



Diretoria Cemig Distribuição

Norma de Distribuição

Projetos de Redes de Distribuição Subterrâneas

Belo Horizonte – Minas Gerais – Brasil



Diretoria Cemig Distribuição

Manual de Distribuição

PROJETOS DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO SUBTERRÂNEAS**CONTROLE DE REVISÃO**

Mês/Ano	Descrição das alterações	Nível de aprovação	Aprovador
Fevereiro/2022	Pág. 2-5 – Item 2.38: Inserida a definição de Travessia Subterrânea.	ED	DM 58677
	Pág. 3-1 - Item 3: Alterado o texto com a definição da Tensão Referência na média tensão.		
	Pág. 4-2 - Item 4.5: Alterado o texto referente à automação da RDS.		
	Pág. 4-2 – Item 4.6: Inserido item de Segurança conforme NR.		
	Pág. 6-1 - Item 6.1.4: Retirado “Tipo 2, cinco polos”.		
	Pág. 6-1 - Item 6.1.7: Inserido critério de traçado de circuitos de MT e BT.		
	Pág. 6.2 - Item 6.1.18: Inserido o comprimento máximo do circuito primário entre caixas/poços de inspeção.		
	Pág. 6-2 - Item 6.1.21: Inserido a necessidade de duto para automação.		
	Pág. 6-2 - Item 6.2.1: Acrescentado “estabilizada”.		
	Pág. 6-5 - Item 6.5.1: Inserida a possibilidade de chave atendendo a dois transformadores.		
	Pág. 8-5 – Retificado o texto da iluminação pública.		
	Pág. 8-7 - Item 8.3.4.2; 6º: Inserido o comprimento máximo entre terminações do circuito de média tensão.		
	Pág. 9-2 - Item 9.2: Revisada a Figura 2.		
	Pág. 9-3 - Item 9.3: Revisada a Figura 3.		
	Pág. 9-8 - Inserido o Espaçador Modular e retificado o campo “Notas”.		
	Pág. 9-9 - Inserido o Conector de Perfuração de RDS, inserido o Ramal de Ligação, inserido o Duto PEAD e alterado o tamanho do Eletroduto.		
	Pág. 9-10 - Retificado o campo “Notas” e a “Lista de Material”.		
Pág. 10-9 - Item 10.16: Retificado o número máximo de conexões e o campo “Notas”.			
Revisão geral para inserir circuitos de alumínio, como opção às saídas de baixa tensão dos transformadores e dos protetores no reticulado.			

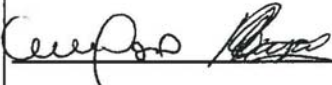


Preparado	Verificado	Recomendado	Aprovado	
Roberto Carlos de Souza 40808 – ED/ES	Pablo Senna Oliveira 55214 - ED/ES	William Alves de Souza 55547 – ED/ES	Denis Mollica 58677 - ED	ND-3.3 (02/2022)



Diretoria de Distribuição e Comercialização

Manual de Distribuição

Projetos de Redes de Distribuição Subterrâneas

Preparado	Recomendado	Aprovado	ND - 3.3 Dezembro 2014
 Wagner Veloso / Roberto Souza ED/AT	 Márcio Baumgratz Delgado ED	 Ricardo José Charbel DDC	

SUMÁRIO

ITEM	PÁG.
1. INTRODUÇÃO	1-1
2. DEFINIÇÕES	2-1
2.1. Alimentador Expresso	2-1
2.2. Alimentador Primário	2-1
2.3. Banco de Dutos	2-1
2.4. Base de Concreto	2-1
2.5. Caixa de Inspeção	2-1
2.6. Câmara de Manobra e Proteção	2-1
2.7. Câmara Subterrânea	2-1
2.8. Câmara Transformadora	2-1
2.9. Carga Instalada	2-1
2.10. Circuito Secundário	2-2
2.11. Demanda	2-2
2.12. Demanda Diversificada	2-2
2.13. Demanda Máxima	2-2
2.14. Demanda Média	2-2
2.15. Duto	2-2
2.16. Duto Corrugado	2-2
2.17. Iluminação Pública	2-3
2.18. Limite de Propriedade	2-3
2.19. Linha de Dutos	2-3
2.20. Loteamentos Edificados	2-3

2.21.Loteamentos Não Edificados	2-3
2.22.ND-2.3	2-3
2.23.ND-3.5	2-3
2.24.ND-4.15	2-3
2.25.ND-5.3	2-4
2.26.ND-5.5	2-4
2.27.Poço de Inspeção	2-4
2.28.Ponto de Entrega	2-4
2.29.PRODIST	2-4
2.30.Quadro de Distribuição Pedestal (QDP).....	2-4
2.31.Ramal de Entrada	2-4
2.32.Ramal de Ligação	2-4
2.33.Rede de Distribuição Subterrânea	2-5
2.34.Sistema Elétrico de distribuição	2-5
2.35.Sistema Reticulado	2-5
2.36.Subestação de Distribuição.....	2-5
2.37.Transformador Pedestal	2-5
2.38.Travessia Subterrânea	2-5
3. GERAL	3-1
4. ROTEIRO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS	4-1
4.1. Obtenção dos Dados Preliminares.....	4-1
4.2. Levantamento da Carga e Determinação de Demandas	4-2
4.3. Dimensionamento Elétrico	4-2
4.4. Dimensionamento Civil e Eletromecânico	4-2

4.5. Automação	4-2
4.6. Segurança	4-2
4.7. Relação de Material e Orçamento.....	4-3
4.8. Apresentação do Projeto	4-3
5. TIPOS DE PROJETOS	5-1
5.1. Expansão	5-1
5.2. Reforma	5-1
5.3. Reforço.....	5-1
6. TIPOS DE REDES SUBTERRÂNEAS E CRITÉRIOS DE APLICAÇÃO	6-1
6.1. Critérios Gerais	6-1
6.2. Rede mergulhada.....	6-2
6.3. Anel aberto	6-4
6.4. Radial com recurso	6-4
6.5. Dupla Alimentação	6-5
6.6. Reticulado	6-5
6.7. Projetos de Redes de Distribuição Subterrâneas em Cidades Históricas	6-6
7. DIMENSIONAMENTO CIVIL.....	7-1
7.1. Caminhamentos e Dimensionamentos de Dutos	7-1
7.2. Locação de Câmaras, Poços e Caixas de Inspeção	7-2
7.3. Critérios para instalações de Câmaras, Caixas e Poços de Inspeção	7-3
8. DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO.....	8-1
8.1. Rede Secundária.....	8-1
8.2. Iluminação Pública	8-5
8.3. Rede Primária	8-5

9.	CONFIGURAÇÕES BÁSICAS	9-1
9.1.	Rede de Distribuição Subterrânea Mergulhada	9-1
9.2.	Rede de Distribuição Subterrânea Anel Aberto.....	9-2
9.3.	Rede de Distribuição Subterrânea Radial com Recurso	9-3
9.4.	Rede de Distribuição Subterrânea Dupla Alimentação	9-4
9.5.	Rede de Distribuição Subterrânea Reticulado	9-5
9.6.	Secundário das Redes Anel Aberto e Radial com Recurso	9-6
9.7.	Secundário da Rede Mergulhada.....	9-7
9.8.	Banco de Dutos - Localização.....	9-8
9.9.	Ramal de Ligação Secundário Subterrâneo em Área de RDA.....	9-9
9.10.	Ramal de Ligação Primário Subterrâneo em Área de RDA	9-10
10.	TABELAS	10-1
10.1.	Características Físicas dos Cabos Isolados – Redes Primárias 8,7/15 kV	10-1
10.2.	Características Físicas dos Cabos Isolados – Redes Primárias 15/23 kV	10-1
10.3.	Características Elétricas dos Cabos Isolados – Redes Primárias	10-2
10.4.	Coeficientes de Queda de Tensão dos Cabos Isolados - Redes Primárias ...	10-2
10.5.	Características Físicas - Cabos Al Isolados XLPE – Redes Secundárias.....	10-3
10.6.	Características Físicas - Cabos Cu Isolados EPR – Redes Secundárias	10-3
10.7.	Características Físicas - Cabos Cu Isolados XLPE – Redes Secundárias	10-4
10.8.	Características Elétricas - Cabos Al Isolados – Redes Secundárias.....	10-4
10.9.	Coeficientes Queda de Tensão – Cabos Al Isolados - Redes Secundárias ...	10-5
10.10.	Características Elétricas – Cabos Cu Isolados – Redes Secundárias ...	10-5
10.11.	Coeficientes Queda de Tensão–Cabos Cu Isol.- Redes Secundárias ...	10-6
10.12.	Dimensionamento das Caixas de Inspeção por Quantidade de Dutos ..	10-6

10.13.	Dimensionamento dos Dutos PEAD por Diâmetro do Circuito.....	10-7
10.14.	Dimensionamento dos Eletrodutos de Aço por Diâmetro do Circuito	10-8
10.15.	Tipos de Caixas, Câmaras e Poços de Inspeção	10-9
10.16.	Dimensionamento das Caixas de Inspeção-Conectores de Perfuração	10-9
10.17.	Conexões de MT em Caixas e Poços de Inspeção	10-10
10.18.	Barramentos de Derivação em Caixas de Inspeção	10-10
10.19.	Barramentos Isolados na Saída dos Transformadores Submersíveis .	10-11
10.20.	Acréscimo Comprimento Condutores - Caixas, Poços e Câmaras	10-11
10.21.	Transformadores Padronizados.....	10-12
10.22.	Dimensionamento dos Circuitos de Baixa Tensão por Transformador	10-12
10.23.	Conectores Formato “H”	10-13
10.24.	Conectores de Perfuração	10-13
10.25.	Barramentos de Derivação	10-14
10.26.	Dimensionamento Elétrico Quadros de Distribuição Tipo Pedestal	10-14
10.27.	Nomenclatura para Terminações de Média Tensão	10-15
10.28.	Valor Nominal para Tensão Igual ou Inferior a 1kV	10-15
10.29.	Valor Nominal para Tensão Superior a 1kV e Inferior a 69kV.....	10-16
10.30.	Raios Mínimos de Curvatura dos Cabos para Instalação Fixa	10-16
11.	PLANILHA PARA CÁLCULO DE QUEDA DE TENSÃO	11-1
12.	SÍMBOLOS	12-1
12.1.	Considerações Gerais	12-1
12.2.	Identificação	12-1
13.	REPRESENTAÇÃO DAS ESTRUTURAS, DUTOS E BARRAMENTOS B.T..	13-1
13.1.	Estruturas Subterrâneas	13-1

13.2.Dutos	13-2
13.3.Barramentos de B.T.	13-3
14. SIMBOLOGIA.....	14-1
14.1.Simbologia Civil.....	14-1
14.2.Simbologia Elétrica.....	14-2

1. INTRODUÇÃO

Esta norma tem por objetivo fixar os critérios básicos para projetos de Redes de Distribuição Subterrâneas situadas dentro do perímetro urbano de cidades, vilas, povoados incluindo projetos de expansão, reforma e reforço, de modo a garantir as condições técnicas mínimas, econômicas e de segurança necessárias a um adequado fornecimento de energia elétrica.

São apresentados os critérios básicos para dimensionamento da parte civil, eletromecânica e elétrica, além da metodologia de elaboração e apresentação de projeto.

2. DEFINIÇÕES

2.1. Alimentador Expresso

Alimentador de distribuição sem derivações ao longo de seu percurso.

2.2. Alimentador Primário

Parte de uma rede de distribuição primária que alimenta, diretamente ou por intermédio de seus ramais, os primários dos transformadores de distribuição do concessionário e/ou consumidores. Constitui-se de tronco e ramais.

2.3. Banco de Dutos

Conjunto de linhas de dutos instalados paralelamente, numa mesma vala.

2.4. Base de Concreto

Bases utilizadas para instalação de transformadores e quadros de distribuição do tipo “Pedestal”.

2.5. Caixa de Inspeção

Compartimento enterrado intercalado em uma ou mais linhas de dutos convergentes.

2.6. Câmara de Manobra e Proteção

Câmara na qual são instalados equipamentos de manobra e proteção.

2.7. Câmara Subterrânea

Compartimento utilizado para instalação de equipamentos subterrâneos.

2.8. Câmara Transformadora

Câmara na qual são instalados transformadores e equipamentos que lhes são diretamente associados.

2.9. Carga Instalada

Soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora, em condições de entrar em funcionamento, expressa em quilowatts (kW).

2.10. Circuito Secundário

Circuito alimentado por transformador de distribuição, de onde derivam os ramais de ligação para os consumidores de BT e para o suprimento da iluminação pública. Constitui-se de tronco e ramais.

2.11. Demanda

Média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado, expressa em quilowatts (kW) e quilovolt-ampère-reativo (kvar), respectivamente.

2.12. Demanda Diversificada

Demanda resultante da carga de um grupo de unidades consumidoras ligadas em um circuito. É definida com base na probabilidade de utilização simultânea das cargas, ou seja, a demanda máxima do conjunto registrada em um intervalo de tempo "t". Corresponde à razão obtida entre a demanda do conjunto e o número de cargas deste conjunto, em um intervalo de tempo especificado.

2.13. Demanda Máxima

Maior de todas as demandas registradas ou ocorridas durante um período de tempo definido.

2.14. Demanda Média

Relação entre a energia consumida em um determinado período de tempo e o número de horas do período.

2.15. Duto

Parte de um sistema de cabeamento fechado de seção geral circular para condutores isolados e/ou cabos em instalações elétricas ou de telecomunicações, permitindo seu puxamento e/ou substituição, porém sem inserção lateral.

2.16. Duto Corrugado

Duto cujo perfil é corrugado ao longo de seu eixo longitudinal, podendo ser composto por uma ou mais paredes.

2.17. Iluminação Pública

Serviço público que tem por objetivo exclusivo prover de claridade os logradouros públicos, de forma periódica, contínua ou eventual.

2.18. Limite de Propriedade

São as demarcações que separam a propriedade do consumidor da via pública e dos terrenos adjacentes de propriedade de terceiros no alinhamento designado pelos poderes públicos.

2.19. Linha de Dutos

Conduto elétrico feito com dutos emendados topo a topo.

2.20. Loteamentos Edificados

Loteamentos com todos os serviços de infraestrutura (água, energia elétrica, telefone, pavimentação e outros) e residências construídas.

NOTA: Os loteamentos edificados são colocados à venda para ocupações imediatas das residências.

2.21. Loteamentos Não Edificados

Loteamentos somente com os serviços de infraestrutura (água, energia elétrica, telefone, pavimentação e outros) construídos.

NOTA: Nos loteamentos não edificados são colocados à venda lotes, sendo de responsabilidade dos compradores as futuras construções das residências e as ligações dos serviços de infraestrutura.

2.22. ND-2.3

Instalações Básicas de Redes de Distribuição Subterrâneas.

2.23. ND-3.5

Projetos de Redes de Distribuição Subterrâneas para Atendimento a Condomínios e Loteamentos.

2.24. ND-4.15

Proteção de Sobrecorrentes do Sistema de Distribuição de Média Tensão da Cemig.

2.25. ND-5.3

Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária – 15 kV – Rede de Distribuição Aérea ou Subterrânea.

2.26. ND-5.5

Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Subterrânea – Edificações Individuais e Coletivas.

2.27. Poço de Inspeção

Construção de concreto, destinada a alojar acessórios, emendas e derivações de média e baixa tensão, assim como possibilitar a passagem de cabos (mudança de direção, limitação de trechos, fins de linhas, etc.).

2.28. Ponto de Entrega

O ponto de entrega é a conexão do sistema elétrico da distribuidora com a unidade consumidora e situa-se no limite da via pública com a propriedade onde esteja localizada a unidade consumidora, vedada a passagem aérea ou subterrânea por vias públicas e propriedades de terceiros.

2.29. PRODIST

Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional.

2.30. Quadro de Distribuição Pedestal (QDP)

Conjunto de dispositivos elétricos (chaves, barramentos, isoladores e outros), montados em uma caixa metálica ou de fibra de vidro com poliuretano injetado, destinados à operação (manobra e proteção) de circuitos secundários.

2.31. Ramal de Entrada

Conjunto de condutores e acessórios instalados pelo consumidor entre o ponto de entrega e a medição ou a proteção de suas instalações.

2.32. Ramal de Ligação

Conjunto de condutores e acessórios instalados entre o ponto de derivação da rede da distribuidora e o ponto de entrega.

2.33. Rede de Distribuição Subterrânea

Rede de Distribuição cuja alimentação é através de alimentador subterrâneo saindo da Subestação.

2.34. Sistema Elétrico de distribuição

Considera-se Sistema Elétrico de Distribuição o processo de transferência de energia elétrica para os consumidores, abrangendo estruturas, equipamentos e condutores, a partir dos pontos onde termina a transmissão (ou subtransmissão), até a medição de energia, inclusive.

2.35. Sistema Reticulado

Conhecido como Network é formada por uma malha de cabos interconectados que operam na tensão de utilização, energizando a malha em vários pontos. A perda de qualquer ponto não provoca a interrupção do serviço de abastecimento de energia.

2.36. Subestação de Distribuição

Estação abaixadora atendida por linhas de transmissão ou distribuição de AT, destinada ao suprimento do sistema de distribuição em MT.

2.37. Transformador Pedestal

Transformador selado, para utilização ao tempo, fixado sobre uma base de concreto, com compartimentos blindados para conexão de cabos de média e de baixa tensão.

2.38. Travessia Subterrânea

Mergulho e afloramento da rede aérea primária em locais onde há interferências com infraestruturas (propriedades) de órgãos públicos como estradas, ferrovias, aeródromos, rios, linhas de transmissão, viadutos, passarelas e outros similares.

3. GERAL

- As redes de distribuição subterrâneas devem ser sempre, trifásicas, no primário e no secundário.
- O neutro das redes de distribuição subterrâneas deve ser multiaterrado e comum ao primário e secundário.
- O projeto deve ser executado considerando o horizonte de carga de 10 anos.
- A tensão referência para os sistemas de distribuição classe 15 kV é de 13,8 kV e a tensão referência para os sistemas de distribuição 24,2 kV é de 22 kV.
- A tensão nominal do secundário deve ser de 220/127 V, para todos os tipos de rede.
- A máxima queda de tensão permissível na rede secundária é de 4% (entre a bucha de BT do transformador e o último consumidor ligado à rede secundária), em condições normais de operação.
- O cálculo de queda de tensão, no circuito secundário, deve ser feito tomando-se por base os dados referentes ao fator de potência de 0,92 das Tabelas [9](#) e [11](#).
- A demanda dos consumidores deve ser correspondente ao horizonte de 10 anos de acordo com o item [4.1.3](#) do capítulo 4.
- As cargas trifásicas devem ser equilibradas.
- Os ramais de ligação e entrada devem ser dimensionados de acordo com a ND-5.5.
- O projeto deve ser desenvolvido considerando a interferência de outros serviços (telefone, TV a cabo, água, esgoto, etc.).
- A distância mínima entre os dutos de energia elétrica e os dutos de comunicação deve ser de 75 mm para as linhas de duto concretadas e de 300 mm para as linhas de dutos com terra compactada. Entre dutos de energia elétrica e redes de gás ou outros combustíveis deve ser de, no mínimo, 300 mm.
- As distâncias estabelecidas acima estão de acordo com o National Electrical Safety Code (NESC) devido à inexistência de norma nacional.
- O aterramento deve ser projetado conforme ND-2.3.

4. ROTEIRO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS

4.1. Obtenção dos Dados Preliminares

Consiste na obtenção dos dados necessários à elaboração do projeto tais como:

4.1.1. Objetivo do Projeto a Ser Elaborado

Consiste em determinar o tipo de projeto e sua finalidade, se ele é para expansão, reforma ou reforço.

Devem ser determinadas as principais necessidades do projeto, ou seja, se ele é relativo à correção dos níveis de tensão, melhoria de confiabilidade, atendimento a uma nova área, etc.

4.1.2. Obtenção da Planta da Área com Arruamento, etc.

Devem ser verificadas no ATLANTIS as características do circuito, arruamento, edificações (edifícios públicos, igrejas, estádios), áreas ambientais, etc. da área a ser atendida.

Se necessário, deve ser realizado um levantamento de campo complementar.

4.1.3. Estudo básico da área

Para instalação de redes subterrâneas em áreas de redes aéreas deve ser feito um estudo básico considerando as condições do local, o grau e tipo de urbanização, tipo de arborização, dimensões dos lotes e características da área a ser atendida e interferências com a infraestrutura de outras concessionárias de serviços públicos (água, gás, telecomunicações, etc.).

Para isso, deve ser verificada no ATLANTIS a existência de uma área de características semelhantes àquela que está sendo projetada, para se estudar uma possível otimização do investimento a ser realizado.

O projeto deve abranger uma expansão futura do atendimento identificado pelo planejamento (a carga utilizada no projeto deve ser correspondente ao horizonte de 10 anos), de forma compatível com as características de urbanização da região.

A realização de projeto para atendimento a ligações de novas cargas deve ser precedida de uma análise técnica pela área de planejamento regional, para verificação das condições técnicas da rede, caso a carga seja superior ao limite previamente estabelecido pelo planejamento.

4.1.4. Planos e projetos previamente existentes para a área

Devem ser levantados possíveis projetos anteriormente elaborados para a área abrangida e ainda não construídos ou em estado de construção e que possam ser considerados na elaboração do projeto.

4.2. Levantamento da Carga e Determinação de Demandas

Consiste no levantamento da carga a ser atendida e na determinação da demanda total. A determinação da demanda deve ser feita conforme os critérios estabelecidos no item [4.1](#).

4.3. Dimensionamento Elétrico

Refere-se à definição da configuração do circuito, carregamento e seção transversal dos condutores da rede primária e secundária, localização e dimensionamento de transformadores e proteção contra sobre tensão e sobre corrente.

Devem ser observados os requisitos do Capítulo [8](#) – Dimensionamento Elétrico.

4.4. Dimensionamento Civil e Eletromecânico

O dimensionamento das valas, dutos, câmaras, poços e caixas de inspeção devem ser adequados à área de atendimento evitando ajustes futuros que normalmente causam transtornos com custos elevados.

Devem ser observados os requisitos do Capítulo [7](#) – Dimensionamento Civil.

4.5. Automação

O projeto deve ser encaminhado ao setor de planejamento do sistema elétrico e planejamento da operação para análise e definição da automação conforme procedimentos estabelecidos.

4.6. Segurança

Os projetos devem atender aos requisitos mínimos estabelecidos nas normas regulamentadoras NR-10, NR-33 e NR-35, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores envolvidos, direta ou indiretamente na execução, conforme abaixo:

- Implementar medidas de controle e sistemas preventivos.
- Identificar os espaços confinados e reconhecer, avaliar, monitorar e controlar os riscos existentes.
- Implementar medidas de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, a organização e a execução.

4.7. Relação de Material e Orçamento

Consiste em relacionar os materiais necessários à construção da rede e elaboração do orçamento correspondente.

4.8. Apresentação do Projeto

Consistem do conjunto de desenhos, cálculos, formulários, etc., que compõem o projeto e informações necessárias para atendimento às exigências legais em vigor, incluindo critérios e procedimentos para elaboração de projetos de travessias e sinalização de redes, conforme normas específicas.

Devem ser observados os requisitos do Capítulo [4](#) – Roteiro para Elaboração de Projetos.

5. TIPOS DE PROJETOS

5.1. Expansão

São projetos para atendimento a novos consumidores urbanos em obras de:

- Extensão de redes: envolve o prolongamento da rede existente.
- Modificação: não envolve extensão, mas exige mudanças na rede.

5.2. Reforma

São considerados projetos de reforma os que envolvem obras relacionadas a:

- Aspectos de segurança.
- Melhoria dos indicadores de desempenho DEC/FEC.
- Flexibilidade operativa.
- Redução de interrupções.
- Substituição de condutores.
- Recuperação física da rede.

5.3. Reforço

São considerados de reforço os projetos ligados a obras de:

- Alterações vinculadas à alta tensão ou subestações (Ex.: aumento do número de alimentadores);
- Regularização de níveis de tensão ou do carregamento (Ex.: aumento de seção dos condutores, etc.);
- Troca de transformador de distribuição em sobrecarga, por outro de maior capacidade;
- Atendimento a mercado, em casos de instalação ou aumento de carga solicitada pelos clientes e que, por consequência, provoquem a necessidade de aumento da seção de condutores.

6. TIPOS DE REDES SUBTERRÂNEAS E CRITÉRIOS DE APLICAÇÃO

As redes de distribuição subterrâneas na CEMIG são do tipo:

- Mergulhada
- Anel Aberto
- Radial com Recurso
- Dupla Alimentação
- Reticulado

6.1. Critérios Gerais

- 6.1.1 A rede aérea deve ser totalmente retirada da área onde será instalada a rede subterrânea; inclusive outras concessionárias instaladas nos postes da CEMIG.
- 6.1.2 O consumidor deve instalar uma caixa de inspeção no passeio público a, no máximo, 20 cm da divisa da sua propriedade para a conexão do ramal de ligação ao ramal de entrada.
- 6.1.3 O ramal de ligação deve ser instalado em duto PEAD de 125 mm. A distância máxima entre a caixa de inspeção da rede e a caixa de inspeção da divisa da propriedade (ponto de entrega) é de 30 metros.
- 6.1.4 Deve ser instalado um barramento de derivação por fase/neutro, nas caixas de inspeção da rede onde deverão ser conectados os ramais de ligação. Deve ser deixada folga nos cabos de forma a permitir o puxamento/retirada dos barramentos para fora das caixas de inspeção. As caixas e os barramentos devem estar de acordo com as Tabelas [18](#) e [25](#).
- 6.1.5 Para atendimento em baixa tensão, deve ser usado conector de perfuração para rede subterrânea na conexão do ramal de ligação ao ramal de entrada conforme Tabelas [16](#) e [24](#).
- 6.1.6 Devem ser considerados os raios de curvatura mínimos admissíveis nas instalações de cabos conforme Tabela [30](#).
- 6.1.7 O traçado dos circuitos primário e secundário não podem passar por áreas particulares ou edificações.
- 6.1.8 O traçado do circuito secundário deve ser feito preferencialmente nos passeios/calçadas.

- 6.1.9 As fases dos circuitos de baixa tensão derivados dos barramentos de derivação/isolado devem ser protegidas por fusíveis limitadores, exceto nos circuitos conectados aos barramentos isolados instalados nas caixas de inspeção ZD da rede subterrânea do tipo reticulado.
- 6.1.10 As fases e neutro do mesmo circuito devem ser instalados no mesmo polo de seus respectivos barramentos.
- 6.1.11 Os circuitos de baixa tensão devem ser trifásicos, em cabos de alumínio, a 4 fios (3fases + neutro), radiais com o neutro da mesma seção das fases.
- 6.1.12 Devem ser observadas as tensões nominais padronizadas conforme Tabelas [28](#) e [29](#).
- 6.1.13 As correntes máximas admissíveis dos cabos estão indicadas nas Tabelas [3](#) e [8](#).
- 6.1.14 A escolha dos cabos de baixa e média tensão deve ser feita, em função da carga estimada (10 anos), e deve levar em consideração os limites de queda de tensão nos pontos de entrega de energia conforme Tabelas [28](#) e [29](#).
- 6.1.15 Cada circuito, baixa ou média tensão, deve ser instalado em um duto exclusivo.
- 6.1.16 Na definição dos comprimentos de cabos deve ser considerado um acréscimo no comprimento dos condutores de acordo com a Tabela [20](#).
- 6.1.17 O traçado dos circuitos primário deve ser feito na pista de rolamento o mais próximo possível do meio fio.
- 6.1.18 O circuito primário deve ter, no máximo, 150 metros entre caixas/poços de inspeção.
- 6.1.19 O duto para instalação dos circuitos deve ser projetado conforme Tabela [13](#).
- 6.1.20 Os bancos de duto devem ter, no mínimo, um duto reserva.
- 6.1.21 Os bancos de duto onde for projetada a instalação de circuito de média tensão deve ter um duto para a automação.
- 6.2. Rede mergulhada**
- 6.2.1 Utilizada quando solicitado o atendimento em áreas como praças, áreas turísticas, cidades históricas, onde a densidade de carga é baixa, estabilizada e o mergulho da rede justifica-se por aspectos estéticos.
- 6.2.2 Neste tipo de rede, o circuito secundário é subterrâneo, alimentado por transformador de distribuição instalado na Rede de Distribuição Aérea. Em uma área atendida por rede mergulhada, pode ser realizado o atendimento em média tensão e travessia de alimentador. Ver Figura [1](#).

- 6.2.3 Consumidores de média tensão na área a ser atendida pela rede subterrânea mergulhada devem ser atendidos por meio de um ramal de ligação de média tensão subterrâneo, exclusivo, derivado da rede da aérea mais próxima, considerando os critérios estabelecidos na ND-5.3.
- 6.2.4 Para atendimento em média tensão deve ser usado barramento triplex (BTX) para conexão do ramal de ligação ao ramal de entrada.
- 6.2.5 Os transformadores que atendem a rede mergulhada devem ser instalados em postes localizados nas ruas laterais fora da área da rede subterrânea.
- 6.2.6 Nos postes de transição devem ser instaladas chaves fusíveis e para-raios de MT e BT, para proteção dos transformadores e da rede.
- 6.2.7 A potência dos transformadores utilizados deve ser de 75 kVA ou 150 kVA.
- NOTA: Quando necessário, devido a área a ser atendida, poderá ser utilizado transformador do tipo pedestal.
- 6.2.8 Transformadores de 300 kVA devem ser utilizados somente para o atendimento a consumidores exclusivos.
- 6.2.9 A rede secundária deve ser derivada diretamente do transformador para uma caixa de inspeção do tipo ZD instalada próxima à base do poste, onde devem ser instalados barramentos de derivação e fusíveis para proteção dos circuitos secundários de saída.
- 6.2.10 Para cada fase/neutro deve ser instalado um barramento de derivação de oito polos, conforme Tabela [25](#).
- 6.2.11 Os cabos, dois condutores por fase e dois condutores para o neutro, de derivação do transformador até a caixa de inspeção do tipo ZD devem ser de alumínio e ter seção de 240 mm², tanto para o transformador de 75 kVA quanto para o de 150 kVA.
- 6.2.12 Devem ser utilizados dois eletrodutos de aço de diâmetro 4", um por circuito, entre o transformador e caixa de inspeção do tipo ZD.
- 6.2.13 As fases e neutro do mesmo circuito devem ser instalados no mesmo polo de seus respectivos barramentos conforme Tabelas [8](#), [9](#) e [25](#).
- 6.2.14 Os circuitos secundários da rede devem ser de alumínio, seção 120 mm² ou 240 mm². A escolha do cabo de BT (120 mm² ou 240 mm²) deve ser feita, em função da carga estimada (10 anos), e devem ser levadas em consideração as correntes admissíveis e os limites de queda de tensão nos pontos de entrega conforme Tabelas [8](#) e [28](#).

6.2.15 Em todo o circuito de baixa tensão deve ser mantida a mesma seção dos cabos (3 fases + neutro).

6.2.16 O traçado dos circuitos secundários da rede deve ser feito considerando:

- Distância máxima entre caixas de inspeção de 80m;
- Comprimento máximo de 150m até a última caixa da rede.

6.2.17 Interligação dos secundários de dois transformadores adjacentes:

- Quando a distância entre as extremidades dos circuitos secundários for inferior a 50m o circuito de maior seção deve ser estendido até a caixa de inspeção do circuito adjacente e mantido isolado com fita de autofusão e PVC.
- Para trechos superiores a 50 metros, porém inferiores a 100 metros devem ser previstos um duto de interligação com diâmetro mínimo de 125 mm, sem instalação de cabos;
- Para distâncias superiores a 100 metros não necessita ser prevista a interligação de circuitos secundários.

6.2.18 Esquema unifilar simplificado correspondente ao secundário pode ser observado no Capítulo [9](#) – Configurações Básicas.

6.3. Anel aberto

Possui um alimentador que atende uma chave de três vias, de onde derivam dois alimentadores primários. A chave é operada com uma das vias abertas e, no caso de defeito no alimentador primário após a chave, permite inverter o sentido da alimentação, garantindo flexibilidade e continuidade do fornecimento de energia elétrica. Ver Figura [2](#).

Esta configuração atende a condomínios e loteamentos conforme ND-3.5.

6.4. Radial com recurso

Possui dois alimentadores, originários de uma mesma subestação, garantindo maior flexibilidade e continuidade do fornecimento de energia elétrica. Interligando estes alimentadores deve existir uma chave instalada no centro de carga, que pode operar em condição normalmente aberta ou fechada, de acordo com as necessidades operativas. Ver Figura [3](#).

Esta configuração atende a condomínios e loteamentos conforme ND-3.5.

6.5. Dupla Alimentação

A alimentação é composta por um par de alimentadores derivados de uma subestação. Os transformadores têm a possibilidade de ser atendidos pelos dois alimentadores. Ver figura [4](#).

6.5.1. Rede primária

- Na configuração Dupla Alimentação chegam dois alimentadores em todas as chaves dos transformadores. A alimentação dos transformadores é intercalada entre os alimentadores de forma que as cargas fiquem distribuídas entre eles. Ver figura [4](#).
- As chaves dos transformadores devem ter a possibilidade de realizar transferência automática entre os alimentadores. No caso de falta de um deles a proteção, por meio de disjuntor primário, deve atuar e transferir a carga para o outro alimentador.
- Nas redes Dupla Alimentação com equipamentos em pedestal a chave poderá atender à dois transformadores pedestal com potência máxima de 500 KVA e distância máxima entre si de 150 metros. A interligação será através das buchas de média tensão dos transformadores pedestal.

6.5.2. Rede secundária

- Os transformadores instalados na rede serão preferencialmente de 500 kVA submersíveis.
- Deve ser acoplada ao transformador a Caixa de Baixa Tensão.
- Deve ser instalado um Barramento Isolado por fase na Câmara Transformadora conforme Tabela [19](#).
- Na saída da Caixa de Baixa Tensão devem ser instalados quatro circuitos isolados de alumínio para interligar com os Barramentos Isolados, conforme Tabela [22](#).
- Os circuitos de baixa tensão da rede devem ser derivados dos Barramentos Isolado instalados na Câmara Transformadora.

6.6. Reticulado

O sistema reticulado, ou network, é formado por uma malha de cabos de baixa tensão, derivados de vários transformadores ligados a diversos alimentadores primários, que são instalados em paralelo pela conexão de cabos de baixa tensão. A perda de um alimentador ou transformador não interrompe o serviço de fornecimento de energia. Ver Figura [5](#).

A rede subterrânea reticulada possui a média tensão radial saindo da subestação.

O alimentador é ramificado nos Poços de Inspeção para atender as chaves de média tensão instaladas em Câmaras Transformadoras, conforme Tabela [15](#).

Os circuitos de baixa tensão dos transformadores retornam aos Poços de Inspeção onde são interligados através dos Barramentos Isolados.

O Protetor Reticulado deve ser acoplado ao transformador para saída dos circuitos de baixa tensão.

6.7. Projetos de Redes de Distribuição Subterrâneas em Cidades Históricas

O projeto a ser elaborado deve ser do tipo “Rede Mergulhada”, item [6.2](#).

Os projetos devem ser elaborados em blocos para possibilitar às prefeituras viabilizar a construção, adequando-a proporcionalmente aos recursos destinados para este fim.

Para isso a área a ser construída deverá ser subdividida projetando um transformador no poste mais próximo ao seu limite e ao centro de carga, mergulhando circuito (s) de baixa tensão para atendê-la. O tamanho destes circuitos está limitado ao percentual de queda de tensão de 4%.

Quando não for possível projetar a rede Subterrânea Mergulhada por não ter como remanejar os circuitos de média tensão ou acontecer um percentual de queda de tensão acima de 4%, a rede deverá ser atendida em média tensão, projetando transformadores do tipo pedestal conforme item [6.2](#), Anel Aberto.

Deverá ser minimizada a interferência nas pistas de rolamento, devido ao alto grau de dificuldade na recomposição, o que encarece a obra.

Na iluminação pública deverão ser utilizados suportes de paredes ou excepcionalmente postes com lâmpadas coloniais aprovados pelo IPHAN.

O IEPHA / IPHAN devem aprovar os projetos após a elaboração, portanto é recomendada uma consulta prévia para definir onde serão instalados os equipamentos e as caixas.

Deverá ser contratado um arqueólogo indicado pelo IPHAN para acompanhamento da obra.

Quando as características do local ou por necessidade técnica assim exigir, poderá ser projetada outra modalidade de rede subterrânea para que essas exigências sejam atendidas.

7. DIMENSIONAMENTO CIVIL

7.1. Caminhamentos e Dimensionamentos de Dutos

- 7.1.1. Os bancos de dutos dos cabos de baixa tensão devem ser instalados no passeio, dos dois lados da rua, a uma profundidade mínima estabelecida na Norma ND-2.3.
- 7.1.2. Os dutos dos circuitos de média tensão devem ser instalados na pista de rolamento, próximo ao meio fio, a uma profundidade mínima estabelecida na norma ND-2.3.
- 7.1.3. Nos bancos de duto onde for projetada a instalação de circuito de média tensão deve ser previsto um duto para instalação do canal de comunicação do serviço de automação.
- 7.1.4. Deve ser previsto, no mínimo, um duto reserva para cada banco de duto. O duto reserva deve ter o mesmo diâmetro do duto de maior seção.
- 7.1.5. A profundidade mínima dos dutos deve ser a estabelecida na norma ND-2.3.
- 7.1.6. Quando o banco de dutos for comum à média e baixa tensão ele deve ser instalado na pista de rolamento, na mesma vala, próximo ao meio fio.
- 7.1.7. O banco de dutos onde estiver previsto a instalação de circuitos de média tensão devem ser concretados.
- 7.1.8. Os dutos devem ter o traçado o mais retilíneo possível, sem curvas reversas, com ângulo de deflexão máximo de 30°.
- 7.1.9. Os dutos devem manter a mesma formação entre as caixas, câmaras e/ou poços de inspeção. Ver Figura [8](#).
- 7.1.10. Cada duto deve conter apenas um circuito de baixa ou média tensão.
- 7.1.11. O dimensionamento dos dutos deve ser de acordo com as tabelas [12](#), [13](#) e [14](#).
- 7.1.12. Para transferência de consumidores da rede aérea para a rede subterrânea, cuja responsabilidade de transferência do ramal de entrada for da CEMIG, podem ser utilizados dutos corrugados de diâmetros diferentes dos padronizados para a rede de

distribuição subterrânea desde que o duto esteja homologado para fornecimento a CEMIG.

7.1.13. Os bancos de dutos devem ser sinalizados com fita de sinalização conforme ND-2.3.

7.1.14. As travessias sob rodovias e ferrovias, de acordo com a complexidade e a critério do projetista, poderão ser pelo Método não Destrutivo (MND).

7.2. Locação de Câmaras, Poços e Caixas de Inspeção

7.2.1. Câmaras

As câmaras transformadoras devem ser projetadas sob os passeios das vias públicas. Havendo impossibilidade física de construção da câmara, em função da proximidade de edificações que possam ocasionar cargas adicionais em suas paredes, ela deve ser deslocada para a pista de rolamento, ficando os poços de acesso/ventilação instalados nos passeios.

Nas câmaras transformadoras não inundáveis podem ser instalados transformadores a seco e chaves tipo painéis não submersíveis.

As câmaras transformadoras devem ser construídas conforme ND-2.3.

Quando a construção da câmara transformadora for de responsabilidade do cliente essa deve ser construída de acordo com a ND-5.5.

7.2.2. Poços de Inspeção

Os poços de inspeção devem ser projetados sob as pistas de rolamento, (geralmente nas esquinas, para derivações de primário e/ou pontos de maiores concentrações de cargas). Havendo impossibilidade física de construção do poço de inspeção, ele deve ser deslocado para o passeio.

Os poços de inspeção devem ser construídos conforme ND-2.3.

7.2.3. Caixas de Inspeção

As caixas de inspeção ZA, ZB e ZC devem ser construídas no passeio. As ZB e ZC podem ser construídas no passeio em locais de trânsito de veículos, com utilização de tampa para pista de rolamento.

Caso haja necessidade as caixas de inspeção do tipo ZC podem se construídas na pista de rolamento, com tampa adequada.

A caixa de inspeção ZD deve ser construída no passeio ou na pista de rolamento.

As caixas de inspeção devem ser construídas conforme ND 2.3.

7.3. Critérios para instalações de Câmaras, Caixas e Poços de Inspeção

No projeto das redes subterrâneas devem ser consideradas as seguintes distâncias máximas entre caixas de BT e poços de inspeção:

- A distância máxima entre as caixas de BT deve ser de 80m.
- A distância máxima entre as caixas e poços de inspeção da rede primária deve ser de 150m.

Notas:

- 1- Não devem ser instalados circuitos de MT em caixas de inspeção ZA e ZB.
- 2- Os circuitos de MT instalados em caixa de inspeção ZC devem ser envelopados com Fita de Sinalização e a tampa da caixa deve ser de concreto.
- 3- Não devem ser instalados circuitos de BT em caixa de inspeção ZD com emendas de MT.
- 4- Devem ser projetados Poços de Inspeção XA/XB caso seja necessário o compartilhamento de BT e MT com emendas.
- 5- Os tipos e dimensionamentos das câmaras, caixas e poços de inspeção estão definidos nas Tabelas [12](#), [15](#), [16](#), [17](#), [18](#) e [19](#).

8. DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO

8.1. Rede Secundária

Os critérios básicos para dimensionamento elétrico da rede secundária estão demonstrados nos ED-1.2, ED-1.6 e ED-1.17.

8.1.1. Definição Básica

O neutro é multiterrado e comum ao primário e secundário.

Os ramais de ligação e entrada devem ser dimensionados de acordo com a ND-5.3.

8.1.2. Níveis de Tensão

A tensão nominal da rede secundária alimentada por transformadores trifásicos é de 220/127 V.

As faixas de tensão adequadas no ponto de entrega devem atender ao módulo 8 – Qualidade de Energia do PRODIST conforme Tabela [28](#).

A máxima queda de tensão permissível na rede secundária é de 4% entre a bucha de BT do transformador e a última caixa de inspeção (ponto de entrega), em condições normais de operação.

Este valor máximo é fixado para verificação da possibilidade de ligação de novos consumidores sem necessidade de modificação de rede, dentro do horizonte de planejamento considerado.

Os coeficientes de queda de tensão para a rede secundária estão nas Tabelas [9](#) e [11](#).

8.1.3. Configuração Básica e Faseamento

8.1.3.1 Configuração Básica

O dimensionamento elétrico de um circuito de distribuição em baixa tensão é feito verificando-se dois parâmetros principais, a saber, queda de tensão e correntes admissíveis dos cabos. Os comprimentos usuais das redes secundárias subterrâneas fazem com que, na maioria dos casos, seja suficiente o cálculo da queda de tensão. No entanto, em casos especiais de circuitos muito curtos, é necessário verificar se a corrente de carga é inferior à admissível dos cabos.

Não são feitas restrições quanto às perdas visto que os limites estabelecidos de queda de tensão são suficientes para restringir as perdas a níveis aceitáveis.

Os circuitos secundários serão reticulados ou radiais, de acordo com o tipo de rede a ser projetada, constituídos de condutores isolados instalados em dutos corrugados de PEAD diretamente enterrados nos passeios, preferencialmente, com limites de condução de corrente conforme Tabelas [8](#) e [10](#).

Nas transferências do ramal de entrada, cuja responsabilidade for da CEMIG D, poderão ser utilizados dutos corrugados de diâmetros diferentes dos padronizados para a rede de distribuição subterrânea desde que o fabricante esteja credenciado e o modelo do duto esteja homologado para fornecer a CEMIG D.

Os circuitos deverão ter um acréscimo nos seus comprimentos devido à sobra necessária nas caixas, poços e câmaras para acomodação ou conexões conforme Tabela [20](#).

Os transformadores são padronizados conforme Tabela [21](#).

A saída de baixa tensão dos transformadores submersíveis deverá ser composta de circuitos de cabo isolados de alumínio (ver Tabela [8](#)), conforme Tabela [22](#), interligados através de barramentos isolados (ver Tabela [19](#)).

As conexões na rede para ligação de ramais e iluminação pública serão feitas através de conectores, barramentos de derivações e barramentos isolados conforme Tabelas [16](#), [18](#), [24](#) e [25](#).

Deverão ser instalados quadros de distribuição pedestal na saída da baixa tensão dos transformadores do tipo pedestal (ambos instalados sobre bases de concreto) a uma distância máxima de três metros do transformador, conforme Tabelas [22](#) e [26](#).

Os transformadores em pedestal deverão ser localizados preferencialmente em praças, vielas, ilhas ou em terrenos dos consumidores (adjacentes à divisa com a via pública).

8.1.3.2 Faseamento

Os condutores são identificados conforme ND-2.3.

A identificação nos condutores nas caixas, câmaras e poços de inspeção é feita conforme a seguir:

Fase A => Fita isolante branca.

Fase B => Fita isolante amarela.

Fase C => Fita isolante vermelha.

Neutro => Fita isolante azul.

8.1.4. Condutores de B.T.

8.1.4.1 Tipo e Seção

Os condutores são isolados em EPR com capa externa de PVC e XLPE sem capa externa, de alumínio ou cobre nas seções:

- Condutores de alumínio: 16, 25, 50, 70, 120, 240, 400, 500 mm².
- Condutor de cobre: 240 mm².

O dimensionamento do condutor neutro deve seguir os seguintes critérios:

- Circuitos de baixa tensão: o condutor neutro deve ser de alumínio isolado com o mesmo diâmetro dos condutores fase da baixa tensão, sendo um condutor neutro para cada circuito de baixa tensão.
- As conexões dos circuitos de rede devido à mudança de diâmetro do condutor devem ser feitas com o conector formato H impermeabilizando-as com fita autofusão e fita isolante com duas camadas de cada uma, sobrepostas de meia fita, respectivamente conforme Tabela [23](#).

As características básicas dos condutores estão indicadas nas Tabelas [5](#), [6](#), [7](#), [8](#) e [10](#).

8.1.4.2 Dimensionamento

As redes secundárias devem ser projetadas, em princípio, de modo a não serem necessárias trocas de condutores, mas somente redivisão de circuitos para atendimento ao crescimento esperado da carga.

Deve ser observada a queda de tensão máxima admissível, em condições normais. A ampacidade dos condutores é especificada a 90° C, em regime nominal, com temperatura ambiente a 40° C conforme Tabelas [8](#), [9](#), [10](#) e [11](#).

8.1.5. Transformadores

Os transformadores devem ser instalados o mais próximo possível do centro de carga do respectivo circuito secundário e também próximo às cargas concentradas.

Em função da possibilidade de ocorrência de flutuações de tensão deve ser dada especial atenção ao atendimento a motores monofásicos com potência superior a 2CV alimentado em tensão fase-neutro, máquina de solda a transformador com potência superior a 2 kVA alimentado em tensão fase-neutro, motor monofásico com potência superior a 5CV alimentado em tensão fase-fase, motor de indução trifásico com potência superior a 30CV, máquina de solda tipo motor-gerador com potência superior a 30CV, máquina de solda a transformador 220V – 2 ou 3 fases – ligação V-V invertida com potência superior a 15 kVA,

máquina de solda a transformador 220V – 3 fases – com retificação com potência superior a 30 kVA.

Em circuitos novos de BT, planejados ou projetados para permitir a ligação de novas cargas, reequilibrar circuitos, regularizar níveis de tensão e carregamento, etc., o carregamento máximo inicial admitido para os transformadores MT/BT deve ser de 80% da capacidade nominal do transformador.

8.1.6. Equilíbrio de Carga

O desequilíbrio de corrente nas fases de um circuito secundário pode causar queda de tensão elevada na fase mais carregada, provocando o desequilíbrio de tensão e o surgimento de corrente no neutro, além disso, pode provocar sobrecargas às fases mais carregadas do transformador.

O equilíbrio deve ser alcançado ao longo de todo o comprimento do circuito e, o máximo desequilíbrio, 10%, calculado pela fórmula abaixo.

$$d\% = \frac{3 * \sqrt{(Ia^2 + Ib^2 + Ic^2) - (IaIb + IbIc + IcIa)}}{Ia + Ib + Ic} * 100$$

Ia, Ib, Ic são os módulos das correntes nas fases em ampères.

8.1.7. Correção dos Níveis de Tensão

Quando for verificada queda de tensão no circuito secundário, superior ao limite máximo permitido de 4%, e após consulta aos setores de planejamento e manutenção, o projetista deve adotar ações, de acordo com avaliações técnicas e econômicas, para correção do problema:

8.1.7.1 Equilibrar as Fases

Remanejar cargas entre as fases de forma que o desequilíbrio seja igual ou inferior ao estabelecido no item [8.1.6](#).

8.1.7.2 Divisão de Circuitos

Dividir o circuito secundário instalando um novo transformador ou transferir cargas para o circuito adjacente.

8.1.7.3 Troca de Condutores

Esta alternativa deve ser considerada quando o crescimento de carga é elevado e o planejamento é feito para um horizonte maior.

A troca dos condutores nos trechos críticos reduz a impedância do circuito diminuindo a queda de tensão proporcionalmente.

8.1.8. Proteção Contra Sobrecorrente

8.1.8.1 Transformador pedestal

A proteção do transformador é feita através do fusível baioneta e fusível limitador de corrente instalados no seu interior.

A proteção dos circuitos secundários deve ser através de fusíveis do tipo NH instalados nos quadros de distribuição pedestal.

8.1.8.2 Transformador instalado em rede aérea

A proteção do transformador deve ser realizada por chave fusível.

A proteção dos circuitos secundários deve ser feita através de fusíveis limitadores de corrente instalados nos cabos.

8.1.8.3 Transformadores submersíveis

A proteção do transformador é feita através do disjuntor da subestação ou através da chave instalada na câmara transformadora ou câmara de manobra.

A proteção dos circuitos secundários deve ser realizada através do protetor reticulado ou através de fusíveis limitadores de corrente.

8.2. Iluminação Pública

Os critérios de iluminação pública estão descritos na “ND-5.35 “Requisitos para o Fornecimento de Energia Elétrica para o Serviço Público de Iluminação Pública”.

8.3. Rede Primária

8.3.1. Definição Básica

A rede primária será trifásica a 4 fios, sendo o neutro multiterrado e conectado à malha de terra da subestação de distribuição.

8.3.2. Níveis de Tensão

As tensões nominais padronizadas da rede primária são de 13.800 e 22.000 V.

As faixas de tensão adequadas no ponto de entrega devem atender ao módulo 8 – Qualidade de Energia do PRODIST conforme Tabela [29](#).

Os coeficientes de queda de tensão estão indicados na Tabela [4](#).

8.3.3. Configuração Básica, Trajeto, Identificação e Faseamento

8.3.3.1 Configuração Básica dos Sistemas

As configurações básicas dos circuitos estão definidas nas Figuras [1](#), [2](#), [3](#), [4](#), e [5](#).

8.3.3.2 Trajeto

Para a escolha do trajeto de um alimentador, devem ser observados os seguintes aspectos:

O tronco do alimentador deve passar o mais próximo possível do centro de carga.

As avenidas ou ruas escolhidas para o seu trajeto devem estar bem definidas.

Os trajetos dos ramais devem ser planejados de forma a evitar voltas desnecessárias nos quarteirões.

8.3.3.3 Faseamento e Identificação

O alimentador deve ser sempre trifásico.

As fases devem ser identificadas em todas as derivações com fita de cor: Fase A – Branca, Fase B – Amarela e Fase C – Vermelha.

A nomenclatura para identificação do tipo de terminação deve ser conforme Tabela [27](#).

Devem ser colocadas identificações de fase e alimentador em todas as derivações das redes primárias.

A fita de sinalização deve ser instalada nos condutores de média tensão, envolvendo-os, sem sobrepor as fitas de identificação, quando instalados em caixas de inspeção. Prever 1,5 metros de fita de sinalização por circuito de média tensão.

8.3.4. Condutores de M.T.

8.3.4.1 Tipo e Seção

Os condutores são isolados em XLPE/EPR com capa externa de Polietileno (PE), de alumínio nas seções:

- 50, 120, 240 e 400 mm² para a tensão de 13800 V.
- 50 e 185 mm² para a tensão de 22000 V.

As características básicas dos condutores estão indicadas nas Tabelas [1](#), [2](#) e [3](#).

8.3.4.2 Dimensionamento

Estão indicados a seguir os critérios de carregamento e dimensionamento da rede primária. Deve-se frisar que, no caso de reformas gerais ou construção de rede nova, a rede primária deve ser projetada de acordo com sua configuração para atendimento à carga prevista para o quinto ano subsequente.

Em banco de dutos onde houver apenas um circuito de baixa tensão e mais de um circuito de média tensão deve ser instalado o condutor neutro em pelo menos um dos circuitos de média tensão.

Em banco de dutos onde houver mais de um circuito de baixa tensão não é necessário à instalação do condutor neutro.

O condutor neutro deve ser de cobre nu e possuir seção mínima de 35 mm² para o cabo fase de 50 mm² e 70 mm² para os cabos fase com seção superior a 50 mm².

As conexões de interligação das blindagens metálicas dos cabos de média tensão com a malha de aterramento serão com o conector parafuso fendido.

O circuito de média tensão deve ter, entre as terminações, no máximo 150 metros mais os acréscimos conforme Tabela [20](#).

8.3.4.3 Número de Alimentadores

O número de alimentadores deve ser definido em função da demanda da localidade, sua área, distribuição de carga e localização da subestação de distribuição.

8.3.4.4 Carregamento

O dimensionamento dos condutores de uma rede primária deve ser feito observando a máxima queda de tensão admissível, a ampacidade e a temperatura máxima de 90 °C para o condutor isolado em regime permanente conforme Tabelas [3](#) e [4](#).

8.3.5. Proteção Contra Sobrecorrente

Para evitar danos dos condutores isolados não deve ser derivada rede aérea de uma rede subterrânea.

Nas travessias sob rodovias, ferrovias, viadutos, linhas de transmissão e nas saídas de alimentadores onde são instalados circuitos subterrâneos, a proteção deve ser conforme o ND-4.15.

8.3.5.1 Rede Mergulhada

As diretrizes detalhadas de proteção, dimensionamento, ajustes e coordenação de equipamentos de proteção, constam do ND-4.15.

8.3.5.2 Rede Anel Aberto/Radial com Recurso Alimentada por RDA

As diretrizes detalhadas de proteção, dimensionamento, ajustes e coordenação de equipamentos de proteção, constam do ND-4.15. Nas interligações da RDA com a Rede Anel Aberto/Radial com Recurso devem ser instalados religadores com o religamento bloqueado.

8.3.5.3 Rede Anel Aberto/Radial com Recurso Alimentada por RDS

Na saída dos alimentadores das subestações de distribuição devem ser instalados disjuntores ou religadores com o religamento bloqueado. Nas interligações da RDS com a Rede Anel Aberto/Radial com Recurso devem ser instaladas chaves de média tensão com proteção.

8.3.5.4 Rede Dupla Alimentação

Na saída dos alimentadores das subestações de distribuição devem ser instalados disjuntores ou religadores com o religamento bloqueado. Nas câmaras devem ser instaladas chaves de média tensão com proteção.

8.3.5.5 Rede Reticulado

Na saída dos alimentadores das subestações de distribuição devem ser instalados disjuntores ou religadores com o religamento bloqueado.

8.3.5.6 Proteção Contra Sobretensão

Nas transições de redes aéreas, urbanas, rurais e compactas, para redes subterrâneas, são instalados para-raios de média tensão.

9. CONFIGURAÇÕES BÁSICAS

9.1. Rede de Distribuição Subterrânea Mergulhada

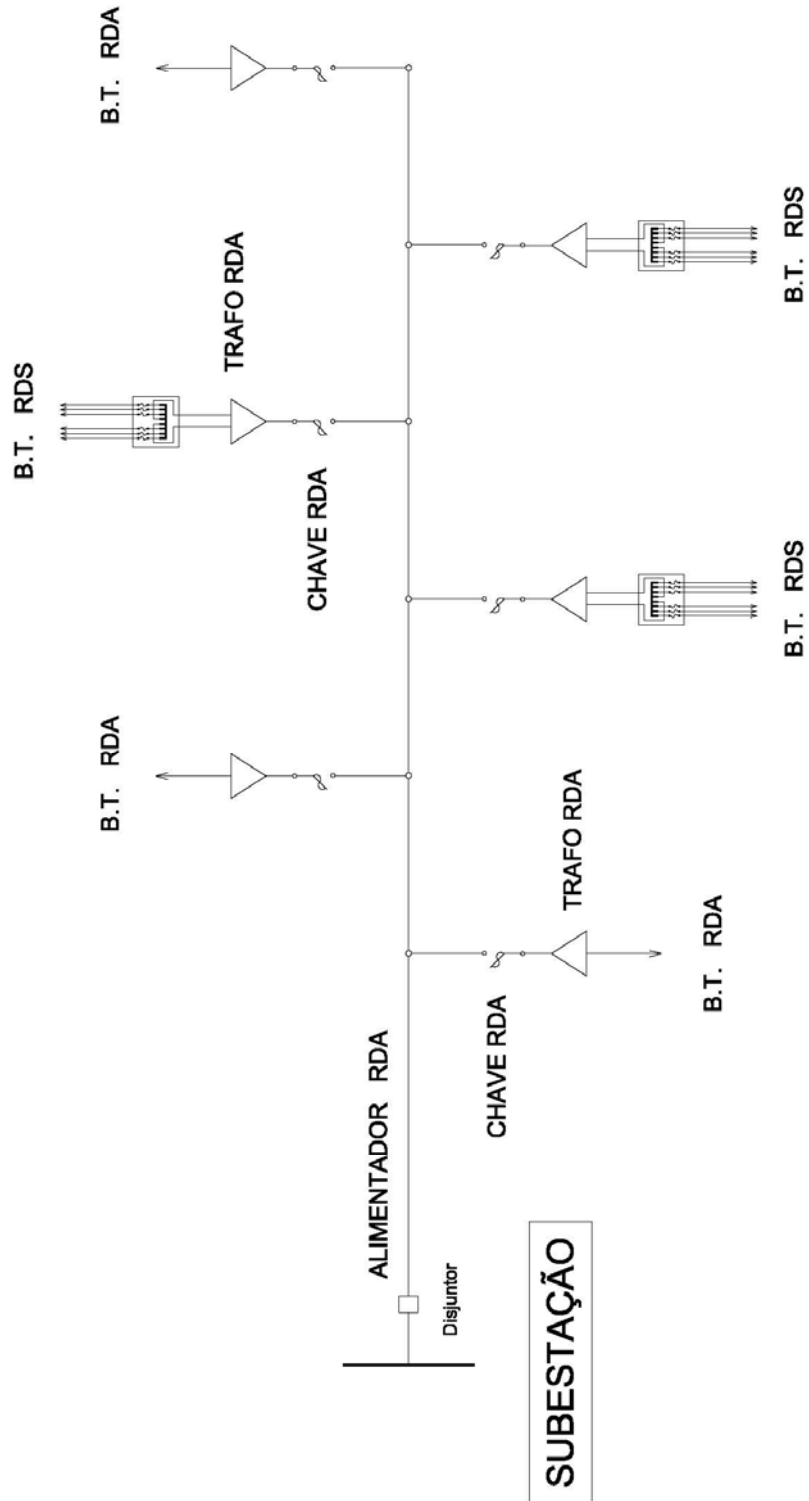


Figura 1

9.2. Rede de Distribuição Subterrânea Anel Aberto

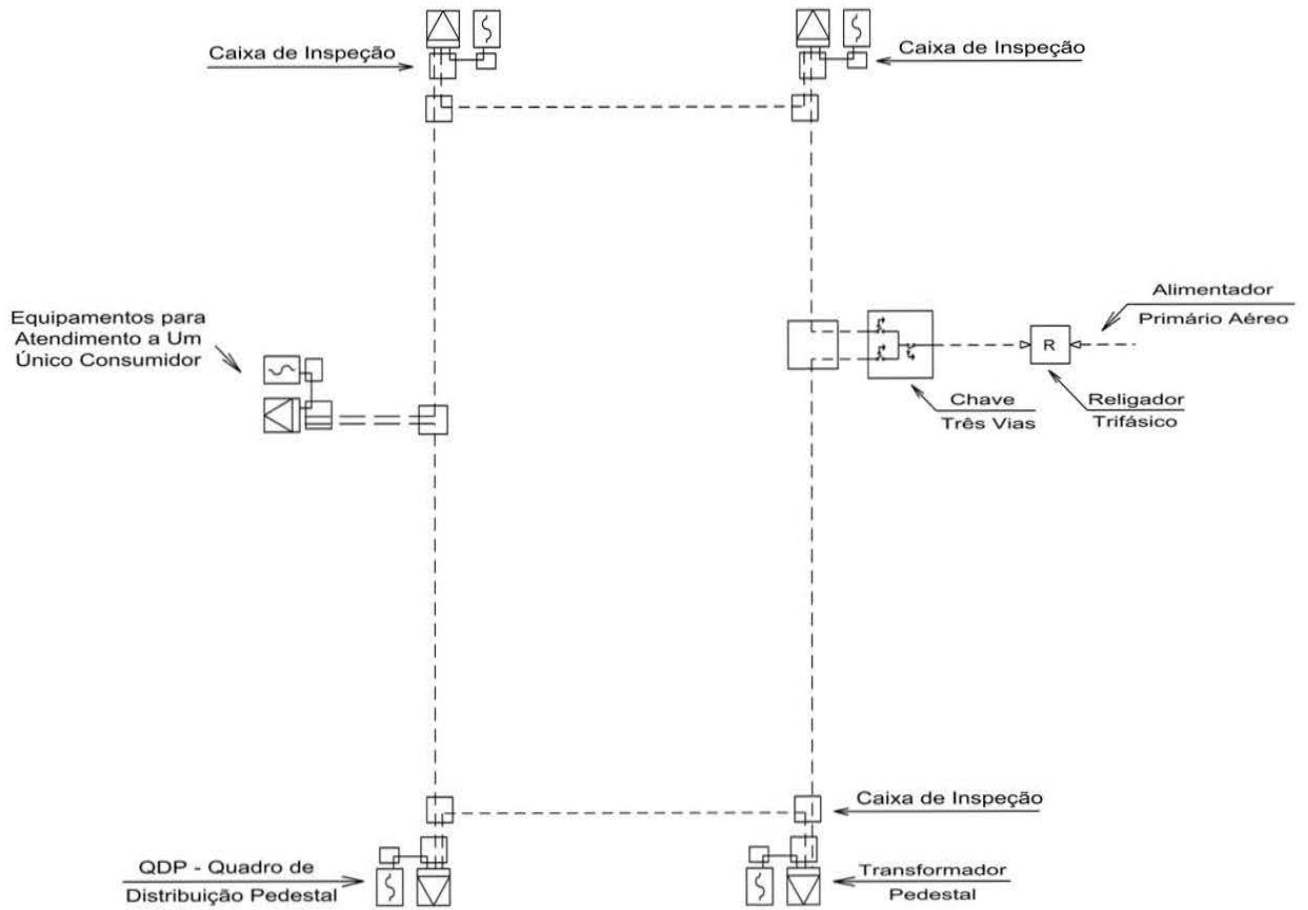


Figura 2

9.3. Rede de Distribuição Subterrânea Radial com Recurso

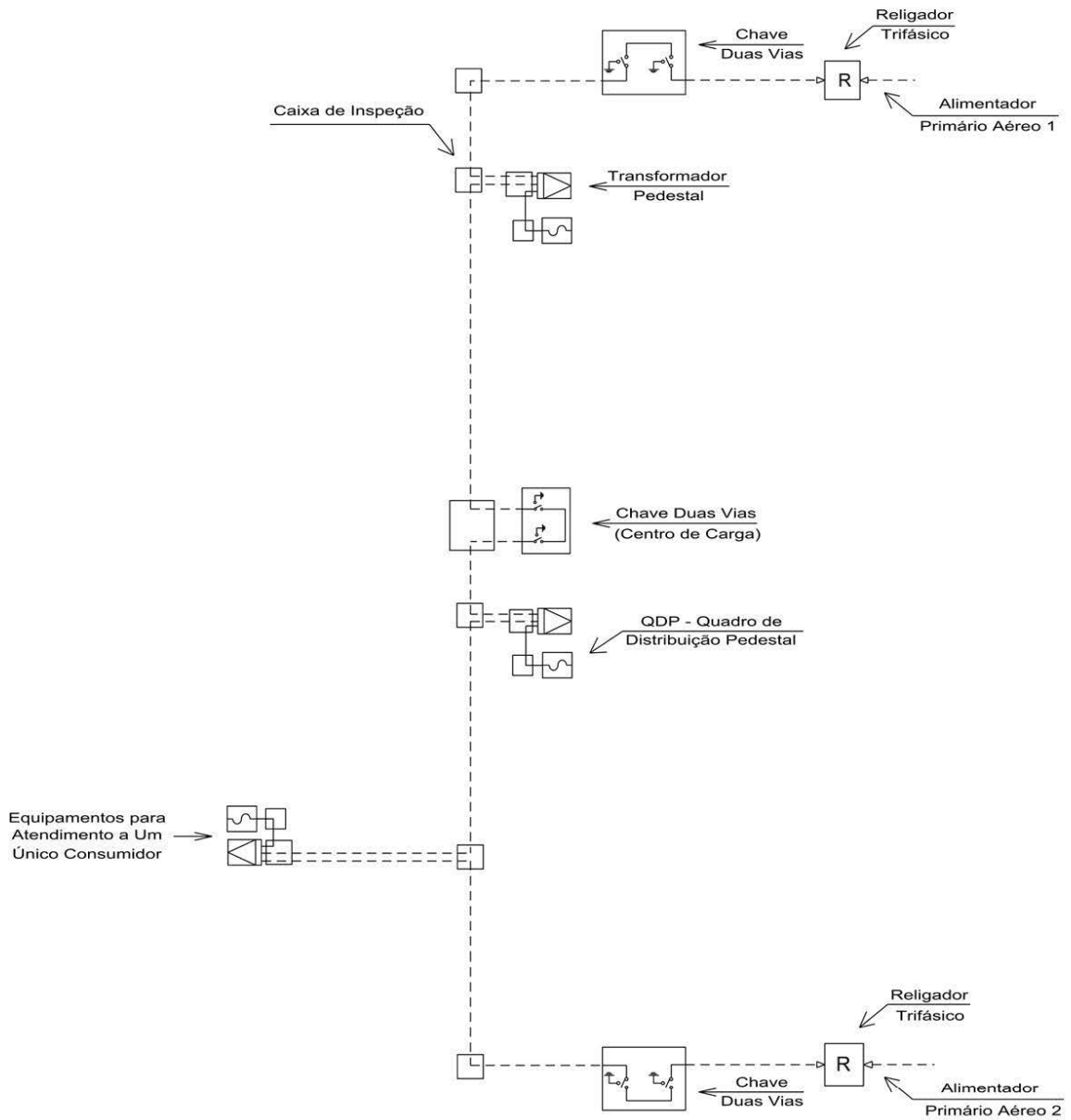


Figura 3

9.4. Rede de Distribuição Subterrânea Dupla Alimentação

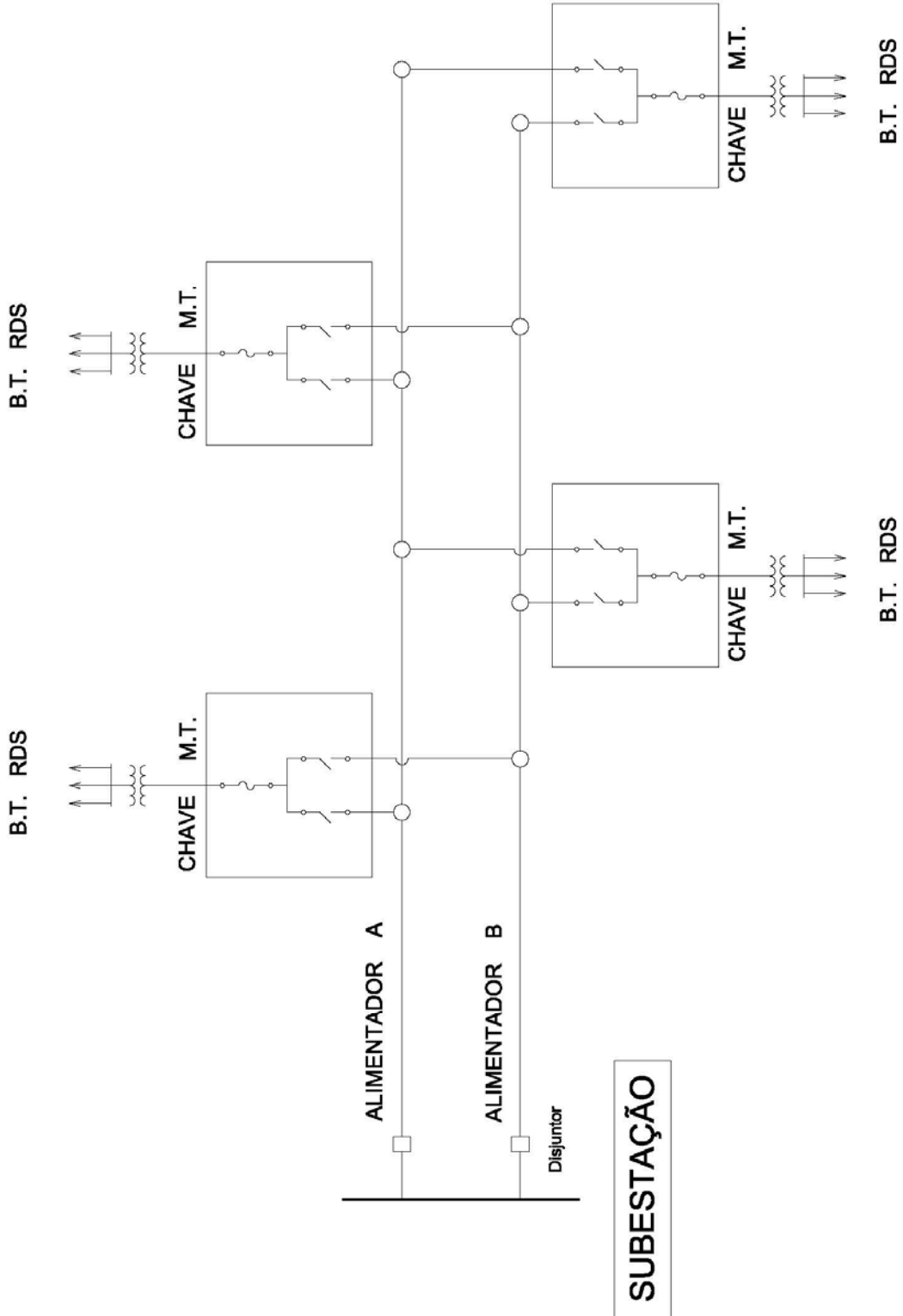


Figura 4

9.5. Rede de Distribuição Subterrânea Reticulado

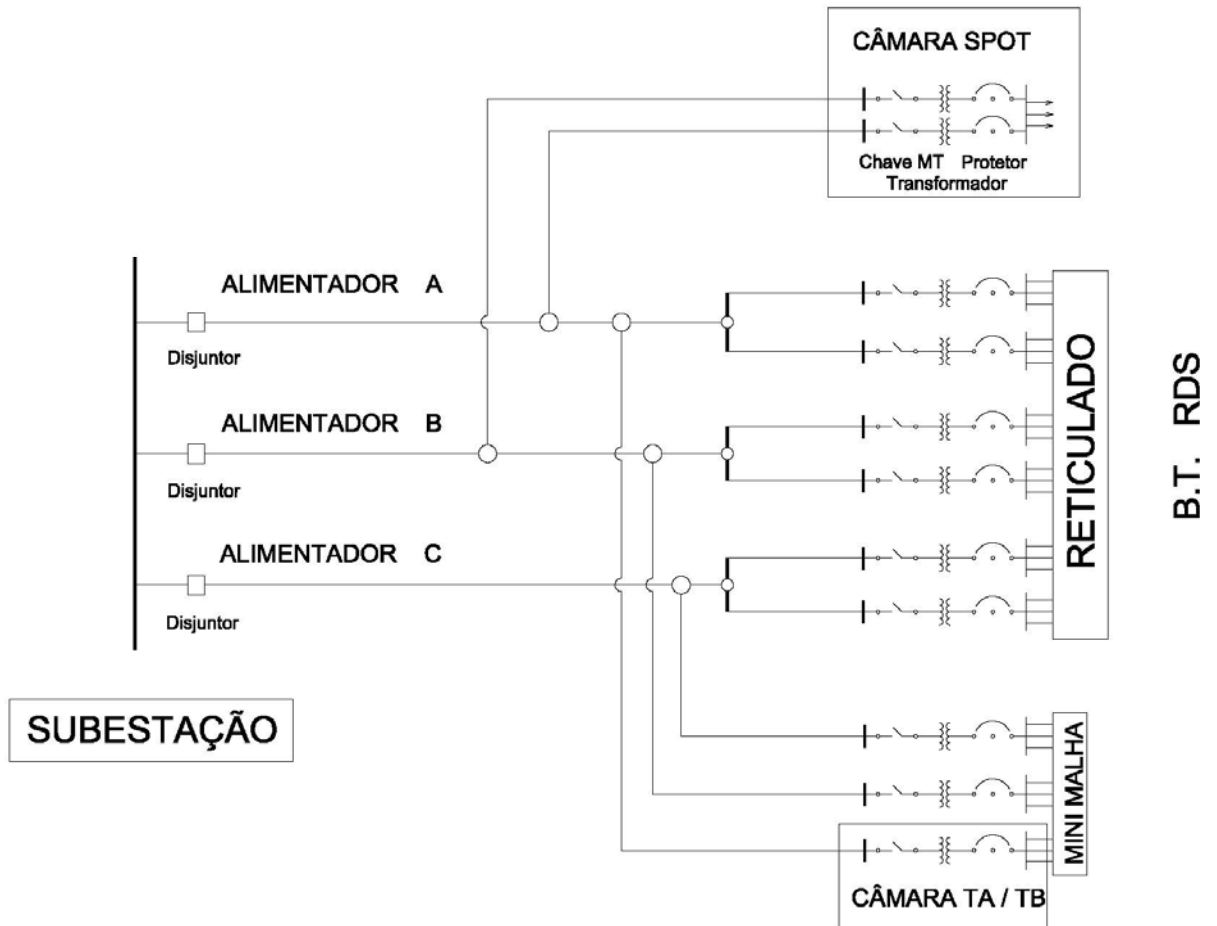


Figura 5

9.6. Secundário das Redes Anel Aberto e Radial com Recurso

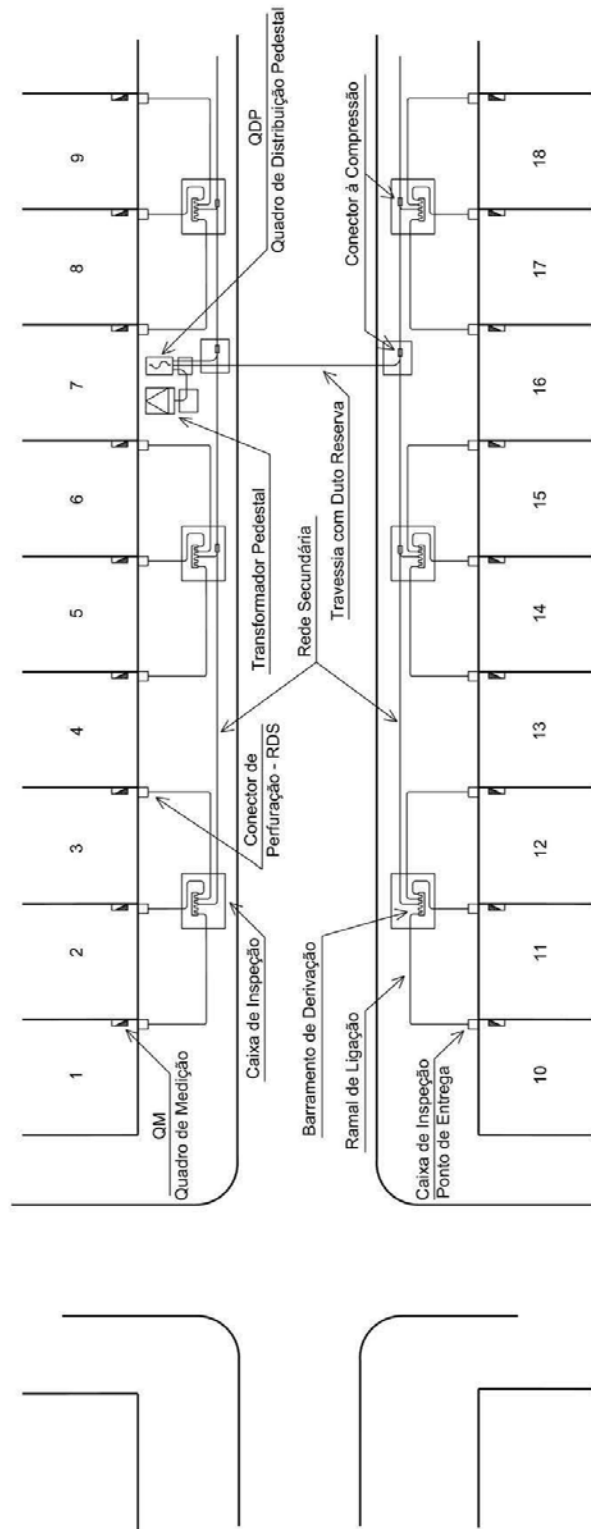


Figura 6

9.7. Secundário da Rede Mergulhada

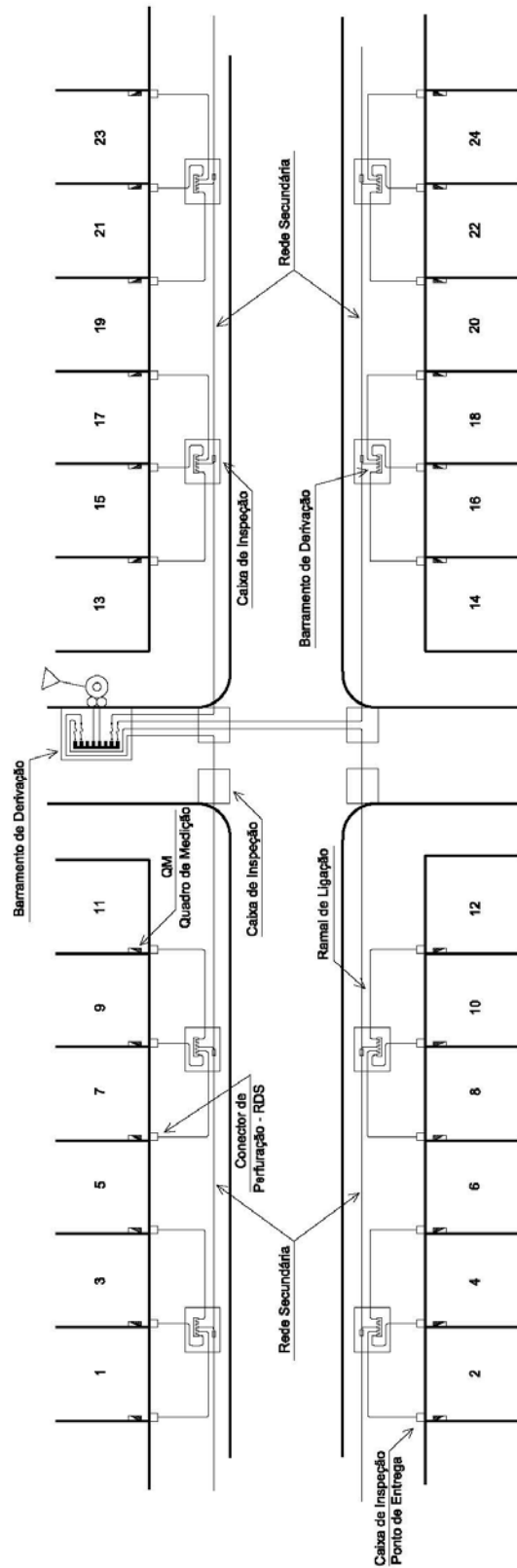
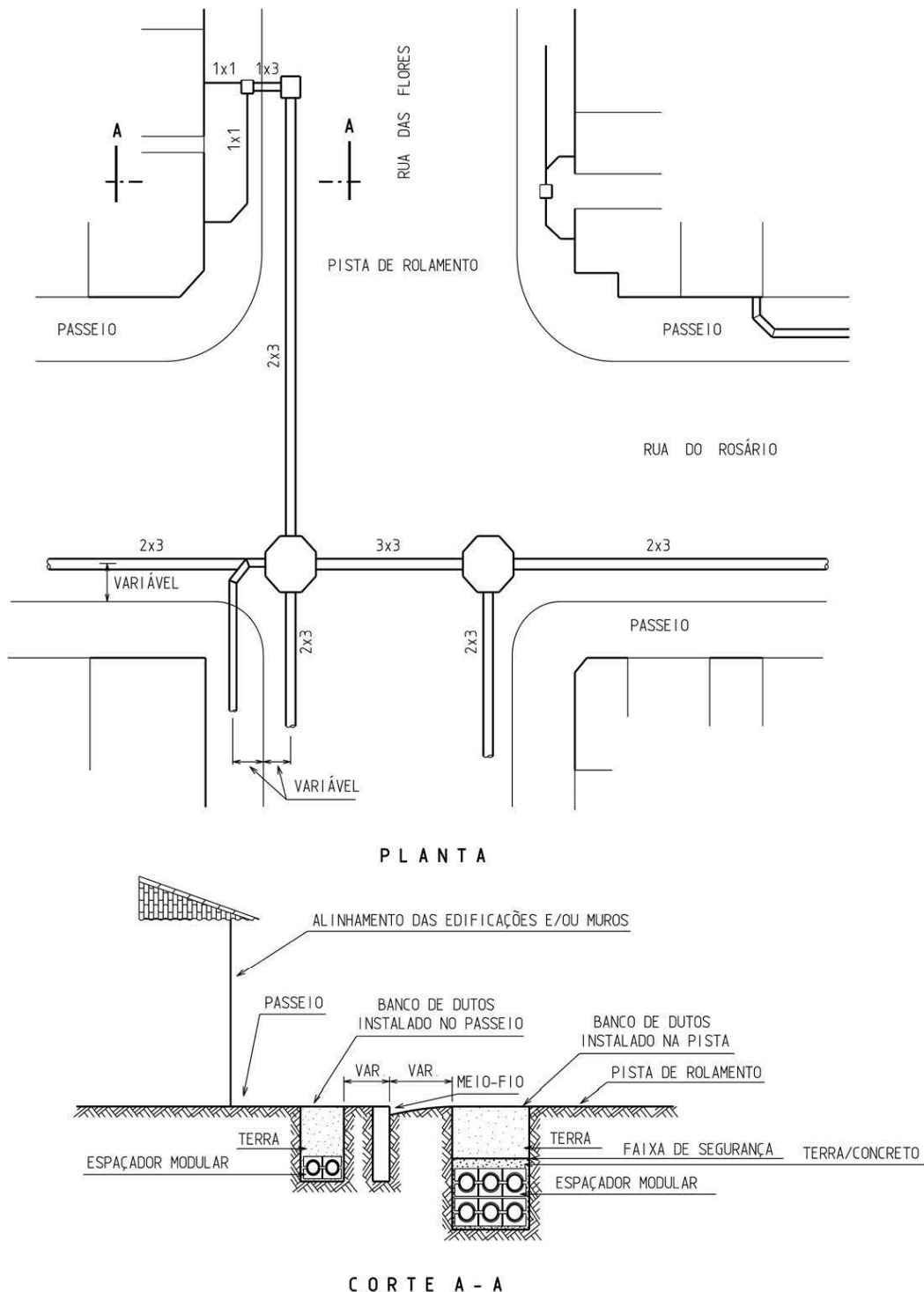


Figura 7

9.8. Banco de Dutos - Localização



NOTAS:

- 1 - OS BANCOS DE DUTOS SÃO INSTALADOS NAS PISTAS DE ROLAMENTO E NOS PASSEIOS.
- 2 - OS BANCOS DE DUTOS INSTALADOS NAS PISTAS DE ROLAMENTO OU PASSEIOS, QUE CONTIVEREM CIRCUITOS PRIMÁRIOS OU FOR PREVISTO A INSTALAÇÃO DE CIRCUITOS PRIMÁRIOS, DEVEM SER CONCRETADOS.
- 3 - OS BANCOS DE DUTOS INSTALADOS NAS PISTAS DE ROLAMENTO OU PASSEIOS, QUE CONTIVEREM APENAS CIRCUITOS SECUNDÁRIOS OU FOR PREVISTO A INSTALAÇÃO APENAS DE CIRCUITOS SECUNDÁRIOS, NÃO DEVEM SER CONCRETADOS.

Figura 8

9.9. Ramal de Ligação Secundário Subterrâneo em Área de RDA

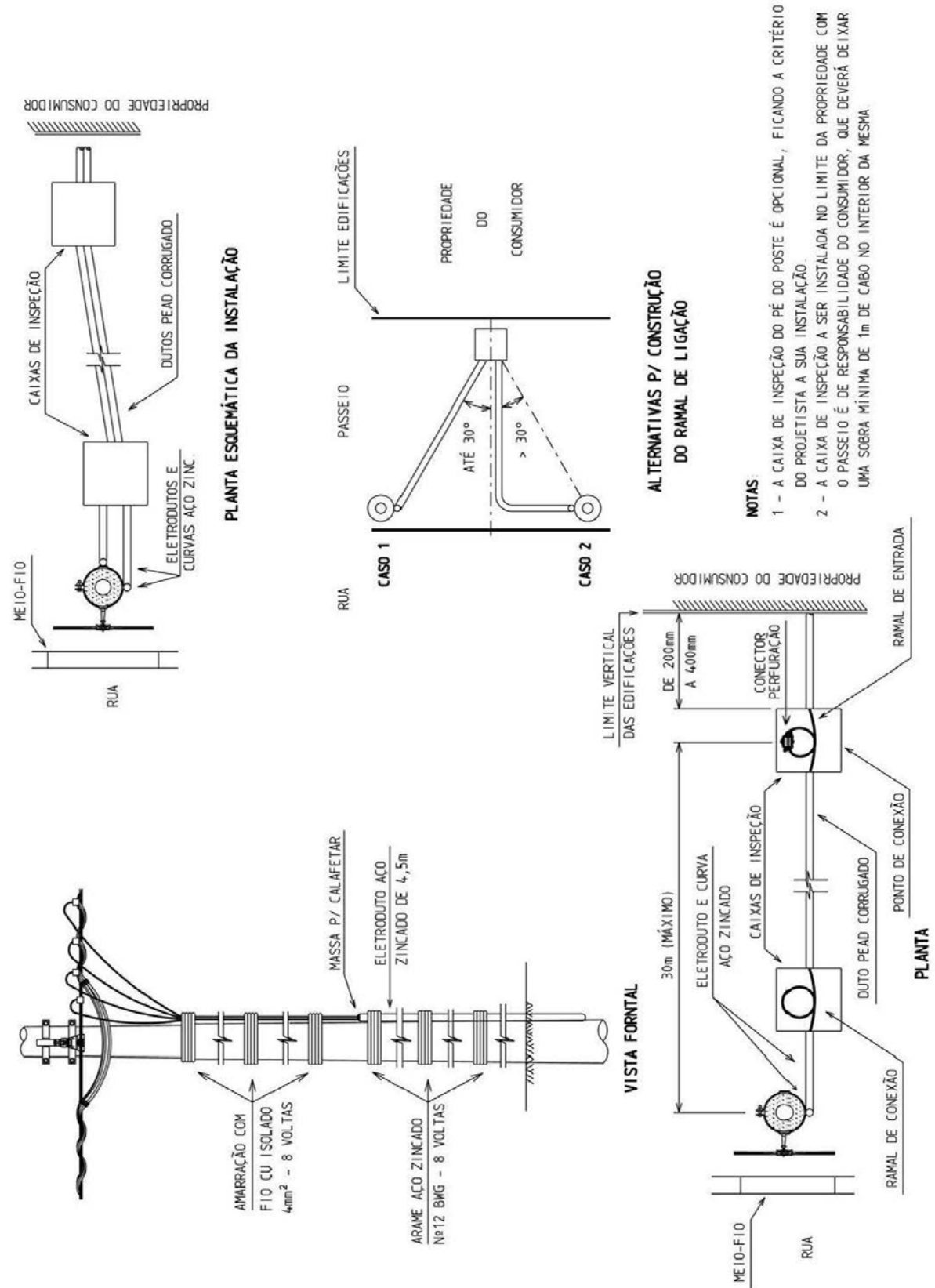
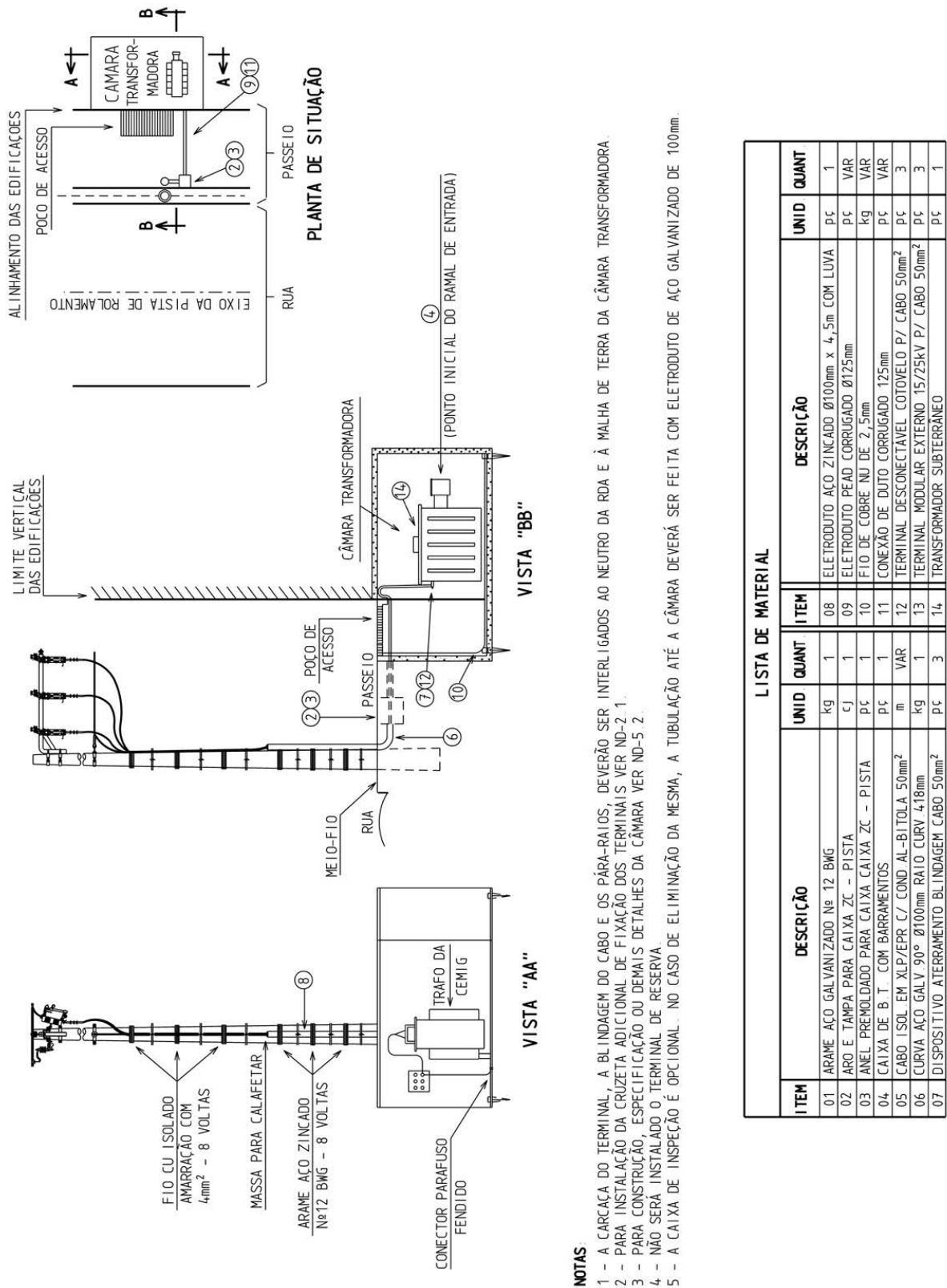


Figura 9

9.10. Ramal de Ligação Primário Subterrâneo em Área de RDA



NOTAS:

- 1 - A CARCAÇA DO TERMINAL, A BL INDAGEM DO CABO E OS PARA-RAIOS, DEVERÃO SER INTERLIGADOS AO NEUTRO DA RDA E À MALHA DE TERRA DA CÂMARA TRANSFORMADORA.
- 2 - PARA INSTALAÇÃO DA CRUZETA ADICIONAL DE FIXAÇÃO DOS TERMINAIS VER ND-2.1.
- 3 - PARA CONSTRUÇÃO, ESPECIFICAÇÃO OU DEMAIS DETALHES DA CÂMARA VER ND-5.2.
- 4 - NÃO SERÁ INSTALADO O TERMINAL DE RESERVA.
- 5 - A CAIXA DE INSPEÇÃO É OPCIONAL. NO CASO DE ELIMINAÇÃO DA MESMA, A TUBULAÇÃO ATÉ A CÂMARA DEVERÁ SER FEITA COM ELETRODUTO DE AÇO GALVANIZADO DE 100mm.

Figura 10

10. TABELAS

10.1. Características Físicas dos Cabos Isolados – Redes Primárias 8,7/15 kV Isolação em XLPE / EPR com capa externa.

Tabela 1

SEÇÃO (mm ²)	FORMAÇÃO/ FIOS	DIÂMETRO (mm)		PESO UNITÁRIO (kg/km)
		NOMINAL CONDUTOR	SOBRE A ISOLAÇÃO	
50	6c	8,2	18,0	650
120	15c	12,8	22,6	1050
240	30c	18,2	28,0	1600
400	53c	23,1	32,9	2200

10.2. Características Físicas dos Cabos Isolados – Redes Primárias 15/23 kV Isolação em XLPE / EPR com capa externa.

Tabela 2

SEÇÃO (mm ²)	FORMAÇÃO /FIOS	DIÂMETRO (mm)		PESO UNITÁRIO (kg/km)
		NOMINAL CONDUTOR	SOBRE A ISOLAÇÃO	
50	6c	8,2	22,6	900
185	30c	16,3	30,7	1610

10.3. Características Elétricas dos Cabos Isolados – Redes Primárias
Isolação em XLPE / EPR com capa externa - Condutores de alumínio, na
temperatura de 90°C.

Tabela 3

CLASSE DE TENSÃO (kV)	SEÇÃO (mm ²)	Rca (Ω/km)	XL (Ω/km)	CORRENTE NOMINAL (A)	CORRENTE MÁXIMA COM FATOR DE INSTALAÇÃO (A)
15	50	0,8054	0,1612	143	115
	120	0,3186	0,1409	240	190
	240	0,1579	0,1283	356	285
	400	0,1004	0,1201	460	370
25	50	0,8053	0,1753	146	115
	185	0,2074	0,1430	309	250

10.4. Coeficientes de Queda de Tensão dos Cabos Isolados - Redes Primárias
Condutores de alumínio, na temperatura de 90°C - % por MVA × km.

Tabela 4

CLASSE DE TENSÃO (kV)	SEÇÃO	CQT em %	
		SISTEMA TRIFÁSICO	
		FP=0,85	FP=0,92
15	3x50+70	0,405759	0,424101
	3x120+70	0,181526	0,183266
	3x240+70	0,106090	0,102801
	3x400+70	0,078103	0,073280
25	3x50+70	0,147070	0,153276
	3x185+70	0,047588	0,046686

10.5. Características Físicas - Cabos Al Isolados XLPE – Redes Secundárias Isolação em XLPE com capa externa (Condutores de alumínio).

Tabela 5

SEÇÃO (mm ²)	FORMAÇÃO/FIOS	DIÂMETRO (mm)		PESO UNITÁRIO (kg/km)
		NOMINAL CONDUTOR	SOBRE A ISOLAÇÃO	
16	6c	4,9	8,1	80
25	6c	6,0	9,2	110
50	6c	8,0	12,0	200
70	12c	9,8	13,8	265
120	15c	12,8	17,6	450
240	30c	18,2	23,0	820
400	53c	22,6	28,2	1280
500	53c	25,2	30,8	1600

10.6. Características Físicas - Cabos Cu Isolados EPR – Redes Secundárias Isolação em EPR com capa externa (Condutores de cobre).

Tabela 6

SEÇÃO (mm ²)	FORMAÇÃO/ FIOS	DIÂMETRO (mm)		PESO UNITÁRIO (kg/km)
		NOMINAL CONDUTOR	SOBRE A ISOLAÇÃO	
16	7c	4,8	6,8	210
25	6c	6,0	8,4	310
50	6c	8,2	11,0	540
70	12c	9,7	12,5	750
120	18c	12,7	15,9	1275
240	34c	18,2	22,6	2540

10.7. Características Físicas - Cabos Cu Isolados XLPE – Redes Secundárias Isolação em XLPE com capa externa (Condutores de cobre).

Tabela 7

SEÇÃO (mm ²)	FORMAÇÃO/ FIOS	DIÂMETRO (mm)		PESO UNITÁRIO (kg/km)
		NOMINAL CONDUTOR	SOBRE A ISOLAÇÃO	
16	7c	4,8	9,0	180
25	6c	6,0	9,2	260
50	6c	8,2	12,2	485
70	12c	9,7	13,7	680
120	18c	12,7	17,5	1190
240	34c	18,2	23,0	2300

10.8. Características Elétricas - Cabos Al Isolados – Redes Secundárias Isolação em EPR com capa externa e XLPE sem capa externa. Condutores de alumínio, na temperatura de 90°C.

Tabela 8

SEÇÃO (mm ²)	REATÂNCIA INDUTIVA XL (Ω/km)	RESISTÊNCIA Rca (Ω/km)	CORRENTE NOMINAL (A)
16	0,116	2,4379	61
25	0,115	1,5429	78
50	0,107	0,8227	112
70	0,104	0,5689	138
120	0,100	0,3265	186
240	0,098	0,1663	272
400	0,085	0,0979	361
500	0,082	0,0783	408

Nota: Deve ser aplicado o fator de agrupamento à corrente nominal de acordo com o número de circuitos instalados no mesmo banco de dutos conforme a seguir:

Número de Circuitos	2	3	4	6	8
Fator de Agrupamento	0,95	0,90	0,85	0,85	0,80

10.9. Coeficientes Queda de Tensão – Cabos Al Isolados - Redes Secundárias
Tensão para Redes Secundárias - Condutores de alumínio, na temperatura
de 90°C - % por kVA × 100m.

Tabela 9

SEÇÃO (mm ²)	CQT em %					
	Monofásico		Bifásico		Trifásico	
	FP=0,85	FP=0,92	FP=0,85	FP=0,92	FP=0,85	FP=0,92
1x16(16)	2,719269	2,922973	-	-	-	-
1x25(25)	1,731314	1,850266	-	-	-	-
2x16(16)	-	-	0,992373	1,068445	-	-
2x25(25)	-	-	0,632614	0,678631	-	-
2x35(35)	-	-	0,459509	0,491458	-	-
2x50(50)	-	-	0,343828	0,366293	-	-
2x70(70)	-	-	0,242429	0,256670	-	-
3x16(16)	-	-	-	-	0,442849	0,475181
3x25(25)	-	-	-	-	0,284365	0,303594
3x35(35)	-	-	-	-	0,207675	0,220783
3x50(50)	-	-	-	-	0,156415	0,165363
3x70(70)	-	-	-	-	0,111383	0,116727
3x120(120)	-	-	-	-	0,068289	0,070228
3x240(240)	-	-	-	-	0,039898	0,039573
3x400(400)	-	-	-	-	0,001161	0,001141
3x500(500)	-	-	-	-	0,000983	0,000952

10.10. Características Elétricas – Cabos Cu Isolados – Redes Secundárias
Isolação em EPR com capa externa e XLPE sem capa externa. Condutores
de cobre, na temperatura de 90°C.

Tabela 10

SEÇÃO (mm ²)	REATÂNCIA INDUTIVA XL (Ω/km)	RESISTÊNCIA Rca (Ω/km)	CORRENTE NOMINAL (A)
120	0,100	0,1981	240
240	0,098	0,1009	351

10.11. Coeficientes Queda de Tensão – Cabos Cu Isolados - Redes Secundárias Condutores de cobre, na temperatura de 90°C - % por kVA × 100m.

Tabela 11

SEÇÃO (mm ²)	CQT em %					
	Monofásico		Bifásico		Trifásico	
	FP=0,85	FP=0,92	FP=0,85	FP=0,92	FP=0,85	FP=0,92
1x120(120)	0,274875	0,275349	-	-	-	-
1x240(240)	0,170655	0,162999	-	-	-	-
2x120(120)	-	-	0,094719	0,096991	-	-
2x240(240)	-	-	0,055916	0,055102	-	-
3x120(120)	-	-	-	-	0,045707	0,045786
3x240(240)	-	-	-	-	0,028402	0,027130

10.12. Dimensionamento das Caixas de Inspeção por Quantidade de Dutos

Tabela 12

Caixas de inspeção	Quantidade x Diâmetro nominal dos dutos (mm) / Parede	Disposição dos bancos de dutos (Linha x Coluna)
ZA	2 x 63	1 x 2
ZB	6 x 63	2 x 3
	2 x 125	1 x 2
ZC	4 x 125	2 x 2
	3 x 63 + 2 x 125	1 x 3 + 1 x 2
ZD	9 x 125	3 x 3
	9 x 140	3 x 3
	6 x 125 + 3 x 140	2 x 3 + 1 x 3
	3 x 125 + 6 x 140	1 x 3 + 2 x 3

Notas:

- 1- A tabela contempla os valores máximos de ocupação. Outras configurações podem ser obtidas tomando esta como base.
- 2- Preferencialmente os dutos de maior diâmetro devem ser projetados na linha de baixo.
- 3- As tabelas 16 e 17 devem ser consultadas quando forem previstas conexões elétricas.
- 4- Quando a quantidade de dutos ultrapassarem os valores da tabela, usar mais de uma caixa de inspeção ou um poço de inspeção.

10.13. Dimensionamento dos Dutos PEAD por Diâmetro do Circuito

Tabela 13

Circuito de B.T. (mm ²)	DUTOS CORRUGADOS PEAD (mm)		
	63	125	140
16	X		
25	X		
50		X	
70		X	
120		X	
240		X	
400		X	
500		X	
Circuito de M.T. (mm ²)	63	125	140
50		X	
120		X	
185			X
240			X
400			X

10.14. Dimensionamento dos Eletrodutos de Aço por Diâmetro do Circuito

Tabela 14

	ELETRODUTO DE AÇO (polegada)			
Circuito de B.T. (mm ²)	2"	3"	4"	5"
16	X			
25	X			
50		X		
70		X		
120			X	
240			X	
400			X	
500			X	
Circuito de M.T. (mm ²)	2"	3"	4"	5"
50			X	
120			X	
185				X
240				X
400				X

Nota: As obras de travessias, de acordo com a complexidade e a critério do projetista, podem ser pelo método não destrutivo (MND). Nesse caso o projetista deve entrar em contato com as empresas que disponibilizam o serviço para orçamento e programação de execução.

10.15. Tipos de Caixas, Câmaras e Poços de Inspeção**Tabela 15**

Tipo	Caixas, Câmaras e Poços de Inspeção			
Caixas de inspeção	ZA	ZB	ZC	ZD
Poços de inspeção	XA		XB	
Câmaras transformadoras	TA	TB	TC	TD
Câmara de manobra	VA	VB	VC	

Nota: Os detalhes construtivos das caixas, câmaras e poços de inspeção encontram-se na ND-2.3.

10.16. Dimensionamento das Caixas de Inspeção - Conectores de Perfuração**Tabela 16**

Seção nominal dos condutores (mm ²)	Número de conexões			
	1 a 4	4 a 8	9 a 12	13 a 16
16	ZA	ZB	ZB	ZC
25	ZA	ZB	ZB	ZC
50	ZB	ZB	ZC	ZC
70	ZB	ZB	ZC	ZC
120	ZB	ZB	ZC	ZC
240	ZB	ZC	ZD	ZD

Nota: Podem ser instalados barramentos de derivação no lugar dos conectores de perfuração.

10.17. Conexões de MT em Caixas e Poços de Inspeção

Tabela 17

TIPO	Número de conexões / fase		
	200 amperes	600 amperes	200 / 600 amperes
ZD	3	-	-
XB	-	2	2 / 2
XA	-	6	4 / 6

Notas:

- 1- Quando utilizar conexões de MT em caixa ZD devem ser instalados Barramentos Tríplices e proteção mecânica conforme ND-2.3.
- 2- Não deve ter circuito de BT em caixa ZD contendo conexões de MT.
- 3- Nos poços XB além das conexões de MT podem ser instalados 2 barramentos de derivação tipo 2 ou 1 barramento de derivação tipo 3.
- 4- Nos poços XA além das conexões de MT podem ser instalados 3 barramentos de derivação tipo 2 ou 2 barramentos de derivação tipo 3 ou 2 barramentos isolados.

10.18. Barramentos de Derivação em Caixas de Inspeção

Tabela 18

Tipo	Caixas de Inspeção			
	ZA	ZB	ZC	ZD
1	-	X	X	X
2	-	-	X	X
3	-	-	-	X

Nota: Deve ser usado apenas 1 barramento de derivação por fase/neutro por caixa de inspeção.

10.19. Barramentos Isolados na Saída dos Transformadores Submersíveis**Tabela 19**

Tipo de rede B.T.	Número de Barramentos Isolados (BI) por fase			
	Potência do Transformador Submersível (kVA)			
	300	500	750	1000
Radial	1 x BI	1 x BI	1 x BI	2 x BI
Reticulado	-	Poço de Inspeção	2 x BI	-
		Caixa de Inspeção	1 x BI	

Nota: Nas câmaras transformadoras exclusivas com baixa tensão reticulada (Spot Network) o número de barramentos isolados será definido de acordo com o projeto.

10.20. Acréscimo no Comprimento dos Condutores - Caixas, Poços e Câmaras**Tabela 20**

Caixas, poços e câmaras	Acréscimo no comprimento / ponta de condutor (m)	
	BT	MT
ZA	0,5	-
ZB	0,8	-
ZC	1	-
ZD	2	4
XA	6	8
XB	6	6
VA	5	6
VB	5	6
VC	5	6
TA	5	5
TB	5	5

10.21. Transformadores Padronizados**Tabela 21**

Transformador	Potência (kVA)						
	45	75	150	300	500	750	1000
Submersível					X	X	X
Pedestal	X	X	X	X	X		
Seco					X	X	X

10.22. Dimensionamento dos Circuitos de Baixa Tensão por Transformador**Tabela 22**

Transformador (kVA)	Tipo	Nº de circuitos (Sem fator de agrupamento)
45	Pedestal/Aéreo	1 X [3 # 240 (240)] mm ² (Cu)
		1 X [3 # 240 (240)] mm ² (Al)
75	Pedestal/Aéreo	1 X [3 # 240 (240)] mm ² (Cu)
		1 X [3 # 240 (240)] mm ² (Al)
150	Pedestal/Aéreo	2 X [3 # 240 (240)] mm ² (Cu)
		2 X [3 # 240 (240)] mm ² (Al)
300	Pedestal / Submersível/Aéreo	3 X [3 # 240 (240)] mm ² (Cu)
		3 X [3 # 240 (240)] mm ² (Al)
500	Pedestal / Submersível	4 X [3 # 240 (240)] mm ² (Cu)
		4 X [3 # 400 (400)] mm ² (Al)
750	Submersível	6 X [3 # 240 (240)] mm ² (Cu)
		6 X [3 # 400 (400)] mm ² (Al)
1000	Submersível	8 X [3 # 240 (240)] mm ² (Cu)
		8 X [3 # 400 (400)] mm ² (Al)

10.23. Conectores Formato “H”

Tabela 23

Conectores a compressão - Formato “H”		
TIPO	S1 (mm ²)	S2 (mm ²)
1	(16 - 35)	(16 - 35)
2	(25 - 70)	(30 - 70)
3	(50 - 70)	(50 - 70)
4	(95 - 120)	(50 - 70)
5	(95 - 120)	(95 - 120)
6	(120 - 240)	(120 - 240)
7	(120 - 240)	(16 - 70)

Nota: Conectores para conexão de circuitos de rede de baixa tensão.

10.24. Conectores de Perfuração

Tabela 24

Conectores de Perfuração		
TIPO	Rede (mm ²)	IP / Ramal (mm ²)
1	(6 - 95)	(1,5 - 16)
2	(50 - 150)	(6 - 25)
3	(95 - 240)	(6 - 25)
4	(50 - 95)	(25 - 50)
5	(95 - 240)	(25 - 50)
6	(95 - 240)	(50 - 95)
7	(150 - 240)	(150 - 240)

Nota: Conectores para conexão de ramais de baixa tensão e iluminação pública.

10.25. Barramentos de Derivação**Tabela 25**

Barramento de Derivação					
Tipo	Total de polos	Entradas		Saídas	
		Número de polos	Seção do condutor (mm ²)	Número de polos	Seção do condutor (mm ²)
1	3	1	16-240	2	16-240
2	5	1	16-240	4	16-240
3	8	2	16-240	6	16-240

Notas:

- 1- As entradas serão os polos centrais do barramento.
- 2- Pode ser usado o conector formato H nos casos que não se enquadrem nesta tabela.
- 3- O barramento de derivação só pode ser usado em um circuito por caixa de inspeção.
- 4- Não pode ser utilizado conector de perfuração e/ou formato H em conjunto com o barramento de derivação na mesma caixa de inspeção.

10.26. Dimensionamento Elétrico dos Quadros de Distribuição Tipo Pedestal**Tabela 26**

Tipo do QDP	Potência do Transformador (kVA)	Corrente da Chave (A)	Quantidade de Chaves	Corrente dos Fusíveis NH (A)	Corrente do Barramento (A)
1	45	160	3	100	384
2	75	250	3	200	384
3	150	400	4	250	1180
4	300	400	5	315	1180
5	500	630	5	400	1810

Nota: Os QDP dos transformadores de 45 kVA e 75 kVA projetados para instalação em condomínios deverão ter 4 chaves.

10.27. Nomenclatura para Terminações de Média Tensão

Tabela 27

Cabo de Média Tensão 15/25 kV (mm ²)	Terminação de Média Tensão	
	TBB	TDC/TDR/TDC-L
400	A	a
120	B	b
50	C	c
185	D	d
240	E	e

10.28. Valor Nominal para Tensão Igual ou Inferior a 1kV

Tabela 28

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (Volts)	
Adequada	220/127	$(201 \leq TL \leq 231) / (116 \leq TL \leq 133)$
	380/220	$(348 \leq TL \leq 396) / (201 \leq TL \leq 231)$
Precária	220/127	$(189 \leq TL < 201 \text{ ou } 231 < TL \leq 233) / (109 \leq TL < 116 \text{ ou } 133 < TL \leq 140)$
	380/220	$(327 \leq TL < 348 \text{ ou } 396 < TL \leq 403) / (189 \leq TL < 201 \text{ ou } 231 < TL \leq 233)$
Crítica	220/127	$(TL < 189 \text{ ou } TL > 233) / (TL < 109 \text{ ou } TL > 140)$
	380/220	$(TL < 327 \text{ ou } TL > 403) / (TL < 189 \text{ ou } TL > 233)$

10.29. Valor Nominal para Tensão Superior a 1kV e Inferior a 69kV

Tabela 29

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (TL) em Relação à Tensão de Referência (TR)
Adequada	$0,93TR \leq TL \leq 1,05TR$
Precária	$0,90TR \leq TL < 0,93TR$
Crítica	$TL < 0,90TR$ ou $TL > 1,05TR$

10.30. Raios Mínimos de Curvatura dos Cabos para Instalação Fixa

Tabela 30

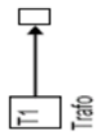
Raios mínimos de curvaturas para condutores isolados, cabos unipolares, cabos unipolares e multipolares multiplexados, sem capa metálica, sem blindagem metálica e sem armação metálica.				
Diâmetro nominal do cabo mm		Igual ou inferior a 25	Superior a 25 e inferior ou igual a 50	Superior a 50
EspeSSura nominal da isolação mm				
Superior a	Inferior ou igual a	x Diâmetro externo nominal do cabo		
-	4	4	5	6
4	8	5	6	7
8	-	-	7	8
<ul style="list-style-type: none"> No caso de cabo multiplexado, deve ser considerado como diâmetro externo nominal o diâmetro nominal sobre a reunião das veias. 				
Raio mínimo de curvatura dos cabos com blindagem de fitas ou cabos com blindagem a fios, individual ou coletiva, combinada ou não com fita metálica descontínua.				
O raio mínimo de curvatura é de 12 vezes o diâmetro externo nominal do cabo.				

Notas:

- Os raios mínimos de curvatura estabelecidos referem-se às curvaturas para instalação permanente dos cabos.
- Se durante a instalação, os cabos estão sujeitos a tensionamento em percursos compreendendo curvaturas (passagens em condutos, equipamentos de auxílio ao puxamento, etc.), são recomendados raios de curvaturas superiores.
- Os raios de curvaturas são referidos à superfície interna do cabo e não ao seu eixo.



11. PLANILHA PARA CÁLCULO DE QUEDA DE TENSÃO



Inseridos		Valor Calculado		Resultados			Tabela de Referência			
Trecho	Cabo (mm²) Metros	kVA no ponto	kVA fim trecho corrente fim trecho	Q.T. no trecho %	Q.T. acumulada %	ALERTA	% carreg.	mm²	V/A*km	Carregamento A Carregamento KVA
				0,00	0,00			1,5	42,070	17,50 3,65
				0,00	0,00			2,5	22,992	23,80 5,24
				0,00	0,00			4	14,396	32,90 7,24
				0,00	0,00			6	9,555	42,00 9,24
				0,00	0,00			10	5,712	58,10 12,78
				0,00	0,00			16	3,647	77,70 17,09
				0,00	0,00			25	2,341	103,60 22,79
				0,00	0,00			35	1,716	101,50 22,33
				0,00	0,00			50	1,292	121,8 26,8
				0,00	0,00			70	0,923	149,8 33,0
				0,00	0,00			95	0,692	179,9 39,6
				0,00	0,00			120	0,567	206,5 45,4
				0,00	0,00			150	0,480	229,6 50,5
				0,00	0,00			185	0,403	259 57,0
				0,00	0,00			240	0,329	300,3 66,1
				0,00	0,00			300	0,283	340,2 74,8
				0,00	0,00					
				0,00	0,00					

12. SÍMBOLOS

12.1. Considerações Gerais

- Os símbolos estão apresentados de forma genérica, sendo que a maioria deles já é de uso normal nas RDS da CEMIG D, e o seu conjunto, suficiente, para atender as necessidades básicas do projetista.

Sempre que necessário, deverão ser complementados com informações adicionais não implícitas nos mesmos, inerentes a cada situação e/ou sistema utilizado.

Estas complementações deverão ser feitas em posição próxima ao respectivo símbolo, quando possível. Caso contrário, fazê-lo no local mais adequado, indicando o símbolo complementado através de uma pequena seta.

O tamanho do símbolo deverá ser proporcional à escala da planta e/ou função do maior ou menor congestionamento da mesma, de forma a não causar dúvidas aos seus usuários.

12.2. Identificação

A identificação das estruturas subterrâneas será feita em função dos tipos (utilização), e de sua numeração sequencial nos projetos, plantas e cadastros.

Por exigência do SIDI (Sistema de Informação de Distribuição), cada estrutura da RDS deverá ser cadastrada por suas coordenadas UTM, “x” e “y”, que poderão ou não constar dos projetos, plantas e cadastros, de acordo com a conveniência do usuário.

Nos projetos, plantas e cadastros, não há necessidade de registrar para cada estrutura os pontos de coordenadas “x” e “y”, sendo suficiente utilizar o seu número sequencial. Caso o usuário deseje, poderão ser utilizados os dois sistemas (numeração sequencial mais pontos coordenados “x” e “y”) na mesma planta ou em plantas separadas, de acordo com a sua necessidade.

Para identificar as câmaras, poços e caixas serão utilizadas representações alfanumérica.

A identificação dos bancos de dutos se faz em função do número de linhas (horizontais) e colunas (verticais) de sua formação.

A identificação de um duto no banco será matricial de acordo com o seu posicionamento, representada por 2 algarismos:

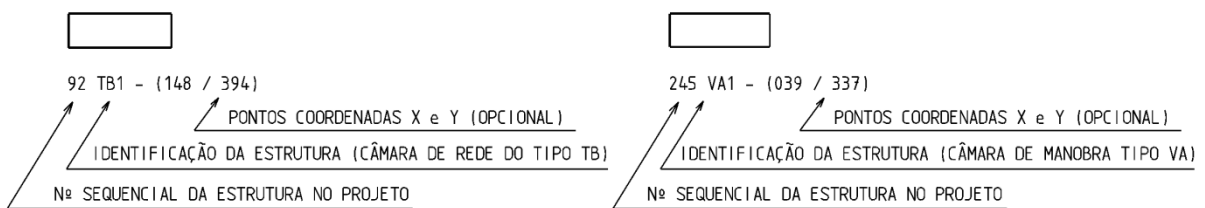
Ex.: Duto 3x1 = duto da terceira linha (de cima para baixo) e segunda coluna (da esquerda para direita).

13. REPRESENTAÇÃO DAS ESTRUTURAS, DUTOS E BARRAMENTOS DE B.T.

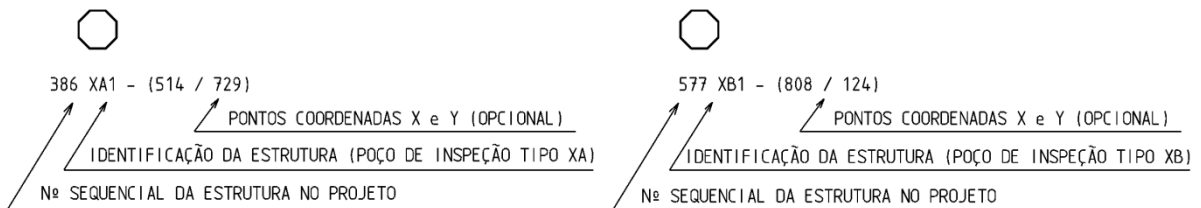
13.1. Estruturas Subterrâneas

A representação das estruturas subterrâneas nas plantas, projetos e cadastros serão feitas de acordo com os seguintes exemplos:

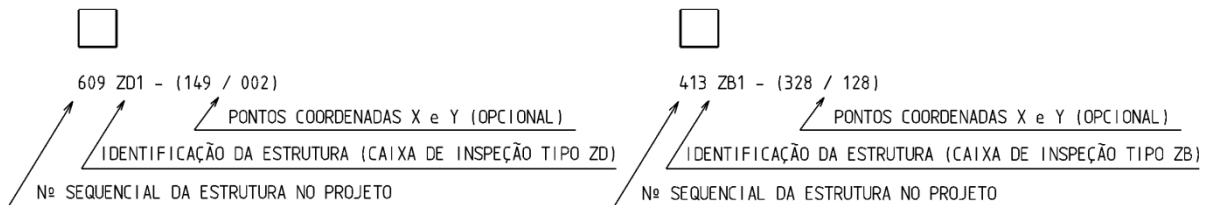
13.1.1 - CÂMARAS



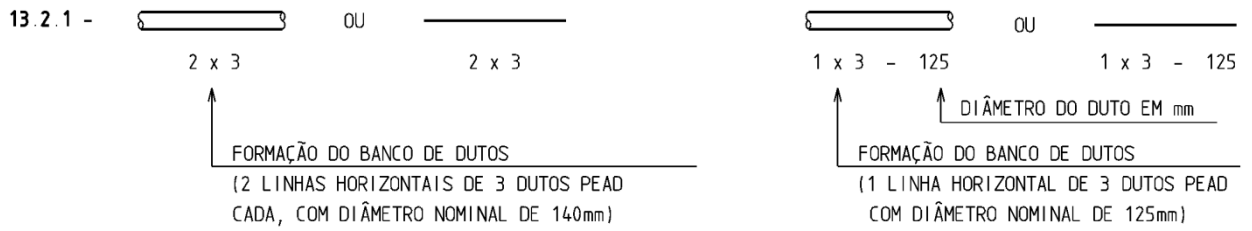
13.1.2 - POÇO DE INSPEÇÃO



13.1.3 - CAIXAS DE INSPEÇÃO



13.2. Dutos



NOTA:

QUANDO NÃO ESPECIFICADOS, OS DUTOS SÃO DE PEAD COM DIÂMETRO NOMINAL DE 140mm.



13.2.3 - QUADRO PARA IDENTIFICAÇÃO DE UM DUTO NO BANCO DE DUTOS:

1 →	11	12	13
2 →	21	22	23
3 →	31	32	33
4 →	41	42	43
5 →	51	52	53
6 →	61	62	63
	1 ↑	2 ↑	3 ↑

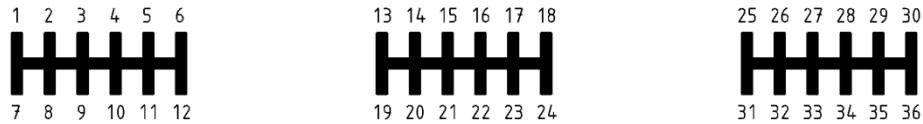
Nº DE LINHAS

Nº DE COLUNAS

13.3. Barramentos de B.T.

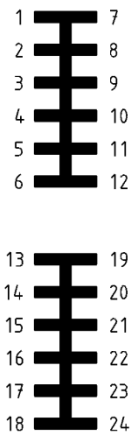
13.3.1 - BARRAMENTO ISOLADO

13.3.1.1 - QUANDO INSTALADOS HORIZONTALMENTE, A IDENTIFICAÇÃO DAS CONEXÕES DOS CIRCUITOS NOS BARRAMENTOS DEVE SER FEITA DA SEGUINTE FORMA:



- NÃO DEVERÃO SER INSTALADOS MAIS DE 3 BARRAMENTOS EM PARALELO, POR FASE.
- IDENTIFICAR NO BARRAMENTO A SAÍDA DO CIRCUITO Nº 1.

13.3.1.2 - QUANDO INSTALADOS VERTICALMENTE, A IDENTIFICAÇÃO DAS CONEXÕES DOS CIRCUITOS NOS BARRAMENTOS DEVE SER FEITA DA SEGUINTE FORMA:



- NÃO INSTALAR MAIS DE 2 BARRAMENTOS EM PARALELO POR FASE.
- IDENTIFICAR NO BARRAMENTO, A SAÍDA DO CIRCUITO Nº 1.

13.3.2 - BARRAMENTO DE DERIVAÇÃO











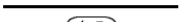





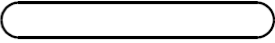

- OS BARRAMENTOS DE DERIVAÇÃO SÃO DO TIPO 1 (3 POLOS), 2 (5 POLOS), E 3 (8 POLOS).
- A IDENTIFICAÇÃO DAS CONEXÕES DOS CIRCUITOS NOS BARRAMENTOS DE DERIVAÇÃO DEVE SER FEITA DA SEGUINTE FORMA:



- IDENTIFICAR, NO BARRAMENTO, AS SAÍDAS DOS CIRCUITOS DE Nº 1.
- NO BARRAMENTO DE 3 POLOS O CIRCUITO DE ENTRADA DEVE SER CONECTADO NO POLO 2.
- NO BARRAMENTO DE 5 POLOS O CIRCUITO DE ENTRADA DEVE SER CONECTADO NO POLO 3.
- NO BARRAMENTO DE 8 POLOS OS CIRCUITOS DE ENTRADA DEVERÃO SER CONECTADOS NOS POLOS 4 E 5.

14. SIMBOLOGIA

14.1. Simbologia Civil

DESCRIÇÃO	TIPOS	SÍMBOLOS			
		EXISTENTE	PROJETADO		
CÂMARA TRANSFORMADORA DE REDE	TA TB TC TD	 TB	 (TB) OU  (TB)		
CÂMARA TRANSFORMADORA DE CONSUMIDOR	SA SB SC		CÂMARA DE MANOBRA	VA VB VC	
POÇO DE INSPEÇÃO	XA XB			 XA	OU
CAIXA DE INSPEÇÃO	ZA ZB ZC ZD	 ZD	 (ZD)	OU	 (ZD)
BANCO DE DUTOS	1 x 1 1 x 3 2 x 3 ETC.	 1x3 OU  1x3	 (1x3) OU  (1x3)		
CAIXA DE PASSAGEM SUBTERRÂNEA					
DESCIDA DE POSTE PRIMÁRIO OU SECUNDÁRIO		 100-FG	 100-FG OU  100-FG		
INDICAÇÃO DE MATERIAL, ESTRUTURA OU EQUIPAMENTO "A INSTALAR"					
INDICAÇÃO DE MATERIAL, ESTRUTURA OU EQUIPAMENTO "A RETIRAR"					

14.2. Simbologia Elétrica

DESCRIÇÃO	SÍMBOLOS	
	EXISTENTE	PROJETADO
EXTREMIDADE DE UM CONDUTOR NÃO CONECTADO		
CRUZAMENTO DE CONDUTORES SEM CONEXÃO		
CONDUTOR DO GRUPO DE CONDUTORES		
CONEXÃO DE CONDUTORES		
CONEXÃO PREMOLDADA ''MBT'' CONDUTOR DE M.T. - 400mm ²	A	
CONEXÃO PREMOLDADA ''MBT'' CONDUTOR DE M.T. - 120mm ²	B	
CONEXÃO PREMOLDADA ''MBT'' CONDUTOR DE M.T. - 50mm ²	C	
CONEXÃO PREMOLDADA ''MBT'' CONDUTOR DE M.T. - 185mm ²	D	
CONEXÃO PREMOLDADA ''MBT'' CONDUTOR DE M.T. - 240mm ²	E	
CONEXÃO PREMOLDADA DESCONNECTÁVEL (TDC/TDR) CONDUTOR DE M. T. - 120mm ²	b	
CONEXÃO PREMOLDADA DESCONNECTÁVEL (TDC/TDR) CONDUTOR DE M.T. - 50mm ²	c	
CONEXÃO PREMOLDADA PRIMÁRIA, COMPOSTA POR 2 CONDUTORES AL, 400mm ² (MBT) E UM CONDUTOR AL, 120 mm ² (DESCONECTÁVEL)		
BARRAMENTO DE DERIVAÇÃO (COBRE / ALUMÍNIO) - 600 V		
BARRAMENTO DE DERIVAÇÃO (COBRE / ALUMÍNIO) - 600 V		
BARRAMENTO DE DERIVAÇÃO (COBRE / ALUMÍNIO) - 600 V		
BARRAMENTO ISOLADO (COBRE / ALUMÍNIO) - 600V		
BARRAMENTO TRIPLEX ISOLADO PARA 15/25kV - 200A		
BARRAMENTO QUADRUPLIX ISOLADO PARA 15/25kV - 200A		


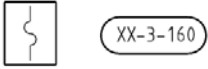






Simbologia

DESCRIÇÃO	SÍMBOLOS	
	EXISTENTE	PROJETADO
LUVA DE COMPRESSÃO BIMETÁLICA 240mm ² - Cu / Al		
FUSÍVEL LIMITADOR DE CORRENTE PARA PROTEÇÃO DE CABO DE COBRE - 240mm ²		
FUSÍVEL LIMITADOR DE CORRENTE PARA PROTEÇÃO DE CABO DE ALUMÍNIO - 240mm ²		
FUSÍVEL LIMITADOR DE CORRENTE BIMETÁLICO PARA PROTEÇÃO DE CABO 240mm ² - Cu / Al		
PROTETOR DE RETICULADO		
DISJUNTOR DE B.T.		
CÂMARA TRANSFORMADORA SISTEMA RETICULADO		
CÂMARA TRANSFORMADORA SISTEMA RADIAL (COM TERMINAIS DESCONECTÁVEIS)		
CÂMARA TRANSFORMADORA SISTEMA DUPLA ALIMENTAÇÃO (COM TERMINAIS DESCONECTÁVEIS)		
REPRESENTAÇÃO DE 2 CIRCUITOS PRIMÁRIOS - ALIMENTADORES C1 e C2 - EM CABOS ISOLADOS PARA 15kV, CONDUTORES FASES EM ALUMÍNIO, BITOLA 400mm ² E NEUTRO EM COBRE NU DE 70mm ²	$2[3\#400(70)]-13,8kV$ Al. 01 e 02	$2[3\#400(70)]-13,8kV$ Al. C1 e C2
REPRESENTAÇÃO DE CIRCUITOS SECUNDÁRIOS - C1 e C2 - EM CABOS ISOLADOS PARA 0,6/1kV, CONDUTORES FASES EM ALUMÍNIO, BITOLA 240mm ² , NEUTRO EM COBRE NU DE 70mm ²	$3\#240(70) - C1$	$3\#240(70) - C1$
	$\frac{2[3\#240(70)]}{C1 - C2}$	$\frac{2[3\#240(70)]}{C1 - C2}$
REPRESENTAÇÃO DE CIRCUITOS SECUNDÁRIOS - C1 e C2 - EM CABOS ISOLADOS PARA 0,6/1kV, CONDUTORES FASES EM ALUMÍNIO, BITOLA 240mm ² , NEUTRO EM ALUMÍNIO ISOLADO DE 240mm ²	$3\#240(70) - C1$	$3\#240(70) - C1$
	$\frac{2[3\#240(240)]}{C1 - C2}$	$\frac{2[3\#240(240)]}{C1 - C2}$
REPRESENTAÇÃO DE UM RAMAL SECUNDÁRIO, - R1 - DERIVADO DE UM CIRCUITO C1, EM CABOS ISOLADOS PARA 0,6/1kV, CONDUTORES FASES EM ALUMÍNIO BITOLA 70mm ² , NEUTRO EM COBRE NU DE 35mm ²	$3\#70(35) - R1$	$3\#70(35) - R1$

Simbologia

DESCRIÇÃO	SÍMBOLOS	
	EXISTENTE	PROJETADO
REPRESENTAÇÃO DE UM RAMAL SECUNDÁRIO, - R1 - DERIVADO DE UM CIRCUITO C1, EM CABOS ISOLADOS PARA 0,6kV, CONDUTORES FASES EM ALUMÍNIO BITOLA 70mm ² , NEUTRO EM ALUMÍNIO ISOLADO DE 70mm ²	3#70 (70) - R1	
REPRESENTAÇÃO DE UM RAMAL SECUNDÁRIO, - R1 - DERIVADO DE UM CIRCUITO C1, EM CABOS ISOLADOS PARA 0,6kV, CONDUTORES FASES EM ALUMÍNIO BITOLA 240mm ² , NEUTRO EM COBRE NU DE 35mm ²	3#240 (35) - R1	
REPRESENTAÇÃO DE UM RAMAL SECUNDÁRIO, - R1.1 - DERIVADO DE UM CIRCUITO R1, EM CABOS ISOLADOS PARA 600V, CONDUTORES FASES EM ALUMÍNIO BITOLA 16mm ² , NEUTRO EM COBRE NU DE 10mm ²	<u>3#16 (10) - R1.1</u>	
REPRESENTAÇÃO DE UM RAMAL SECUNDÁRIO, - R1.1 - DERIVADO DE UM CIRCUITO R1, EM CABOS ISOLADOS PARA 600V, CONDUTORES FASES EM ALUMÍNIO BITOLA 16mm ² , NEUTRO EM ALUMÍNIO ISOLADO 16mm ²	<u>3#16 (16) - R1.1</u>	
POSIÇÃO DOS CIRCUITOS, NUM BANCO DE DUTOS DO TIPO 2 x 3		
CHAVE FACA SECA, ABERTURA EM CARGA, COM TERMINAL 'T' PARA 600A, INSTALADA EM CÂMARA DE MANOBRA	 NA OU NF - 600A	 NA OU NF - 600A
INDICADOR DE DEFEITO		
TERMINAL DE CABO DE M.T. (MUFLA) (CONVERSÃO DE RDA PARA RDS)		
TERMINAL DESCONECTÁVEL TIPO COTOVELO TDC - 15 / 25kV - 200A		
BUCHA ISOLANTE BLINDADA PIB - 15 / 25kV - 200A		
TERMINAL DESCONETÁVEL ACOPLADO EM BUCHA ISOLANTE BLINDADA INSTALADA EM EQUIPAMENTOS		
RECEPTÁCULO ISOLANTE BLINDADO RIB - 15kV / 25kV		
CHAVE SECCIONADORA ABERTURA SOB CARGA		
CHAVE DE TRANSFERÊNCIA (M.T.)		

Simbologia

DESCRIÇÃO	SÍMBOLOS	
	EXISTENTE	PROJETADO
QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO PEDESTAL - QDP	 XX-3-160	 XX-3-160
TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA	 OU 500kVA	 OU 500kVA
TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL (PAD-MOUNTED) - CEMIG	 XXXXXX-75	 XXXXXX-75
TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL (PAD-MOUNTED) - PARTICULAR	 XXXXXX-75	 XXXXXX-75