalação de edificações para escritórios, almoxarifados e toda a infra-estrutura necessária a perfeita execução da obra.

O projeto deve conter: a locação da casa de apoio (barracão); instalações provisórias de água, esgoto, energia elétrica; ponto de rede para internet, principalmente para instalação de CFTV provisório (projeto específico); vias de acesso e circulação interna; drenagem provisória adequada para área.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

O barracão (ou container, se aprovado pela Engenharia) deve ser dimensionado para abrigar o escritório da fiscalização, sanitário exclusivo da fiscalização, escritório e sanitário da administração da obra. O projeto do barracão deve ser construído conforme desenho fornecido pela unidade responsável pelos projetos de SED.

O projeto deve conter, ainda, a relação dos móveis e equipamentos de escritório, que devem ser colocados, no escritório, durante a execução da obra, a fim de permitir a completa realização das atividades.

Além das instalações hidrossanitárias do barracão, deve ser construído um conjunto de instalações para um grupo de 20 (vinte) trabalhadores, cada conjunto de instalações será constituído de lavatório, vaso sanitário, mictório e chuveiro, conforme NR-18.

O projeto de instalação elétrica deve ser dimensionado de forma a atender todo o canteiro de obras e ter previsão de iluminação para realização de trabalhos noturnos, quando necessário.

### **6.4.3. Movimento de Terra**

#### **6.4.3.1. Limpeza e Raspagem do Terreno**

O projeto deve indicar a área de limpeza e raspagem de no mínimo 20 cm de espessura do terreno para eliminação da camada vegetal. Deve ser realizado o bota-fora do material oriundo da raspagem em local adequado, conforme orientação dos órgãos públicos.

#### **6.4.3.2. Terraplanagem**

O projeto da terraplanagem deve conter, dentre outras informações: planta baixa, cortes, projetos de estruturas de arrimo, indicação de volumes geométricos de corte e aterro, etc. Deve-se ainda, realizar o controle tecnológico da terraplanagem, com foco especial nas etapas de compactação do solo.

Deve ser apresentado um plano de trabalho, os equipamentos e a quantificação necessária à execução dos serviços.

No caso de aterro, o projeto deve indicar: a espessura e o número das camadas; o método de compactação e a caracterização do material a ser empregado. Na caracterização deve conter no mínimo as seguintes informações: granulometria, limite de liquidez, limite de plasticidade, grau de compactação determinado, Índice de Suporte Califórnia (CBR), densidade, umidade ótima e locação da jazida de empréstimo.

A superfície final do aterro deve ser dimensionada de modo a resistir à passagem de veículos para manutenção dos equipamentos dentro dos pátios, nas vias de circulação. No trecho que dá acesso aos transformadores deve resistir à carga de movimentação dos mesmos.

Deve ser indicado o local de despejo do material de "bota-fora".

A (s) cota (s) do (s) platô (s) deve (m) ser definida (s) de modo a garantir simultaneamente:

- escoamento de águas pluviais, para tanto, é necessário ser investigado, o nível máximo das enchentes ocorridas no local;
- Drenagem das bases dos transformadores de potência, containers e demais elementos contidos no pátio da SED;
- Estabilidade dos taludes;

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

- Viabilizar a implantação do arranjo físico da subestação.

Com a evolução da obra poderá haver necessidade de outros ensaios complementares para melhor caracterização das propriedades do solo. Neste caso, os ensaios devem ser executados em tempo hábil, de modo a não comprometer o cronograma físico da obra.

#### **6.4.3.3. Escavação e Reaterro**

O projeto deve indicar as dimensões das cavas e valas de modo a permitir uma execução segura das escavações. Este deve indicar também se as escavações devem ser manuais ou mecânicas e qual o tipo de material a ser utilizado nos reaterros.

Caso haja necessidade, deve ser apresentado o projeto de escoramento das cavas.

Vale ressaltar que se, durante a execução da obra, ocorrer surgimento de água que provoque interrupção nos serviços de escavação, deve ser apresentado um projeto complementar com dimensionamento do tipo de esgotamento a ser utilizado.

#### **6.4.4. Drenagem e Pavimentação**

##### **6.4.4.1. Considerações Gerais**

Deve ser projetado um sistema de drenagem, abrangendo toda a área do terreno da subestação, de modo a proporcionar um perfeito escoamento das águas pluviais, bem como do lençol freático evitando modificações na capacidade de suporte do solo.

O projeto de drenagem deve atender as características do local onde será implantada a subestação, observando também os índices pluviométricos da região e os terrenos circunvizinhos, evitando o escoamento de água para os mesmos.

Sempre que possível a drenagem deve ser superficial.

Para a execução do projeto deve ser verificado junto aos órgãos públicos, onde necessário, o destino das águas captadas, apresentando soluções, de acordo com as exigências dos mesmos.

Os tubos de drenagem adotados no projeto devem ser de acordo com as normas brasileiras. Estes devem ter diâmetro compatível com a vazão máxima e declividade adotada, possuir resistência diametral capazes de suportar as cargas geradas pelo reaterro compactado e trânsito de veículos na superfície. Os tubos para drenagem do óleo dos transformadores devem ser compatíveis com as condições de escoamento (temperatura, viscosidade, extensão da tubulação, velocidade mínima de escoamento, etc.).

As calhas e caixas de drenagem, quando utilizadas, devem ter projeto específico e detalhado.

No projeto das caixas e calhas deve ser indicado o tipo de material a ser utilizado, tipo e traço de argamassa, tipo e traço de concreto, tipo de impermeabilizante e juntas de dilatação.

##### **6.4.4.2. Sistema de Contenção de Óleo**

O sistema de contenção de óleo mineral deve atender aos seguintes requisitos:

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

- Ser impermeável;
- Todo o conjunto deve ser dimensionado para conter no mínimo 110% do volume total de óleo do maior equipamento e drenar eventual contribuição das águas da chuva, de sistemas de supressão de incêndio ou de atividades manuais de combate ao incêndio.

O arranjo físico do sistema de contenção deve conter no mínimo as seguintes funções:

- Coleta de óleo através de bacias coletoras;
- Drenagem de água e óleo;
- Contenção do óleo derramado em bacia de contenção;
- Separação do óleo da água em caixa separadora de óleo;
- Dispositivo de supressão de chamas.

#### **6.4.4.2.1. Bacia de Coleta e Contenção**

Os transformadores devem ser instalados sobre bacia de coleta e contenção. O volume útil da bacia deve ser conforme ABNT NBR 13231.

O comprimento e largura da bacia de contenção de óleo deve ser igual ao comprimento e largura dos transformadores acrescido de 0,5 m, conforme Desenho 01: Parede Corta Fogo e Bacia de Contenção – Dimensional (Anexo 7.1).

As bacias coletoras devem ser projetadas de forma que o nível máximo de óleo, assumindo descarga total, fique no mínimo 100 mm abaixo do topo da camada de pedra britada.

No ponto mais baixo da bacia deve ser instalada uma caixa de captação que permita a vazão para a tubulação de coleta da caixa separadora de óleo. Na parte superior da caixa de captação deve ser instalada uma grelha que impeça a entrada de pedra britada na tubulação.

#### **6.4.4.2.2. Caixa Separadora de Óleo**

A caixa separadora de óleo deve possibilitar a drenagem da água e do óleo, permitindo a retirada do óleo captado e apresentando capacidade mínima correspondente à vazão do óleo vertido do maior transformador da subestação conforme ABNT NBR 13231. A caixa separadora deve ser instalada em área específica, conforme ABNT NBR 13231.

#### **6.4.4.2.3. Dispositivo de Supressão de Chama**

Deve ser utilizada como dispositivo de supressão de chama a pedra britada. A pedra britada utilizada deve ter diâmetro entre 25 mm e 50 mm.

A camada de pedra britada deve ser no mínimo de 300 mm.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

#### **6.4.4.3. Parede Corta Fogo**

Caso não seja possível garantir as distâncias de segurança recomendadas na ABNT NBR 13231 e indicadas no item 6.5.1, deve ser utilizada parede corta fogo conforme a seguir:

- a) Parede corta fogo entre transformadores e equipamentos conforme Desenho 02: Distância entre Transformadores;
- b) Parede corta fogo entre os transformadores e as edificações conforme Desenho 03: Distância de Transformadores de Potência para Edificações.

#### **6.4.4.4. Vias de Acesso**

No projeto das vias de acesso deve ser dada atenção especial para a área de manobra dos transformadores de potência, módulos híbridos e a Subestação Móvel, de modo que o trânsito e a operação dos mesmos não danifiquem os elementos do projeto de drenagem (caixas, calhas, tubos, etc.).

O projeto da pavimentação deve ser elaborado de modo que proporcione um tratamento superficial das pistas de rolamento, evitando erosão ou abatimento quando submetido a carga, viabilizando a circulação de veículos de transporte, carga, descarga e manutenção de equipamentos.

Antes da elaboração do projeto devem ser consultados os órgãos municipais, estaduais ou federais gestores das vias de acesso ao terreno da subestação com a finalidade de verificar as exigências nas faixas de domínio dos mesmos. Após a elaboração, o projeto deve ser aprovado pelos referidos órgãos.

No projeto do acesso à subestação, deve ser indicado o tipo de pavimento e os demais materiais e equipamentos a serem empregados; espessura da sub-base e da base; tipo de rejuntamento; tipo de contenção lateral e nos bordos da pista a pavimentar.

#### **6.4.5. Edificação**

##### **6.4.5.1. Arquitetura**

Para subestações com capacidade de corrente até 1600 A e tensão de MT até 24 kV devem ser utilizados containers. Devem ser parte integrante do container:

- Seção de MT, com barramentos e equipamentos de interrupção;
- Sistema de serviços auxiliares;
- Sistema de comunicação, controle, proteção, medição e automação.

Para subestações com capacidade de corrente acima de 1600 A e tensão de MT até 24 kV, devem ser utilizadas edificações pré-fabricadas ou em alvenaria. A edificação deve ser projetada de modo a abrigar o Cubículo de Média Tensão, Retificadores, Painel CA/CC, Banco de Baterias, Sistema de Supervisão, Controle e Proteção da SED.

Toda subestação deve ser provida de banheiro.

Na execução do projeto das canaletas e fosso para passagem de cabos, devem ser observadas as características dos cabos de potência, como a curvatura para definir as suas dimensões. O raio de curvatura

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

para os cabos de potência de 12/20 kV deve ser de, no mínimo, 12 vezes o diâmetro externo nominal do cabo, conforme a ABNT NBR 9511.

O projeto deve definir o tipo de alvenaria, vedação e/ou elemento estrutural, espessura das paredes, tipo de tijolo e argamassa de assentamento. Se estrutural, deve ser projetada para absorver os esforços permanentes e acidentais.

Devem ser detalhados os procedimentos utilizados na união das paredes com os elementos de concreto, de modo a garantir o perfeito travamento entre a alvenaria e as estruturas.

Não devem ser projetados panos inteiros, de alvenaria, com dimensões superiores a 4 metros de comprimento e 3 metros de altura. Os panos inteiros dimensionados com os limites indicados devem ter tratamento estrutural especial.

Onde o projeto contemplar elementos vazados, de concreto, para a ventilação dos ambientes, o mesmo deve detalhar o tipo de elemento vazado, tamanho dos painéis, argamassa de assentamento, juntas de dilatação, tipo de rejuntamento.

No caso da utilização de elementos vazados em panos com mais de 6 m de altura e 14 m<sup>2</sup> de área, deve ser detalhado o reforço com vergalhões de ferro.

Projetar cobertura da edificação utilizando telhas de fibro-cimento, sem amianto, do tipo canaleta 49, fixadas em estruturas de madeira. O projeto deve definir o tamanho da telha, o material do madeiramento, dimensões e espaçamentos empregados e os acessórios para permitir ventilação e evitar a entrada de insetos sob o telhado.

Sempre que possível, é recomendável a utilização de telhas inteiras.

As peças de madeira terminais devem possuir dimensões e acabamento que satisfaçam a solicitação mecânica e o efeito estético.

Na impossibilidade de utilização desta telha, deve ser apresentada outra alternativa a ser aprovada pela Enel Distribuição Ceará / Enel Distribuição Goiás / Enel Distribuição Rio.

Projetar e dimensionar o local de instalação para o ar condicionado, com tamanho compatível com o aparelho a ser instalado. O dimensionamento do ar condicionado deve ser realizado para controle da temperatura interna do container/sala de comando a 25°C.

Projetar um sistema de drenagem das caixas, embutido, com escoamento para o ponto de drenagem mais próximo.

O projeto de arquitetura deve definir, ainda:

- Os tipos de revestimento e de pavimentação a serem aplicados, indicando traço e espessura das argamassas a serem empregadas, tipo de material a ser utilizado, espessura das juntas, material de rejuntamento, etc.;
- A espessura e traço do piso morto, levando em consideração o tipo de terreno e a sobrecarga prevista;
- O tipo de impermeabilização a ser utilizada;
- O tipo de acabamento entre o piso e as paredes;
- A declividade na direção dos ralos;
- O tipo de soleira a ser empregada, material, largura e espessura;
- Tipo de pintura, como material, cor, quantidade de demãos a serem aplicadas, etc.;

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

- Tipo e dimensão das esquadrias, seguindo a orientação da área responsável pela elaboração dos projetos de SED.

#### 6.4.5.2. Instalações Elétricas

O projeto das instalações elétricas de BT deve ser elaborado de acordo com a ABNT NBR 5410.

O projeto deve ser desenvolvido utilizando as instalações do tipo embutida para casa de comando em alvenaria e do tipo aparente para os container e instalações pré-fabricadas. Devem ser apresentados os detalhes da instalação e interligação com os demais ambientes.

Deve ser incluído na instalação da edificação/container iluminação de emergência, onde devem ser utilizados blocos autônomos ou luminárias com lâmpadas leds de 125 Vcc.

Deve ser apresentado também no projeto:

- Bitola, tipo de isolamento, tensão de isolamento, cores dos condutores de alimentação e distribuição;
- Bitola, tipo e marca dos eletrodutos e acessórios;
- Tipo, forma, tamanho e marca das caixas de passagem e derivação;
- Tipo e marca das luminárias e lâmpadas;
- Tipo, marca, modelo e cor das tomadas, interruptores, tampas cegas, campainhas, etc.;
- Tipo e marca dos disjuntores para proteção contra sobrecargas e curtos-circuitos;
- Tipo, tamanho e marca do quadro de distribuição;
- Uma tomada de piso para telefone;
- Uma tomada de piso para energia elétrica;
- Uma caixa de passagem em alvenaria.

Para o sistema automático, deve ser instalada uma unidade de tempo programável. O acionamento manual deve ficar na parede externa à sala, próximo à porta de acesso.

Deve ser projetado um sistema automatizado de condicionamento de ar para o container/sala de comando. No dimensionamento deve ser considerada a temperatura máxima ambiente e a configuração final dos equipamentos na sala de comando. Este sistema deve ser composto de, no mínimo, duas unidades refrigeradoras projetadas para manter a temperatura interna em 25°C.

#### 6.4.5.3. Instalações Hidráulicas e Sanitárias

Toda subestação deve ser provida de banheiro.

O projeto deve ser executado considerando a ligação das instalações da subestação com a rede pública de abastecimento de água e esgoto atendendo as exigências da concessionária local.

Na ausência da rede pública, deve ser projetado um sistema de abastecimento de água e esgoto, convenientemente dimensionado para atender as necessidades da subestação. Devem ser deixadas todas as facilidades para uma futura interligação à rede de abastecimento local.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

O projeto deve definir o tipo de tubulação, conexões, louças e metais sanitários, elementos de inspeção, tamanho dos reservatórios e acessórios.

Deve ser projetado um registro geral para cada ambiente atendido pelo projeto.

A instalação de esgoto deve ser dotada de todos os elementos de inspeção necessários.

O itinerário das tubulações subterrâneas deve ser definido de modo a evitar a aproximação com eletrodutos de cabos de controle.

#### 6.4.5.4. Demais Instalações

Deve ser previsto no projeto de telecomunicações, a instalação de um poste de concreto de 1500 daN / 23m para instalação da antena de comunicação. Na impossibilidade de utilização deste, projetar outro tipo de estrutura determinada pelo setor responsável, pela área de telecomunicações da Enel Distribuição Ceará / Enel Distribuição Goiás / Enel Distribuição Rio.

Prever no projeto instalação de linha telefônica nos padrões exigidos pela concessionária local.

Deve ser previsto projeto completo de CFTV interno (casa) e externo (pátio).

Devem ser previstos pontos para sensores de fumaça e de presença, um ponto, acima da cobertura da casa de comando, para instalação do GPS. Estas instalações devem ser derivadas da canaleta em eletrodutos individuais.

Deve ser definido no projeto a distância entre a borda inferior das caixas, para tomadas, interruptores, sensores e ar condicionados em relação ao piso acabado.

A subestação deve ser murada.

O projeto de combate a incêndio do pátio e da casa de comando/container deve ser aprovado junto ao Corpo de Bombeiros.

#### 6.4.6. Bases e Fundações para Postes

Nos projetos das bases para equipamentos e estruturas metálicas e das fundações para postes devem ser consideradas as recomendações dos fabricantes dos equipamentos e as cargas a serem instaladas.

O nível superior das bases dos equipamentos deve ficar 10 cm acima do nível da brita.

Para o engastamento dos postes de concreto deve ser dimensionada uma camada de concreto de resistência característica à compressão do concreto - fck igual a 15 Mpa, com dimensões mínimas de 80cm x 80cm x 10cm no fundo da cava e, para dar acabamento à cava do poste, no nível da terraplenagem.

#### 6.4.7. Caixas, Eletrodutos e Canaletas

Deve ser projetada uma rede de eletrodutos de controle. No dimensionamento da rede de eletrodutos deve ser considerada a configuração final da subestação.

No acesso interno da subestação e nos trechos dos pátios onde houver circulação de veículos, os eletrodutos devem ter proteção mecânica compatível com as sobrecargas a que são submetidos.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

O projeto deve definir as profundidades, em relação ao nível de terraplanagem, nas quais os eletrodutos devem ser enterrados.

O nível superior das tampas, das caixas de passagem e canaletas, deve ficar 10 cm acima do nível da brita.

Todas as caixas e canaletas devem ser drenadas e interligadas a rede de drenagem principal.

## 6.5. Projeto Eletromecânico

### 6.5.1. Considerações Gerais

A disposição de uma subestação deve ser tal que um eventual incêndio de um transformador não afete a outros transformadores, equipamentos ou materiais submetidos ao risco de incêndio. Para isto se manterá uma distância de segurança adequada entre o transformador e esses elementos. A Tabela 11 indica os valores das distâncias mínimas de segurança entre os transformadores e equipamentos e a Tabela 12 indica os valores das distâncias mínimas de segurança entre transformadores e edificações resistentes ao fogo por 2 horas.

<b>Volume de líquido isolante – Óleo Mineral (L)</b>	<b>Distância de segurança (DS) (m)</b>
< 2000	1,5
≥ 2000 e ≤ 20000	7,6
> 20000	15,2

**Tabela 11** - Distâncias mínimas de segurança entre transformadores e equipamentos, conforme NBR 13231

<b>Volume de líquido isolante – Óleo Mineral (L)</b>	<b>Distância de segurança (DS) (m)</b>
< 2000	1,5
≥ 2000 e ≤ 20000	4,6
> 20000	7,6

**Tabela 12** - Distâncias mínimas de segurança entre transformadores e edificações resistentes ao fogo por 2 horas, conforme NBR 13231

Caso as distâncias de segurança não sejam atendidas, devem ser projetadas paredes corta fogo conforme indicado no 6.4.4.3.

### 6.5.2. Aterramento

#### 6.5.2.1. Malha de Terra

##### 6.5.2.1.1. Medição da Resistividade do Solo

A medição da resistividade do solo deve ser feita logo após a terraplanagem, utilizando o método de Wenner, conforme norma ABNT NBR 7117.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

#### 6.5.2.1.2. Cálculo da Malha de Terra

O cálculo da malha de terra deve ser realizado considerando a área definida para a instalação da malha de terra, os dados da resistividade do solo obtidos nas medições, o valor da corrente de curto-circuito previsto para um horizonte de planejamento de 10 anos, disponibilizado pela área de planejamento da Enel Distribuição Ceará / Enel Distribuição Goiás / Enel Distribuição Rio.

A partir dos dados acima, o projetista deve elaborar um memorial de cálculo definindo o condutor, a quantidade de hastes e a configuração final da malha de terra, tomando como referência os valores definidos nos itens 6.5.2.1.3 a 6.5.2.1.9.

#### 6.5.2.1.3. Condutor da Malha de Terra

A malha de terra da subestação deve ser projetada utilizando o seguinte condutor:

- Cabo de cobre nu, 70 mm<sup>2</sup>, têmpera meio-duro, 19 fios.

Vale salientar que um condutor de bitola superior deve ser utilizado, caso seja identificada essa necessidade nos cálculos da malha de terra.

#### 6.5.2.1.4. Condutor de Aterramento das Estruturas e Equipamentos

O condutor utilizado para aterramento das estruturas, equipamentos, portões e demais partes metálicas, deve ser o cabo de aço cobreado, 70mm<sup>2</sup> conforme Especificação Técnica de Material MAT-OMBR-MAT-18-0054-INBR.

Vale salientar que um condutor de bitola superior pode ser utilizado, caso seja identificada essa necessidade nos cálculos da malha de terra.

#### 6.5.2.1.5. Hastes de Aterramento

No projeto da malha de terra e demais aterramentos da subestação deve ser utilizada haste de aterramento de aço cobreado, 3000 mm de comprimento, 17,30 mm de diâmetro, camada de cobre 0,254 mm.

As hastes de aterramento devem ser interligadas à malha de terra e distribuídas da seguinte forma:

- Uma haste para o aterramento do neutro do transformador de potência;
- Uma haste para aterramento do neutro do transformador de serviços auxiliares;
- Uma haste para aterramento de cada conjunto de para-raios;
- Três a quatro hastes nos ângulos agudos formado nos cantos da malha;
- Hastes em cada canto (quatro cantos) da casa de comando ou container.

A configuração final das hastes depende das condições específicas de cada projeto.

Para evitar que haja grande concentração de potencial nos cantos da malha, deve ser dado um formato aproximadamente elíptico ou arredondado à malha. Devem-se eliminar os possíveis caminhos de

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

transferência de potenciais perigosos da malha para as áreas circunvizinhas, tais como canos telefônicos, trilhos, etc.

#### **6.5.2.1.6. Profundidade da Malha**

A malha reticulada deve ser instalada em uma profundidade entre 0,5 e 0,7 metros para distribuir a corrente de falha de forma segura. A área de instalação dos equipamentos conectados à malha de terra pode ser coberta com pedra britada de tamanho uniforme, geralmente com uma profundidade de 10 a 15 cm e uma resistividade esperada entre 2500-3000 [ohm-m].

#### **6.5.2.1.7. Conexões**

As conexões às hastes de aterramento, aos trilhos dos transformadores e à malha de terra devem ser feitas com solda exotérmica, enquanto as conexões nos equipamentos, estruturas e portões devem ser do tipo aparafusadas.

#### **6.5.2.1.8. Caixa de Inspeção**

Devem ser projetadas caixas de inspeção para medição da resistência do sistema de aterramento, localizadas entre o container / casa de comando e o pátio de AT, nas proximidades dos transformadores de potência.

#### **6.5.2.1.9. Tensão de Toque, Tensão de Passo e Resistência de Aterramento**

Na etapa de projeto devem ser calculadas as tensões de passo e toque admissíveis, conforme ABNT NBR 15751.

A medição da tensão de toque, da tensão de passo e da resistência de aterramento deve ser feita durante o comissionamento conforme ABNT NBR 15749.

#### **6.5.2.2. Aterramento de Cercas e Portões**

As cercas transversais sob as linhas de AT e alimentadores de MT devem ser seccionadas e aterradas. O portão deve ser aterrado nos dois lados.

#### **6.5.3. Blindagem**

A proteção contra descargas atmosféricas diretas deve ser projetada por meio de hastes montadas sobre as estruturas, distribuídas de tal forma que o raio de proteção contemple toda aérea do pátio da subestação.

O projeto do SPDA deve ser elaborado conforme ABNT NBR 5419.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

#### 6.5.4. Condutores Nus Flexíveis e Rígidos

##### 6.5.4.1. Condutores para Estruturas Aéreas

Conexões do módulo híbrido com o barramento AT e com o transformador, assim como os barramentos aéreos devem ser projetados com tubos de alumínio conforme indicado na Tabela 13.

As entradas e saídas de linhas AT, e as conexões até a primeira bucha dos módulos híbridos devem ser realizadas com condutores de Alumínio com Alma de Aço (CAA), ver Tabela 14, ou condutores de Liga de Alumínio (CAL), ver Tabela 15.

A escolha do condutor depende da capacidade de corrente da entrada/saída de linha e da classe de corrosão do local onde a subestação será construída.

As áreas de corrosão estão definidas na especificação técnica WKI-OMBR-MAT-18-0248-INBR.

##### 6.5.4.1.1. Características dos Condutores

Na Tabela 13, Tabela 14 e Tabela 15 são apresentadas as características dos condutores rígidos e flexíveis que devem ser aplicados nas subestações com estrutura aérea.

Bitola (polegada)	Diâmetro Nominal (mm)	Espessura Nominal (mm)	Corrente Nominal (A)	Aplicação
2"	60,33	3,91	1225	Barramento MT 34,5kV
4"	100	5	2200	Barramento AT

**NOTA:** Temperatura ambiente: TA = 40 e Temperatura do tubo: TC = 70°C

**Tabela 13** - Tubos de Alumínio

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

Seção (MCM)	Formação	Massa (kg/km)	Ruptura (daN)	Corrente Nominal (A)	Resistência (Ohms/Km) (a 20°C)
266,8 (PARTRIDGE)	26 fios de Al + 7 fios aço	545	5109	375	0.2141
336,4 (LINNET)	26 fios de Al + 7 fios aço	687	6273	497	0,1699
477 (HAWK)	26 fios de Al + 7 fios aço	977	8890	660	0.1194
556,5 (DOVE)	26 fios de Al + 7 fios aço	1296	12594	695	0,1025
666,6 (GULL)	54 fios de Al + 37 fios aço	1275	10758	810	0.0857
795 (DRAKE)	26 fios de Al + 7 fios aço	1521	12757	880	0.0718
954 (CARDINAL)	54 fios de Al + 7 fios aço	1831	15357	990	0.0597

**NOTA:** Temperatura ambiente: TA = 40°C Temperatura do condutor: TC = 75°C

**Tabela 14** - Condutores de Alumínio com Alma de Aço - CAA

Seção (mm <sup>2</sup> )	Formação	Massa (kg/km)	Ruptura (daN)	Corrente Nominal (A)
160 (BUTTE)	19 fios	441	4762	460
315 (ELGIN)	37 fios	866	9198	730
500 (GREELEY)	37 fios	1397	14583	1018

**NOTA:** Temperatura ambiente: TA = 40°C Temperatura do condutor: TC = 75°C

**Tabela 15** - Condutores de Liga de Alumínio – CAL

#### 6.5.4.2. Condutores da Seção MT

##### 6.5.4.2.1. Condutores Isolados

As subestações projetadas com a utilização de containers ou casa de comando em alvenaria devem utilizar cabos de cobre isolado para interligação dos secundários dos transformadores de potência aos Cubículos de Média Tensão 15 kV. O condutor a ser utilizado deve ser conforme definido na Tabela 16 e Tabela 17 e GSC-001.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

Seção (mm <sup>2</sup> )	Diâmetro Mínimo do Condutor (mm)	Diâmetro Máximo do Condutor (mm)	Diâmetro sobre Isolamento (mm)	Diâmetro Externo Máximo (mm)	Corrente Nominal (A)
630	29,6	30,6	40,6	49,0	830
1000	35	36,7	46,7	55,1	1070

**Tabela 16** - Condutor de cobre isolado

Transformador (MVA)	Condutor a Ser utilizado (mm <sup>2</sup> )	Quantidade de condutores por fase
16	630	2
25	630	2
40	630	3
63	1000	4

**Tabela 17** - Quantidade de Condutores por fase

Para a saída dos alimentadores deve ser utilizado cabo isolado de alumínio de 400mm<sup>2</sup> ou de maior seção, conforme GSC-001.

#### 6.5.4.2.2. Condutores Nu

Para as subestações cujo o nível de tensão da MT seja de 34,5 kV, a seção MT deve ser aérea e utilizar condutores nu, CAA, 266,8 MCM, conforme características indicadas na Tabela 14 e nas quantidades indicadas na Tabela 18.

Transformador (MVA)	Quantidade de condutores por fase
16	1
25	1
40	2
63	2

**Tabela 18** - Quantidade de Condutores por fase na seção MT de 34,5 kV

#### 6.5.5. Estruturas

##### 6.5.5.1. Considerações Gerais

As estruturas das subestações devem ser definidas em virtude do nível de tensão de cada setor. A padronização das estruturas deve obedecer a Tabela 19.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

Nível de Tensão (kV)	Tipo de Estrutura
138	Aérea - Metálica
69	Aérea - Metálica
34,5	Aérea - Concreto
13,8 / 11,95	Abrigada - Cubículo

**Tabela 19** - Tipo de Estrutura

### 6.5.5.2. Estruturas para o Nível de Tensão 13,8 kV / 11,95 kV

O setor de MT em 13,8 kV ou 11,95 kV deve ser construído de forma abrigada com a utilização de cubículos de MT.

O setor de MT pode ser abrigado em container ou em estrutura pré-fabricada ou em alvenaria, conforme definido no item 6.3.3.5.

Para os casos em que a instalação do transformador de serviço auxiliar – TSA for aérea, deve ser utilizado poste duplo T tipo B de 4,5m.

### 6.5.6. Equipamentos Adicionais

Devem ser utilizados exclusivamente os materiais e equipamentos padronizados nas especificações técnicas em vigor na Enel Distribuição Ceará / Enel Distribuição Rio / Enel Distribuição Goiás. A instalação dos materiais e equipamentos deve seguir, quando necessário, o critério de grau de corrosão estabelecido na WKI-OMBR-MAT-18-0248-INBR.

#### 6.5.6.1. Medidores

Nas entradas de linhas, nos alimentadores de MT e do lado do secundário do transformador de potência devem ser instalados medidores para realizar medições operacionais. Ver medidores padronizado na Tabela 20.

Função	Descrição
Medição de Entrada de Linha	Medidor Eletrônico com Qualidade de Energia 60-400V, 1-5A, Classe 0,2s, 60Hz, Uso em Medição de Entrada de Linha
Medição de Transformador	Medidor Eletrônico com Qualidade de Energia 85-240V, 1-5A, Classe 0,2s, 60Hz, Uso em Medição de Transformador
Medição de Alimentador	Medidor Eletrônico com Qualidade de Energia, 5A, Classe 0,5, 60Hz, Uso em Medição de Alimentador
Medidor de Serviço Auxiliar	Medidor Eletrônico, 60-400V, 1-5A, Classe 0,5, 60Hz, Uso em Medição de Serviço Auxiliar de SED

**Tabela 20** – Medidores

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

### 6.5.6.2. Transformadores de Instrumentos

Os transformadores de corrente e potencial padronizados devem ser conforme Tabela 21.

Item	Descrição
1	Transformador de potencial, 34,5 kV, uso externo, relação $34,5/\sqrt{3} - 115 - 115/\sqrt{3}$ , 2 enrolamentos, classe de exatidão 0,5, carga de 30VA.
2	Transformador de potencial, 72,5 kV, uso externo
3	Transformador de potencial, 145 kV, uso externo
4	Transformador de corrente, 34,5 kV, uso externo, relação 600/400X300/200 – 5-5A, 2 enrolamentos, classe de exatidão 0,5 e 5P20 - 30VA
5	Transformador de corrente, 34,5 kV, uso externo, relação 1200/800X600/400 – 5-5A, 2 enrolamentos, classe de exatidão 0,5 e 5P20 - 30VA

**NOTA 1:** Caso os TC/TP sejam utilizados para atendimento de um acessante, podem ser considerados relações diferentes e a classe de exatidão para medição a ser considerada é de 0,2.

**Tabela 21** - Transformadores de Instrumento

### 6.5.6.3. Para-raios

Os para-raios utilizados nos projetos das subestações devem ser conforme indicados na Tabela 22.

Item	Descrição	Especificação
1	Para-raios, estação, 120 kV, 10 kA, NBI 550 KV	GSCH005
2	Para-raios, estação, 60 kV, 10 kA, NBI 325 KV	GSCH005
3	Para-raios, estação, 30 kV, 10 kA, NBI 170 KV	GSCH005
4	Para-raios, estação, 12 kV, 10 kA, NBI 95 KV	GSCH005
5	Para-raios, distribuição, 30 kV, 10 kA, NBI 170 KV	GSCC016
6	Para-raios, distribuição, 12 kV, 10 kA, NBI 95 KV	GSCC016

**Tabela 22** - Para-raios de AT e MT

Caso sejam projetadas saídas de alimentadores em 13,8/11,95 kV aéreas devem ser utilizados os itens 5 e 6 na primeira estrutura de saída dos alimentadores.

### 6.5.6.4. Banco de Capacitores

Se necessário, a compensação de potência reativa na rede de MT deve ser realizada através de bancos de capacitores. Os bancos de capacitores padronizados são apresentados na Tabela 23.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

Item	Descrição
1	Banco capacitor, 1,8 MVar
2	Banco capacitor, 2,4 MVar
3	Banco capacitor, 3,6 MVar
4	Banco capacitor, 4,8 MVar
5	Banco capacitor, 5,4 MVar
6	Banco capacitor, 7,2 MVar
7	Banco capacitor, 10,8 MVar

**Tabela 23** – Banco de Capacitores

A compensação de energia reativa nas barras de MT das subestações, deve se realizar mediante bancos de capacitores de potência e tensão apropriadas para o nível de tensão da barra MT e a potência do transformador correspondente.

#### 6.5.6.5. Cubículos de Media Tensão em 13,8/11,95 kV

Os cubículos de média tensão devem ser utilizados na seção de MT de 13,8/11,95 kV de forma abrigada, em subestação com corrente de MT superior a 1600 A. Os cubículos devem ser conforme indicados na Tabela 24.

Descrição	Função
Cubículo Blindado, Corrente nominal: 1250A, Corrente curto-circuito: 25 kA	Entrada de Circuito
Cubículo Blindado, Corrente nominal: 2000A, Corrente curto-circuito: 25 kA	Entrada de Circuito
Cubículo Blindado, Corrente nominal: 3150A, Corrente curto-circuito: 25 kA	Entrada de Circuito
Cubículo Blindado, Corrente nominal: 1250A, Corrente curto-circuito: 25 kA	Interface
Cubículo Blindado, Corrente nominal: 2000A, Corrente curto-circuito: 25 kA	Interface
Cubículo Blindado, Corrente nominal: 3150A, Corrente curto-circuito: 25 kA	Interface
Cubículo Blindado, Corrente nominal: 630A, Corrente curto-circuito: 25 kA	Saída de Circuito - Alimentador
Cubículo Blindado, Corrente nominal: 630A, Corrente curto-circuito: 25 kA	Saída de Circuito - Banco de Capacitor
Cubículo Blindado, Medição	Medição
Cubículo Blindado para Serviços Auxiliares	Serviço Auxiliar

**Tabela 24** - Cubículos de MT

#### 6.5.6.6. Transformador de Serviços Auxiliares - TSA

Os transformadores de serviços auxiliares das subestações devem ter potência máxima de 300kVA e ser conforme GST001.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

### 6.5.6.7. Bateria

Os sistemas auxiliares de CC das subestações devem dispor de um banco de bateria 125 Vcc (+10% -20%). Na Tabela 25 constam as baterias padronizadas.

Descrição	Aplicação
Bateria, Acumulador, Chumbo-Ácido Estacionário, Reguladas por Válvula, 100AH, 10 Horas, 60 Elementos, 2V por Elemento, 125vcc	Subestação AT/MT Simplificada
Bateria, Acumulador, Chumbo-Ácido Estacionário, Reguladas por Válvula, 150AH, 10 Horas, 60 Elementos, 2V por Elemento, 125vcc	Subestação AT/MT Padrão
Bateria, Acumulador, Chumbo-Ácido Estacionário, Reguladas por Válvula, 200AH, 10 Horas, 60 Elementos, 2V por Elemento, 125vcc	Subestação AT/AT e Subestação AT/MT Especial

**Tabela 25 – Baterias**

### 6.5.6.8. Retificador

Os sistemas auxiliares de CC das subestações devem dispor de um carregador retificador. Na Tabela 26 consta o retificador padronizado.

Item	Descrição
1	Retificador, Carregador, Trifásico, 380Vca/125Vcc, 25+25A

**Tabela 26 - Retificador**

### 6.5.6.9. Retificador, Carregador, Trifásico, 380Vca/125Vcc, 50+50A Quadro de Serviço Auxiliar CA e CC

Todas as subestações devem contemplar a instalação de um quadro de serviço auxiliar em corrente alternada (CA) e SED AT/AT e SED AT/MT do tipo Especial deve contemplar um quadro de serviço auxiliar em corrente contínua (CC). Os quadros devem ser conforme Tabela 27.

Item	Descrição
1	Quadro, Serv Aux cc, 125vcc
2	Quadro, Serv Aux ca, 380/220vca
3	Quadro, Serv Aux ca/cc, 220/127vca - 125vcc

**Tabela 27 – Quadro ca/cc**

## 6.6. Projeto Elétrico

### 6.6.1. Sistema de Automação

#### 6.6.1.1. Critérios gerais

As subestações novas devem dispor de um Sistema de Proteção, Controle e Supervisão (SPCS), que apresentam as seguintes características principais:

- Sistema integrado realizando desde a aquisição de dados até o manuseio da informação;

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

- Sistema distribuído que permite suportar configurações ajustadas as necessidades;
- Sistema aberto a todo tipo de fabricante com possibilidade de incorporar novas funcionalidades;
- Sistema escalonável e modular que permita um crescimento de acordo com a evolução da instalação;
- Coleta dos dados através de Inteligente Electronic Device (IEDs);
- Comunicação e protocolos conforme sistemas da IEC 61850 e IEC 60870-5-104, com a utilização de IEDs e unidades de controle instalados no container ou sala de comando;
- Sobredimensionamento da capacidade de processamento, para permitir um crescimento funcional e de hardware sem degradação do comportamento;
- Sincronização horária por GPS (Global Positioning System);
- Possibilidade de implementar distintos protocolos de comunicação internamente e com o Controle/Operação do Sistema (COS);
- Utilização de fibra óptica ou cabo de rede blindado como meio de comunicação;
- Parametrização e consulta local e a distância (função de teleacesso);
- Incorporação do registrador cronológico de eventos no próprio sistema;
- Oscilografia incluída nos próprios relés de proteção;
- Telecomando e capacidade para incorporar novos automatismos;
- Funções de proteção e controle totalmente independentes;
- Capacidade de ser modificado ou mantido sem necessidade de sair fora de serviço;
- Simplicidade de operação, de forma que o pessoal sem conhecimento de computação possa operá-lo;
- O sistema deve dispor de recursos eficientes, de modo que toda a informação relevante não seja perdida em caso de falta da fonte de energia.

O SPCS deve possuir uma arquitetura funcional com os seguintes níveis:

- Nível 0: nível equipamento;
- Nível 1: nível de posição (vão);
- Nível 2: nível de subestação;
- Nível 3: nível de SCADA do Controle/Operação do Sistema (COS).

No nível 0, o comando do equipamento se faz em modo Local com os dispositivos de comando disponíveis nos gabinetes de comando de cada equipamento primário (disjuntor, seccionador, transformador). Neste nível a seleção de operação em modo Local ou Remoto se realiza com chaves seletoras próprias de cada equipamento. A seleção do local nesse nível bloqueia todos os níveis superiores.

No nível 1, o sistema contempla a instalação de IED, uma por vão. As IEDs devem basear-se em tecnologia de microprocessador com operação em tempo real. As IEDs devem contemplar todas as funções relativas a operação de equipamentos de uma posição, tais como comandos de abrir-fechar, intertravamentos (interlocking), aquisição de dados, etc. Neste nível, a seleção de operação em modo IED ou em modo SISTEMA se realiza com um seletor "IED/SISTEMA" que deve fazer parte do IED.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

O Nível 2 deve cumprir as funções de controlar e monitorar todos os componentes da subestação, e realizar a comunicação local com o Nível 1 e remota com o Nível 3. O Nível 2 deve ser composto de, no mínimo, os seguintes componentes e subsistemas:

- Unidade de Controle da Subestação (UCS);
- Microcomputador realizando a função de Interface Homem Máquina (IHM), com teclado e *mouse* com fio, monitor de 19 polegadas e GPS;
- Rede local.

O controle realizado em forma Local na subestação deve ser a partir da IHM, ao estar o SPCS no modo SED (Subestação). Para operar a partir desse nível, os seletores "Local-Remoto" de cada equipamento devem estar em "Remoto", e o seletor "IED-SISTEMA" da IED deve estar em modo "SISTEMA".

O Nível 3: Neste nível o controle se realiza remotamente, a partir do COS (SCADA). Neste caso o SPCS deve estar no modo COS. O Fornecedor deve implementar os níveis 1 e 2, e garantir uma perfeita integração destes com os Níveis 0 e 3.

O Sistema permite três modos de funcionamento:

- a) Modo de Observação: Este modo deve permitir a visualização de diagramas unifilares, medidas, estado de equipamentos, alarmes e recuperação de eventos. Neste modo, mediante senha de acesso, deve ser possível acessar o programa de comunicação com as proteções;
- b) Modo de Operação: Este modo deve permitir que o operador possa realizar todas as funções inerentes a operação do sistema elétrico: comando de equipamentos; visualização de medidas; visualização e reconhecimento de alarmes e eventos; habilitação e desabilitação de automatismo; visualização e recuperação de registros e impressão de relatórios;
- c) Modo de Administração: Neste modo o SPCS estará configurado de forma que o administrador possa realizar as seguintes funções: construção de novas telas gráficas; manutenção no SPCS; apoio do sistema; desenvolvimento de novas aplicações de automatismo; troca de parametrização; configuração de base de dados; criação de símbolos; definição de relatórios diversos; desenvolvimento de programas de aplicação.

#### 6.6.1.2. Documentos do SPCS

Os desenhos dos projetos dos sistemas de proteção, controle e supervisão devem possuir todas as informações necessárias para atender às necessidades de montagem, comissionamento, operação e manutenção.

A documentação de projetos, hardware e software deve compreender ao menos o seguinte para o empreendimento:

- Diagrama Unifilar de Proteção, Controle e Automação;
- Especificação do SPCS;
- Arquitetura Detalhada do Sistema Digital;
- Diagramas Funcionais;
- Diagramas Lógicos;

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

- Desenhos Dimensionais/Construtivos contendo as vistas e cortes de todos os painéis, detalhando os módulos em suas localizações definitivas e diagrama de fiação interna;
- Listas de Materiais (Componentes de Painéis) detalhando a quantidade, principais características, modelo e fabricante de cada equipamento;
- Diagramas de Interligação Gráfica, mostrando claramente como se dará a interligação entre painéis e entre os painéis e os equipamentos de pátio;
- Listas de Cabos detalhando a quantidade de cabos, suas características e identificações;
- Manuais de todos os equipamentos do sistema de proteção, controle e supervisão, agrupados assim: Usuário, Operação e Manutenção;
- Plano de Inspeção e Testes (PIT) que se realizarão em fábrica e em campo.

**6.6.1.3. Teleproteção**

O SPCS deve considerar a instalação de sistema de Teleproteção. O mesmo será executado através de conexão relé-a-relé via OPGW ou link de rádio.

Caso o relé de proteção do terminal remoto associado a este empreendimento seja incompatível, o mesmo deve ser substituído por um adequado. Os serviços associados devem estar incluídos no fornecimento.

**6.6.1.4. Critérios de Controle e Supervisão de AT e MT - Automatismo****6.6.1.4.1. Religamento automático**

Os relés de proteção das saídas de AT e MT devem ter a função de religamento. O relé deve permitir habilitar/desabilitar esta função por telecontrole.

O religamento automático somente deve ser iniciado por ação da proteção e após a confirmação da abertura efetiva do disjuntor, constituindo-se na ação do fechamento automático do disjuntor, após decorrido o tempo morto pré-ajustado e sujeito a intertravamentos para efetivação do mesmo.

Deve ser dotado de rotina operacional programável local e remotamente para as seguintes condições:

- Religamento fora de serviço;
- Religamento em serviço.

Deve ser possível executar ciclos de religamento com faixas de ajuste de tempo. O relé deve permitir ajustar o tempo "morto" de qualquer ciclo de forma independente. Após a realização do (s) ciclo (s) de religamento (s) programado (s), o religador deve acionar um temporizador de reset ajustado de 5s a 60s dentro do qual o religamento não mais será executado.

As configurações dos modos de religamento, valores dos tempos mortos e forma de operação do religamento, devem ser realizadas através do nível 1, 2 ou 3.

O religamento deve ser bloqueado sempre que houver defeito no disjuntor, como por exemplo, baixa pressão do gás SF6, etc., como também na atuação de proteções que sejam impeditivas a reenergização da linha ou do alimentador, como por exemplo, falha no disjuntor.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

O religamento deve ser bloqueado também quando o disjuntor for aberto manualmente pelo operador, após o tempo ajustado, nas energizações de linhas com ou sem defeito presente.

Um contador nos dispositivos deve ser previsto para o registro do número de religamentos efetuados.

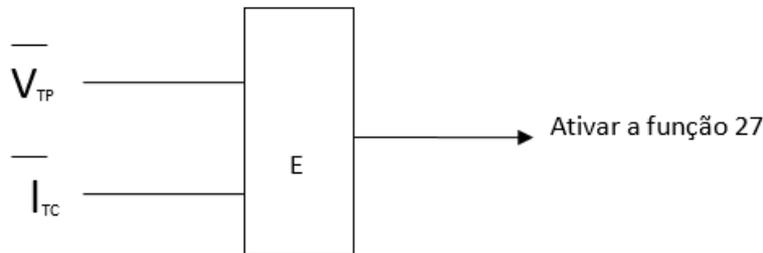
#### 6.6.1.4.2. Falta Geral

O SPCS deve dispor de um automatismo que em caso de falta geral poderá, a critério da área de operação da Enel, comandar a abertura automática de todos os equipamentos de disjunção dos alimentadores e banco de capacitores.

Este automatismo deve ser implementado através da função de subtensão (27) existente nos IEDs de alimentadores e bancos de capacitores. A função de subtensão (27) somente deve ser ativada após o SPCS verificar e confirmar a existência de uma falta geral na média tensão da subestação.

A função de subtensão (27) somente deve ser ativada se for confirmada a falta de sinal de tensão alternada no secundário do Transformador de Potencial do barramento de 15 kV e a falta de sinal de corrente no secundário do Transformador de Corrente da entrada do barramento de 15 kV.

Esta lógica deve levar em consideração a configuração com barra aberta e barra fechada. Ver Figura 15.



**Figura 15** – Configuração com barra aberta e barra fechada

#### 6.6.1.4.3. Reposição do Sistema

O SPCS deve dispor de um automatismo para reposição do sistema elétrico da subestação com escalonamento temporal, de modo automático ou manual, a critério do órgão de operação da Enel.

Este automatismo deve ser configurável pelo usuário. Deve ser executado atendendo os seguintes passos:

- Preparar a posição do comutador de TAP dos transformadores antes do início da reposição das cargas;
- Após a entrada de cada carga, o SPCS deve verificar o nível de tensão no barramento de 15 kV. Caso o SPCS verifique que a tensão no barramento esteja inferior ao valor de referência pré-estabelecido, o SPCS deve comandar a entrada de um Banco de Capacitores.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

#### 6.6.1.4.4. Alívio de Carga

O SPCS deve prevê esquemas de alívio de carga, de forma a propiciar o corte de alimentadores, conforme o escalonamento definido pela operação. O automatismo deve ter a flexibilidade para funcionar tanto para barra aberta como para barra fechada:

- Mínimo/máximo de tensão;
- Mínimo frequência;
- Através da monitoração das correntes de *pick-up* das proteções de barra.

#### 6.6.1.4.5. Controle para Banco de Capacitores

##### 6.6.1.4.5.1. Características para Controle de Banco de Capacitores

O fornecedor deve implementar um automatismo para controle de banco de capacitores com, no mínimo, as seguintes características:

- a) Disponibilizar recursos para comandar até quatro bancos de capacitores por barra;
- b) Permitir habilitação em modo automático ou manual;
- c) Ser configurável;
- d) Permitir habilitar ou desabilitar qualquer dos bancos de capacitores de forma independente;
- e) Dispor de portas de comunicação suficientes para controlar, adquirir e parametrizar local e remotamente;
- f) Permitir programação da seqüência de operação de Entrada/Saída de bancos de capacitores, conforme exemplos abaixo:
  - 1234: todos os capacitores com o mesmo valor e a entrada da esquerda para direita;
  - 4321: todos os capacitores com o mesmo valor e a entrada da direita para esquerda;
  - 1111: todos os capacitores com o mesmo valor e a entrada é ordenada pelo número de comutação de cada estágio. O Capacitor que menos sofreu comutação deve ser o próximo a ser ligado ou desligado;
  - \*: outras seqüências para os casos de Bancos de Capacitores de potência diferentes conectados a uma mesma barra;
- g) Configuração da potência dos bancos de capacitores: Faixa de Variação – 0 a 10,8 MVAr;
- h) Disponibilizar os registros das operações de cada Banco de Capacitores, de forma a permitir identificar o número de comutações de cada Bancos de Capacitores e zerar as comutações, quando desejado;
- i) Permitir selecionar a conexão e as relações de transformação dos Transformadores de Potencial;
- j) Permitir selecionar as relações de transformação dos Transformadores de Corrente;
- k) Possuir entrada de bloqueio de operação no caso de atuação da proteção dos bancos de capacitores;
- l) Permitir controlar o banco de capacitores por:

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

- Tensão;
- Fator de potência;
- Potência reativa;
- Tempo.

**6.6.1.4.5.2. Controle por Tensão**

A Unidade de Controle do banco de capacitores deve disponibilizar os seguintes valores para parametrização do controle por tensão:

- Faixa de Variação: 0,9275 pu a 1,0871pu; degrau de 0,0007 em 0,0007;
- Tensão de Entrada de Bancos: Valor de tensão parametrizável conforme faixa de variação a cima. Valores de tensão iguais ou inferiores a este valor forçam a entrada de Bancos;
- Tempo de Entrada: Faixa de Variação: 0,0 a 180,0 seg; degrau de 1 em 1 seg;
- Tensão de Saída de Bancos: Valor de tensão parametrizável conforme faixa de variação a cima. Valores de tensão iguais ou superiores a este valor forçam a saída de Bancos;
- Tempo de Saída: Faixa de Variação: 0,0 a 180,0 seg; degrau de 1 em 1 seg.

OFFSET de Tensão: Valores de Tensão medidos menores que o limite de Tensão superior ou inferior acrescido do offset, força a entrada ou saída dos Bancos – Faixa de Variação: 0 a 0,0735 pu, degrau de 0,0007pu em 0,0007 pu.

**NOTA:** Este parâmetro relaciona-se ao Controle por Tempo, descrito no item 6.6.1.4.5.5.

**6.6.1.4.5.3. Controle por Fator de Potência**

A Unidade de Controle do banco de capacitores para o Controle por Fator de Potência deve disponibilizar os seguintes valores para parametrização:

- Faixa de Variação: 0,85 a 1,00 IND e 0,85 a 1,00 CAP; degrau de 0,01 em 0,01.
- Limite Inferior do Fator de Potência: corresponde a faixa inferior do FP programado. Valores de FP abaixo deste valor forçam a entrada de Bancos.
- Limite Superior do Fator de Potência: corresponde a faixa superior do FP programado. Valores de FP acima deste valor forçam a saída de Bancos.
- \* Restrição: o Controle por Tensão inferior e superior devem estar presentes.

**6.6.1.4.5.4. Controle por Potência Reativa**

A Unidade de Controle do banco de capacitores deve disponibilizar os seguintes valores para parametrização do controle por potência reativa:

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

- Faixa de Variação: 0 a 10,8 MVAR;
- \* Restrição: O Controle por Tensão inferior e superior devem estar presentes.

#### 6.6.1.4.5.5. Controle por Tempo

- Dias: Segunda a Domingo;
- Hora: 00:00 as 24:00; degrau de 1 em 1 hora;
- Minutos: 00:00 a 60:00; degrau de 1 em 1 minuto.

Deverá apresentar no display a data atual do relógio, contendo dia, mês e ano. O dia atual estará apto a ser alterado.

- Bloqueio em Dias da Semana: Este parâmetro irá bloquear a atuação de tempo em dias específicos da semana.

OFFSET de Tensão:

- Hora de ativação (Controle de Tempo): Este parâmetro irá indicar qual hora e minuto o controle de tempo irá iniciar sua atuação, ou seja, a partir de quando os limites superior e inferior serão acrescidos do offset de tensão.
- Hora de desativação (Controle de Tempo): Este parâmetro irá indicar qual hora e minuto o controle de tempo irá desabilitar sua atuação, ou seja, a partir de quando os limites superior e inferior estarão novamente atuando.
- \* Restrição: Os Controles por Tensão inferior e superior devem estar presentes.

#### 6.6.1.4.6. Intertravamentos

Os Bancos devem ter operação bloqueada caso ultrapassem uma quantidade de comutação parametrizável em um determinado intervalo de tempo, também parametrizável.

Número máximo de manobras permitidas no tempo de monitoração: Faixa de Variação de 1 a 10; degrau de 1 em 1.

Tempo de monitoração do número máximo de manobras: Faixa de Variação de 1 a 600seg; degrau de 1 em 1 seg.

Os demais intertravamentos devem ser implementados de acordo com a especificidade de cada projeto da subestação e com os acordos definidos durante o workstatement.

#### 6.6.1.5. Critérios de Controle de Transformadores de Potência das Subestações

Todos os transformadores dispõem de comutador de derivação em carga para regulação de tensão. Os comutadores de derivação sob carga podem ser configurados para serem comandados de modo manual ou automático. A forma normal de operação deve ser a regulação automática de tensão.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

A configuração da opção regulação automática/manual deve ser permitida a partir do COS ou da subestação. Estando a regulação em modo manual, deve ser possível subir/baixar derivações a partir do COS ou da subestação.

Os transformadores dispõem de um medidor de temperatura que permite o controle automático da ventilação dos transformadores. Esta deve ser a forma normal de operação.

No entanto, também deve ser possível forçar a ventilação a partir do COS. Esta opção permite aos operadores comandar a ventilação forçada de um transformador em forma antecipada, quando se prevê um aumento de carga.

Os transformadores de potência podem ser energizados em AT com carga em MT desde que os bancos de capacitores estejam desenergizados. Isto é particularmente aplicável em algumas operações automáticas, tais como transferência de um circuito de alimentação em AT a outro circuito. A aplicação deste critério melhora os tempos de reposição frente a interrupções.

As proteções do transformador devem ser implementadas conforme diagramas unifilares do Anexo 7.5 (Diagramas Unifilares).

#### **6.6.1.6. Telecontrole da Subestação**

O telecontrole da subestação deve ser realizado a partir do Centro de Controle do Sistema, para tanto deve estar incorporada a funcionalidade de telecontrole no Sistema Integrado de Controle, Medição e Proteção.

O SPCS deve dispor, no mínimo, de dois meios de comunicação, um para a realização das funções de telecomando através do COS, e um segundo meio de comunicação, para a realização de funções de aquisição de oscilografia e teleacesso e/ou telemanutenção.

#### **6.6.1.7. Telealarme da Subestação**

Todas as subestações devem possuir telealarme. Este equipamento não é contemplado no fornecimento do SPCS. Contudo, devem estar disponibilizados no SPCS, os pontos necessários para conexão com o telealarme. Mais detalhes devem ser tratados durante o workstatement.

### **6.6.2. Sistema de Proteção**

#### **6.6.2.1. Critérios Gerais**

O sistema de proteção da subestação deve atender as premissas dispostas nesta especificação e, quando disponível, os equipamentos de proteção devem ser conforme especificações globais.

Os relés de proteção, de uma forma em geral, funcionam a partir da medição das grandezas de tensão e corrente do sistema elétrico. Os sinais analógicos de corrente são medidos pelos relés através dos transformadores de corrente (TCs), e os sinais analógicos de tensão são medidos, através dos transformadores de potencial (TPs). Os sinais analógicos medidos são analisados e comparados com valores pré-ajustados nos relés. Caso os sinais medidos alcancem os valores pré-definidos nos relés e o tempo previsto para atuação, o relé envia um sinal de abertura (Trip) para o disjuntor associado e este isola a área

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

afetada pela falta. Quando ocorre uma falha no sistema de proteção, tal como falha do disjuntor ou falha no relé ou na coordenação da proteção do sistema, o relé de retaguarda deve atuar eliminando a falta.

As proteções devem dispor de auto supervisão contínua e de auto diagnóstico para detectar falta de bateria, falhas físicas e lógicas, com indicação local e remota de indisponibilidade do relé.

A chave Local/Remoto existente nos equipamentos de disjunção em nenhuma condição deve bloquear ou inibir as funções de proteção do relé associado, impedindo que este envie comando de abertura para o disjuntor.

A função de falha do disjuntor (62BF) deve permitir sua ativação/desativação por completo e ser implementada através de mensagem GOOSE (*Generic Object Oriented Substation Event*) entre as IEDs. Neste sentido, quando da desativação dessa função, o relé não deve permitir que qualquer evento associado a falha no sistema de abertura do disjuntor venha a ativá-la causando a abertura do disjuntor de retaguarda indevidamente.

O relé de sobrecorrente associado ao disjuntor geral de alta tensão deve enviar o sinal de trip diretamente para o disjuntor geral, sem intermédio do esquema lógico de transferência (43).

Todos os relés devem apresentar os registros cronológicos de eventos na ordem decrescente de tempo, ou seja, do mais recente para o mais antigo.

Os relés que contemplam as funções de neutro sensível (50/51NS) e neutro convencional (50/51N) devem permitir a inibição destas funções de forma independente. Vale salientar que a inibição destas funções deve ser possível tanto em modo local como remoto.

Todos os relés que contemplam a função de religamento (função 79) devem estar aptos para enviar comando de abertura e religamento, cumprindo todo o ciclo de religamento do equipamento de disjunção associado.

Todos os relés devem contemplar medições de corrente (A), tensão (V), e grandezas calculadas: potência ativa (W), potência reativa (VAr), energia reativa (VAr/h), energia ativa (Wh), fator de potência e oscilografia, conforme requerido nas Especificações de Relés de Proteção.

Nas subestações com barra dupla, os vãos protegidos através de disjuntores, a atuação da proteção ocorre através de um esquema (físico ou lógico) de transferência da proteção (função 43). A função de transferência da proteção pode assumir um dos seguintes estados: Normal (N), Em Transferência (ET) e Transferida (T). Se o comando de abertura enviado pelo relé encontra a função 43 no estado N, o relé atua diretamente sobre o disjuntor principal. Caso a função 43 esteja na posição ET, o sinal de abertura é enviado para o disjuntor principal e para o disjuntor de transferência, e quando a função 43 está na posição T, o sinal enviado comanda a abertura somente do disjuntor de transferência. A função 43 deve ser implementada através de meio físico entre as IEDs para os vãos de entrada e saída de linha de alta tensão e para os vãos dos transformadores.

## 6.6.2.2. Filosofia de Proteção para as subestações

### 6.6.2.2.1. Proteção das Entradas/Saídas de Linha de AT das SED

#### 6.6.2.2.1.1. Considerações Gerais

O sistema de proteção adotado para entradas de linhas de AT deve contemplar entradas analógicas suficientes para a leitura de 4 TCs e 3TPs. As seguintes funções mínimas devem ser previstas:

- Função de distância (21) com esquema de teleproteção (85) em ambos os IEDs, quando aplicável;

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

- 
- Função de distância de neutro (21N);
  - Função de sincronismo (25);
  - Função de subtensão (27);
  - Função de sobrecorrente de sequência inversa (46);
  - Condutor partido (46A), também conhecido como (I2/I1);
  - Função de sobrecorrente instantânea de fase (50);
  - Função de sobrecorrente temporizada (51) de fase;
  - Função de sobrecorrente instantânea de neutro (50N);
  - Função de sobrecorrente instantânea temporizada de neutro (51N);
  - Função de sobretensão (59);
  - Função de sobretensão residual (59N);
  - Função de falha do disjuntor (50/62BF);
  - Função de sobrecorrente direcional de fase (67);
  - Função de sobrecorrente direcional de neutro (67N);
  - Função de medição de ângulo de fase (78);
  - Religamento (79);
  - Sub/sobrefrequência (81);
  - Diferencial de Linha (87L) como principal e Distância (21) como retaguarda (teleproteção), quando aplicável.

Outras funções podem ser habilitadas neste relé, caso a unidade de estudo da proteção e operação do sistema considerar conveniente.

**6.6.2.1.2. Critérios de Habilitação e Atuação das Funções de Proteção**

Para habilitação e atuação das principais funções de proteção, devem ser verificadas as informações a seguir:

Os IEDs multifunção (principal e alternada) da entrada/saída de linha enviam comando de abertura para o disjuntor de entrada de linha. Na subestação AT/AT com dois barramentos de AT, os IEDs também podem enviar comando de abertura para o disjuntor de transferência de acordo com o estado da função 43 (N, ET, T).

A função 87L, quando habilitada, funciona como proteção principal e a habilitação desta só pode ser efetivada quando no outro terminal da linha também houver a função 87L disponível, devendo o relé ser do mesmo modelo e fabricante em ambos os terminais.

Devem ser utilizadas as funções de distância (21) e sobrecorrente direcional de fase (67) e neutro (67N), em ambas as cadeias de proteção (principal e alternada) com teleproteção, sendo a função de distância (21) considerada a função principal para defeitos fase-fase e a função 67 a função de retaguarda da mesma.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

Para proteção de barras é preferencial o uso da proteção diferencial de barras (87B), tendo como segunda opção as proteções de sobrecorrente (50/51 e 50/51N). Para os casos de subestações de interligação, o uso do diferencial de barras (87B) é mandatório.

As funções de subtensão (27) e sobretensão (59), deste relé devem ser habilitadas somente nos casos em que o estudo da proteção e operação julgue necessário.

A função falha de disjuntor (50/62BF), existente no IED, deve enviar sinal de trip para os disjuntores que são fonte de alimentação da falha na linha e enviar TDD para o terminal remoto (quando a teleproteção for utilizada), utilizando a função de transferência de proteção associada aos disjuntores.

#### **6.6.2.2.2. Proteção do Vão de Transformação das SED**

##### **6.6.2.2.2.1. Filosofia Adotada para as Proteções Intrínsecas dos Transformadores de Potência**

Os transformadores de potência das SED são protegidos através das proteções intrínsecas que fazem parte do projeto do transformador, são elas:

- Relé de temperatura do óleo (26);
- Relé de temperatura do enrolamento (49);
- Relé de ruptura de membrana (RM);
- Relé de gás (63);
- Válvula de alívio de pressão (63A);
- Relé de pressão do CDC (63C);
- Relé de nível do óleo (71);
- Relé do fluxo de óleo do CDC (80).

Outras funções podem ser habilitadas neste relé, caso a unidade de estudo da proteção e operação do sistema considerar conveniente.

Para habilitação e atuação das principais funções de proteção, devem ser verificadas as informações a seguir:

As proteções intrínsecas devem enviar trip de alta velocidade e atuar sobre o relé de bloqueio.

Nesta filosofia, o relé de bloqueio (função 86), quando recebe sinal de trip de uma proteção principal, exerce a função de comandar a abertura dos disjuntores associados e ao mesmo tempo bloquear o fechamento destes disjuntores. O relé de bloqueio deve ser do tipo biestável ou biestável lógico com recurso para reset local e remoto. Vale salientar que o procedimento normal de operação é o reset local.

As proteções térmicas do transformador são exercidas por uma unidade microprocessada denominada monitor de temperatura. O monitor de temperatura contempla o relé de temperatura do enrolamento (função 49) e o relé temperatura do óleo (função 26). Este monitor deve conter, no mínimo, os seguintes contatos para cada função:

- A função de temperatura do óleo deve estar associada a, no mínimo, duas saídas digitais configuradas em função da classe térmica do transformador conforme Tabela 28.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

Classe Térmica do transformador	Temperatura	Alarme 1º Estágio	Alarme 2º Estágio
55°C	Topo do Óleo	85°C	95°C
	Enrolamento	95°C	105°C
55/65°C	Topo do Óleo	85°C	95°C
	Enrolamento	105°C	115°C
60/65°C	Topo do Óleo	90°C	100°C
	Enrolamento	105°C	115°C
65°C	Topo do Óleo	95°C	105°C
	Enrolamento	105°C	115°C

**Tabela 28** - Estágios de Alarme em função da temperatura

- a função de temperatura do enrolamento deve estar associada a três saídas digitais configuradas da seguinte forma: uma saída digital deve comandar a entrada em funcionamento do banco de ventiladores, o 1º Estágio de Ventilação deve entrar em operação quando a temperatura do enrolamento atingir 60°C e 2º Estágio de ventilação quando a temperatura do enrolamento atingir 70°C e as demais saídas digitais devem gerar alarmes, ficando a responsabilidade de comandar a abertura dos disjuntores por conta da área de operação. Estas saídas digitais devem estar configuradas em função da classe térmica do transformador conforme Tabela 28.

O relé de indicação de nível do óleo (função 71) deve apenas gerar alarme para nível alto de óleo (1º Estágio) e para o nível baixo de óleo (2º Estágio).

As proteções intrínsecas do transformador serão aquisitadas por uma unidade microprocessada que também será responsável pelo monitoramento e comando do comutador de TAP sob carga.

#### 6.6.2.2.2. Filosofia de Proteção do Vão de Transformação da SED

Os vãos de transformação das SED são protegidos através das seguintes proteções:

- Função de subtensão (27);
- Função de reversão ou desbalanceamento de tensão (47);
- Função de sobrecorrente instantânea de fase (50);
- Função de sobrecorrente temporizada (51) de fase;
- Função de sobrecorrente instantânea de neutro (50N);
- Função de sobrecorrente instantânea temporizada de neutro (51N);
- Função de sobrecorrente temporizado de terra (51G);
- Função de sobretensão (59);
- Função de sobretensão residual (59N);
- Função de falha do disjuntor (50/62BF);
- Sub/sobrefrequência (81);

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

- Função de bloqueio (86);
- Diferencial (87).

Outras funções podem ser habilitadas neste relé, caso a unidade de estudo da proteção e operação do sistema considerar conveniente.

Para habilitação e atuação das principais funções de proteção, devem ser verificadas as informações a seguir:

O sistema de proteção do vão de transformação deve contemplar um relé com as funções diferencial e sobrecorrente multifunção protegendo a zona entre os TCs de bucha de AT e MT do transformador de potência. Dependendo do arranjo, utiliza-se proteção diferencial estendida.

O relé diferencial recebe sinal de corrente dos TCs instalados nas buchas de AT e MT (fase e neutro) do transformador de potência, conforme ilustrado no diagrama unifilar, em anexo.

No relé diferencial multifunção devem ser disponibilizadas, no mínimo, as seguintes funções: diferencial (87), funções de sobrecorrente instantânea (50) e temporizada (51) de fase e instantânea (50N) e temporizada (51N) de neutro associadas à alta tensão; funções de sobrecorrente instantânea (50) e temporizada (51) de fase, instantânea de neutro (50N) e função de sobrecorrente de terra (51G), associadas à média tensão. Outras funções podem ser habilitadas neste relé se a área de estudo da proteção e operação do sistema considerar conveniente.

As funções de sobrecorrente devem atuar diretamente sobre os disjuntores principal e sobre o disjuntor geral de média tensão, conforme ilustrado no diagrama unifilar, em anexo. Na subestação AT/AT com dois barramentos de AT, o relé de sobrecorrente também pode enviar comando de abertura para o disjuntor de transferência de acordo com o estado da função 43 (N, ET, T).

O relé diferencial (função 87) deve atuar de forma simultânea sobre o disjuntor de média tensão e sobre os disjuntores principal e/ou de transferência de alta tensão através da função de transferência da proteção (função 43). Além disso, a função 87 deve atuar sobre o relé de bloqueio (função 86).

No relé de sobrecorrente multifunção instalado do lado de alta tensão do transformador de potência devem ser disponibilizadas, no mínimo, as seguintes funções: sobrecorrente instantânea (50) e temporizada (51) de fase, funções instantâneas (50N) e temporizada (51N) de neutro e a função de falha do disjuntor (62BF). Outras funções podem ser habilitadas neste relé se a unidade de estudo da proteção e operação do sistema considerar conveniente.

As funções de proteção deste relé devem atuar diretamente sobre os disjuntores da alta tensão, conforme ilustrado nos diagramas unifilares do Anexo 7.5 (Diagramas Unifilares).

A proteção de subfrequência/sobrefrequência deve estar disponibilizada no IED. Opcionalmente um IED de Frequência pode ser instalado para atendimento do Esquema Regional de Alívio de Cargas – ERAC.

### **6.6.2.2.3. Filosofia de Proteção da Barra de MT**

#### **6.6.2.2.3.1. Considerações Gerais**

A média tensão está dividida em duas zonas de proteção, protegidas por relés distintos. A primeira zona, que abrange o trecho entre as buchas de média tensão do transformador até o disjuntor geral, está protegida através das funções de sobrecorrente (50/51, 50/51N e 51G) do relé diferencial. A segunda zona, que protege apenas a barra principal de MT, está protegida através de funções de sobrecorrente 50/51, 50/51N e 50/62BF.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

Outras funções podem ser habilitadas neste relé, caso a unidade de estudo da proteção e operação do sistema considerar conveniente.

#### **6.6.2.2.3.2. Critérios de Habilitação e Atuação das Funções do Relé de Sobrecorrente da Barra de MT**

No IED multifunção que protege a segunda zona de proteção, responsável pela proteção da barra principal de média tensão devem ser disponibilizadas, no mínimo, as seguintes funções: sobrecorrente instantânea (50) e temporizada (51) de fase, funções instantâneas (50N) e temporizada (51N) de neutro e a função de falha do disjuntor (62BF). Outras funções podem ser habilitadas neste relé, caso a unidade de estudo da proteção e operação do sistema considerar conveniente.

O relé deve dispor de recursos para a implementação de um esquema de seletividade lógica para bloqueio das funções instantâneas associadas ao disjuntor geral de média tensão vinculada ao pickup dos relés dos alimentadores. Este esquema é implementado através de mensagens GOOSE entre os relés citados anteriormente.

As funções de proteção deste relé devem atuar diretamente sobre o disjuntor geral de média tensão, conforme ilustrado nos diagramas unifilares do Anexo 7.5 (Diagramas Unifilares).

#### **6.6.2.2.4. Filosofia de Proteção de Alimentador de MT das SED**

##### **6.6.2.2.4.1. Considerações Gerais**

O sistema de proteção adotado nas saídas dos alimentadores de distribuição das SED deve contemplar um IED multifunção, recebendo sinal de corrente dos TCs instalados no alimentador e sinal de tensão dos TPs instalados na barra de média tensão, conforme ilustrado nos diagramas unifilares, em anexo.

Os alimentadores das SED são protegidos através das seguintes proteções:

- Função de subtensão (27);
- Função de sobrecorrente de sequência inversa (46);
- Condutor partido (46A), também conhecido como (I2/I1);
- Função de sobrecorrente instantânea de fase (50);
- Função de sobrecorrente temporizada (51) de fase;
- Função de sobrecorrente instantânea de neutro (50N);
- Função de sobrecorrente instantânea temporizada de neutro (51N);
- Função de sobrecorrente instantânea temporizada de neutro sensível (51NS);
- Função de sobretensão (59);
- Função de falha do disjuntor (50/62BF);
- Religamento (79);
- Sub/sobrefrequência (81).

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

Outras funções podem ser habilitadas neste relé, caso a unidade de estudo da proteção e operação do sistema considerar conveniente.

#### **6.6.2.4.2. Critérios de Habilitação e Atuação das Funções de Proteção**

Para habilitação e atuação das principais funções de proteção, devem ser verificadas as informações a seguir:

O IED multifunção da saída de alimentador deve enviar comando de abertura diretamente para o alimentador.

O relé deve dispor de recursos para a implementação de um esquema de seletividade lógica para bloqueio das funções instantâneas associadas ao disjuntor geral de média tensão vinculada ao pickup dos relés dos religadores. Este esquema é implementado através de mensagens GOOSE entre os relés citados anteriormente.

A seletividade lógica deve estar associada a função de sobrecorrente instantânea (50) e temporizada de fase (51) e instantânea e temporizada de neutro (50/51N). Estas funções devem enviar um sinal para o relé de retaguarda, através do esquema de seletividade lógica inibindo a atuação das funções de sobrecorrente do relé de retaguarda, sempre que as funções de sobrecorrente do relé de alimentador iniciarem sua atuação.

A função falha de disjuntor (62BF), existente neste relé, deve enviar sinal de trip para o (s) disjuntor (es) geral de barra de média e/ou para o disjuntor de transferência e de interligação de barra conforme ilustrado nos diagramas unifilares do Anexo 7.5 (Diagramas Unifilares).

#### **6.6.2.2.5. Filosofia de Proteção de Banco de Capacitores das SEDs**

##### **6.6.2.2.5.1. Considerações Gerais**

O sistema de proteção adotado para bancos de capacitores das SEDs deve prever as seguintes funções de proteção:

- Função de subtensão (27);
- Função de sobrecorrente instantânea de fase (50);
- Função de sobrecorrente temporizada (51) de fase;
- Função de sobrecorrente instantânea de neutro (50N);
- Função de sobrecorrente instantânea temporizada de neutro (51N);
- Função de sobretensão (59);
- Função de sobretensão residual (59N);
- Função de falha do disjuntor (50/62BF);
- Função de desequilíbrio (61);
- Função de bloqueio (86).

O sistema de proteção adotado nos bancos de capacitores das SED deve contemplar um relé de sobrecorrente multifunção, recebendo sinal do TC de desequilíbrio do banco e dos TCs associado ao disjuntor

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

e sinal de tensão dos TPs instalados na barra de média tensão, conforme ilustrado nos diagramas unifilares, em anexo.

Outras funções podem ser habilitadas neste relé, caso a unidade de estudo da proteção e operação do sistema considerar conveniente.

#### **6.6.2.2.5.2. Critérios de Habilitação e Atuação das Funções de Proteção**

Para habilitação e atuação das principais funções de proteção, devem ser verificadas as informações a seguir:

O relé de sobrecorrente multifunção do banco de capacitor deve enviar comando de abertura diretamente para o disjuntor do banco.

A função falha de disjuntor (62BF), existente neste relé, deve enviar sinal de trip para o (s) disjuntor (es) geral de barra de média e/ou para o disjuntor de transferência e de interligação de barra conforme ilustrado nos diagramas unifilares, em anexo.

A função 61 recebe sinal do TC de desequilíbrio do banco de capacitores e envia comando de abertura e bloqueio (86) para o disjuntor. As funções de sobrecorrente instantânea (50) e temporizada (51) de fase, funções instantâneas (50N) e temporizada (51N) de neutro, recebem sinal do transformador de corrente associado ao disjuntor do banco e também envia comando de abertura e bloqueio (86) para este disjuntor.

#### **6.6.2.2.6. Proteção de Corrente alternada CA e de corrente contínua CC dos relés**

##### **6.6.2.2.6.1. Considerações Gerais**

Os relés devem ter proteção individual no circuito de alimentação de corrente contínua CC e nos circuitos de alimentação de corrente alternada CA.

##### **6.6.2.2.6.2. Proteção de Corrente alternada CA**

Os circuitos CA oriundos dos secundários dos TPs devem ter as seguintes proteções:

- a) Proteção Geral: todos os transformadores de potencial TPs devem ter disjuntores termomagnéticos tripolares, com contatos auxiliares supervisionados pelo sistema digital, na caixa de ligação ou junção;
- b) Proteção Individual: todos os relés devem ter no circuito CA proteção individual através de disjuntores termomagnéticos tripolares, com contatos auxiliares supervisionados pelo sistema digital.

##### **6.6.2.2.6.3. Proteção de Corrente Contínua CC**

Todos os relés devem ter no circuito CC proteção individual através de disjuntores termomagnéticos bipolares, com contatos auxiliares supervisionados pelo sistema digital.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

### 6.6.3. Sistema de Medição

#### 6.6.3.1. Geral

O SPCS adquire as medidas através das IEDs.

As IEDs devem possuir um módulo de entradas analógicas para adquirir medidas por fase, processá-las, apresentá-las no mimic da IED e enviá-las para os níveis superiores.

O módulo de aquisição analógica deve possuir um sistema de auto-teste que permita verificar o correto funcionamento em cada ciclo de medida, para que não haja a possibilidade de aquisição de medidas incorretas.

Uma falha de um módulo de aquisição analógica não deve provocar uma falha geral nos demais módulos de aquisição do sistema.

#### 6.6.3.2. Oscilografia

A oscilografia residente nas Proteções pode ser obtida pela Unidade de Manutenção da Proteção e Automação das seguintes formas:

- A partir do nível 2, em forma remota e também em forma local;
- A partir de uma porta de comunicação do relé.

#### 6.6.3.3. Medição de Serviços Auxiliares (CA e CC)

Deve existir uma unidade de medição dos Serviços Auxiliares da subestação. Esta unidade deve realizar as medições de tensão, corrente, potência ativa, potência reativa, energia ativa e energia reativa. A unidade de medição deve possuir uma porta de comunicação para disponibilizar as medições para os níveis superiores.

O Fornecedor deve fornecer transdutores/medidores e todos os equipamentos anexos aos equipamentos de operação dos Serviços Auxiliares, com o fim de obter as medidas necessárias.

#### 6.6.3.4. Medição de Temperatura dos Transformadores

As medidas das temperaturas dos transformadores são realizadas através de monitores de temperatura, que vêm originalmente com os transformadores. Cada monitor de temperatura possui duas saídas analógicas de 4 a 20 mA, ou de  $\pm 10$  mA, sendo uma para a temperatura do óleo e a outra para temperatura do enrolamento. O SPCS deve possuir meios para a aquisição dos dados dos monitores de temperatura.

A medição de temperatura poderá ser adquirida através do protocolo de comunicação IEC 61850 utilizando fibra óptica com conector LC.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

#### **6.6.3.5. Medição da Posição do Computador de Derivação sob Carga (CDC)**

A posição do CDC do transformador deve ser informada ao SPCS por código BCD, por saídas de 4 mA a 20 mA, mediante integração do dispositivo regulador de tensão através de protocolo de comunicação ou TAP discreto.

### **6.7. Apresentação do Projeto**

#### **6.7.1. Geral**

##### **6.7.1.1. Elaboração do Projeto**

O projeto deve ser elaborado com a inteira responsabilidade do projetista, considerando os aspectos elétricos e dimensionamentos contidos nesta especificação técnica e nos padrões da Enel Distribuição Ceará / Enel Distribuição Goiás e Enel Distribuição Rio.

As simbologias que devem ser adotadas nos diagramas unifilares e nas plantas de iluminação estão apresentadas no Desenho 04: Simbologias (Anexo 7.4).

Devem ser utilizados materiais padronizados e homologados pela Enel.

##### **6.7.1.2. Identificação do Engenheiro Responsável**

Deve ser apresentada a identificação (nome, CPF, CREA), telefone e endereço do responsável técnico.

##### **6.7.1.3. Memorial Descritivo**

O Memorial Descritivo deve ser composto de:

- a) Identificação do projetista, com habilitação específica do conselho que determina suas atribuições;
- b) Objetivo da instalação;
- c) Localização;
- d) Critérios técnicos do projeto;
- e) Relação dos equipamentos contendo as características técnicas principais;
- f) Relação de materiais e serviços.

##### **6.7.1.4. Anotação de Responsabilidade Técnica**

Deve ser apresentada uma via da Anotação de Responsabilidade Técnica – ART.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

---

## **6.7.2. Projetos**

### **6.7.2.1. Geral**

O projeto da subestação deve ser apresentado em meio digital conforme a seguir:

- Projeto civil;
- Projeto eletromecânico;
- Projeto elétrico.

Quando solicitado pela unidade de Engenharia, o projeto também deve ser apresentado, em 3 vias, em meio físico.

### **6.7.2.2. Projeto Civil e Eletromecânico**

O projeto civil e eletromecânico deve conter a seguinte documentação:

- Plantas, cortes e detalhes;
- Situação;
- Levantamento planialtimétrico;
- Terraplenagem (planta, cortes e detalhes);
- Planta de locação (pátios e acessos);
- Planta de locação (bases, caixas e canaletas);
- Planta de locação (postes);
- Arranjo físico geral;
- Malha de terra;
- Planta de eletrodutos;
- Iluminação e tomadas;
- Planta de locação de extintores;
- Drenagem de água pluviais (planta, cortes e detalhes);
- Drenagem de óleo;
- Instalação hidrossanitária;
- Casa de comando (planta, cortes e detalhes);
- Estrutura barramento AT;
- Estrutura barramento MT;
- Blindagem e aterramento barramento AT;
- Blindagem e aterramento barramento MT;
- Arranjo elétrico barramento AT;

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

- 
- Arranjo elétrico barramento MT;
  - Detalhes construtivos de obras civis, como bases dos equipamentos, canaletas, caixa de passagens etc.

### 6.7.2.3. Projeto Elétrico

O projeto elétrico deve conter a seguinte documentação:

- Diagrama unifilar de proteção e medição;
- Diagrama trifilar de proteção e medição;
- Arquitetura do sistema;
- Desenhos mecânicos dos painéis;
- Lista de material;
- Plaquetas de identificação;
- Manual de ligação;
- Diagrama lógico;
- Diagrama construtivo,
- Lista de cabos,
- Disposição de painéis na casa de controle;
- Diagramas de interligação;
- Diagrama funcional dos equipamentos;
- Diagrama topográfico.

### 6.8. Comissionamento

Antes de ser energizada, a subestação deve ser inspecionada a fim de se verificar a conformidade com os projetos civil, eletromecânico e elétrico, com as normas técnicas e o seu correto acabamento. Devem ser feitos todos os testes operativos e ensaios com os equipamentos e instalações para a entrega definitiva e energização, além dos seguintes pontos:

- Sinalização e pintura;
- Funcionamento mecânico dos equipamentos de transformação, manobra e proteção;
- Acabamento das bases, canaletas e edificações;
- Limpeza de todos os locais utilizados durante a execução da obra, devendo todos os lugares ficarem limpos e livres de qualquer tipo de entulho, sobras de construção, galhos, gravetos, etc.

Após o pré-comissionamento com os itens listados acima, será realizado um comissionamento final com a presença da Operação e todas as demais áreas envolvidas.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

---

## **6.9. Projeto *As Built***

Ao final do comissionamento, o projeto deve ser emitido em caráter “Como Construído” (*As Built*). O projeto final deve ser apresentado em 2 (duas) vias em meio físico e 2 (duas) vias em mídia digital contendo os arquivos correspondentes aos projetos no formato editável. Não serão aceitos documentos enviados exclusivamente em formato não editável.

## **7. ANEXOS**

- 7.1. Desenho 01: Parede Corta Fogo e Bacia de Contenção – Dimensional;**
- 7.2. Desenho 02: Distância entre Transformadores;**
- 7.3. Desenho 03: Distância de Transformadores de Potência para Edificações;**
- 7.4. Desenho 04: Simbologias;**
- 7.5. Diagramas unifilares**

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

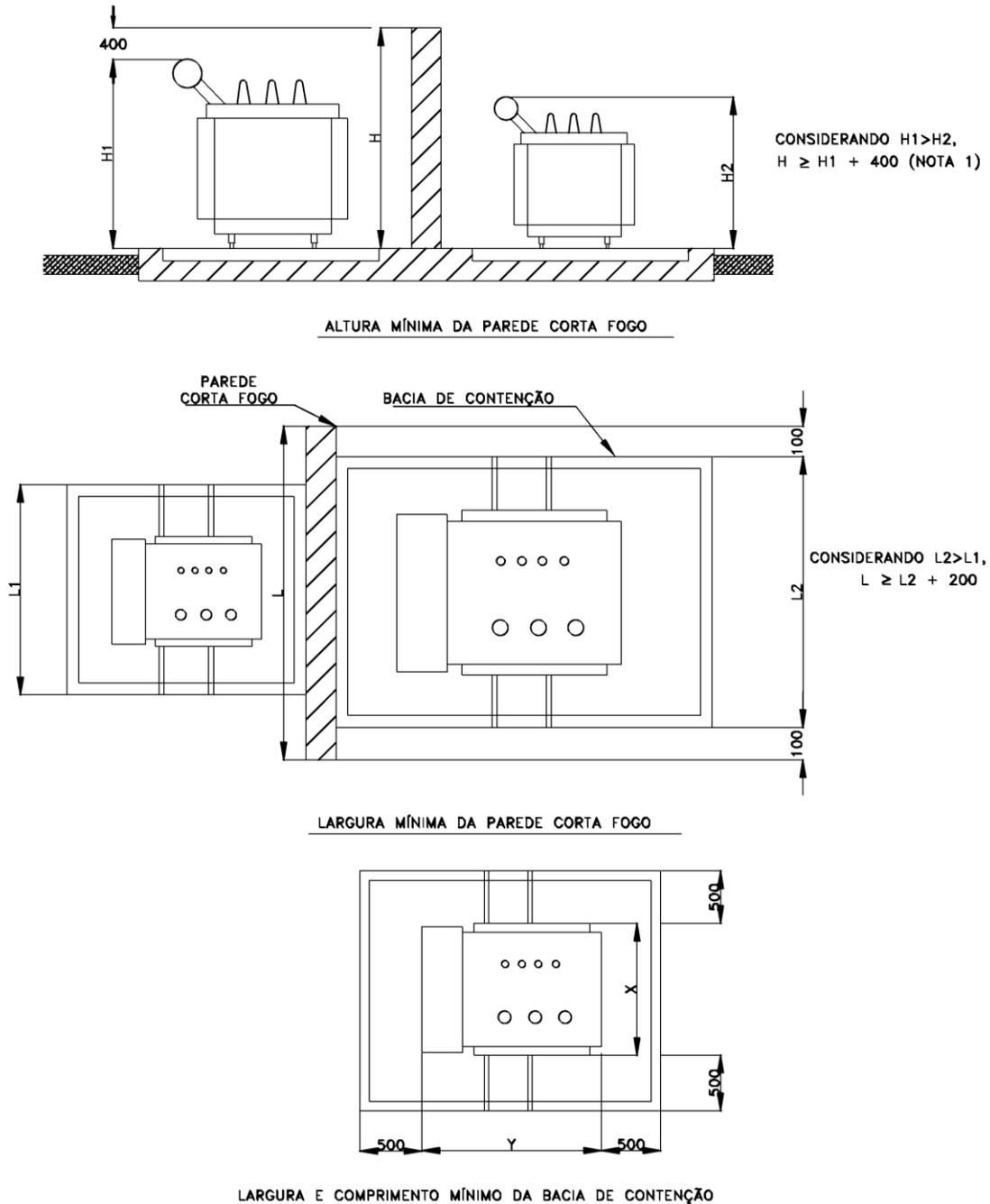
Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

**7.1. Desenho 01: Parede Corta Fogo e Bacia de Contenção – Dimensional**



**NOTAS:**

- 1 – A altura da parede corta fogo deve ser superior em 400mm a altura do topo do tanque conservador de óleo do transformador de potência de maior altura;
- 2 – A largura da parede corta fogo deve ser superior em 200mm a largura da bacia de contenção de maior largura;
- 3 – As dimensões da bacia de contenção devem ultrapassar em 500mm a projeção do transformador;
- 4 – Dimensões em milímetros, exceto onde especificado.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

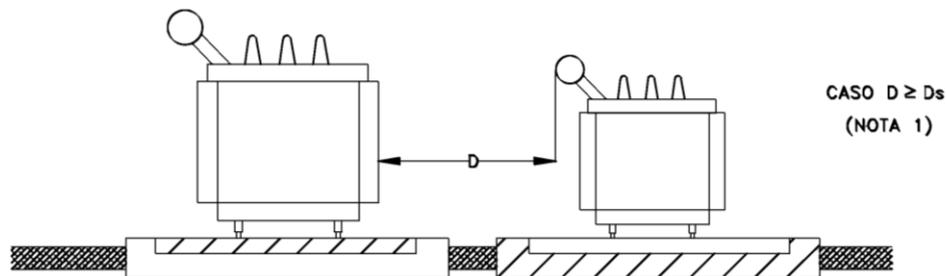
Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

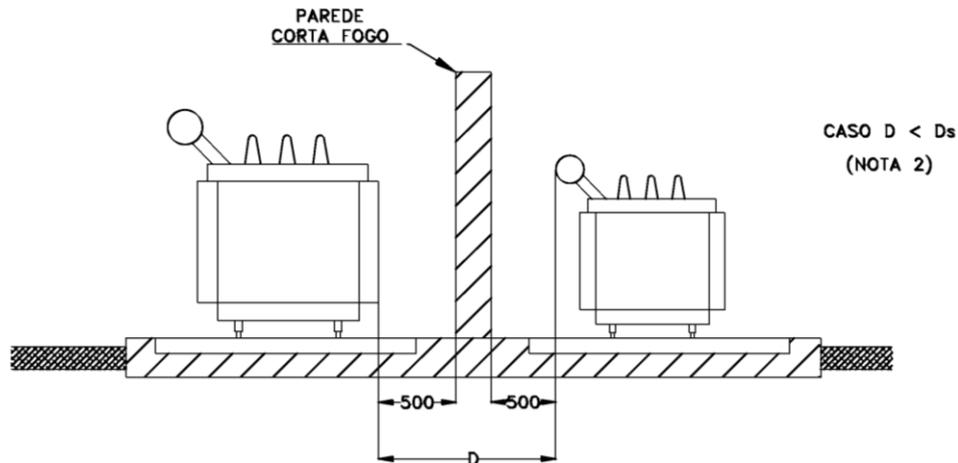
Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

## 7.2. Desenho 02: Distância entre Transformadores



INSTALAÇÃO DE TRANSFORMADORES SEM PAREDE CORTA FOGO



INSTALAÇÃO DE TRANSFORMADORES COM PAREDE CORTA FOGO

**NOTAS:**

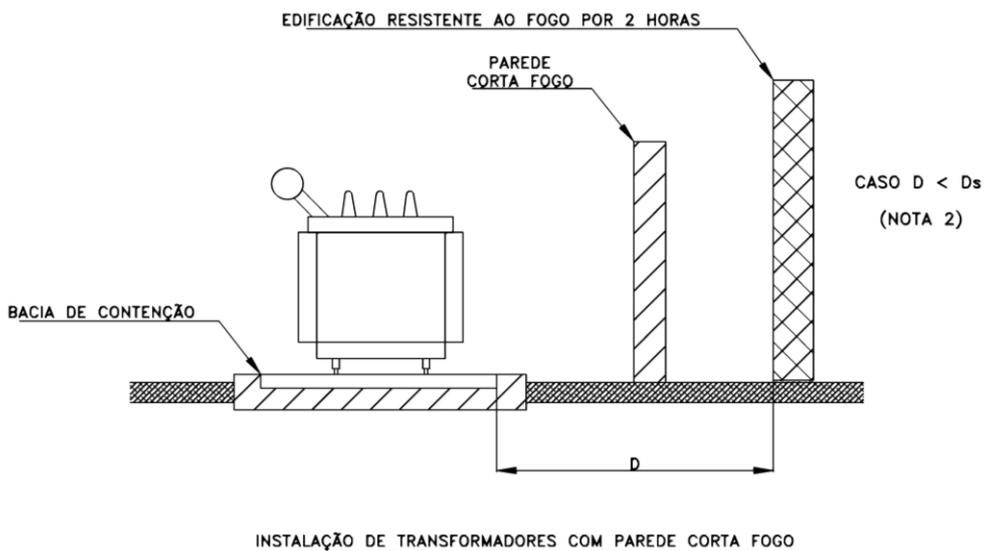
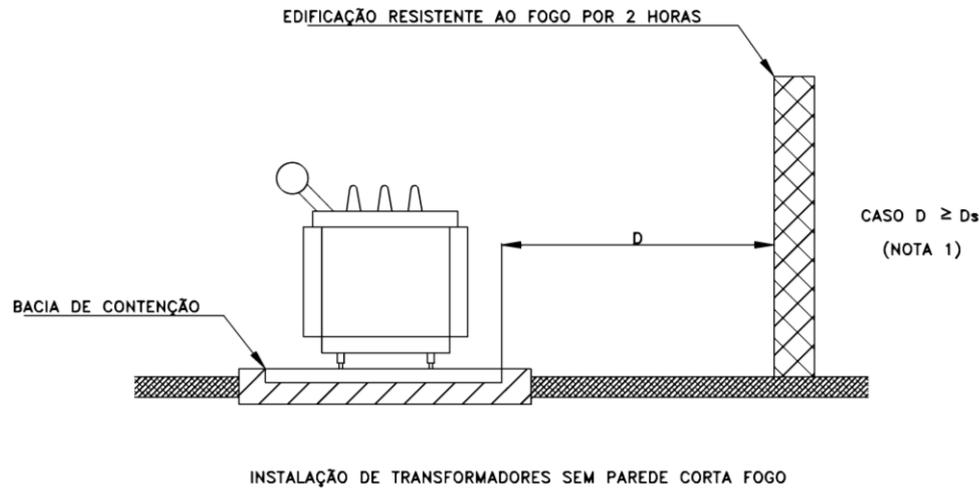
- 1 – Caso a distância entre os transformadores de potência seja igual ou superior a distância de segurança ( $D_s$ ) indicada na Tabela 11, não há necessidade da instalação de parede corta fogo;
- 2 – Caso a distância entre os transformadores de potência seja inferior a distância de segurança ( $D_s$ ) indicada na Tabela 11, deve ser instalada parede corta fogo;
- 3 – A distância entre o transformador e a parede corta fogo deve ser de, no mínimo, 500mm;
- 4 – Dimensões em milímetros, exceto onde indicado.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil  
 Função Apoio: -  
 Função Serviço: -  
 Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

**7.3. Desenho 03: Distância de Transformadores de Potência para Edificações**



**NOTAS:**

- 1 – Caso a distância entre os transformadores de potência e a edificação construída com parede resistente ao fogo por duas horas seja igual ou superior a distância de segurança ( $D_s$ ) indicada na Tabela 12, não há necessidade da instalação de parede corta fogo;
- 2 – Caso a distância entre os transformadores de potência e a edificação construída com parede resistente ao fogo por duas horas seja inferior a distância de segurança ( $D_s$ ) indicada na Tabela 12, deve ser instalada parede corta fogo;
- 3 – Caso a edificação não seja construída com parede resistente ao fogo por duas horas, a distância “D” a considerar deve ser conforme NBR 13231;
- 4 – Dimensões em milímetros, exceto onde indicado.

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

#### 7.4. Desenho 04: Simbologias

FUNÇÃO	DESCRIÇÃO
21	PROTEÇÃO DISTÂNCIA DE FASE
21N	PROTEÇÃO DISTÂNCIA DE NEUTRO
26	TEMPERATURA DO ÓLEO
27	SUBTENSÃO
30	ANUNCIADOR
43	CHAVE DE TRANSFERÊNCIA
49	TEMPERATURA DO ENROLAMENTO
50	SOBRECORRENTE DE FASE INSTANTÂNEO
50N	SOBRECORRENTE DE NEUTRO INSTANTÂNEO
51	SOBRECORRENTE DE FASE TEMPORIZADO
51G	SOBRECORRENTE DE TERRA TEMPORIZADO
51N	SOBRECORRENTE DE NEUTRO TEMPORIZADO
59	SOBRETENSÃO
60	DESEQUILÍBRIO DE CORRENTE
63	GÁS
63A	SOBREPRESSÃO
67	DIRECIONAL DE FASE
71	NÍVEL DO ÓLEO
79	RELIGAMENTO
80	DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO DO COMUTADOR
86	RELÉ DE BLOQUEIO
87	DIFERENCIAL
90	CONTROLE AUTOMÁTICO DE CAPACITORES
94	RELÉ DE TRIP
N	NORMAL
T	TRANSFERIDO
UCS	UNIDADE DE CONTROLE DO SISTEMA

**Assunto:** Critérios de Projetos de Subestações de Distribuição AT/AT, AT/MT e MT/MT

**Áreas de aplicação**

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

**7.4. Desenho 04: Simbologias (conclusão)**

EQUIPAMENTO	DESCRIÇÃO	EQUIPAMENTO	DESCRIÇÃO
	CONJUNTO TRIPOLAR DE SECCIONADORES COM CHIFRES E ATERRAMENTO COM BLOQUEIO MECÂNICO		CHAVE TETRAPOLAR PARA ATERRAMENTO DE BANCO DE CAPACITORES
	CONJ. TRIPOLAR SEC. COMANDO SIMULTÂNEO		BANCO DE CAPACITORES EM SHUNT
	SECCIONADOR CORTA CIRCUITO FUSÍVEL		FUSÍVEL
	SECCIONADOR DE COMANDO INDIVIDUAL		PÁRA-RAIOS ESTAÇÃO/DISTRIBUIÇÃO
	TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE DOIS ENROLAMENTOS E COMUTAÇÃO DE TAP'S SOB CARGA		TRANSFORMADOR DE POTENCIAL
	TRANSFORMADOR DE SERVIÇOS AUXILIARES		DISJUNTOR
	TRANSFORMADOR DE CORRENTE COM UM ENROLAMENTO		DISJUNTOR EXTRAÍVEL
	TRANSFORMADOR DE CORRENTE TIPO BUCHA		RELIGADOR EXTRAÍVEL
	TRANSFORMADOR DE CORRENTE COM DOIS ENROLAMENTOS	Q.S.A	QUADRO DE SERVIÇOS AUXILIARES
	MODULO HIBRIDO - Y1		MODULO HIBRIDO - Y2
	MODULO HIBRIDO - SINGLE BAY		