

REDE SUBTERRÂNEA

SUMÁRIO

1.	OBJETIVO	04
2.	NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES	04
3.	TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES	04
4.	CONSIDERAÇÕES GERAIS	06
4.1.	Tensão nominal	06
4.2.	Instalações dos consumidores	06
4.3.	Iluminação pública / externa	07
4.4.	Medição centralizada	07
5.	ATENDIMENTO AOS EMPREENDIMENTOS	07
5.1.	Apresentação do projeto	07
5.1.1.	Correspondência do empreendedor	07
5.1.2.	Correspondência da empresa responsável pelo projeto	08
5.1.3.	Planta planialtimétrica e urbanística	08
5.1.4.	Autorização de poda e abate de árvores	08
5.1.5.	Documentação do registro do empreendimento	08
5.1.6.	Memorial descritivo	08
5.1.7.	Projeto básico da rede secundária	08
5.1.8.	Projeto básico da rede primária	09
5.1.9.	Projeto básico das obras civis	09
5.2.	Plantas básicas	09
5.3.	Indicações dos projetos	09
6.	PREVISÃO DE CARGAS	10
6.1.	Considerações gerais	10
6.2.	Metodologia	10
6.3.	Demandas de consumidores não residenciais	11
6.4.	Demanda de edifício de uso coletivo – residencial	12
6.5.	Demanda de edifício comercial	14
6.6.	Demanda de edifício misto	14
6.7.	Carga especial	14
6.7.1.	Aparelhos de raios-X	14
6.7.2.	Máquina de solda transformadora	15
6.7.3.	Fator de demanda	15
6.8.	Ramal de entrada secundário	15
6.9.	Nota complementar	15
7.	CARACTERÍSTICAS GERAIS DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	15
7.1.	Generalidades	15
7.2.	Cabos	16
7.2.1.	Cabos isolados de média tensão	16
7.2.2.	Cabos isolados de baixa tensão	16
7.2.3.	Condutor de proteção	16
7.2.4.	Acondicionamento	16
7.2.5.	Instalação	19
7.3.	Transformador	20
7.3.1.	Transformador em pedestal	20
7.3.2.	Transformadores aéreos	21
7.4.	Acessórios desconectáveis	23
7.5.	Terminais externos	25
7.6.	Emendas retas fixas	25

REDE SUBTERRÂNEA

7.7.	Chaves de manobras / proteção	25
7.8.	Indicador de defeito	26
7.9.	Quadro de distribuição em pedestal - QDP	26
7.10.	Emendas de derivações na rede secundária	28
8.	OBRAS CIVIS	28
8.1.	Generalidades	28
8.2.	Caixas de inspeções primárias	28
8.3.	Caixas de passagem secundárias	34
8.4.	Base de transformador em pedestal	36
8.5.	Base de quadro de distribuição em pedestal (QDP)	37
8.6.	Canalizações	38
8.6.1.	Generalidades	38
8.6.2.	Diâmetros dos Dutos	38
8.6.3.	Características mecânicas	38
8.6.4.	Profundidade mínima	38
8.6.5.	Espaçamentos entre dutos	38
8.6.6.	Extremidades dos dutos	39
8.6.7.	Fio guia	40
8.6.8.	Fita de advertência	40
8.6.9.	Instalação	40
8.6.9.1.	Escavação	40
8.6.9.2.	Escoramento	40
8.6.9.3.	Apiloamento do fundo da vala	41
8.6.9.4.	Instalação dos dutos envelopados de concreto	41
8.6.9.5.	Instalação dos dutos diretamente enterrados	41
8.6.9.6.	Concreto	41
8.6.9.7.	Reaterro	42
8.6.9.8.	Mandrilamento	42
9.	ROTEIRO DO PROJETO BÁSICO	43
10.	REDE SECUNDÁRIA SUBTERRÂNEA	43
10.1.	Concepção básica	43
10.2.	Queda de tensão	43
10.3.	Localização do transformador em pedestal	45
10.4.	Circuitos secundários	46
10.5.	Derivações para ramais de entrada	46
10.6.	Ramal de entrada	47
10.7.	Emendas retas	47
10.8.	Quadros de distribuição em pedestal - QDP	48
10.9.	Identificações	49
10.10.	Transformador: capacidade nominal e conexão da rede secundária	52
11.	REDE PRIMÁRIA SUBTERRÂNEA	52
11.1.	Concepção básica	52
11.2.	Queda de tensão	53
11.3.	Circuitos primários	53
11.4.	Acessórios desconectáveis dos circuitos primários	54
11.5.	Emendas retas	56
11.6.	Terminais externos	56
11.7.	Consumidores primários	56
11.8.	Indicador de defeito	56
11.9.	Chave seccionadora	56
11.10.	Postes de transição	57

REDE SUBTERRÂNEA

12.	PROTEÇÃO CONTRA SOBRECORRENTES	58
12.1.	Transformadores em pedestal	58
12.2.	Fusíveis NH de QDP's	58
12.3.	Fusíveis de expulsão nos postes de transição	58
13.	PROTEÇÃO CONTRA SOBRETENSÕES	58
14.	ATERRAMENTO	59
15.	REDES MISTAS	61
16.	PROJETO BÁSICO CIVIL	62
16.1.	Generalidades	62
16.2.	Banco de dutos	62
16.3.	Caixas de inspeções	63
16.4.	Base de transformador em pedestal	65
16.5.	Base de quadro de distribuição em pedestal	65
16.6.	Projeto estrutural	65
16.7.	Pré moldados	65
17.	CONSIDERAÇÕES COMPLEMENTARES	65
18.	IMPLANTAÇÃO DE REDES SUBTERRÂNEAS	65
18.1.	Obras civis	65
18.2.	Rede elétrica	66
Anexo A: Simbologia		68
Anexo B: Queda de tensão		77

REDE SUBTERRÂNEA

1. OBJETIVO

Esta norma tem por objetivo estabelecer os procedimentos técnicos e critérios básicos para a elaboração de projetos elétricos de redes subterrâneas de distribuição da RIO GRANDE ENERGIA S.A. - RGE, em novos empreendimentos, de forma a:

- assegurar as necessárias condições técnicas das instalações elétricas;
- possibilitar qualidade adequada no fornecimento de energia;
- assegurar níveis de segurança compatíveis com as necessidades operacionais da rede de distribuição;
- melhorar as relações entre a Concessionária e os clientes através de especificação dos aspectos técnicos.

Estes procedimentos e critérios aplicam-se a projetos de redes primárias e secundárias nas tensões padronizadas pela RGE (380/220 V, 13 800 e 23 100 V).

Nota: A RGE se reserva o direito de alterar esta norma sem prévio aviso. O interessado deve manter contato com a RGE antes de tomar qualquer providência quanto ao projeto e a liberação da instalação.

2. NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Na aplicação desta norma é necessário consultar:

- NBR 5437 - Bucha para transformadores sem conservador de óleo – tensão nominal 1,3 kV, 180 A, 400 A, 800 A – Dimensões;
- NBR 6236 - Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos;
- NBR 6251 - Cabos de Potência com Isolação Sólida Extrudada para Tensões de 1 a 35 kV – Construção – Padronização;
- NBR 6252 - Condutores de alumínio para cabos isolados – Padronização;
- NBR 7211 - Agregado para concreto – especificação;
- NBR 7310 - Transporte, armazenamento e utilização de bobinas de condutores elétricos;
- NBR 9369 - Transformadores subterrâneos: Características elétricas e mecânicas;
- NBR 9511 - Cabos elétricos – Raios mínimos de curvatura para instalação e diâmetros mínimos de núcleos de carretéis para acondicionamento.;
- NBR 11137 - Carretel de madeira para acondicionamento de fios e cabos elétricos – Dimensões e estruturas;
- NBR 11835 - Acessórios isolados desconectáveis para cabos de potência para tensões de 15 kV a 35 kV.
- NBR 13.898 - Duto espiralado corrugado flexível, em polietileno de alta densidade, para uso metroferroviário;
- NBR 13.987 - Cabos pára-raios com fibras ópticas para linhas aéreas de transmissão (OPGW) – Torção – Método de Ensaio;
- ABNT – Projeto: 02:143.25-015: Tampões e grelhas de ferro fundido – Especificações e ensaios; ABNT – Projeto 03.064.03-001: Sistemas de dutos de polietileno para energia – Dutos de parede corrugada - Requisitos;
- ANSI/IEEE 386 – IEEE Standard for separable insulated connector systems for power distribution systems above 600V;
- DIN 43.629-1: Cable distribution cubicle; cabinet, base, mounting dimensions.
- RIC - BT: Regulamento de Instalações Consumidoras de Baixa Tensão (RGE/CEEE/AES Sul);
- RIC – MT: Regulamento de Instalações Consumidoras de Média Tensão (RGE/CEEE/AES Sul).

3. TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES

• Sistema de distribuição

É a parte do sistema de potência destinado ao transporte de energia elétrica a partir do barramento secundário de uma subestação de distribuição (onde termina a subtransmissão), até o ponto de entrega da unidade consumidora.

• Circuito primário subterrâneo

Parte da rede subterrânea, constituída de cabos isolados, que alimentam os transformadores de distribuição da concessionária e/ou de consumidores.

• Circuito secundário subterrâneo

Parte da rede subterrânea constituída de cabos isolados que, a partir dos transformadores de distribuição, conduzem energia aos pontos de consumo.

REDE SUBTERRÂNEA

- **Ramal de entrada secundário subterrâneo**
São os condutores e acessórios compreendidos entre o ponto de derivação no circuito secundário e a medição.
- **Ramal de entrada primário subterrâneo**
São os condutores e acessórios compreendidos entre o ponto de derivação no circuito primário e a medição.
- **Poste de transição**
Poste a partir do qual são derivados os circuitos subterrâneos primários ou secundários.
- **Transformador em 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.
- **Quadro de distribuição em 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 (entradas de serviço).
- **Unidade consumidora**
Nos edifícios é considerado como unidade consumidora, cada apartamento, individualizado pela respectiva medição de energia, enquanto na parte térrea, cada lote constitui uma unidade.
- **Ponto de entrega**
Ponto de entrega de energia nas redes de distribuição subterrâneas, em condomínios residenciais, será no ponto de conexão da derivação da rede secundária, com o ramal de entrada do cliente, interno à caixa de passagem.
- **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.
- **Loteamento**
Subdivisão de gleba em lotes destinados a edificações com aberturas de novas vias de circulação de logradouros públicos ou prolongamento, modificação ou ampliação de vias existentes.
- **Loteamento edificado**
Loteamentos com todos os serviços de infra-estrutura (água, energia elétrica, telefone, pavimentação e outros) e residências construídas. (Nota: os loteamentos edificados são colocados à venda para ocupações imediatas das residências).
- **Loteamento não edificado**
Loteamentos somente com os serviços de infra-estrutura (água, energia elétrica, telefone, pavimentação e outros) construídos. Nota: nos loteamentos não edificados são colocados a venda lotes, sendo de responsabilidade dos compradores as futuras construções das residências e as ligações dos serviços de infra-estrutura.
- **Carga instalada**
É a soma das potências nominais em kW das cargas a serem ligadas ao sistema considerado.
- **Demanda**
É a potência, em kVA ou em kW, requisitada por determinada carga instalada. Normalmente se considera a potência média de um intervalo de 15 minutos.
- **Demanda máxima**
É a maior de todas as demandas registradas ou ocorridas durante um período de tempo definido (um dia, uma semana, um ano, etc).
- **Fator de demanda**
É a relação entre a demanda máxima e a carga instalada, ambas tomadas na mesma unidade.
- **Fator de carga**
É a relação entre a demanda média obtida com base no consumo e a demanda máxima de potência durante um período de tempo.

REDE SUBTERRÂNEA

- **Fator de diversidade**

É a relação entre a soma das demandas máximas individuais de um determinado grupo de consumidores e a demanda máxima real total desse mesmo grupo. É também a relação entre a demanda máxima de um consumidor e a sua demanda diversificada.

- **Fator de coincidência**

É a relação entre a demanda máxima real total de um determinado grupo de consumidores e a soma das demandas máximas individuais desse mesmo grupo. É também a relação entre a demanda diversificada de um consumidor e sua demanda máxima.

- **Fator de potência**

É a razão da energia ativa para a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias ativa e reativa, num intervalo de tempo especificado.

- **kVAs**

Função matemática (kWh-kVA) que permite conhecer, para o processamento dos cálculos elétricos de rede de distribuição, a demanda a partir dos consumos de faturamento.

- **Carregamento de transformador**

Relação percentual entre a demanda de um transformador e a potência nominal do mesmo.

- **Queda de tensão balanceada**

Queda de tensão calculada para a condição ideal em que a carga do circuito é distribuída igualmente entre as fases existentes, expressa em porcentagem de tensão nominal.

- **Caixa de inspeção**

Construção de concreto, destinada a alojar acessórios (emendas retas e de derivações) e equipamentos (chaves, indicadores de defeito), assim como possibilitar a passagem de cabos (mudança de direção, limitação de trechos, fins de linhas, etc), cujas dimensões permitam locomoção de pessoas, internamente a mesma, para execução dos serviços.

- **Caixa de passagem**

Construção de concreto ou alvenaria, destinada a alojar acessórios (emendas retas e de derivações) assim como possibilitar a passagem de cabos (mudança de direção, limitação de trechos, fins de linhas, etc), cujas dimensões internas impliquem em necessidade de espaço externo a mesma para execução dos serviços (retirada do tampão de concreto / ferro instalado sobre a mesma). Nota: caixas de passagem podem ser utilizadas nas redes primárias e / ou secundárias.

4. CONSIDERAÇÕES GERAIS

4.1. Tensão nominal

4.1.1. As tensões nominais das redes primárias subterrâneas são definidas em função do sistema de distribuição do local, podendo ser 13,8 kV ou 23,1 kV. Nota: caso solicitado pelo empreendedor, a RGE fornecerá a tensão primária de atendimento ao empreendimento.

4.1.2. As tensões admissíveis no ponto de entrega deverão estar na faixa apresentada na [tabela 4.1](#).

4.2. Instalações dos consumidores

As instalações dos consumidores (entrada dos consumidores) deverão ser feitas considerando os procedimentos e requisitos estabelecidos nos padrões específicos da RGE (RIC-BT e RIC-MT), que estão indicados no item 2.

REDE SUBTERRÂNEA

Tabela 4.1: Tensões admissíveis nos pontos de entrega

Rede	Tensão (V)		
	Nominal	Mínima	Máxima
Primária	23 100 (1)	21 483	24 255
	13 800 (2)	12 834	14 490
Secundária	380 / 220	348 / 201	396 / 231

1: Tensão contratada: 23 100 V

2: Tensão contratada: 13 800 V

4.3. Iluminação pública / externa

4.3.1. Os projetos de iluminação pública serão ao longo das vias públicas e também poderão considerar praças e jardins ou logradouros públicos em geral.

4.3.2. A execução de projeto e de construção da rede de iluminação pública somente será realizada quando solicitada pela Prefeitura que deve se responsabilizar pelos custos correspondentes (instalação, energia, etc).

4.3.3. Em empreendimentos fechados, alimentados por redes subterrâneas de distribuição, a rede de iluminação externa (vias de circulação de pessoal e/ou veículos, praças, etc) pode ser projetada, construída e mantida pelo loteador / incorporador, que para tanto poderá utilizar padrões construtivos e materiais que atendam os seus objetivos. Nestes casos, o loteador/empreendedor será responsável pelo consumo de energia que poderá ser medido, através de medição(ões) específica(s), incluída no condomínio ou estimado.

4.4. Medição centralizada em condomínios fechados

Caso solicitado pelo empreendedor, a RGE analisará a possibilidade de implantar medição centralizada na portaria. Para tanto medidores especiais deverão ser utilizados nas residências de maneira a possibilitar transmissão dos dados de consumo para um ponto localizado na portaria.

Notas:

- a) Os leituristas não entrarão no empreendimento visto que as leituras são feitas na portaria.
- b) Custos adicionais (medidores, cabos, dutos, etc) são de responsabilidade dos empreendedores.

5. ATENDIMENTO AOS EMPREENDIMENTOS

5.1. Apresentação do projeto

A análise e liberação pela RGE, de um projeto de rede subterrânea em empreendimento, poderá ser feita desde que a documentação indicada a seguir seja apresentada pelos interessados.

5.1.1. Correspondência do empreendedor

O empreendedor deverá enviar correspondência com as seguintes informações:

- proprietário: nome, responsável, CNPJ, inscrição estadual, e-mail, telefone;
- empresa contratada para execução do projeto: nome, responsável, endereço, e-mail, telefone, fax;
- áreas (total do empreendimento, total dos lotes, comuns, verdes, institucionais, etc) e número de lotes do empreendimento;
- datas previstas para início das obras de terraplanagem e da rede elétrica, para início de vendas e para conclusão do empreendimento (entrega dos lotes / casas) (confirmar ou alterar informações da consulta preliminar).

Nota - Para os casos em que, para possibilitar a interligação do loteamento, seja necessário à incorporação de linhas / redes particulares e com a finalidade de permitir a RGE executá-la, deverá ser apresentado uma carta na qual o empreendedor expresse essa intenção. Para efetivação da incorporação, essas instalações elétricas deverão ser regularizadas às expensas dos interessados.

REDE SUBTERRÂNEA

5.1.2. Correspondência da empresa responsável pelo projeto

A empresa responsável pelo projeto deverá enviar correspondência com as seguintes informações:

- informações da empresa: nome completo, endereço, certidão do CREA; CNPJ, inscrição estadual, nome do responsável técnico da empresa juntamente com o respectivo número de registro no CREA, telefones de contatos, e-mails, fax, etc;
- responsável técnico pela obra: nome completo, endereço, número do registro no CREA; telefones de contatos, e-mails, etc.

5.1.3. Planta planialtimétrica e urbanístico

Deve ser apresentada uma planta planialtimétrica do loteamento, aprovada pela prefeitura, com a localização do empreendimento dentro do município a que pertence, em escala adequada, indicando as vias públicas adjacentes ao empreendimento, a divisão de lotes, arruamento, praças e largura de calçada.

Deve ser apresentado o projeto urbanístico quando o empreendimento se localizar na área urbana, a RGE exige a apresentação do projeto urbanístico aprovado pela Prefeitura Municipal.

5.1.4. Autorização de Poda ou Abate de Árvores

Deve ser apresentada a Autorização dos Órgãos Públicos competentes para o desmatamento, poda ou abate de árvores.

5.1.5. Documentação do registro do empreendimento

Deve ser apresentada a documento de comprovação do registro do empreendimento no Cartório de Registro de Imóveis.

5.1.6. Memorial descritivo

O projetista deverá apresentar um memorial descritivo (3 cópias) contendo informações referentes a:

- nome e endereço do empreendimento;
- firma responsável pelo projeto;
- descrição básica do empreendimento: área total, tipo de empreendimento (edificado / não edificado), número de residências / lotes, áreas das residências / lotes, lançamento de vendas;
- cronograma previsto para início das obras e para energização da rede;
- características das obras a serem implantadas nas áreas comuns (clubes, áreas de recreação, administração, iluminação externa, bombas de recalque) e relações das cargas instaladas correspondentes;
- estimativas (previsões) de cargas para dimensionamento da rede;
- cálculos elétricos: cargas / seções dos cabos, cargas / capacidades nominais dos transformadores, tipo, chaves e fusíveis dos quadros de distribuição em pedestal, quedas de tensões nos circuitos secundários, etc;
- outros serviços (água, esgoto, telefone, TV a cabo, etc);
- descrições básicas de compra e quantidades previstas de materiais e equipamentos;
- outros serviços (água, esgoto, telefone, TV a cabo, etc);
- cópia autenticada da Anotação de Responsabilidade Técnica – ART correspondente ao projeto da rede de distribuição subterrânea, assim como a cópia autenticada da carteira do registro do CREA dos profissionais técnicos e da firma responsáveis pelo projeto.

5.1.7. Projeto básico da rede secundária

O projeto básico da rede secundária deve indicar:

- ramal de entrada: quantidade (número de fase(s) + neutro) e seção dos cabos;
- circuitos secundários: quantidade, tipo e localização de cabos e acessórios (derivações, emendas e outros);
- quadros de distribuição em pedestal: modelos, quantidades e capacidades das chaves e dos fusíveis NH (Nota: materiais adicionais para instalação dos quadros de distribuição, tal como conectores, também devem ser indicados na planta);
- transformadores de distribuição: tipo, localização e potências nominais;
- diagrama unifilar, por transformador, com identificação e potência do transformador, tipo, chaves e fusíveis dos quadros de distribuição em pedestal, cabos (número, seções e comprimento) e consumidores (identificação).

REDE SUBTERRÂNEA

5.1.8. Projeto básico da rede primária

O projeto básico da rede primária deve indicar:

- poste de transição;
- transformadores de distribuição: localização e potências nominais;
- circuitos e ramais de entrada primários: seções e localizações dos cabos, identificação e localização dos acessórios (desconectáveis, emendas retas, terminais, indicadores de defeito, pára-raios, chaves fusíveis e outros), postes de transição e outros;
- diagrama unifilar com postes de transições (identificação, chave NA ou NF), cabo (número, seção e comprimento) e transformador (identificação e potência).

5.1.7. Projeto básico das obras civis

Os projetos básicos de obras civis devem indicar e identificar:

- postes de transição;
- canalizações subterrâneas;
- caixas de inspeção;
- caixas de passagem;
- base(s) do(s) transformador(es) e do(s) quadro(s) de distribuição em pedestal.

5.2. Plantas básicas

5.2.1. Os projetos básicos (primário, secundário e obras civis) devem ser desenvolvidos sobre uma mesma planta básica na escala 1:500 (Nota – deve ser considerada escala 1:50 para detalhes correspondentes a bases de transformadores e quadros de distribuição em pedestal, caixas de inspeções, caixas de passagem, etc e 1:20 para detalhes referentes a seções transversais de linha de dutos);

5.2.2. Para loteamento com área superior a 500 000 m² e com lotes de áreas superiores a 1 000 m², os projetos podem ser elaborados na escala 1:1 000.

5.2.3. As plantas básicas devem ser feitas em folhas de tamanho padrão A0 ou menor e conter:

- logradouros públicos (ruas, praças, calçadas, canteiros centrais, ilhas e outros), rodovias e ferrovias;
- indicações dos lotes (dimensões);
- túneis, pontes e viadutos;
- situação física da rua;
- acidentes topográficos e obstáculos mais destacados que possam influenciar na escolha do melhor traçado;
- divisas de municípios e estados;
- indicações das linhas de transmissão e das redes particulares com as respectivas tensões nominais.

5.2.4. Cada um dos projetos básicos (primário, secundário e civil) deve ser feito em planta exclusiva e serem enviadas em 3 cópias para a RGE. Também devem ser fornecidos arquivos em meio digital dos projetos (elétrico e civil) em dwg (AutoCAD). Será aceito compactação dos arquivos desde que utilizado o padrão ZIP. Outro padrão será aceito desde que o programa de descompactação seja de domínio público e fornecido pelo interessado.

5.2.5. A simbologia para representação gráfica de acordo com o estabelecimento no [Anexo A](#).

5.2.6. Todas plantas devem ter identificação, número do CREA e assinatura do responsável técnico que consta da ART correspondente.

5.3. Indicações dos projetos

Os projetos referentes à rede subterrânea de energia devem ser elaborados considerando:

- indicações, nos projetos secundários e primários, dos materiais e equipamentos a serem utilizados, através dos conjuntos padronizados pela RGE (estruturas). Notas: a) Materiais adicionais não constantes dos conjuntos devem ser indicados através de códigos mencionados nesta norma. Quando não mencionado nesta norma o projetista poderá definir o código correspondente e indicar na legenda;
- apresentação de tabelas, nas plantas correspondentes ao projeto primário, para cada componente (caixas de inspeções, bases de transformador em pedestal, etc), indicando as estruturas (ferragens) e materiais padronizados adicionais previstos para instalações nas mesmas.

6. PREVISÃO DE CARGAS

6.1. Considerações gerais

As previsões de cargas dependem das características do empreendimento e são de responsabilidade do projetista que deve estar familiarizado com o objetivo do empreendedor e possuir informações sobre empreendimentos semelhantes.

Nas previsões de cargas, os projetistas devem levar em conta que a mesma deve ser prevista para um horizonte para o qual não devem ser executadas obras que causem transtornos aos moradores do empreendimento. Para tanto é aconselhável considerar horizonte de:

- 5 anos para a rede elétrica (circuitos primários, transformadores e circuitos secundários);
- 10 anos para obras civis.

A RGE visando evitar problemas operativos decorrentes de previsões de cargas reduzidas, estabeleceu uma metodologia básica para estabelecer os menores valores admissíveis, que é função das características do empreendimento.

6.2. Metodologia

As previsões de cargas dos lotes / casas dos empreendimentos residenciais horizontais podem ser feitas em função do consumo estimado por lote e da equação utilizada em sistema de gerenciamento da distribuição da RGE (curva kVA_D), que está apresentada a seguir:

$$kVA_D = 0,7344 \times \left(\frac{kWh}{30} \right)^{0,7002} \times 1,05^{\left(\frac{kWh}{15000} \right)} \quad (6.1)$$

- kVA_D : demanda estatística dos consumidores de um circuito, obtida a partir dos consumos.
- kWh: energia consumida pelos consumidores do circuito.
- 0,7344 e 0,7002: constantes.

onde:

- kVA_D - demanda prevista em kVA;
- kWh - consumo mensal estimado em kWh.

Nota: calculando-se a demanda em função dos kWh por trecho observa-se automaticamente um fator de diversidade das cargas conforme mostrado na **tabela 6.1**.

Tabela 6.1: Fatores de coincidência em função do número e das cargas das residências

Num. de residências	Fator de coincidência					
	Consumo por residência (kwh)					
	250	500	750	1000	1500	2000
1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	0,62	0,62	0,62	0,63	0,63	0,63
10	0,51	0,51	0,51	0,52	0,52	0,53
15	0,45	0,45	0,46	0,46	0,48	0,49
20	0,41	0,42	0,43	0,43	0,45	0,46
30	0,37	0,38	0,39	0,40	0,42	0,44
40	0,34	0,35	0,36	0,38	0,40	0,43
50	0,32	0,34	0,35	0,36	0,39	0,43

Os consumos estimados por lote podem ser feitos através da fórmula 6.2 que leva em consideração o tipo (edificado ou não edificado) e a área do mesmo.

$$kWh = A \times S_L + B \quad (6.2)$$

onde:

- S_L : área do lote, em m².

REDE SUBTERRÂNEA

- A e B: parâmetros obtidos na [tabela 6.2](#).

A metodologia exposta pode ser utilizada para dimensionamento de circuitos secundários, transformadores e circuitos primários.

Tabela 6.2 - Fatores para estimativa de consumo por lote

Área do lote (m²) – S _L (1)	Loteamento			
	Edificado		Não edificado	
	A	B	A	B
S _L ≤ 100	0	400	0	300
100 < S _L ≤ 300	1,0	300	0,75	225
300 < S _L ≤ 600	0,6	420	0,45	315
600 < S _L ≤ 1.000	0,4	540	0,30	405
S _L > 1000	0,1	840	0,075	630

- (1) S_L considerar área construída para empreendimentos edificados e área do terreno para empreendimentos não edificados.

Para ilustrar a metodologia proposta elaborou-se a [tabela 6.3](#) que, para loteamentos edificados (E), e não edificados (N), apresenta os valores de consumo e demanda para diversos casos. Nesta tabela observa-se que a metodologia proposta indica as demandas diversificadas das casas / lotes, correspondentes a trechos de circuitos secundários, transformadores, trechos de circuitos primários.

Tabela 6.3 - Demanda dos consumidores residenciais

DESCRIÇÃO	TIPO DE LOTE							
	E	N	E	N	E	N	E	N
Área (m²) (1)	100	100	200	200	400	400	800	800
Consumo (kWh)	400	300	500	375	660	495	860	645
Demanda diversificada (kW)	DEMANDA DIVERSIFICADA (kVA POR LOTE / CASA)							
1 lote / casa	4,5	3,7	5,3	4,3	6,4	5,3	7,8	6,3
5 lotes / casas	2,8	2,3	3,3	2,7	4,0	3,3	4,9	4,0
10 lotes / casas	2,3	1,9	2,7	2,2	3,3	2,7	4,0	3,3
20 lotes / casas	1,9	1,5	2,2	1,8	2,7	2,2	3,4	2,7
30 lotes / casas	1,7	1,4	2,0	1,6	2,5	2,0	3,1	2,4

6.3. Demandas de consumidores não residenciais

Os consumidores não residenciais dos novos empreendimentos, tais como administração, clubes, bombas de recalque, etc normalmente tem as cargas a serem instaladas determinadas visto que normalmente serão ligados imediatamente após energização.

A previsão da demanda correspondente à carga instalada pode ser calculada através da seguinte expressão:

$$D = D_{IL} + D_{AQ} + D_{AC} + D_M$$

onde:

- D: demanda total.
- D_{IL}: demanda das cargas de iluminação e tomadas.
- D_{AQ}: demanda das cargas de aquecimento.
- D_{AC}: demanda das cargas de ar condicionado.
- D_M: demanda das cargas de motor.

REDE SUBTERRÂNEA

A demanda de iluminação e tomadas das e lojas deve ser calculada em função da carga instalada e do fator de demanda, respeitando a carga mínima conforme mostrado na [tabela 6.4](#).

A demanda de aparelhos fixos de aquecimento de água de passagem por resistência elétrica (chuveiro, torneira, etc) deve ser calculada aplicando-se o fator de demanda da [tabela 6.5](#), de acordo com o número de aparelhos.

A demanda da carga de ar condicionado central é calculada para um fator de demanda de 100% e determinada através dos dados do fabricante (potência ou corrente máxima).

A demanda de ar condicionado tipo janela deve ser calculada considerando a demanda obtida na [tabela 6.6](#) multiplicada pelo fator de diversidade da [tabela 6.7](#).

A demanda dos motores pode ser calculada multiplicando a potência em kVA, mostrada na [tabela 6.8](#), pelo fator de diversidade, mostrado na [tabela 6.9](#).

O valor da demanda deve ser, no mínimo, igual à demanda do maior motor considerado individualmente.

6.4.Demanda de edifício de uso coletivo – residencial

A demanda do apartamento é calculada considerando a soma das demandas dos apartamentos com a demanda de serviço.

A demanda dos apartamentos é calculada, através da função kVAs, em função do consumo obtido em função da área do apartamento conforme mostrado na [tabela 6.10](#).

Tabela 6.4: Cargas mínimas e fatores de demandas de consumidores não residenciais

ATIVIDADE		CARGA MÍNIMA(W/m²)	FATOR DE DEMANDA
Loja	Salão	60	1,00
	Vitrine	500	1,00
Letreiro luminoso		500	1,00
Escritório		50	1,00 primeiros 20 kW
			0,70 acima de 20 kW
Banco		50	1,00
Salão de beleza		30	1,00
Bar / restaurante		20	1,00
Escola		30	1,00 primeiros 12 kW
			0,50 acima de 20 kW
Clube		20	1,00
Igreja		15	1,00
Auditório / cinemas		15	0,50 primeiros 20 kW
			0,40 acima de 20 kW
Depósito		5	1,00
Hospital		20	0,40 primeiros 50 kW
			0,20 acima de 50 kW
Hotel		20	0,50 primeiros 20 kW
			0,40 acima de 20 kW
Garagem		5	1,00
Oficinas		30	0,50 primeiros 20 kW
			0,40 acima de 20 kW
Posto de abastecimento		20	1,00

REDE SUBTERRÂNEA

Tabela 6.5 - Fatores de diversidades de aparelhos de aquecimento

Nº DE APARELHOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
FATOR DE DIVERSIDADE	1,00	1,00	0,84	0,76	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,49	0,48

Nº DE APARELHOS	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	> 23
FATOR DE DIVERSIDADE	0,46	0,45	0,44	0,43	0,42	0,41	0,40	0,40	0,39	0,39	0,39	0,38

Tabela 6.6 - Equivalência "BTU/h x kVA"

BTU/h	7,1	8,5	10,0	12,0	14,0	18,0	21,0	30,0
kVA	1,1	1,55	1,65	1,90	2,1	2,86	3,08	4,00

Tabela 6.7: Fator de diversidade de aparelhos de ar condicionado – carga não residencial

Nº. DE APARELHOS	FATOR DE DIVERSIDADE
1 a 10	1,00
11 a 20	0,90
21 a 30	0,82
31 a 40	0,80
41 a 50	0,77
Acima de 50	0,75

Tabela 6.8 – Motores – Conversão "CV" em "kVA"

CV	kVA		CV	kVA	
	TRIFÁSICO	MONOFÁSICO		TRIFÁSICO	MONOFÁSICO
1/4	---	0,66	5	6,02	6,16
1/3	0,65	0,77	7 1/2	8,65	8,84
1/2	0,87	1,18	10	11,54	11,64
3/4	1,26	2,01	12 1/2	14,09	14,94
1	1,52	2,34	15	16,65	16,94
1 1/2	2,17	2,35	20	22,10	---
2	2,70	2,97	25	25,83	---
3	4,04	4,07	30	30,52	---
4	5,03	---	40	39,74	---

Tabela 6.9- Motores – Fator de diversidade

Número de motores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fator de diversidade	1,00	0,67	0,53	0,43	0,37	0,33	0,30	0,28	0,26	0,24

Tabela 6.10 - Demanda de apartamentos residenciais

ÁREA (m²)	CONSUMO (kWh)
Até 40	200
De 40 a 60	300
Maior que 60	400

A demanda de serviço (D_{SERV}) é calculada em duas parcelas, correspondentes a iluminação / tomadas (D_{IL}) e a cargas de motor (D_M).

A demanda de iluminação e tomadas das áreas de serviço é calculada pela carga instalada multiplicada pelo fator de demanda igual a 0,86, sendo que a carga mínima não pode ser inferior a 5 kW/m².

A demanda dos motores é calculada conforme [tabela 6.8](#) – Motores – conversão "CV" em "kVA" e [tabela 6.9](#) – Motores – fator de diversidade.

6.5. Demanda de edifício comercial

A demanda de edifícios de uso comercial é calculada através da carga instalada conforme a seguinte expressão:

$$D = D_{IL} + D_{AQ} + D_{AC} + D_M + D_{SER}$$

Onde:

- D: demanda total.
- D_{IL} : demanda das cargas de iluminação e tomadas.
- D_{AQ} : demanda das cargas de aquecimento.
- D_{AC} : demanda das cargas de ar condicionado.
- D_M : demanda das cargas de motor.
- D_{SER} : demanda das cargas de serviço.

A demanda das salas e lojas é calculada pela carga instalada, individualmente para cada unidade, aplicando-se o fator de demanda e carga mínima da [tabela 6.4](#).

A demanda das cargas de serviço é calculada conforme apresentado no item anterior.

A demanda dos aparelhos de aquecimento por residência elétrica (aquecedor, chuveiro, torneira, etc) deve ser calculada aplicando-se o fator de demanda da [tabela 6.5](#), de acordo com o número total de aparelhos do edifício. O fator de diversidade deve ser aplicado separadamente para cada tipo de aparelho, sendo a demanda total o somatório das demandas obtidas.

A demanda de ar condicionado central é calculada para um fator de demanda de 100% e determinada através dos dados do fabricante (potência ou corrente máxima);

A demanda de aparelhos de ar condicionado tipo janela é calculada conforme as [tabelas 6.6 e 6.7](#).

A demanda dos motores é calculada utilizando as [tabelas 6.8 e 6.9](#).

A demanda da área de serviço é calculada conforme apresentado no item anterior.

6.6. Demanda de edifício misto

Em edifícios de uso misto as cargas devem ser identificadas com cargas residenciais, comerciais e de serviços, e separadamente calculadas conforme apresentado nos itens anteriores.

6.7 Carga especial

6.7.1. Aparelhos de raios-X

A potência do aparelho de raios X (P_{RX}) é calculada pela seguinte fórmula:

$$P_{RX} = f \times I_a \times V_a \times 10^{-3}$$

onde:

- I_a : corrente anódica (mA);
- V_a : tensão anódica (kV);
- f: fator característico do tipo de gerador conforme [tabela 6.11](#).

Tabela 6.11 - Aparelhos de raios-X – fator característico

Nº de pulsações	Fator característico
até 2	0,73
até 6	0,93
até 12	0,98
> 12	1,00

REDE SUBTERRÂNEA

6.7.2. Máquina de solda transformadora

A potência da máquina de solda transformadora é dada pela potência de curto-circuito.

6.7.3. Fator de demanda

No cálculo das cargas especiais deve ser utilizado **Tabela** o fator de demanda da [tabela 6.12](#).

Tabela12: Cargas especiais – Fator de Demanda

Aparelho	Potência	Fator de demanda
Máquina de solda	1º maior	1,00
	2º maior	0,70
	3º maior	0,40
	soma dos demais	0,30
Raios-X	maior	1,00
	soma dos demais	0,70

Existindo aparelhos que obrigatoriamente partam ao mesmo tempo (mesmo sendo os maiores), somar as suas potências e considerá-los como equipamento único.

6.8. Ramal de entrada secundário

Os ramais de entrada para alimentação das residências (loteamento edificados) devem ser dimensionados pela metodologia apresentada na publicação RIC (Regulamento de Instalações dos Consumidores).

Para efeito de cálculos de quedas de tensões, os ramais de entrada, para os lotes dos loteamentos não edificados, devem ser considerados com seções de:

- 10 mm² para lotes de até 750 m²;
- 35 mm² para lotes de até 2 000 m².

Nota: quando for solicitada a ligação de lote de loteamento não edificado, a definição do cabo do ramal de entrada será feita em função de cálculos baseando-se publicação RIC (Regulamento de Instalações dos Consumidores). O cabo do ramal de entrada a ser instalado poderá ser diferente do definido no parágrafo anterior (projeto da rede).

6.9. Nota complementar

As cargas previstas para novos empreendimentos, calculadas pela metodologia exposta, podem ser consideradas para o dimensionamento da rede elétrica, que leva em consideração que a mesma deve suportar a carga por um período de 5 anos.

Para o dimensionamento das obras civis, os valores das cargas previstas devem ser multiplicados por um fator que leve em consideração possíveis acréscimos das mesmas, no período de 5 anos (do ano 5 ao ano 10). Recomenda-se a utilização de um fator de multiplicação igual ou superior a 1,5.

7. CARACTERÍSTICAS GERAIS DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

7.1. Generalidades

Este item apresenta as características básicas dos principais materiais e equipamentos padronizados para utilização em redes subterrâneas da RGE, assim como indica as especificações correspondentes aos mesmos.

REDE SUBTERRÂNEA

7.2. Cabos

7.2.1. Cabos isolados de média tensão

Os cabos a serem utilizados nas redes de média tensão da RGE deverão ter classe de isolamento de 8,7/15 kV ou 15/25 kV para utilização em circuitos operando com 13,8 kV ou 23,1 kV, respectivamente.

Os cabos isolados dos circuitos de média tensão devem ser triplexados e constituídos de:

- condutor de alumínio de seções circulares compactadas;
- isolamento plena de EPR ou XLPE;
- blindagem de fios de cobre;
- cobertura de PVC.

Os cabos de média tensão, padronizados pela RGE, são:

- seções de 35 mm², 95 mm² e 400 mm², classe de tensão 8,7/15 kV para circuitos operando em 13,8 kV;
- seções de 50 mm² e 400 mm², classe de tensão 15/25 kV para circuitos operando em 23,1 kV;

Os cabos de média padronizados pela RGE, cujas características básicas estão indicadas na [tabela 7.1](#), devem atender os requisitos estabelecidos na especificação de materiais CA 01 da RGE.

Notas:

- a) quando a corrente de curto-circuito fase terra nos cabos forem superiores aos valores constantes da [tabela 7.1](#), consultar o fabricante para verificar a necessidade ou não de aumentar as blindagens dos cabos;
- b) em empreendimentos com comprimentos de cabos primários inferiores 1 km, os interessados poderão optar pela utilização de 3 cabos de seções 35 mm² (8,7/15 kV) ou 50 mm² (15/25 kV) unipolares, instalados em um mesmo duto, em vez de cabos triplexados.

7.2.2. Cabos isolados de baixa tensão

Os cabos a serem utilizados nas redes de baixa tensão (circuitos secundários, ramais de entrada) da RGE devem ter classe de isolamento de 0,6/1 kV, com condutores de alumínio de seção circular compactada, isolamento de XLPE, com ou sem cobertura de PVC / ST-2.

Os cabos padronizados dos cabos de baixa tensão têm seções de 16 mm², 35 mm², 95 mm² e 185 mm², sendo que as características dos mesmos estão indicadas na [tabela 7.2](#).

Os cabos de baixa tensão devem ser:

- quadriplexados (3 fases + neutro trançados): cabos dos circuitos secundários (95 mm², Al - 185 mm², Al);
- unipolares: cabos dos ramais de entrada (16 mm², Al – 35 mm², Al).

Nota: em loteamentos onde as extensões dos circuitos secundários, não incluindo os ramais de entrada, são inferiores a 1 km, o interessado poderá optar pela utilização de cabos unipolares nos mesmos (95 mm², Al 185 mm², Al).

Os cabos de baixa tensão padronizados devem atender os requisitos estabelecidos na especificação de materiais CA 02 da RGE.

7.2.3. Condutor de proteção

Cabo (condutor) de proteção deve ser instalado em paralelo com os circuitos primários e devem ser constituídos de condutor de cobre e cobertura de PVC. Nota: cabo com isolamento de PVC de 750 V pode ser utilizado como alternativa.

Os cabos de proteção padronizados pela RGE devem ter seções de 25 mm², 35 mm² e 120 mm², sendo que as características dos mesmos estão indicadas na [tabela 7.3](#).

Os cabos de proteção devem atender os requisitos estabelecidos na especificação de materiais CA 03 da RGE.

7.2.4. Acondicionamento

Os cabos subterrâneos devem ser acondicionados em carretéis de madeira que atendam a especificação [NBR 11137](#). As madeiras a serem utilizadas em carretéis devem atender a especificação [NBR 6236](#).

REDE SUBTERRÂNEA

As dimensões dos carretéis estão definidas na **NBR 9511** e estão apresentadas na **tabela 7.4**

Cabos adquiridos pela RGE devem ser considerar lances e tipos de carretéis indicados nas tabelas correspondentes (**tabelas 7.1, 7.2 ou 7.3**). Nota: para uma obra determinada, os cabos primários podem ser adquiridos em lances correspondentes aos trechos onde os mesmos serão instalados, que permitem uma redução das perdas (sobras).

Tabela 7.1 - Características dos cabos de média tensão (9)

Descrição	Cabo				
	3x1x35 (1)	3x1x95 (2)	3x1x400 (3)	3x1x50 (4)	3x1x400 (5)
Classe de isolamento (kV)	8,7/15			15/25	
Formação	triplexado				
Condutor					
- seção (mm²)	35	95	400	50	400
- material	Al				
- formação	Circular compactada				
- resistência (Ohm/km) (6)	0,868	0,320	0,0778	0,641	0,778
- diâmetro nominal (mm) (7)	6,9	11,45	23,1	8,1	23,1
Semicondutora interna					
- espessura nominal (mm)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Isolação					
- material	EPR / XLPE				
- espessura nominal (mm)	4,5	4,5	4,5	6,8	6,8
- diâmetro mínimo (mm)	17,1	21,1	32,7	22,7	36,6
- diâmetro máximo (mm)	18,6	22,6	34,2	23,8	38,1
Semicondutora externa					
- espessura nominal (mm)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Blindagem metálica					
- tipo	Fios de cobre				
- seção (mm²)	8,0	12,0	48,0	12,0	32,0
Cobertura					
- material	PVC				
- espessura nominal (mm)	1,5	1,5	2,0	1,7	2,2
Diâmetro externo nominal (mm)	25,4	30,5	44,2	31,0	49,7
Peso (kg / km)					
- EPR	1.850	2.820	6.850		8.100
- XLPE	1.740	2.660	6.580		7.610
Carretel					
- tipo	125 / 100	170 / 80	230 / 100	190/100	250 / 110
- lance (m)	250	250	200	250	200

- (1) 3 x 1 x 35 mm², Al, EPR / XLPE, 8,7 / 15 kV.
- (2) 3 x 1 x 95 mm², Al, EPR / XLPE, 8,7 / 15 kV.
- (3) 3 x 1 x 400 mm², Al, EPR / XLPE, 8,7 / 15 kV.
- (4) 3 x 1 x 50 mm², Al, EPR / XLPE, 15 kV / 25 kV.
- (5) 3 x 1 x 400 mm², Al, EPR / XLPE, 15 kV / 25 kV.
- (6) resistência em corrente contínua a 20 ° C máxima (**NBR- 6252**).
- (7) diâmetro nominal: há pequenas variações em função dos fabricantes.
- (8) corrente suportável, durante 1 segundo, de 3 kA (1 kA por fase).
- (9) corrente suportável, durante 1 segundo, de 4,5 kA (1,5 kA por fase).
- (10) corrente suportável, durante 1 segundo, de 18 kA (6 kA por fase).
- (11) corrente suportável, durante 1 segundo, de 12 kA (4 kA por fase).

REDE SUBTERRÂNEA

Tabela 7.2 - Cabos de baixa tensão

Descrição	Cabo			
	1 x 16 mm ² (1)	4 x 1 x 35 mm ² (2)	4 x 1 x 95 mm ² (3)	4 x 1 x 185 mm ² (4)
Classe de isolamento (kV)	0,6 / 1			
Condutor				
- seção (mm ²)	16	35	95	185
- material	Al			
- formação				
- resistência (Ohm/km) (5)	1,91	0,868	0,320	0,164
- diâmetro nominal (mm) (6)	4,60	6,87	11,30	16,00
Cabo sem cobertura				
Isolação				
- material	XLPE			
- espessura nominal (mm)	1,60	1,60	2,0	2,4
Diâmetro externo nominal (mm)	9,1	11,8	17,1	23,0
Peso (kg / km)	75	570	1.370	2.580
Cabo com cobertura				
Isolação				
- material	XLPE			
- espessura nominal (mm)	0,70	0,9	1,1	1,6
Cobertura				
- material	PVC			
- espessura nominal (mm)	1,00	1,1	1,3	1,4
Diâmetro externo nominal (mm)	9,40	12,6	17,9	24,2
Peso (kg / km)	92	530	1.230	2.260
Carretel				
- tipo	65 / 25	125 / 70	125 / 70	150 / 80
- lance(m)	500	500	300	250

(1) 1 x 16 mm², Al, XLPE, 0,6 / 1 kV.

(2) 4 x 1 x 35 mm², Al, XLPE, 0,6 / 1 kV.

(3) 4 x 1 x 95 mm², Al, XLPE, 0,6 / 1 kV.

(4) 4 x 1 x 185 mm², Al, XLPE, 0,6 / 1 kV.

(5) resistência em corrente contínua a 20 °C máxima ([NBR- 6252](#)).

(6) diâmetro nominal: há pequenas variações em função dos fabricantes.

Tabela 7.3 - Condutor (cabo) de proteção

Descrição	Cabo		
Condutor			
- seção (mm ²)	25	35	120
- material	Cu		
- formação	Circular compactada		
- resistência (Ohm/km) (1)	0,727	0,527	0,153
- diâmetro nominal (mm) (2)	6,18	7,50	14,42
Cobertura			
- material	PVC		
- espessura nominal (mm)	0,8	0,8	0,8
Diâmetro externo (mm)	7,8	9,1	16,02
Peso (kg / km)	250	359	1.210
Carretel			
- tipo	65/25	65 / 25	80 / 45
- lance(m)	5001	500	500

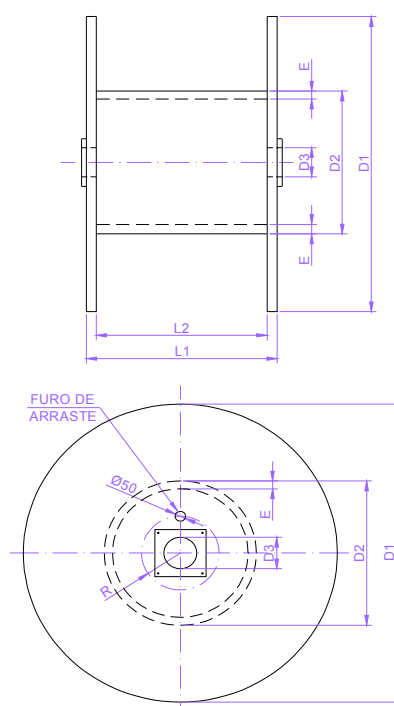
(1) resistência em corrente contínua a 20 °C máxima ([NBR- 6252](#)).

(2) diâmetro nominal: há pequenas variações em função dos fabricantes.

REDE SUBTERRÂNEA

Tabela 7.4 - Dimensões Básicas dos Carretéis

Código do carretel	Diâmetro do disco d1 (mm)	Diâmetro externo do núcleo d2 (mm)	Largura interna l2 (mm)	Largura externa l1 (mm)	Peso do carretel (kg)	
					Madeira	Aço
65/25	650	350	250	350	34	50
65/45	650	350	450	550	47	60
80/45	800	350	450	550	61	70
100/60	1000	500	600	726	104	100
125/70	1250	600	700	826	169	120
125/100	1250	600	1000	1126	190	140
150/80	1500	700	800	926	242	180
170/80	1700	800	800	952	310	240
170/100	1700	800	1000	1152	344	252
190/100	1900	1000	1000	1152	423	280
210/100	2100	1200	1000	1152	488	360
230/100	2300	1400	1000	1202	692	440
250/110	2500	1600	1100	1302	828	470
270/120	2700	1800	1200	1402	968	600



Para o transporte e armazenamento dos carretéis devem ser levadas em considerações as recomendações da **NBR 7310**.

7.2.5. Instalação

Os raios mínimos de curvatura a serem considerados nas instalações de redes elétricas subterrâneas estão especificados na **NBR-9511**. Nas instalações dos cabos padronizados pela RGE devem ser considerados:

- cabos de baixa tensão: diâmetros mínimos calculados de acordo com a **tabela 7.5**;
- cabos de média tensão: diâmetros mínimos calculados de acordo com a **tabela 7.5**, respeitado o limite mínimo de 7 vezes o diâmetro externo do cabo.

REDE SUBTERRÂNEA

Na aplicação dos valores definidos anteriormente é importante que se considere:

- diâmetros externos dos cabos multiplexados correspondendo aos diâmetros sobre a reunião das veias;
- instalação permanente dos cabos;
- raios de curvaturas superiores aos especificados quando, durante a instalação, os cabos estão sujeitos a tensionamento em percursos compreendendo curvaturas (passagens em condutos, equipamentos de auxílio ao puxamento, etc.);
- raios de curvaturas referidos a superfície interna do cabo e não ao seu eixo, devem ser calculados em função do diâmetro do cabo efetivamente medido.

Nota: apesar dos valores indicados na [tabela 7.5](#) constarem da [NBR 9511](#) recomenda-se que, sempre que possível, seja considerado raio de curvatura de no mínimo 10 vezes o diâmetro externo do cabo.

Tabela 7.5 - Raios mínimos de curvatura dos cabos

Espessura da isolamento (mm)		Diâmetro externo do cabo (mm)		
Superior a	Inferior ou igual a	Igual ou inferior a 25	Superior a 25 e inferior ou igual a 50	Superior a 25
-	4	$4 \times D_{EC}$	$5 \times D_{EC}$	$6 \times D_{EC}$
4	8	$5 \times D_{EC}$	$6 \times D_{EC}$	$7 \times D_{EC}$
8	-	-	$7 \times D_{EC}$	$8 \times D_{EC}$

7.3. Transformador

7.3.1. Transformador em pedestal

As redes de distribuição subterrâneas de novos empreendimentos podem utilizar transformadores em pedestal, que são instalados ao tempo, sobre uma base de concreto. “Tapetes” de borracha nitrílica – especificação de materiais MG 07 da RGE – devem ser instalados entre a base metálica do transformador e o concreto.

Os transformadores em pedestal possuem acoplados ao tanque dois compartimentos blindados (média tensão e baixa tensão), com portas frontais para conexões dos cabos, conforme mostrado na especificação de materiais TR 01 da RGE.

As características nominais dos transformadores em pedestal padronizados pela RGE estão apresentadas na [tabela 7.6](#) enquanto que suas dimensões e pesos estão apresentados na [figura 7.1](#).

Tabela 7.6 - Transformador em pedestal

Classe de tensão (kV)	15 kV				25kV			
Potência nominal (kVA)	75	150	300	500	75	150	300	500
Tensão (V)								
- primária	13 800 / 13 200 / 12 600				23 100 / 22 000 / 20 900			
- secundária	380/ 220				380 / 220			
Tap de fornecimento	13 800				23 100			
Impedância de CC a 75 ^o C (%)	3,5	3,5	4,5	5,0	4,0	4,0	5,0	4,8
Corrente de excitação (%)	3,1	2,6	2,2	1,6	3,6	3,0	2,5	1,8
Perdas em vazio (W)	330	540	950	1 300	360	610	1 020	1 200
Perdas totais (W)	1 470	2 450	4 310	6 400	1 635	2 755	4 620	6 500

Os transformadores em pedestal padronizados pela RGE devem ser fornecidos com dispositivos de proteção contra sobrecorrentes instalados internamente aos mesmos. Para tanto devem ser fornecidos com os fusíveis de expulsão tipo “dual element” em baionetas e fusíveis limitadores de corrente imersos em óleo.

As correntes nominais e os códigos de fabricantes correspondentes aos fusíveis de expulsão e limitadores de corrente estão indicados na [tabela 7.7](#).

As buchas primárias dos transformadores em pedestal devem ser desconectável, classe 15/25 kV, do tipo poço (“bushing well”) de acordo com a especificação de materiais TR 01 da RGE.

REDE SUBTERRÂNEA

Tabela 7.7 - Fusíveis padronizados para transformadores em pedestal

	Transformador – capacidade nominal (kVA)			
	75	150	300	500
Tensão de operação: 13,8 kV				
fusível de expulsão	6	15	25	50
fusível limitador de corrente	30	50	65	100
Tensão de operação: 23,1 kV				
fusível de expulsão	6	8	15	25
fusível limitador de corrente	30	30	50	80

Notas

- a) na escolha dos fusíveis, considerou-se que os fusíveis não deveriam operar para o transformador com:
- 12 vezes a corrente nominal por 0,1 segundo.
 - 3 a 4 vezes a corrente de plena carga por 300 segundos.
- b) os fusíveis devem limitar a carga dos transformadores a 160% e 300 % de sua capacidade nominal por um período de 7 horas e de 2 horas, respectivamente, com carga anterior de 75% da capacidade nominal e temperatura ambiente de 35°C.
- c) fusíveis de correntes nominais diferentes, em função de características específicas dos mesmos, dependem de prévia consulta e aprovação da RGE

As buchas secundárias do transformador em pedestal devem ser:

- 160 A de acordo com a figura 2 da [NBR-5.437](#) para transformadores de 75 kVA;
- 400 A de acordo com a figura 2 da [NBR-5.437](#) para transformadores de 150 kVA;
- 800 A de acordo com a figura 3 da [NBR-5.437](#) para transformadores de 300 kVA;
- 1 600 A de acordo com a figura 18 da [NBR-9.369](#) para transformadores de 500 kVA. Nota: nestas buchas devem ser instalados terminais “spades”.

O transformador em pedestal deve ser fornecido com uma barra de terra fixada internamente aos seus compartimentos, conforme mostrado na especificação de materiais TR 01 da RGE, que será utilizada para conexões de todos os cabos referentes ao aterramento (blindagens dos cabos e dos desconectáveis, neutro do transformador e dos circuitos secundários, etc). A barra de terra deve estar de acordo com a especificação FE 08 da RGE, e ser instalada com os furos voltados para frente, a uma distância de 50 mm da parede do transformador.

Os transformadores em pedestal padronizados pela RGE, cujas dimensões estão mostradas na [figura 7.1](#), devem ser fornecidos com:

- comutadores de derivações, com mudança simultânea nas três fases, para operação sem tensão e com acionamento externo localizado no cubículo de média tensão;
- válvula globo para drenagem de líquido isolante;
- bujão para enchimento de líquido isolante;
- indicador de nível de líquido isolante;
- termômetro indicador para líquido isolante;
- manômetro indicador para gás inerte;
- dispositivo de alívio de pressão;
- dispositivo para enchimento de gás.

Os transformadores em pedestal devem atender os requisitos estabelecidos na especificação de materiais TR 01 da RGE.

7.3.2. Transformadores aéreos

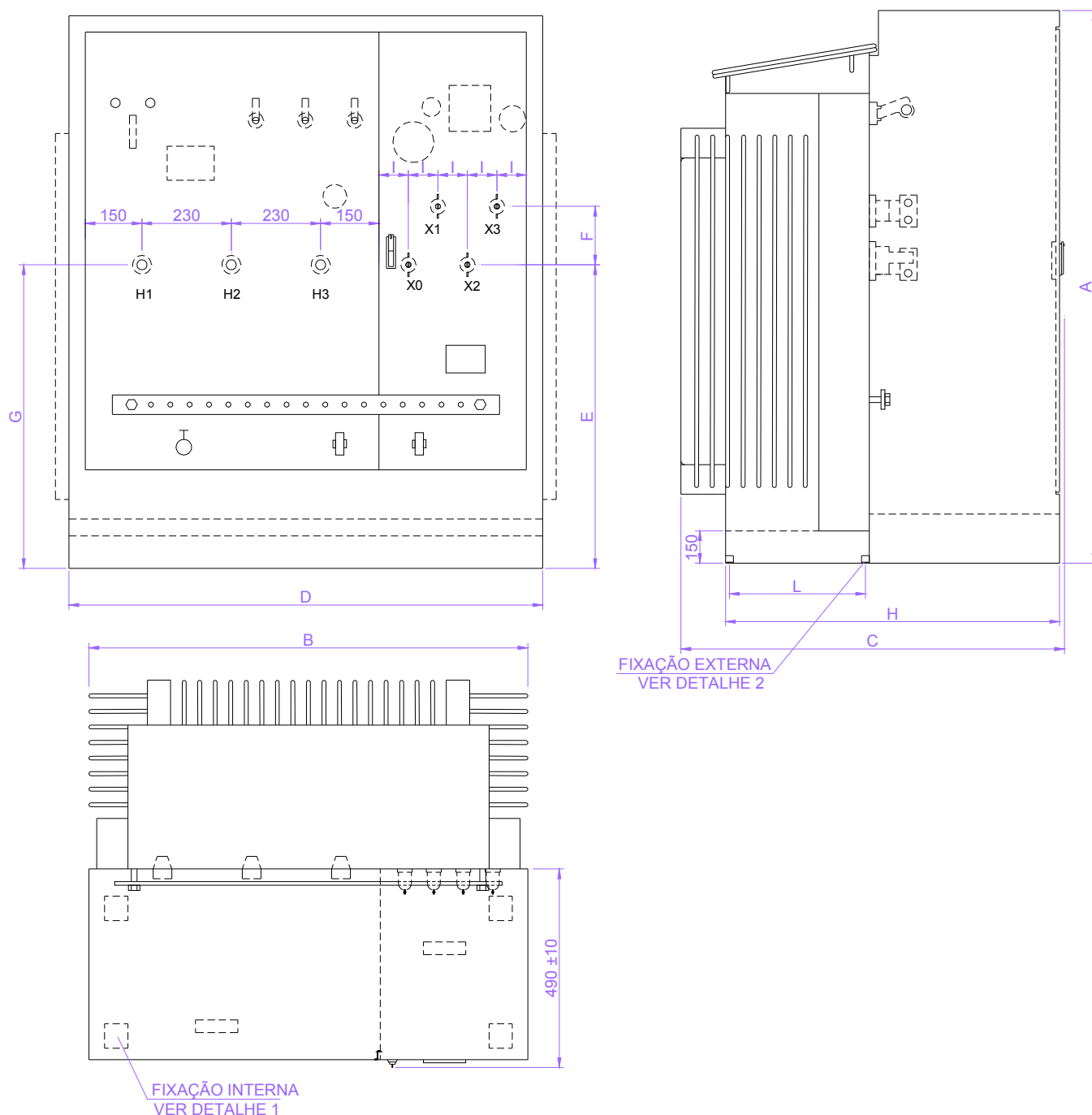
Em alguns empreendimentos a utilização de transformadores em postes alimentando quadros de distribuição, nos quais são conectados circuitos secundários subterrâneos, pode ser uma alternativa de interesse dos empreendedores. Esta solução normalmente é utilizada em pequenos loteamentos alimentados por 1 ou 2 transformadores ou em loteamentos cujas concepções permitam construções de redes aéreas e instalações de transformadores em locais onde não há lotes (exemplo: rua central com lotes / casas somente nas transversais onde os circuitos primários e transformadores são instalados na rua central).

Os transformadores em postes consideram tensões secundárias nominais de 380 / 220 V e devem possuir taps no primário indicados a seguir

REDE SUBTERRÂNEA

- 13 800 / 13 200 / 12 600 V para os circuitos operando com tensão nominal de 13,8 kV;
- 23 100 / 22 000 / 20 900 V para os circuitos operando com tensão nominal de 23 kV.

Figura 7.1 - Transformadores em pedestal



KVA	A (MÁX)	B (MÁX)	C (MÁX)	D (MÁX)	E (MÍN)	F (MÍN)	G (MÍN)	H (MÍN)	I (MÍN)	VOLUME DE ÓLEO	MASSA TOTAL (Kg)
75	1420	1130	995	1225	780	150	780	840	76	250	880
150	1510	1210	1030	1225	780	150	780	870	76	295	1045
300	1700	1520	1220	1330	1020	210	980	1020	105	610	1720
500	1800	1760	1340	1330	1070	210	1070	1080	105	910	2780

REDE SUBTERRÂNEA

Características básicas complementares dos transformadores instalados nas redes aéreas estão mostradas na **tabela 7.8**.

As alimentações para os quadros de distribuição em pedestal devem ser feitas considerando adaptador tipo bandeira de acordo com a especificação de materiais CN 08 da RGE.

Tabela 7.8 - Valores garantidos de perdas, correntes de excitação e tensões de curto circuito em transformadores trifásicos aéreos.

Potência (kVA)	Tensão máxima do equipamento							
	15 kV				24,2 kV			
	Corr. de exc. (%)	Perda (W)		Tensão de c.c. a 75° C(%)	Corr. de exc. (%)	Perda (W)		Tensão de c.c. a 75° C(%)
		Vazio	Total			Vazio	Total	
15	4,8	100	440	3,5	5,7	110	500	4,0
30	4,1	170	740		4,8	180	825	
45	3,7	220	1000		4,3	250	1120	
75	3,1	330	1470		3,6	360	1635	
112,5	2,8	440	1990		3,2	490	2215	
150	2,6	540	2450		3,0	610	2755	
225	2,3	765	3465	4,5	2,7	820	3730	5,0
300	2,2	950	4310		2,5	1020	4620	

7.4. Acessórios desconectáveis

Acessórios desconectáveis padronizados pela RGE são do tipo de operação sem carga de correntes nominais de 200 e 600 A, classe de tensão 15 / 25 kV.

Ilustração, onde estão mostrados os diversos tipos de acessórios desconectáveis, está apresentada na **figura 7.2**.

Todos os acessórios desconectáveis devem atender os requisitos estabelecidos na especificação CD 18 da RGE.

Notas:

a) As interfaces padronizadas por esta especificação correspondem às mostradas na **ANSI/ IEEE 386 e NBR-11.835**. Não serão aceitos desconectáveis cujas interfaces não são intercambiáveis com as padronizadas pela RGE.

b) Os acessórios desconectáveis padronizados e respectivas siglas de identificação estão indicados a seguir:

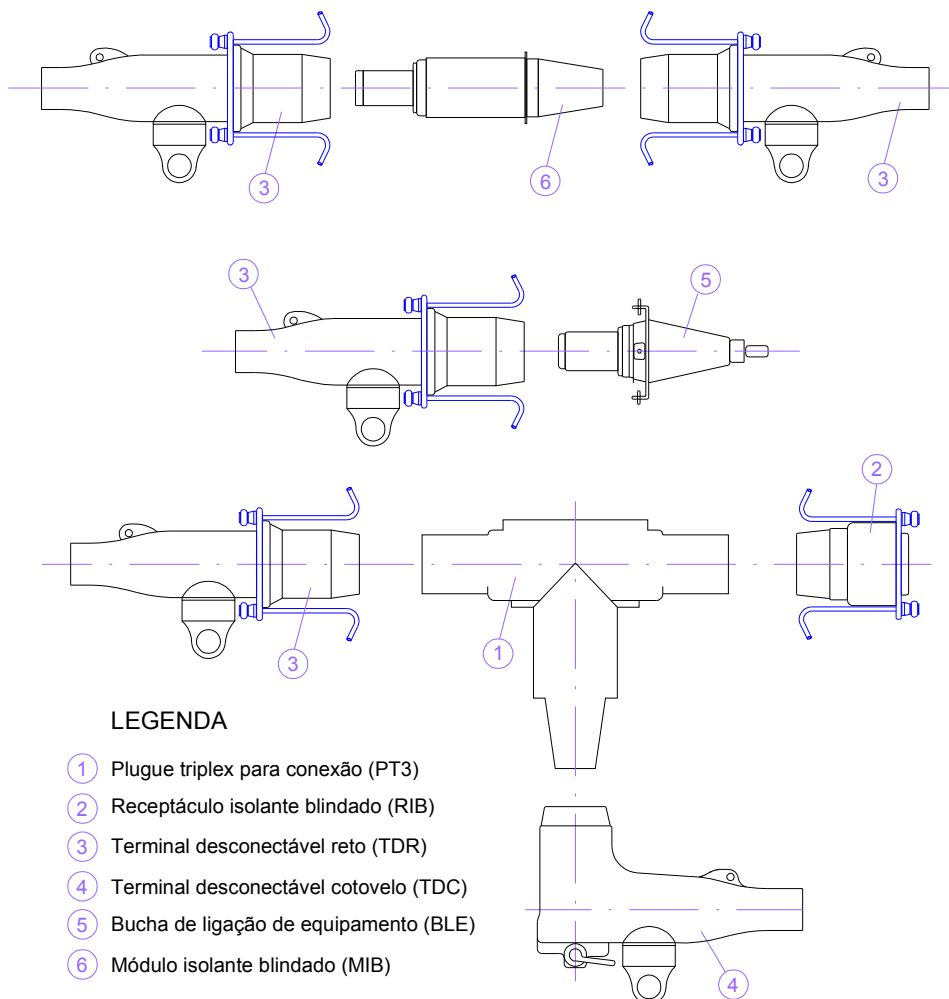
- TDC: terminal desconectável cotovelo (ver nota c);
- TDR: terminal desconectável reto (ver nota c);
- PIS: plugue de inserção simples;
- PID: plugue de inserção duplo;
- PT-3: plugue com 3 “terminais - macho” para conexões de TDC / TDR's.
- PT-2: plugue com 2 “terminais - macho” para conexões de 2 TDC/TDR e 1 “terminal fêmea” para conexão de PT-3 (terminal macho) ou bucha / plugue de inserção de transformador;
- PIB: plugue isolante blindado;
- RIB: receptáculo isolante blindado;
- PAT: plugue de aterramento;
- TBB: terminal básico blindado;
- PC: plugue de conexão;
- PR: plugue de redução;
- PBI: plugue básico isolante;
- CTB: conector de TBB (ver nota c);
- ATB: adaptador de TBB (ver nota c);

c) TDC, TDR, CTB e ATB devem ser especificados em função do cabo.

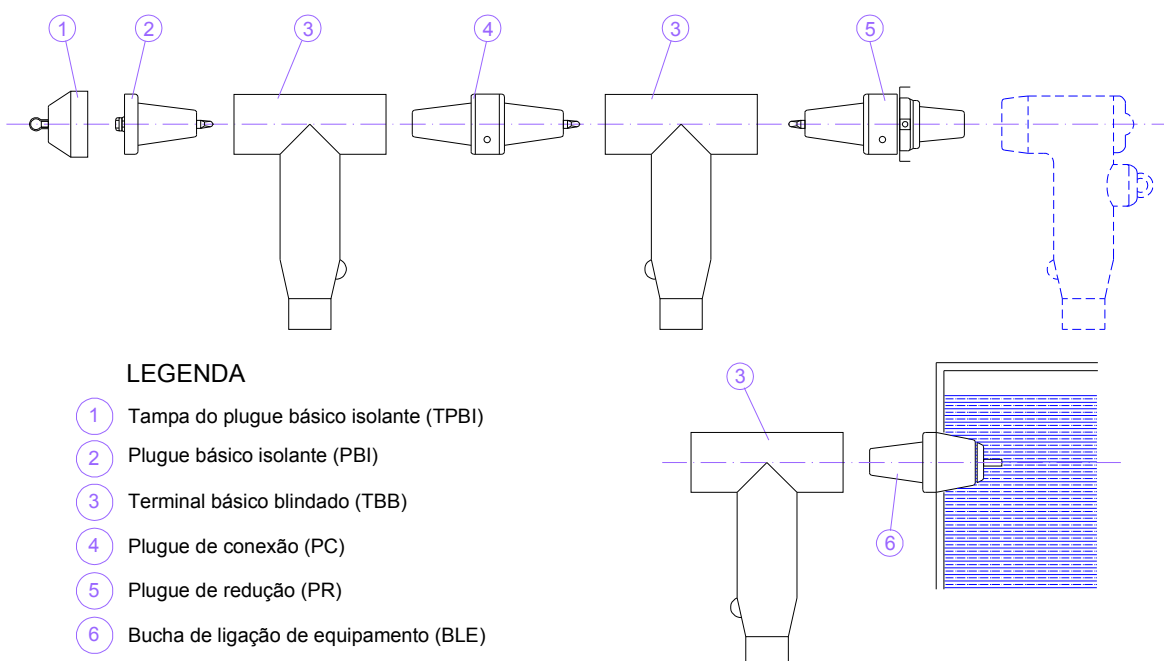
REDE SUBTERRÂNEA

Figura 7.2 - Acessórios desconectáveis

a) 200 A



b) 600 A



REDE SUBTERRÂNEA

7.5. Terminais externos

Os terminais externos a serem utilizados em postes de transição para conexões de redes primárias subterrâneas devem ser do tipo termocontrátil, modular ou contrátil a frio e atender os requisitos estabelecidos na especificação de materiais TE 01 da RGE.

Nota: os conectores terminais para serem utilizados nos terminais externos devem estar de acordo com as especificações de materiais:

CN 01 - 1 furo – para utilização em cabos de 35 mm², 50 mm² e 95 mm².

CN 02 - 2 furos – para utilização em cabos 400 mm².

7.6. Emendas retas fixas

As emendas retas fixas serem utilizadas em redes primárias subterrâneas devem ser do tipo termocontrátil, contrátil a frio ou modular e atender os requisitos estabelecidos na especificação de materiais ER 01 da RGE.

Nota: as luvas de compressão a serem utilizadas nas emendas retas fixas devem estar de acordo com a especificação de materiais CN 03 da RGE.

7.7. Chaves de manobras / proteção

As chaves, previstas para utilização nas redes subterrâneas de novos empreendimentos, devem ser do tipo submersível, pedestal ou abrigadas (uso interno) e, dependendo da utilização, podem ser de manobras (seccionadora sobre carga) ou de proteção (dispositivos para proteção contra sobrecorrentes integrados nas mesmas).

Os dispositivos de proteção contra sobrecorrentes, quando previstos, podem ser fusíveis ou disjuntores. As chaves com fusíveis devem ser de abertura trifásica, mesmo quando somente um ou dois dos fusíveis atuarem.

As chaves devem considerar:

- meio isolante: SF₆ ou composto polimérico;
- interrupção - disjuntor: SF₆ ou vácuo. Nota: dispositivos de proteção devem considerar somente interrupção no vácuo.
- interrupção – fusível: baionetas fechadas.

As chaves seccionadoras ou com dispositivos de proteção devem ser de 200 A ou 600 A, tensão nominal de 25 kV e nível básico de impulso de 125 kV.

Todas as vias de seccionamento ou proteção devem ser de 3 posições: fechada, aberta e aterrada.

As buchas das chaves devem ser do tipo desconectável da linha 200 A ou 600 A, classe de tensão 15/25 kV, operação sem carga e com interfaces de acordo com a **NBR 11 835** e a **ANSI / IEEE 386**.

As chaves submersíveis devem ser instaladas em caixas de inspeções (modificadas) e devem ser manobradas por operador situado externamente ao mesmo (acima do solo). Para tanto as chaves devem ser motorizadas ou as caixas de inspeções terem condições para possibilitar manobras das mesmas, através de bastões, por operador situado externamente aos mesmos.

Quando as chaves forem solicitadas sem motores para operação à distância devem ter dispositivos que permitam futuras colocações dos mesmos, quando a RGE julgar necessário, no próprio local de instalação.

As chaves em pedestal são instaladas sobre uma base de concreto acima do nível do solo e manobradas, através de bastões, por um operador situado na frente da mesma.

As chaves abrigadas devem ser alojadas em um recinto (“quiosques”), fornecido pelo fabricante junto com a mesma, visto que não estão previstas para operar ao tempo.

As chaves abrigadas devem ser do tipo modular extensível e ter os barramentos isolados em SF₆.

REDE SUBTERRÂNEA

As chaves seccionadoras ou com dispositivos de proteção devem atender os requisitos estabelecidos padronização da RGE

7.8. Indicador de defeito

Indicadores de defeito são dispositivos que detectam e indicam a passagem de corrente de defeito, possibilitando localizar o trecho onde ocorreu o defeito.

Os indicadores de defeito padronizados pela RGE devem atender a especificação de materiais EQ 02 da RGE, sendo que as características básicas dos equipamentos padronizados estão apresentadas sucintamente a seguir:

- a) **Trifásicos ou monofásicos** (quando forem monofásicos devem ser instalados 3 indicadores de defeito monofásicos em cada ponto).
- b) **Características de atuação**
 - b-1) Atuação em função da corrente em uma ou mais fases: operam quando a corrente em uma ou mais fases superarem um valor nominal pré-fixado.
 - b-2) Atuação em função das correntes de desequilíbrio: detectam uma fuga de corrente a terra através de uma variação na soma das correntes das 3 fases.
 - b-3) Atuação em função da variação da corrente: detectam defeito quando:
 - a corrente aumente no mínimo 100 A em 50 ms (3 ciclos);
 - a corrente resultante (carga + defeito) seja superior a 200 A.
 - perda da corrente de linha em um tempo que não seja superior a 40 – 60 segundos (confirmar que o aumento de corrente resultou de um defeito e não de aumento repentino de carga).
- c) **Rearme:** automático.
- d) **Sinalização do defeito:** mantida por um tempo de no mínimo 4 horas.
- e) **Instalação do dispositivo de sinalização:** devem ser preferencialmente instalados de maneira que permitam verificar a sua eventual operação por pessoas que estão se locomovendo com carro – quando não for possível considerar locais de fácil acesso que não dependam, por exemplo, da retirada de água ou de obstáculos - comprimentos dos cabos nos quais são conectados os dispositivos de sinalização devem ser de no mínimo 15 m.

7.9. Quadro de distribuição em pedestal – QDP

A proteção contra sobrecorrentes dos circuitos secundários deverá ser feita por fusíveis NH em chaves seccionadoras verticais de operação em carga, instalados em painéis fixados sobre uma base de concreto. O conjunto, constituído de painel, chaves seccionadoras, fusíveis NH, barramentos, etc é denominado de quadro de distribuição em pedestal - QDP.

Nas instalações dos QDP's deve ser colocado um "tapete" entre as partes metálicas de sua base e a base de concreto.

Os QDP's, mostrados na **figura 7.3**, possuem profundidades e alturas nominais de 320 mm e 1320 mm, respectivamente. As frentes dos QDP's são variáveis sendo que a RGE padronizou 590 mm (DIN-0) e 785 mm (DIN-1). (DIN - Deutsches Institute fur Normung)

Os fusíveis dos QDP's devem ser do tipo de baixas perdas, sendo que os valores máximos admissíveis das mesmas estão apresentados na **tabela 7.9**.

Nota: em transformadores alimentando edifícios de uso coletivo, o QDP é de responsabilidade do empreendedor, que poderá utilizar larguras superiores às padronizadas.

Os QDP's devem ser projetados considerando:
- barramento interno de 1 000 A.

REDE SUBTERRÂNEA

Figura 7.3 - Quadros de distribuição em pedestal

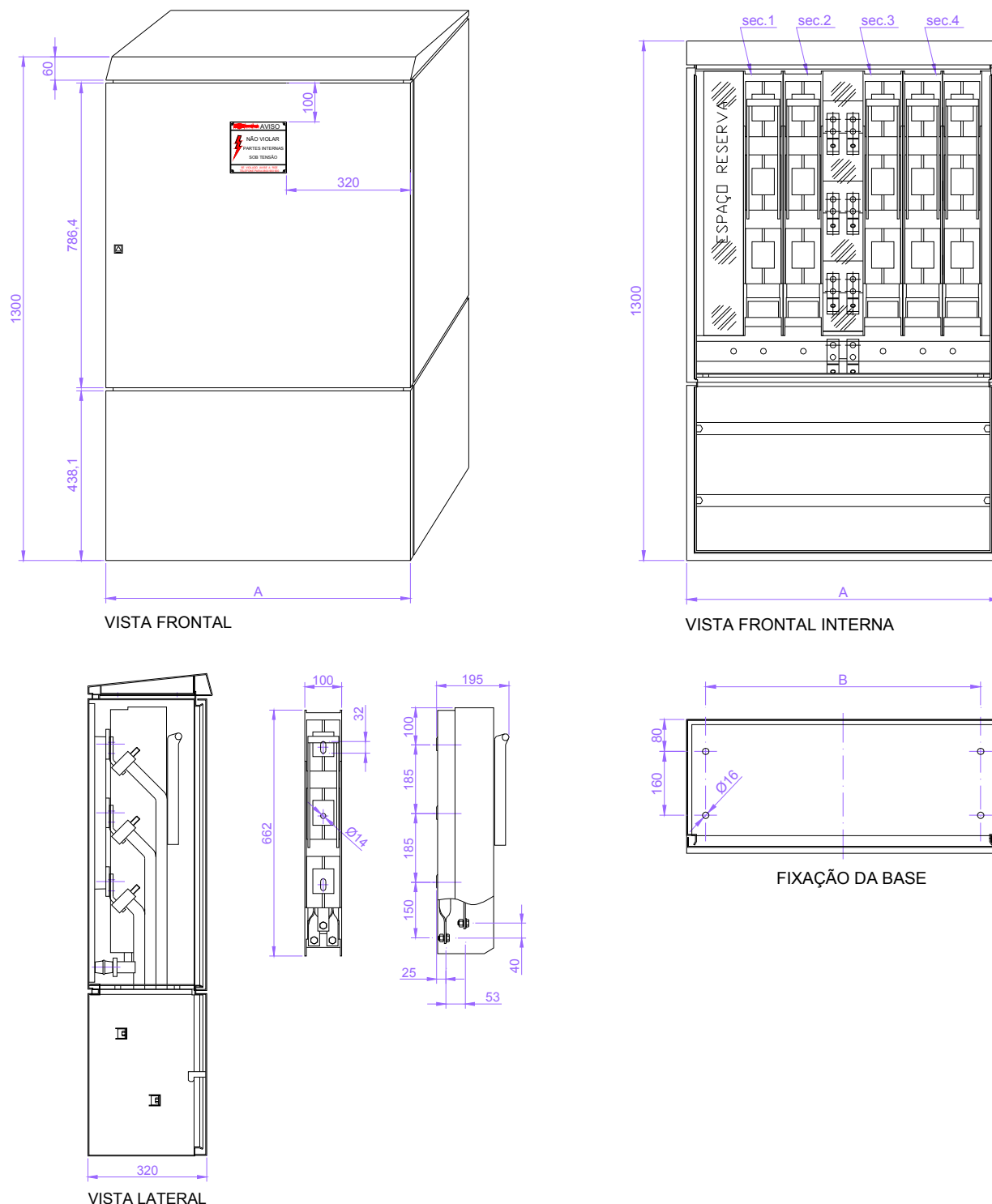


Tabela 7.9 - Características dimensionais do Q.D.P.

item	Tipo (2)	dimensões (mm) (1)		
		externa - A	entre orifícios para fixação - B	massa aproximada (Kg)
1	DIN-0	590	495 ±2	80
2	DIN-1	785	690 ±2	90

(1) Referência: conforme figura do QDP e detalhe para fixação na base.

(2) Dimensões definidas na norma DIN- 43629

REDE SUBTERRÂNEA

- capacidade para suportar corrente de curto circuito de 20 kA.

Tabela 7.10: Perdas máximas admissíveis dos fusíveis NH

Tamanho	Perda máxima (W) (1)
00	7,5/12
1	23
2	34
3	48
4	90

(1) IEC 60-269-2-1

7.10. Emendas de derivações na rede secundária

As emendas de derivações das redes secundárias deverão ser do tipo pré-moldadas com possibilidades de rápidas conexões / desconexões dos cabos. Para tanto podem ser usados barramentos múltiplos isolados (BMI) nos quais os cabos podem ser conectados diretamente ou através de conectores / capas isolantes apropriados. Estes barramentos são instalados em caixas de passagem secundárias.

8. OBRAS CIVIS

8.1. Generalidades

Obras civis (caixas, bases, canalizações) são necessárias para instalações de redes subterrâneas, sendo que características básicas das mesmas estão apresentadas a seguir.

8.2. Caixas de inspeções primárias

Caixas de inspeções primárias são feitas de concreto armado com tampão de ferro redondo articulado, no teto, para entrada de pessoal.

O concreto empregado deverá ter resistência característica à compressão mínima (f_{ck}) de 25 MPa. As propriedades do concreto deverão obedecer às especificações da ABNT e ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

As caixas de inspeções e os tampões podem ser utilizados em vias de circulação de veículos e para tanto devem ser dimensionados para suportar uma carga mínima de 400 kN ([projeto de norma 02:143.25-015](#)).

As caixas de inspeções primárias têm dimensões adequadas para movimentação das pessoas, internamente as mesmas, para execução de serviços tais como puxamentos de cabos, instalações de acessórios ou equipamentos e / ou inspeções dos mesmos.

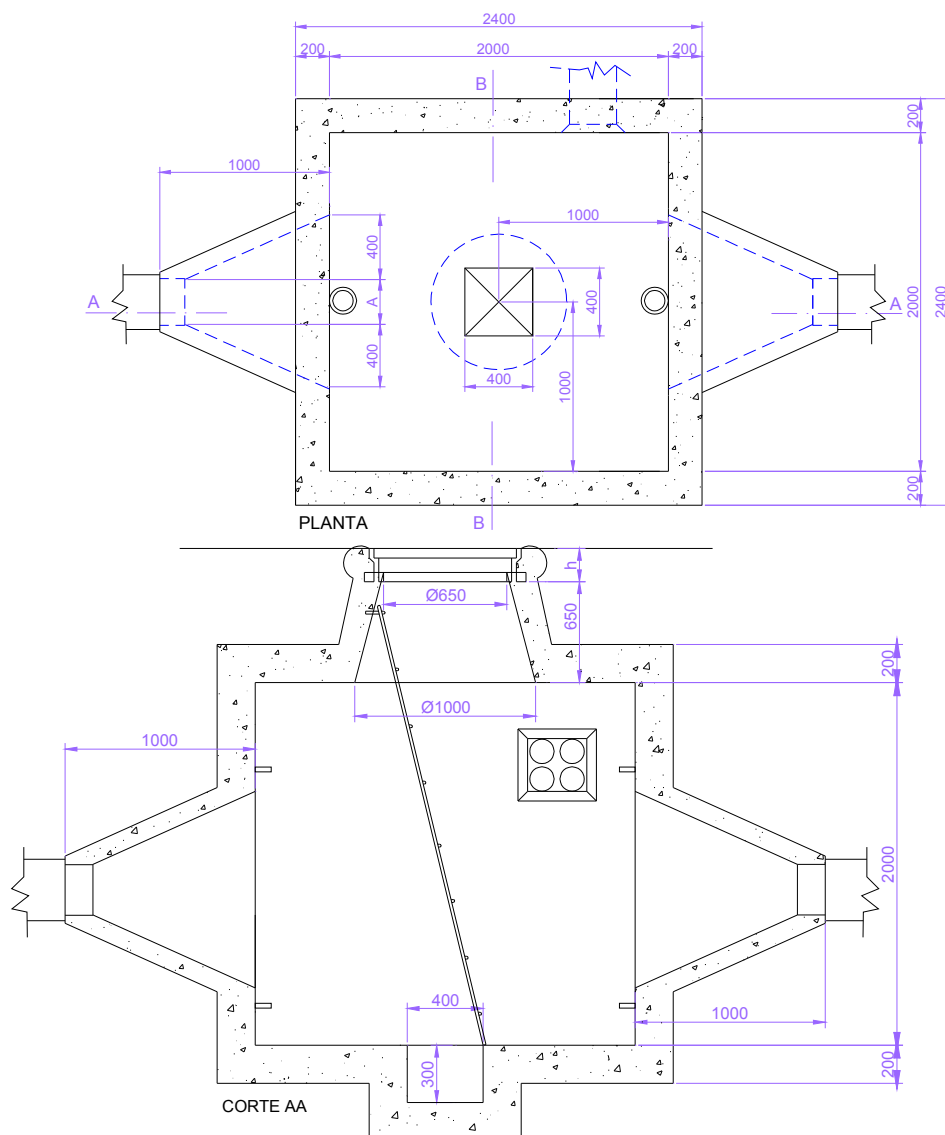
Em caixas de inspeções para instalações de chaves seccionadoras ou de proteção pode ser necessário a utilização de um tampão de concreto armado para instalação / retirada do equipamento, caixa de inspeção modificada, dependendo do tipo/ fabricante. O tampão de ferro para entrada de pessoal é instalado no tampão de concreto armado.

A RGE padronizou 4 caixas de inspeções cujas dimensões estão indicadas a seguir:

- CI-1: 2 m x 2 m x 2m somente com tampão de ferro articulado – [figura 8.1](#);
- CI-2: 4 m x 2 m x 2m somente com tampão de ferro articulado – [figura 8.2](#);
- CI-1M: 2 m x 2 m x 2m com tampão de concreto e de ferro articulado – [figura 8.3](#);
- CI-2M: 4 m x 2 m x 2m com tampão de concreto e de ferro articulado – [figura 8.4](#).

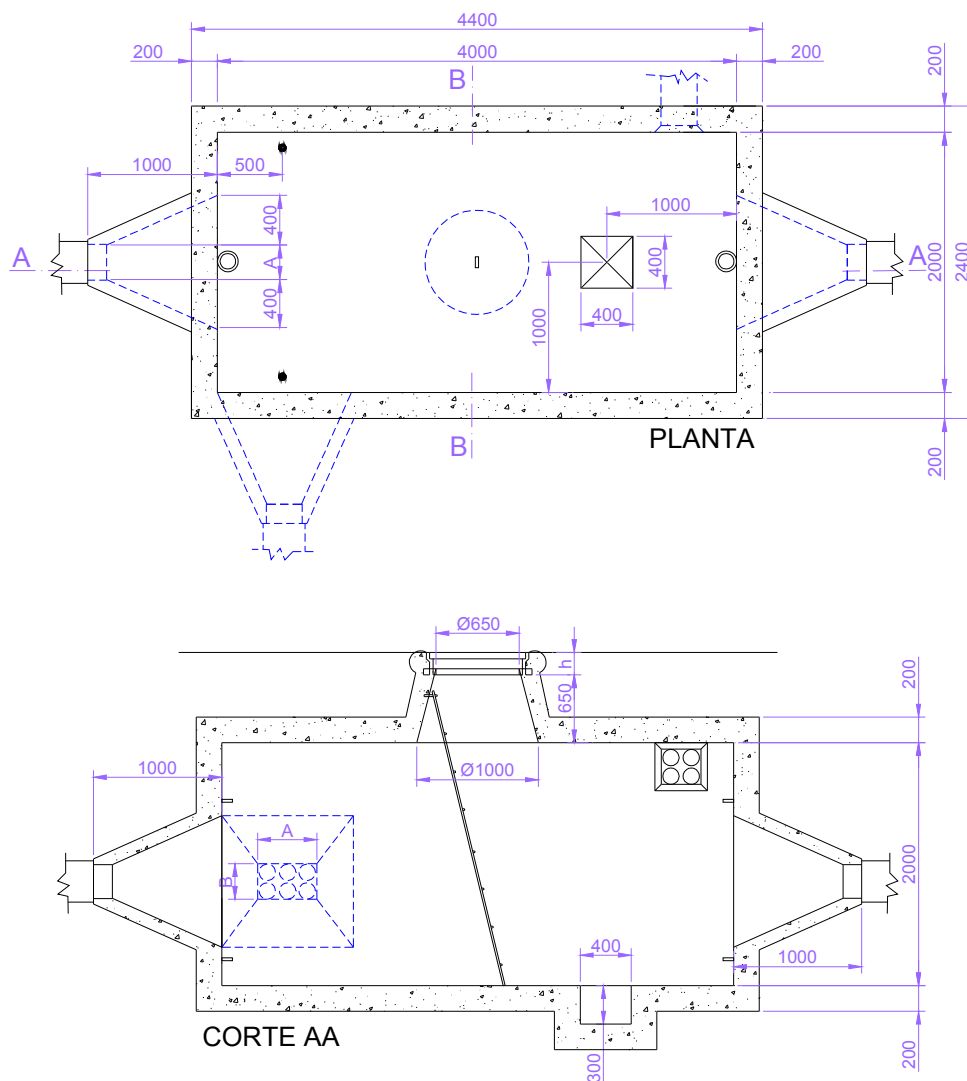
Em parede onde há entrada de linha de dutos, deve ser previsto, pelo projeto estrutural, abertura que permita a entrada de dutos através de embocaduras ou gavetas, mostradas nas [figuras 8.5](#) e [8.6](#), respectivamente. Nas áreas correspondentes as embocaduras ou gavetas, a armação da parede deve ser interrompida e as extremidades da abertura devem ser reforçadas por barras corridas, com comprimentos de ancoragem compatível com o vão.

Figura 8.1 - Caixas de inspeção tipo CI-1 (2,00 m x 2,00 m x 2,00 m)



Dimensões em mm

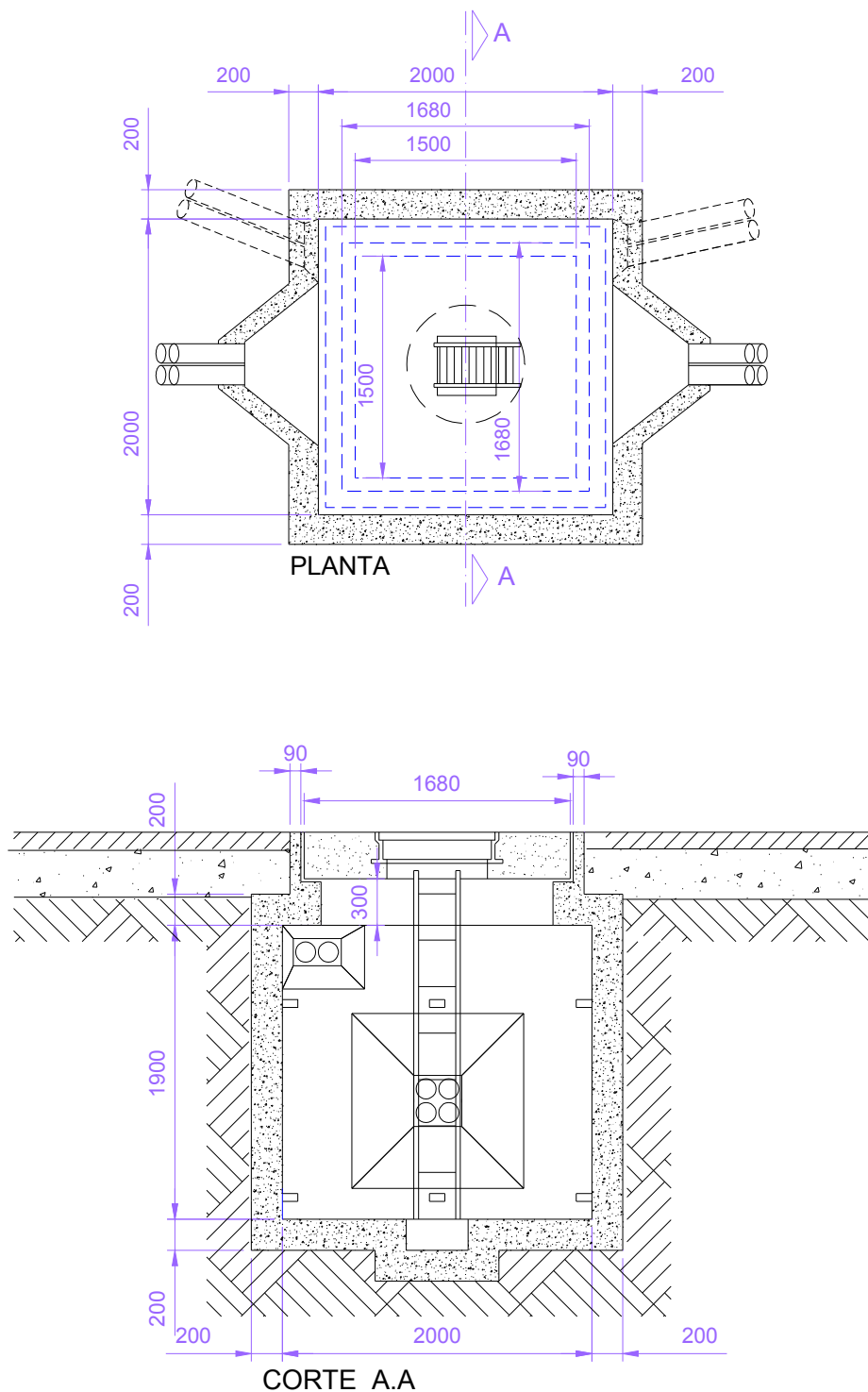
Figura 8.2 - Caixas de inspeção tipo CI-2 (4,00 m x 2,00 m x 2,00 m)



Dimensões em mm.

REDE SUBTERRÂNEA

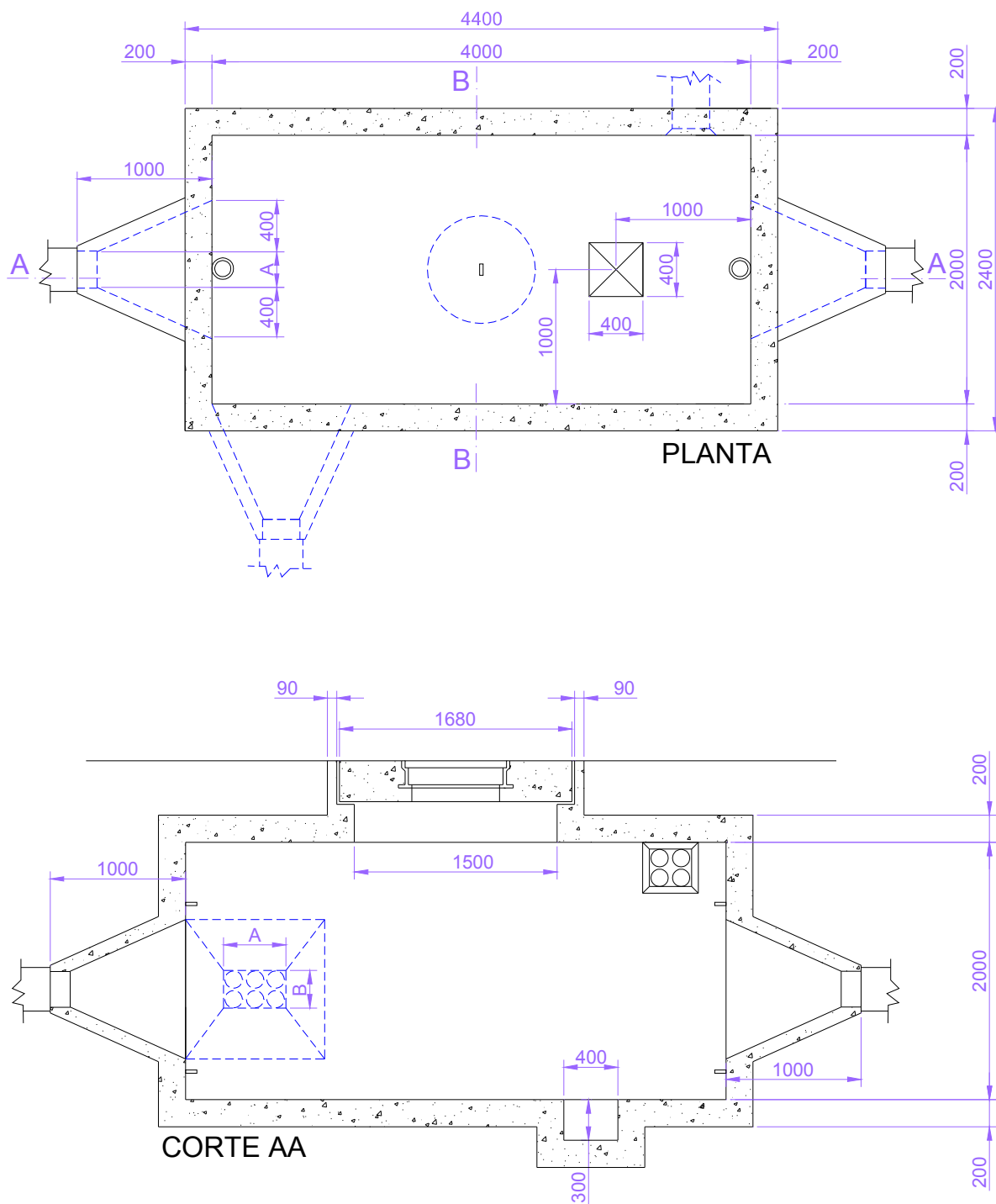
Figura 8.3 - Caixas de inspeção modificada tipo CI-1M (2,00 m x 2,00 m x 2,00 m)



Dimensões em mm.

REDE SUBTERRÂNEA

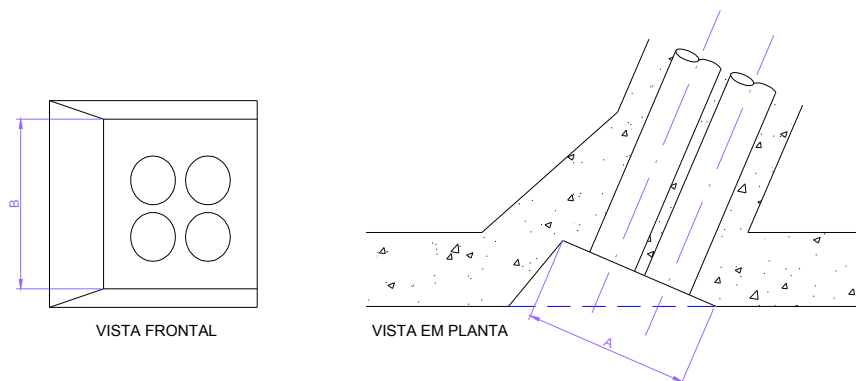
Figura 8.4 - Caixas de inspeção modificada tipo CI-2M (4,00 m x 2,00 m x 2,00 m)



Dimensões em mm.

Figura 8.5 - Embocadura

Entrada Oblíqua



Entrada Ortogonal

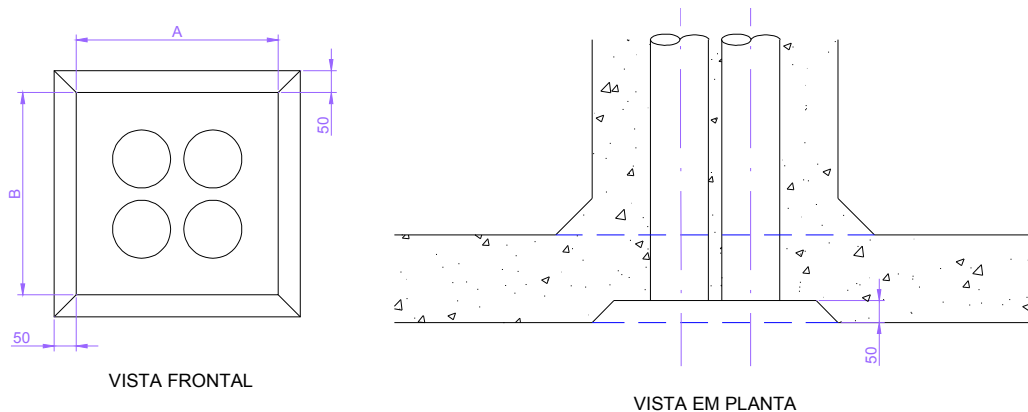
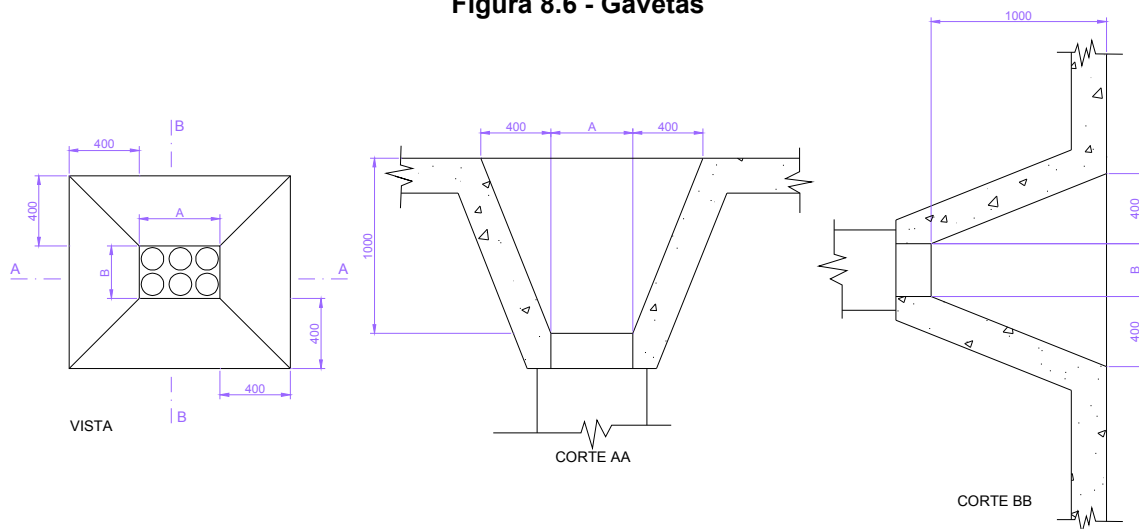


Figura 8.6 - Gavetas



REDE SUBTERRÂNEA

Gavetas normalmente são utilizadas em caixas de inspeções tipo CI-2 e CI-2M nas entradas de canalizações principais (alimentadores, número grande de dutos) para facilitar a instalação de cabos (raios de curvaturas) e de acessórios.

Embocaduras normalmente são utilizadas em caixas de inspeções tipo CI-1 e CI-1M para canalizações onde são instalados ramais.

Nas paredes das caixas de inspeções devem ser fixadas argolas (especificação de materiais OC 09) para possibilitar puxamentos de cabos (lado oposto à entrada da linha de dutos). Também deve ser instalada uma argola no fundo do caixa de inspeção, localizada nas proximidades da projeção do tampão de ferro, de modo a possibilitar o puxamento externo dos cabos ou transformadores.

As argolas devem ser amarradas nas barras de armação das paredes de forma a resistir aos esforços de tração durante o puxamento dos cabos (deslocamento dos transformadores).

Nas caixas de inspeções, próximas aos tampões de entrada de pessoal, devem ser instaladas escadas de ferro (especificação de materiais OC 10) para entrada de pessoal.

Nos pisos das caixas de inspeções devem ser construídas caixas para drenagem de águas cujas dimensões podem ser 40 cm x 40 cm x 30 cm, que será utilizada para retirada de águas pelas motos-bomba, quando for necessário. Os pisos das caixas de inspeção devem ser construídos com pequenas declividades (1%) de maneira que a água que penetrar nos mesmos, siga em direção da caixa de drenagem. Nota: caixas de drenagem não devem ser consideradas em locais o nível do lençol freático seja alto (possibilidade de “entrada de água” em vez de “saída de água”).

Hastes de aterramento devem ser instaladas, durante a construção, nas caixas de inspeção conforme mostrado nas padronizações de estruturas 4.1 e 4.2 da RGE.

8.3. Caixas de passagem secundárias

Caixa de passagem secundária é uma caixa subterrânea de concreto com tampão de ferro para possibilitar a execução dos serviços por pessoas localizadas externamente as mesmas (pessoa sentada ao lado da caixa com as pernas internamente a mesma).

O concreto empregado deverá ter resistência característica à compressão mínima (fck) de 25 MPa. As propriedades do concreto deverão obedecer às especificações da ABNT e ABCP.

As caixas de passagem secundárias e os tampões devem ser utilizados em calçadas (não é permitida utilização em vias de circulação de veículos) e para tanto devem ser dimensionados para suportar uma carga mínima de 120 kN.

Os tampões das caixas secundárias devem ter identificação da RGE e fechos com acionamento externo por chaves adequadas.

A caixa de passagem secundária – CS1 - padronizada pela RGE, possui as dimensões internas de 1.070 mm x 520 mm x 1000 mm, conforme mostrado na [figuras 8.7](#).

No piso da caixa de passagem secundária deve ser construída caixa para drenagem cujas dimensões devem ser 20 cm x 20 cm x 10 cm, que será utilizada para retirada de água por moto-bomba, quando necessário. O piso da caixa de passagem secundária deve ser construído com pequena declividade (1 %) de maneira que a água que penetrar na mesma siga em direção à caixa de drenagem.

Notas:

a) Hastes de aterramento devem ser instaladas, durante a construção, nas caixas de passagem secundária correspondentes a fins de circuitos secundários de loteamentos não edificadas.

b) Nas extremidades dos dutos correspondentes aos ramais de entrada não edificadas, localizadas nos terrenos dos consumidores, deve ser instalada uma caixa tipo CS2 (200 mm x 200 mm x 420 mm) com paredes e piso de alvenaria ou concreto e tampão de concreto, conforme ilustrado na [figura 8.8](#).

c) Caixas de drenagem não devem ser consideradas em locais onde o nível do lençol freático seja alto (possibilidade de “entrada de água” em vez de “saída de água”).

Figura 8.7 - Caixa secundária tipo CS-1

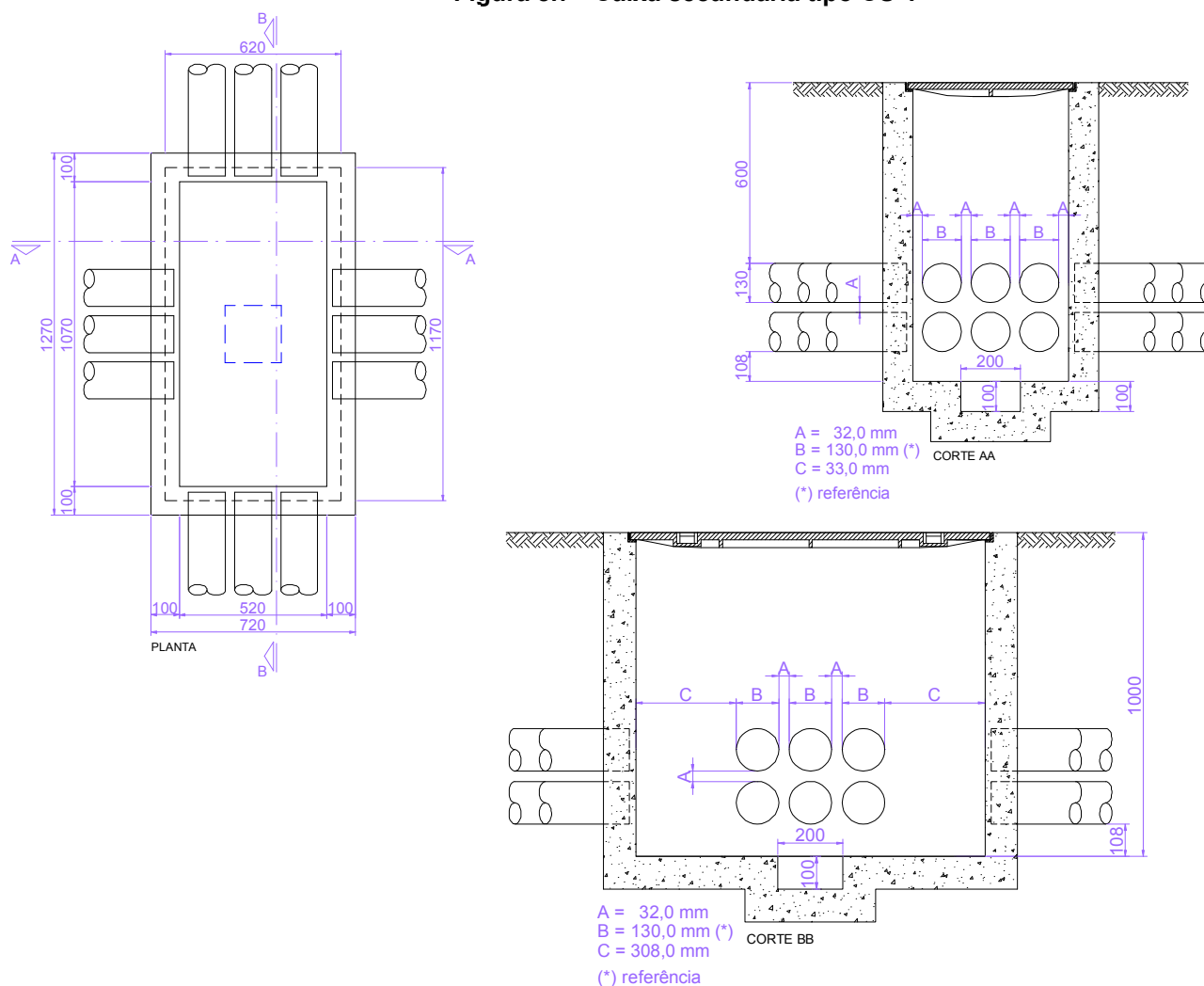
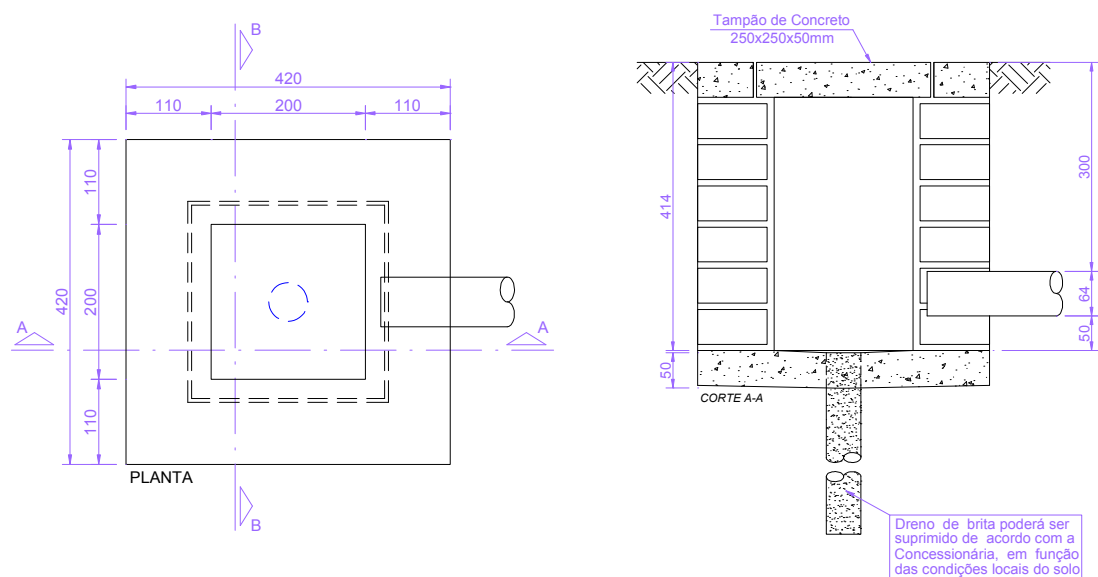


Figura 8.8 - Caixa tipo CS-2



REDE SUBTERRÂNEA

8.4. Base de transformador em pedestal

Os transformadores em pedestal são instalados sobre bases de concreto de acordo com o ilustrado na **figura 8.9**, para os quais são válidas as seguintes considerações:

- como há pequena variação nas dimensões dos transformadores de 75 kVA a 500 kVA, considerou-se uma base padrão única, independente da utilização.
- altura da base de cerca de 20 cm. Nota: em terrenos com declives este valor deve ser considerado em relação ao ponto mais alto, conforme ilustrado na **figura 8.10**.
- construção de caixa de passagem na frente da base para facilitar o puxamento dos cabos.

Figura 8.9 - Base de Transformador.

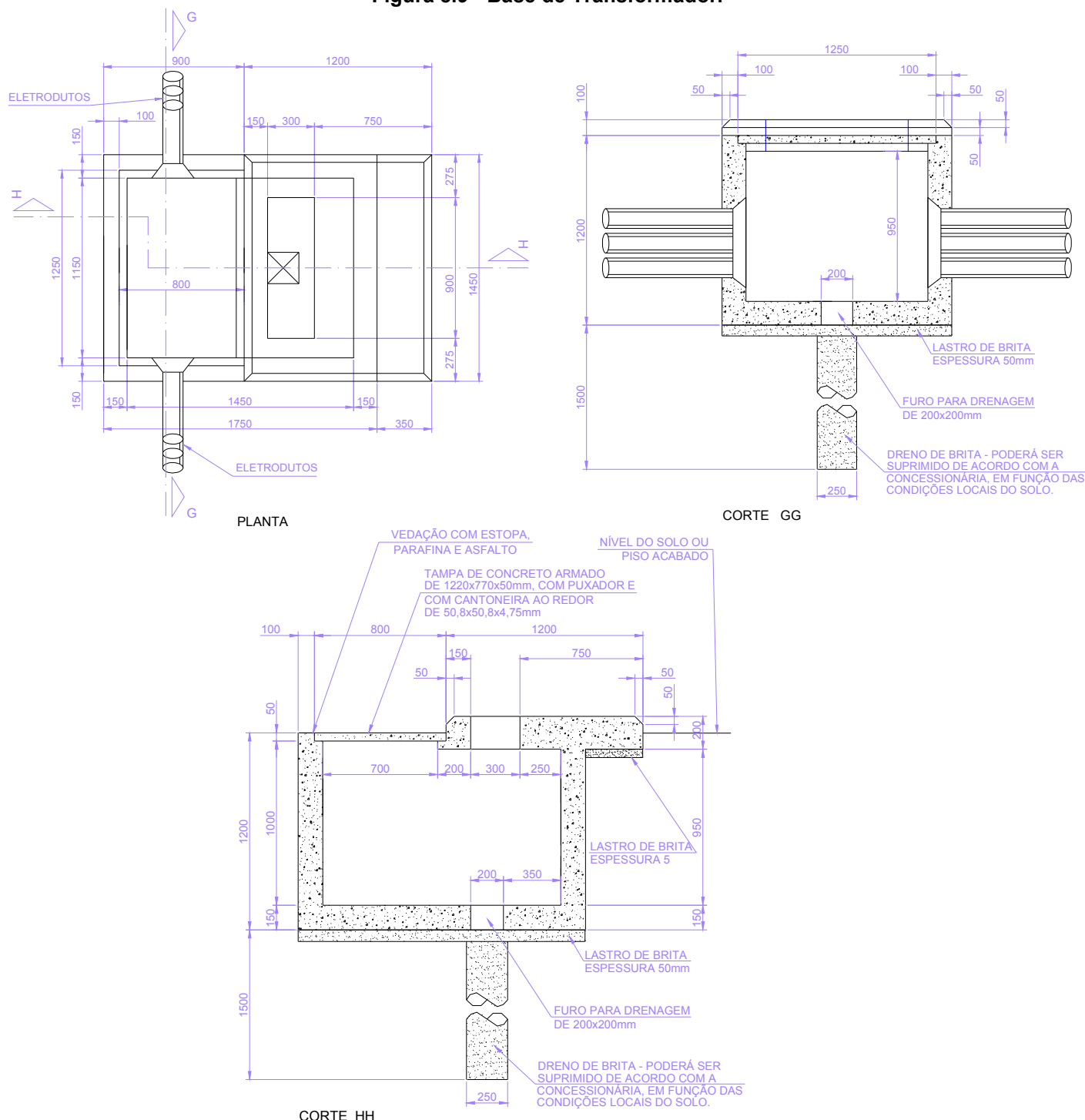
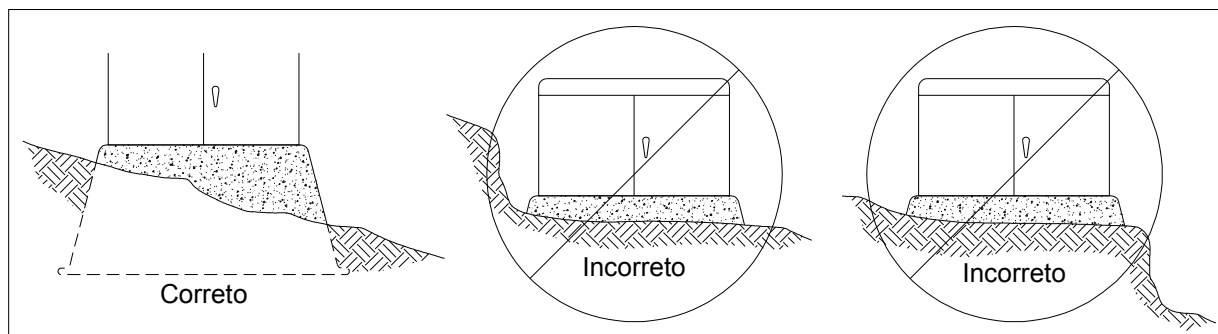


Figura 8.10 - Base de transformador em locais com declive.

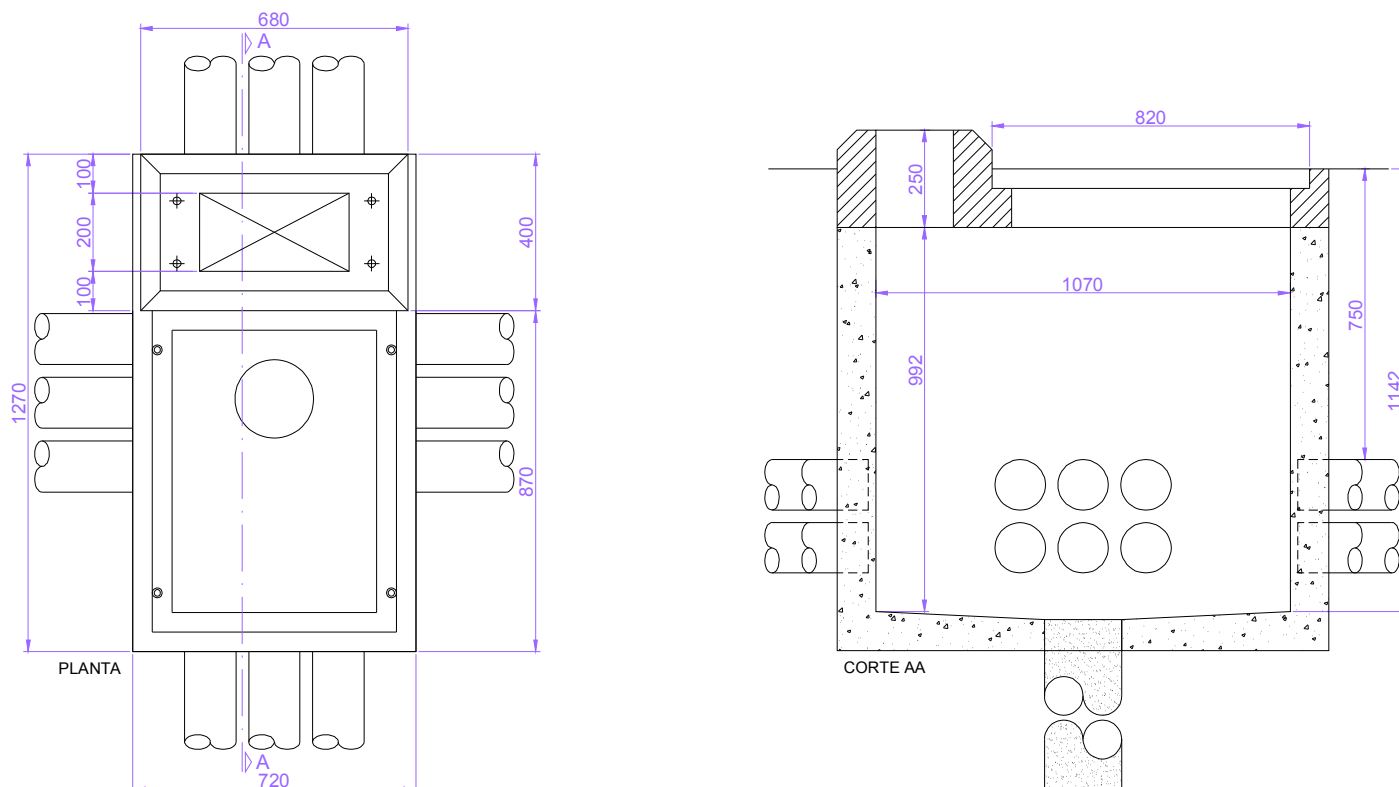


8.5. Base de quadro de distribuição em pedestal (QDP)

Quadros de distribuição em pedestal são instalados sobre base de concreto dimensionada para fixar e alojar toda a base do quadro. A largura do quadro de distribuição em pedestal é variável, dependendo de seu tipo.

As dimensões correspondentes às bases de QDP estão indicadas na **figura 8.11**, onde se observa que as larguras são dependentes do tipo do mesmo.

Figura 8.11 - Base de Quadro de Distribuição em Pedestal – QDP.



Dimensão (mm)	T-590	T-785	T-1115	T-1445	T-1600
A	68	87	121,5	154,5	170
B	58	77	111,5	144,5	160
C	38	57	91,5	120	125
D	49,5	69	102	130	135

Nota: T-1115, T-1445 e T-1600 somente podem ser utilizados em instalações dos consumidores (edifícios exclusivos)

REDE SUBTERRÂNEA

8.6. Canalizações

8.6.1. Generalidades

Nas canalizações para instalação de cabos são utilizados dutos lisos de PVC envelopados com concreto, ou dutos corrugados de polietileno de alta densidade – PEAD - instalados diretamente enterrados (revestimentos de concreto podem ser utilizados em dutos de PEAD, mas não é uma prática normalmente utilizada).

Os dutos de PVC e suas respectivas luvas de emenda e bocais devem ser fabricados com cloreto de polivinila não plastificado, devendo seu composto termoplástico ser auto-extinguível. Os dutos de PVC devem ser fornecidos em barras de 6 m de comprimento com sistema de ponta e bolsa, na cor branca. Peças do tipo bocal na forma de boca de sino devem ser utilizadas nas extremidades dos dutos, para evitar danificações dos cabos.

Os dutos de PEAD devem ser construídos com composto termoplástico que atenda as características da **NBR 13 987** e **NBR 13 898** e fornecidos em rolos de 50 m ou 100 m, com fio guia de aço interno. Os dutos de PEAD também podem ser fornecidos em barras de 6 m de comprimento.

As emendas de dutos PEAD devem ser feitas através de conexões rosqueáveis, sendo que após suas aplicações devem ser vedadas com fita de vedação ou mastic e protegidas através de enfaixamento com filme de PVC. Antes das emendas serem executadas, as conexões devem ser rosqueadas totalmente para um dos lados e os fios guias internos aos dutos devem ser muito bem emendados e estas emendas deve ser revestidas com fita isolante.

8.6.2. Diâmetros dos dutos

Os dutos de PEAD padronizados pela RGE, conforme especificação OC 03, estão indicados a seguir:

- DN-63 (diâmetro externo nominal de 63 mm e interno mínimo de 49 mm);
- DN-125 (diâmetro externo nominal de 125 mm e interno mínimo de 99 mm);
- DN-160 (diâmetro externo nominal de 160mm e interno mínimo de 125 mm);
- DN-200 (diâmetro externo nominal de 200 mm e interno mínimo de 150 mm);

O diâmetro interno máximo dos dutos de PEAD não deverá ser superior a 1,1 vezes o valor do diâmetro interno mínimo. Nota: face às variações nos diâmetros dos dutos, é recomendável que, em um empreendimento novo, para cada diâmetro nominal, seja considerado um único fabricante.

Os dutos de PVC devem atender os requisitos estabelecidos na especificação de materiais OC 01 da RGE, onde estão considerados os diâmetros padronizados pela RGE, que são: considerar as dimensões:

- DE-114 (diâmetro externo nominal de 114 + mm e interno de 109 mm);
- DE-132 (diâmetro externo nominal de 114 + mm e interno de 125 mm);
- DE-150 (diâmetro externo nominal de 114 + mm e interno de 144 mm).

8.6.3. Características mecânicas

Os dutos de PEAD devem:

- suportar uma carga mínima de 680 N, quando submetida ao ensaio de compressão com velocidade constante de 20 mm / min, sendo que a deformação máxima admitida deve ser 5 % do diâmetro externo do duto.
- resistir às energias de impacto 50 J, 75 J, 100 J e 100 J, para diâmetros nominais DN-63, DN-125, DN-160 e DN-200, respectivamente, com precursor cilíndrico de diâmetro igual a 90 mm, de face plana, com massa de 5 kg e base de impacto plana. Após o impacto deve ser possível a passagem de gabarito esférico de diâmetro de 90 % do diâmetro interno mínimo.

8.6.4. Profundidade mínima

Os dutos devem ser instalados com uma profundidade mínima (distância entre o nível do solo e a superfície superior do duto) de 60 cm nas calçadas e 80 cm nos leitos carroçáveis.

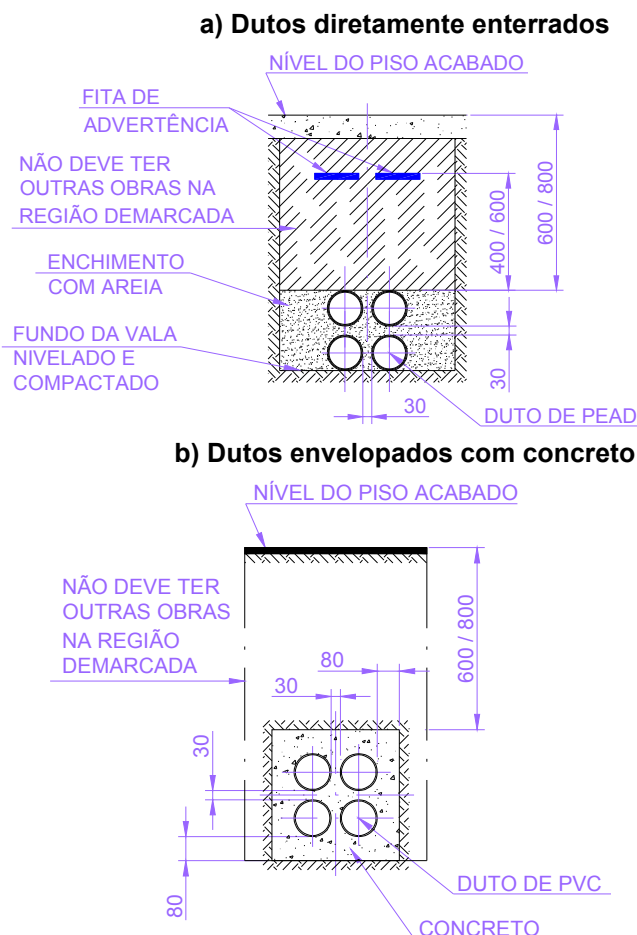
8.6.5. Espaçamentos entre dutos

Os dutos devem ser instalados com espaçamentos mínimos entre eles de 30 mm. Em banco de dutos envelopados de concreto deve ser considerada uma espessura de 8 cm entre a parte externa do concreto e a superfície dos dutos. Em

REDE SUBTERRÂNEA

banco de dutos diretamente enterrados as distâncias entre os mesmos também devem ser de 30 mm. Ilustração simplificada sobre a instalação de dutos está apresentada na **figura 8.12**.

Figura 8.12 - Espaçamento entre dutos



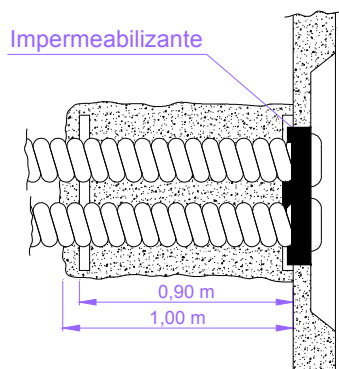
8.6.6. Extremidades dos dutos

Nas extremidades dos dutos são instalados:

- bocal na forma de boca de sino, para os dutos de PVC.
- tampões rosqueáveis que poderão ser cortados quando da passagem dos cabos, para dutos de PEAD.

Nas entradas das caixas de passagem, recomenda-se a utilização de dois quadros envolvidos por concreto, objetivando o paralelismo dos dutos, conforme mostrado na **figura 8.13**. Esta camada de concreto não possui função estrutural podendo ser substituída por terra ou areia devidamente compactada.

Figura 8.13 - Entradas das caixas de inspeções.



8.6.7. Fio guia

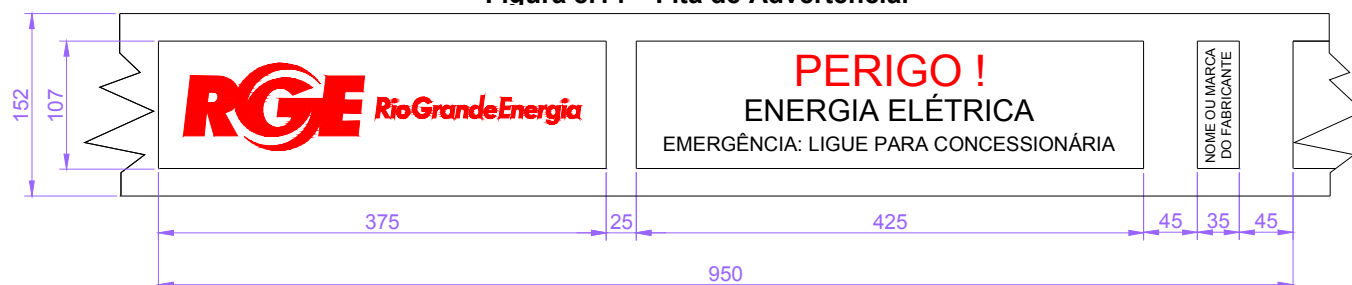
Fio guia interno, constituído de fio de aço recoberto ou corda de nylon, deve ser considerado em todos os dutos.

8.6.8. Fita de advertência

É recomendável a utilização de uma fita de advertência de polietileno de baixa densidade mostrada na **figura 8.14**, acima de todos os bancos de dutos, sendo obrigatória para aqueles diretamente enterrados.

Esta fita deve ser instalada cerca de 200 mm abaixo da superfície sobre os dutos, conforme ilustrado na **figura 8.12**.

Figura 8.14 – Fita de Advertência.



8.6.9. Instalação

A instalação de um banco de dutos é feita considerando uma série de etapas que estão apresentadas sucintamente a seguir.

8.6.9.1. Escavação

As escavações em regiões urbanas devem ser cercadas e sinalizadas com cartazes de advertência. Durante a noite devem ser colocados sinais luminosos.

A escavação pode ser feita manual ou mecanizada dependendo das condições locais.

O fundo da vala deve ser isento de pedras soltas, detritos orgânicos, etc, e apresentar-se perfeitamente plano e horizontal, sendo que o mesmo deve ser abundantemente molhado com a finalidade de localizar possíveis elementos estranhos (raízes de árvores, formigueiros, etc) não aflorados, que serão acusados por percolação da água, após o que deve ser perfeitamente apiloado.

Todas as escavações devem ser feitas a seco.

As valas deverão ser escavadas de modo a permitir que as linhas de dutos possam ser construídas com inclinação mínima de 1% em direção às caixas, com finalidade de propiciar a drenagem das linhas de dutos, bem como evitar o acúmulo de sujeiras ou água.

A escavação das valas deve ser iniciada após terminada a escavação das caixas de passagem.

8.6.9.2. Escoramento

Escavações até 1,5 m de profundidade podem, em geral, ser executadas sem especial segurança com paredes verticais desde que as condições de vizinhança e o tipo de solo permitam. Escavações com mais de 1,5m de profundidade devem, em geral, ser protegidas com taludes ou escoramento. Para menores alturas pode ser necessária a utilização de proteção como nos casos de:

- a) cargas de tráfego.
- b) o solo for afogado por trabalhos anteriores.
- c) são esperadas vibrações junto a escavações.

Nota: a definição da utilização ou não de escoramento é de total responsabilidade da empresa que executa a obra.

REDE SUBTERRÂNEA

8.6.9.3. Apiloamento do fundo da vala

O fundo das valas deve ser apiloado de modo a produzir uma superfície plana e nivelada, sem partículas soltas de solo.

8.6.9.4. Instalação dos dutos envelopados de concreto

A linha de dutos deve ser executada em camadas conforme sequência a seguir.

- Após a concretagem do fundo da vala, com espessura indicada de 80 mm (**figura 8.12**) deve ser assentada a primeira camada de linha de dutos, devendo os mesmos, estarem separados na horizontal com espaçadores tipos pente (a cada 2 m) de modo a garantir espaçamentos entre as faces externas de acordo com o indicado na **figura 8.13** (entre dutos: 30 mm – entre dutos e face externa: 80 mm).
- Concretagem dos dutos nivelando o concreto pela parte superior do espaçador, garantindo assim a camada de concreto entre camadas de dutos.
- Retirada do espaçador tipo pente e lançamento de nova camada de dutos usando novamente o espaçador e repetindo a operação de concretagem quantas vezes forem necessárias.
- Na última camada deve ser utilizado um espaçador diferente do primeiro cuja parte superior garanta uma espessura de concreto de 80 mm de recobrimento.

Somente deverá ser iniciado o assentamento dos dutos após a escavação total da vala no trecho projetado, de maneira que sejam mantidos os alinhamentos entre a saída e chegada dos dutos.

No caso de dutos de PVC devem ser considerados:

- junção por meio de tubos de ponta e bolsa;
- para tubos sem bolsa, emendas feitas com luvas de conexão encaixadas aos dutos com pressão a fim de garantir a continuidade das paredes internas sem quaisquer reentrâncias;
- emendas dos dutos devem estar defasadas pelo menos de 200 mm de modo que um corte transversal não intercepte mais de uma emenda;
- embocaduras em paredes de concreto considerando os seguintes critérios:
 - os dutos de PVC na construção das linhas devem ficar a 50 mm da superfície acabada das gavetas ou embocaduras;
 - o espaçamento mínimo entre dutos na entrada das embocaduras de 50 mm para permitir a colocação do bocal;
 - extremidades dos dutos fechadas com tampões (madeira) para não permitir a entrada de animais ou objetos obstruindo-os (isto deve ser feito sempre que o serviço for paralisado durante algum tempo e à noite).

No caso de dutos em PEAD, deve ser colocado no início da vala um cavalete com roletes para suportar os rolos de dutos, de modo a permitir que os mesmos sejam desenrolados e puxados por corda de sisal amarrada em sua extremidade.

Durante todo o processo de lançamento os dutos PEAD devem estar tamponados. Depois de lançados na vala os dutos devem ser tracionados, utilizando uma alavanca amarrada em sua extremidade, através de corda e serão utilizados espaçadores tipo pente (a cada 1 m) adequado a sua dimensão externa. Posteriormente devem ser consideradas às mesmas operações de concretagem indicadas para os dutos de PVC.

8.6.9.5. Instalação dos dutos diretamente enterrados

Nos casos de instalações de dutos PEAD diretamente enterrados devem ser obedecidos os mesmos critérios citados anteriormente, utilizando se terra selecionada ou areia em vez de concreto, instalando fita de advertência sobre os mesmos.

Na extremidade das linhas de dutos de PEAD são instalados terminais ou tampões, que podem ser cortados quando do lançamento dos cabos, de modo a serem usados como terminais.

8.6.9.6. Concreto

O concreto deve apresentar resistência mecânica (fck) de no mínimo 15 MPa e levar em consideração:

- agregado miúdo constituído por areia lavada de rio (de origem silício-quartzosa) tendo composição granulométrica dentro da faixa ótima da **NBR 7211**, isenta de poeira, material terroso em geral e material orgânico (Nota: não é permitida a utilização de areia de cava ou salitrada).

REDE SUBTERRÂNEA

- agregado graúdo constituído de cascalho ou pedra britada, granulado apresentando partícula de tamanho variado, de forma a eliminar a formação de vazios no interior da massa de concreto (diâmetro máximo do agregado graúdo não excedendo $\frac{1}{4}$ da menor dimensão da peça a ser concretada).

8.6.9.7. Reaterro

Depois de decorridas no mínimo 24 horas do término da operação de concretagem (lançamento e vibração) pode ser iniciado o reaterro das valas, que deve ser feito considerando camadas de 200 mm. O material deve ser umedecido e plenamente apiloado com o uso de compactadores mecânicos.

O reaterro pode ser feito com o próprio material retirado da vala, desde que o mesmo não contenha elementos que possam danificar eletrodutos quando da compactação da vala, devendo ser livre de raízes, materiais orgânicos e lixos.

Nas regiões onde houver tráfego de veículos, após a compactação devem ser realizados testes do grau de compactidade e da umidade do material usado para o reaterro, antes de proceder à compactação da pista.

No caso de dutos de PEAD diretamente enterrados, as camadas intermediárias entre os dutos devem ser compactadas através do processo manual com recobrimento de terra ou areia, tomando-se o cuidado para que todos os espaços vazios sejam preenchidos. Se a terra estiver excessivamente seca, umedecê-la o suficiente a fim de permitir uma compactação adequada. Este processo consiste no lançamento de água a cada camada de dutos e deve ser efetuado com cuidados especiais para não provocar o escoamento da terra ou flutuação da linha de dutos.

A compactação do solo acima da última camada de dutos deve ser executada através do processo mecânico em camadas de no máximo 200 mm de espessura.

Para os dutos diretamente enterrados, a 400 mm acima dos mesmos deve ser instalada a fita de advertência.

8.6.9.8. Mandrilamento

Após o término da construção das linhas de dutos, um mandril deve ser passado nos mesmos com o objetivo de verificar a existência de agentes externos indesejáveis em seus interiores ou de curvas fora da especificação.

Os mandris podem ser feitos de alumínio ou aço, e devem ter as dimensões definidas na [figura 8.15](#).

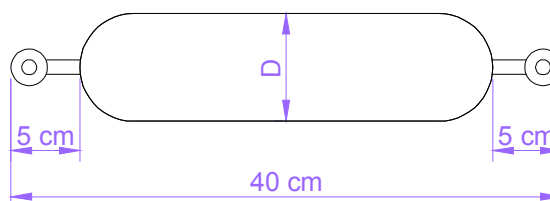
Se for encontrada alguma dificuldade com o mandril, uma série de escovas de aço deve ser passada em cada direção. Se o duto estiver parcialmente obstruído, por lama, terra ou detritos, deve ser completamente limpo.

No caso dos dutos de PVC, após a passagem do mandril e a retirada das rebarbas dos dutos, deve ser colocado em cada bocal com respectivo fechamento de PVC, usando cola recomendada pelo fabricante. Após a colocação dos bocais, é feito então o acabamento da embocadura.

No caso de dutos PEAD, após passagem do mandril e limpeza dos mesmos, deverão ser colocados os tampões rosqueáveis.

Antes do tamponamento de qualquer tipo de duto, deve ser deixado um fio guia no interior de cada um.

Figura 8.15 - Mandril



Duto			Diâmetro do mandril (mm)
Material	Código	Diâmetro interno (mm)	
PEAD	DN-63	49	37
	DN-125	99	80
	DN-160	125	100
	DN-200	150	120
PVC	DE-114	109	87
	DE-132	125	100
	DE-150	144	116

REDE SUBTERRÂNEA

9. ROTEIRO DO PROJETO BÁSICO

Antes de iniciar a elaboração do projeto básico da rede subterrânea é importante uma definição das disponibilidades de locais para implantação de redes subterrâneas de energia, que deverão ser compatibilizados com espaços disponíveis para implantação das redes dos demais serviços subterrâneos (telefone, TV a cabo, água, esgoto, etc).

O levantamento do local também pode ser feito antes do início do projeto visando identificar e localizar as redes aéreas existentes, o(s) ponto (s) de alimentação da rede subterrânea, eventuais restrições para instalação de redes, pontos de alimentação dos consumidores, etc.

A partir das características urbanísticas do empreendimento (espaços disponíveis para as instalações), das cargas estimadas, da disponibilidade de locais para a rede e do levantamento de campo, deve ser elaborado o projeto da rede de distribuição subterrânea, que é sub-dividido em 3, a saber: projeto básico da rede secundária, projeto básico da rede primária e projeto básico das obras civis.

A elaboração do projeto básico normalmente é feita considerando a ordem mencionada anteriormente. Entretanto, face ao relacionamento dos 3 projetos básicos, normalmente são necessários rearranjos para compatibilizar as redes.

Os requisitos básicos, a serem considerados na elaboração do projeto da rede subterrânea, estão apresentados a seguir.

10. REDE SECUNDÁRIA SUBTERRÂNEA

10.1. Concepção básica

A rede secundária derivada dos transformadores cujo unifilar ilustrativo está mostrado na [figura 10.1](#), deve operar em 380 / 220 V e ser constituída de:

- quadros de distribuição em pedestal, localizados nas proximidades dos transformadores, onde são instalados dispositivos de proteção contra sobrecorrentes;
- interligações dos transformadores aos quadros de distribuição em pedestal;
- circuitos secundários radiais, trifásicos a 4 fios (3 fases + neutro, derivados dos quadros de distribuição em pedestal, instalados em dutos;
- derivações para ramais de entrada instaladas em caixas de passagem secundárias;
- ramais de entrada definidos em função das cargas dos consumidores e poderão ser a 2 fios (fase – neutro), 3 fios (2 fases + neutro) e 4 fios (3 fases + neutro).

Todos os cabos (circuitos secundários, ramais de entrada) devem ser instalados em dutos.

10.2. Queda de tensão

A máxima queda de tensão admissível na rede secundária no ponto de entrega deve estar de acordo com a tabela 4.1 (saída do transformador – ponto de entrega) é 3%. (Qual a relação entre o valor de 3% e os valores da tabela 4.1)

Os cálculos de queda de tensão podem ser feitos considerando temperatura no condutor de 70°C, visto que normalmente os cabos não operam com cargas superiores a 80% de sua corrente de máxima de operação. Eventuais casos, onde não válidas estas premissas, devem ter cálculos de quedas de tensões considerando temperatura no condutor de 90°C.

Para efeito dos cálculos de quedas de tensões, todos os ramais de entrada podem ser considerados como trifásicos (3 fases + neutro) e todas as cargas como trifásicas equilibradas.

Parâmetros elétricos e fatores para cálculos de quedas de tensões estão apresentados na [tabela 10.1](#).

O cliente deve apresentar os cálculos de quedas de tensões sendo que, para efeito ilustrativo, uma metodologia está apresentada no [Anexo B](#).

REDE SUBTERRÂNEA

Figura 10.1 - Concepção básica da rede secundária

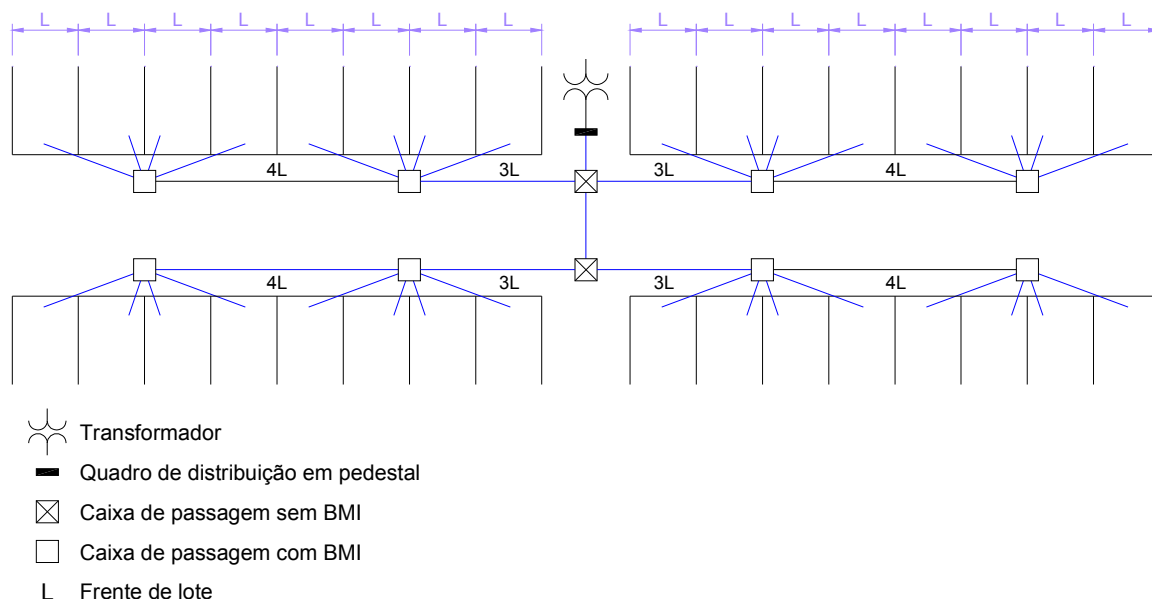


Tabela 10.1 - Informações técnicas – cabos secundários (1)

Descrição	Identificação			
	4x1x185	4x1x95	4x1x35	4x(1x16)
Condutor				
- material	Al	Al	Al	Al
- seção (mm²)	185	95	35	16
Parâmetros (Ohm/km) (2)				
- resistência de seq. positiva (R_1)	0,198	0,384	1,039	2,285
- reatância de seq. positiva (X_1)	0,111	0,114	0,126	0,134
- resistência de seq. zero (R_0)	0,573	1,047	2,135	3,272
- reatância de seq. zero (X_0)	0,465	0,631	1,373	2,14
Fator de queda de tensão (3)				
- $V / A \times km$ (K_1) (4)	0,343	0,665	1,800	3,958
- $V / kVA \times km$ (K_2) (5)	0,521	1,011	2,734	6,013
Correntes admissíveis (6)				
- 1 circuito / banco de dutos				
- fator de carga: 100 %	281 / 344	193 / 236	142 / 174	71 / 87
- fator de carga: 75 %	331 / 405	227 / 278	167 / 204	83 / 102
- 2 circuitos / banco de dutos				
- fator de carga: 100 %	239 / 291	164 / 199	xx / xx	xx / xx
- fator de carga: 75 %	282 / 344	193 / 223	xx / xx	xx / xx

- (1) Cabos com isolamento de XLPE, cobertura de PVC, 0,6 / 1 kV, instalados em dutos de PEAD de 100 mm, diretamente enterrados, profundidade de 60 cm.
- (2) Temperatura de operação: 70 °C, resistividade do solo: 1,5 °K X m / W.
- (3) Fator de potência ($\cos \varphi$) igual a 0,95.
- (4) $K_1 = \sqrt{3} \times (R_1 \times \cos \varphi + X_1 \times \sin \varphi)$.
- (5) $K_2 = (R_1 \times \cos \varphi + X_1 \times \sin \varphi) / kV$ (kV-tensão de linha: 0,38).
- (6) X/ Y: X – corrente do cabo em condições normais de operação – temperatura no condutor: 90°C; Y – corrente do cabo em condições de emergência – temperatura no condutor: 130 °C. (Nota: a operação em regime de sobrecarga, segundo a **NBR 6251**, não deve superar a 100 horas durante 12 meses consecutivos, nem 500 horas durante a vida do cabo).

10.3 - Localização do transformador em pedestal

A definição de locais possíveis para instalações de transformadores em pedestal é um dos primeiros passos da execução dos projetos das redes subterrâneas visto que os mesmos são limitados pelas características urbanísticas do empreendimento e características físicas do equipamento, conforme mostrado a seguir.

Os locais para instalação dos transformadores devem ter espaços disponíveis para possibilitar:

- instalação de quadro (s) de distribuição em pedestal;
- instalação do sistema de aterramento;
- instalação / retirada dos equipamentos através de guindaste;
- execução de serviços de inspeção e manutenção.

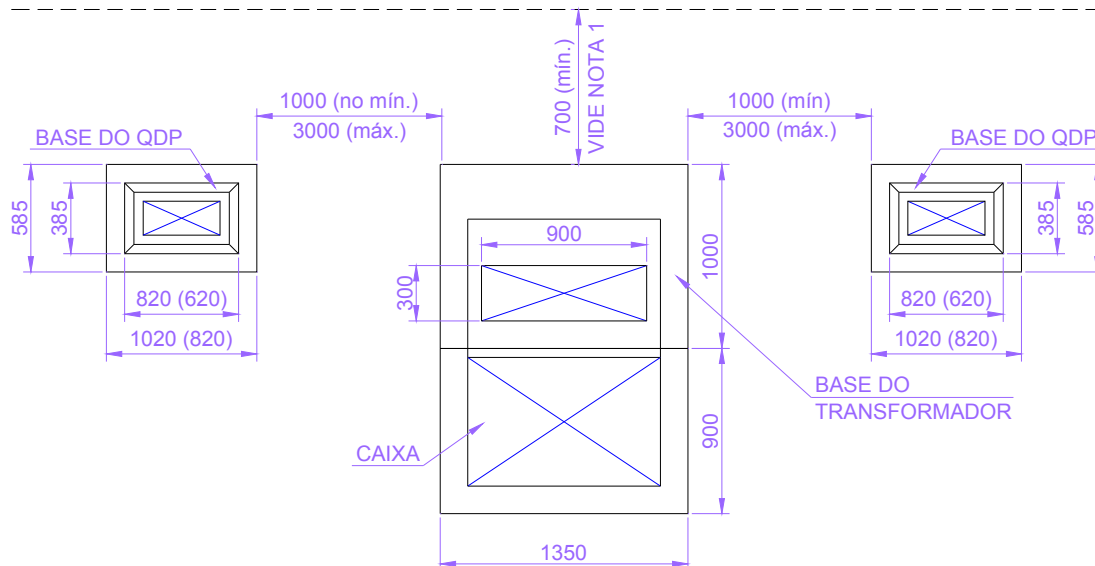
Para possibilitar instalação / retirada dos transformadores, assim como inspeção / manutenção dos mesmos, deve ser previsto ao lado da base do transformador, um espaço livre de no mínimo 700 mm nas laterais e fundo e 1 000 mm na frente. Quando há muro / parede adjacente ao fundo do transformador o espaço correspondente pode ser reduzido a 400 mm.

O transformador em pedestal deverá ser localizado considerando uma distância entre o mesmo e a via de circulação de veículos de no mínimo 2 m e no máximo 6 m. Nota: distâncias superiores a 6 m dependem de prévia análise e autorização da RGE.

O espaço necessário para instalação está ilustrado na **figura 10.2**, sendo que mudanças no lay-out, decorrentes de condições específicas de cada situação, podem ser solicitadas pelos interessados e analisadas pela RGE.

Caso seja de interesse do empreendedor, podem ser instaladas grades metálicas ao redor do transformador visando limitar o acesso de pessoal às proximidades do equipamento. Para tanto deve ser considerada uma distância das grades ao transformador de no mínimo 700 mm nas laterais e no fundo e 1 000 mm na frente.

Figura 10.2 - Espaços necessários para instalações de transformadores em pedestal



NOTA:

1) Dimensões em milímetros.

As grades do fundo e das laterais devem ser fixadas com meios que permitam a sua remoção em instalações / retiradas do transformador. Na frente do transformador as grades devem constituir de um portão removível com aberturas para a área externa. Nota: deve ser considerado espaço livre para abertura dos portões.

Todas as grades devem ser aterradas.

REDE SUBTERRÂNEA

O empreendedor também pode optar pela instalação de uma cerca viva nas laterais e no fundo do transformador desde que seja mantido um espaço livre (transformador – cerca viva) de no mínimo 700 mm. A RGE não se responsabiliza por eventuais danos às cercas vivas durante eventuais manutenções.

Espaço livre necessário para instalação do transformador em pedestal normalmente é encontrado em praças ou vielas. Instalação de transformadores em pedestal em calçadas normalmente é inviável visto que dificulta ou impede a passagem de pedestres, além de prejudicar o lote adjacente ao mesmo. Transformadores em pedestal instalados em ilhas de avenidas devem ser evitados e, caso sejam utilizados, devem considerar medidas adicionais de segurança contra acidentes com veículos.

Transformadores não devem ser instalados em locais sujeitos a alagamentos. Sondagens e projetos estruturais das bases devem ser feitos em locais onde há dúvidas sobre adequacidade do solo às instalações.

10.4. Circuitos secundários

Em função das possíveis localizações de transformadores devem ser definidos os circuitos secundários, derivados de quadros de distribuição em pedestal, levando-se em consideração que:

- os cabos devem ter condutor de alumínio, isolamento de XLPE, com ou sem cobertura, atendendo os requisitos estabelecidos na especificação de materiais CA 02 da RGE;
- neutro dos circuitos secundários de seção igual a dos condutores fases;
- as seções padronizadas são de 95 e 185 mm²
Nota: cabos quadriplexados. Nota: em loteamentos onde as extensões dos circuitos secundários, não incluindo os ramais de entrada, são inferiores a 1 km, o interessado poderá optar pela utilização de cabos unipolares nos mesmos (95 mm², Al - 185 mm², Al);
- instalações de todos os cabos de um circuito (3 fases + neutro) em duto único;
- os cabos devem ser instalados em dutos DN-125 (diâmetro interno mínimo de 99 mm) localizados nas calçadas. Nota: circuitos secundários em vias de circulação de veículos somente podem ser considerados em travessias.
- comprimento máximo de 250 m;
- alimentação de cargas dos lotes adjacentes à calçada onde está instalado o circuito secundário, sem ramais de entrada atravessando vias de circulação de veículos. Nota: ramais de entrada atravessando as vias de circulação de veículos somente devem ser considerados em finais de circuitos (última caixa de derivação) ou em empreendimentos com frentes de lote iguais ou superiores a 30 m;
- correntes nos cabos iguais ou inferiores a 80% da corrente de operação estabelecida pela RGE;
- queda de tensão dentro dos limites admissíveis.

Notas:

- a) Parâmetros elétricos, correntes máximas de operação, fatores para cálculos de quedas de tensões correspondentes aos cabos secundários padronizados pela RGE para condutores secundários estão apresentados na [tabela 10.1](#).
- b) A extremidade do neutro dos circuitos secundários de loteamentos não edificados deve ser aterrada na caixa de passagem. Este aterramento do neutro poderá ser retirado quando todas as ligações previstas para a caixa de passagem estiverem feitas.
- c) Devem ser interligadas (cabos + 2 dutos) caixas de ligações das extremidades dos circuitos secundários, desde que as distâncias entre as mesmas não sejam superiores a 50 m para possibilitar recursos para eventuais manobras em emergências. Para tanto deve ser considerado:
 - seção dos condutores correspondente a maior das seções dos circuitos secundários que serão interligados;
 - extremidades dos cabos do trecho de interligação isoladas em uma das caixas de derivações.
- d) Trechos dos cabos de interligações (item anterior) não devem ser considerados para definição do comprimento máximo do circuito secundário.

10.5. Derivações para ramais de entrada

As derivações para os ramais de entrada deverão ser feitas através de barramentos modulares isolados que permitam a conexão de 4, 6 ou 8 circuitos (secundários e ramais de entrada).

Os barramentos modulares isolados devem ser instalados em caixas de derivações / passagem tipo CS-1, com tampão de ferro ([figura 8.7](#)) ou concreto ([figura 8.8](#)), que possibilitam entradas / saídas de até seis (6) circuitos em cada lado da caixa. As instalações dos barramentos modulares isolados devem ser feitas de acordo com o mostrado no padrão de estruturas 6.7 da RGE.

REDE SUBTERRÂNEA

Em cada caixa de passagem devem ser instalados quatro (4) barramentos modulares isolados (três fases + neutro). Todos os barramentos modulares isolados de um empreendimento devem ser do mesmo tipo / fabricante. Em uma caixa de passagem / derivação os barramentos modulares isolados correspondentes às fases devem ter o mesmo número de entradas / saídas. O barramento modular isolado correspondente ao neutro pode ter um número de saídas superior ao correspondente das fases.

Nos loteamentos não edificados, os barramentos modulares isolados devem ser dimensionados considerando as ligações de todos os lotes.

As saídas correspondentes aos lotes deverão permanecer isoladas enquanto não for ligado o ramal de entrada.

10.6. Ramal de entrada

Nos empreendimentos edificados, os ramais de entrada interligarão as caixas secundárias de passagem com caixa de entrada do consumidor através de cabos instalados em dutos exclusivos.

Nos empreendimentos não edificados, os locais das entradas de consumidores (lotes) somente serão estabelecidos quando forem definidas as construções a serem executadas. Para execução do projeto da rede subterrânea, o projetista deverá definir o ponto de entrega que preferencialmente deve estar localizado em uma das extremidades do lote, adjacente com a calçada.

Na definição dos ramais de entrada, que derivam dos barramentos modulares isolados instalados nas caixas de passagem / derivação, devem ser levados em consideração os requisitos estabelecidos a seguir:

- comprimento máximo do ramal de entrada igual a 30 m;
- cabos com condutores de alumínio, isolamento de XLPE, com ou sem cobertura, atendendo os requisitos estabelecidos na especificação de materiais CA 02 da RGE;
- cabos com seções de 16 mm² ou 35 mm²;
- número de cabos (fases + neutro) definido em função da carga e do tipo de ligação (número de fases);
- carga máxima prevista dos consumidores indicadas na [tabela 10.2](#);
- neutro dos ramais de entrada de seção igual a dos condutores fases;
- instalação de todos os cabos de um circuito (fases + neutro) em duto único de diâmetro interno de 50 mm.

Notas:

- Nos loteamentos não edificados deverá ser considerada uma caixa do tipo CS-2 ([figura 8.9](#)) na extremidade dos dutos dos ramais de entrada. Estas caixas deverão ser localizadas internamente ao lote a não mais de 50 cm da calçada e da divisa do lote com a área adjacente, conforme ilustrado na [figura 10.3](#).
- Eventuais ligações de consumidores com cargas superiores a 50 kVA poderão ser feitas através de ramais de entrada exclusivos, derivados dos quadros de distribuição, constituídos de cabos de seções 95 mm² ou 185 mm² (DN-125: dutos de diâmetro interno mínimo de 99 mm).
- Ligações monofásicas somente devem ser feitas com cabos de seções de 16 mm² e ligações bifásicas com cabos de seções de 16 mm² e 35 mm².

Tabela 10.2 - Cargas máximas previstas para os ramais de entrada

Seção do cabo (mm ²)	Tipo de ligação	Carga máxima		Fusível A
		A	kVA	
16	FN	50	11	63
	FFN	50	20	63
	FFFN	50	33	63
35	FFN	80	30	100
	FFFN	80	52	100
95	FFFN	160	105	200
185	FFFN	250	165	315

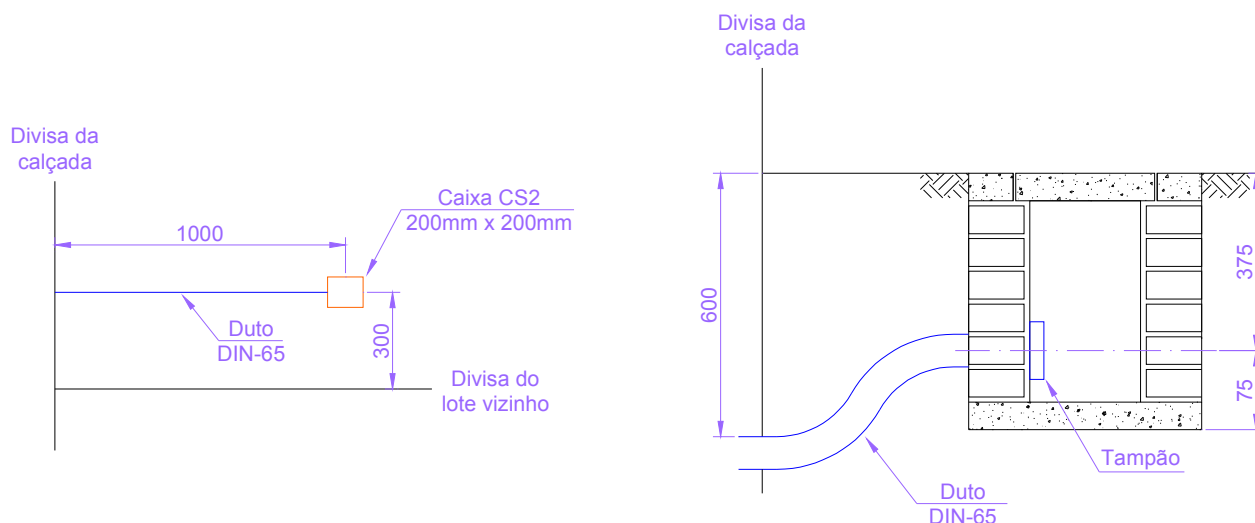
10.7. Emendas retas

Emendas retas simétricas (conexões de cabos idênticos) termocontráteis ou contráteis a frio podem ser utilizadas nos cabos de circuitos secundários (95 mm² e 185 mm²) desde que:

- sejam instaladas em caixas de passagem.

Os ramais de entrada devem ser constituídos de cabos sem emendas.

Figura 10.3 - Localização de Caixa CS-2



10.8. Quadro de distribuição em pedestal - QDP

Os quadros de distribuição em pedestais devem ser localizados considerando:

- distância de até 3 m do transformador em pedestal. Nota: Em casos excepcionais, distâncias superiores a 3 m, mas inferiores a 15 m, poderão ser consideradas, mas dependem de prévia análise e liberação da RGE;
- facilidade para instalação e manutenção;
- distância de 100 a 200 mm do limite do terreno com a calçada, quando instalado em calçadas;
- espaço livre à frente do quadro de distribuição em pedestal de no mínimo 1 m para possibilitar manutenção e operação adequada.

Os QDP's devem ser conectados aos transformadores em pedestal através de interligações (circuitos) constituídas de cabos padronizados na especificação de materiais CA 02 da RGE. Estas interligações, entre o transformador e o QDP, devem ser feitas com:

- 1 circuito (fase: 3 + neutro: 1) de cabos de 95 mm², Al para transformador de 75 kVA.
- 1 circuito (fase: 3 + neutro: 1) de cabos de 185 mm², Al para transformador de 150 kVA.
- 2 circuitos (fase: 6 + neutro: 1) de cabos de 185 mm², Al para transformador de 300 kVA.
- 3 circuitos (fase: 9 + neutro: 2) de cabos de 185 mm², Al para transformador de 500 kVA.

Os cabos dos circuitos de entradas devem ser fixados através de conectores adequados aos barramentos dos QDP's. Quando forem utilizados, os conectores terminais de compressão devem atender os requisitos especificados na padronização de materiais CN 01 da RGE.

Todas as saídas de circuitos secundários devem ser feitas através de chaves trifásicas de 160 A (DIN-0), 250 A (DIN-1), ou 400 A (DIN-2) com fusíveis NH de baixas perdas. Informações adicionais das chaves / fusíveis NH estão apresentadas na [tabela 10.3](#).

Tabela 10.3 - QDP's - Chaves e Fusíveis NH

Capacidade nominal (A)	Largura (mm)	Fusível NH – Tipo (*)
160	50	00 (50, 63, 80, 100, 125, 160 A)
250	100	1 (50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 224, 250 A)
400	100	2 (224, 250, 315, 355, 400 A)
630	100	3 (400, 500, 630 A)

(*) Fusíveis NH normalmente disponíveis no mercado. Fusíveis de tipo “inferior” pode ser utilizado em chaves de tipo “superior”, mas o inverso (tipo superior em chave inferior não é possível). Exemplo: fusível tipo 00 pode ser utilizado em chave tipo 1, mas fusível tipo 1 não pode ser utilizado em chave tipo 0.

As correntes de operações máximas das chaves não devem ser superiores aos seus valores nominais multiplicados pelo fator de agrupamento (K) mostrado na [tabela 10.4](#), que depende do número de chaves previstas para o quadro de distribuição em pedestal.

REDE SUBTERRÂNEA

Tabela 10.4 - Fator de agrupamento – QDP

Número de chaves	Fator de agrupamento - K
1	1,0
2 - 3	0,9
4 - 5	0,8
6 - 9	0,7
≥ 10	0,6

Os fusíveis NH devem ser dimensionados em função da carga e não devem ser superiores aos máximos valores operativos das chaves e às máximas correntes admissíveis dos cabos (315 A e 200 A para cabos de seções 185 mm² e 95 mm², respectivamente). Nota: sempre que possível, recomenda-se que as correntes de cargas sejam no máximo iguais a 80% da corrente nominal do fusível NH.

Os quadros de distribuição padronizados pela RGE consideram larguras de 590 mm (DIN-0) ou 785 mm (DIN-1). Na definição das larguras dos mesmos devem ser levados em consideração que as mesmas devem ser superiores as soma das parcelas indicadas a seguir:

- fixação de barramentos: 85 mm.
- módulo de entrada (circuito de entrada): 50 mm / módulo.
- chaves de 160 A: 50 mm / chave.
- chaves de 250 e 400 A; 100 mm / chave.
- reserva para ligação de chave adicional (circuito de emergência / reserva): 50 mm.

Para facilitar a identificação dos consumidores alimentados por cada chave, em eventuais manutenções ou ligações de consumidores, deve ser fixado, na parte interna da porta do QDP, um diagrama unifilar simplificado, em folha plastificada, conforme mostrado na [figura 10.4](#).

Os quadros de distribuição em pedestal devem atender os requisitos estabelecidos na especificação de materiais EQ 01 da RGE.

Notas:

- a) Em chaves de 160 A não é possível conectar cabos de seções superiores a 95 mm².
- b) Quando for necessário instalar 2 QDP em um mesmo transformador, cada um deve ter circuito(s) de interligação (ões) exclusivo(s), podendo ser considerado uma interligação (circuito) adicional para facilitar a distribuição de cargas. Nestes casos somente em um dos QDP's deve ser prevista a chave para ligação em emergências.
- c) No diagrama unifilar a ser fixado no QDP não deve ser instalada a legenda.
- d) QDP com dimensões ou concepções diferentes das padronizadas não devem ser instalados nas redes subterrâneas dos empreendimentos.

10.9. Identificações

As fases dos circuitos secundários deverão ser identificadas nas saídas dos transformadores, nas entradas e saídas dos QDP's e nas caixas de passagem dos circuitos secundários. Identificações das fases dos ramais de entrada devem ser feitas nas caixas de passagem / derivação de circuitos secundários e nas entradas dos consumidores.

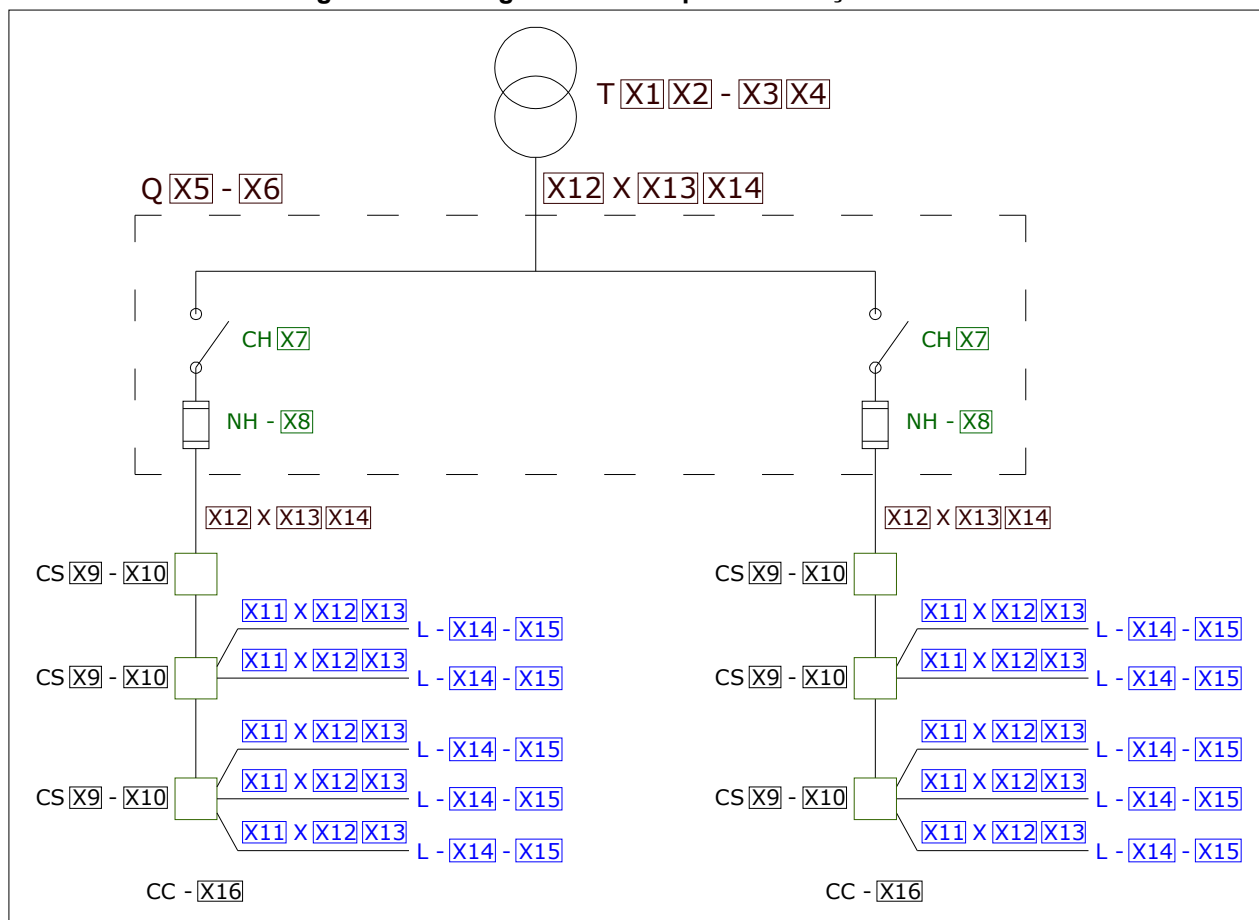
As identificações das fases devem ser feitas de acordo com o mostrado na [figura 10.5](#), que considera as cores vermelha, azul e branco para as fases e azul claro para o neutro.

Identificação do número do circuito secundário deve ser feita nas saídas dos mesmos dos QDP's e nas caixas de passagem / derivações e devem estar de acordo com a [figura 10.6](#).

Identificações dos lotes / residências a serem alimentados pelos dutos (loteamentos não edificadas) / ramais de entrada (loteamentos edificadas) devem ser feitas nas caixas de passagem / derivações. Estas identificações poderão ser feitas através de placas fixadas através de parafusos / buchas ou com fita dupla face, conforme a [figura 10.7](#).

REDE SUBTERRÂNEA

Figura 10.4 - Diagrama unifilar para instalação em QDP



LEGENDA DO DIAGRAMA UNIFILAR

CÓD.	DESCRIÇÃO	IDENTIFICAÇÃO
T	TRANSFORMADOR	
X1	Tipo de transformador	X1 = P ⇒ pedestal – X1 = A ⇒ poste (aéreo)
X2	Classe de tensão	X2 = 1 ⇒ 15 kV; X2 = 2 ⇒ 25 kV
X3	Potência nominal do transformador	75 kVA, 150 kVA, 300 kVA e 500 kVA.
X4	Nº do transformador	
Q	QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO EM PEDESTAL- QDP	
X5	Largura do QDP	X4 = 0 ⇒ 590 mm; X4 = 1 ⇒ 785 mm
X6	Nº do QDP	
CH	CHAVE DO QDP	
X7	Capacidade nominal, em A	160, 250, 400 ou 630
NH	FUSIVEL NH	
X8	Corrente nominal, em A	
CS	CAIXA DE PASSAGEM / DERIVAÇÃO	
X9	Tipo	
X10	Nº da caixa	
CB	CABO	
X11	Nº de cabos	
X12	Seção do cabo, em mm²	
X13	Material do condutor	X13= C ⇒ cobre; X13= A ⇒ alumínio
L	LOTE	
X14	Identificação da quadra	números - letras
X15	Identificação do lote	Número do lote
CC	CIRCUITO	
X16	Nº do circuito	

REDE SUBTERRÂNEA

Figura 10.5 - Identificações das fases cabos secundários

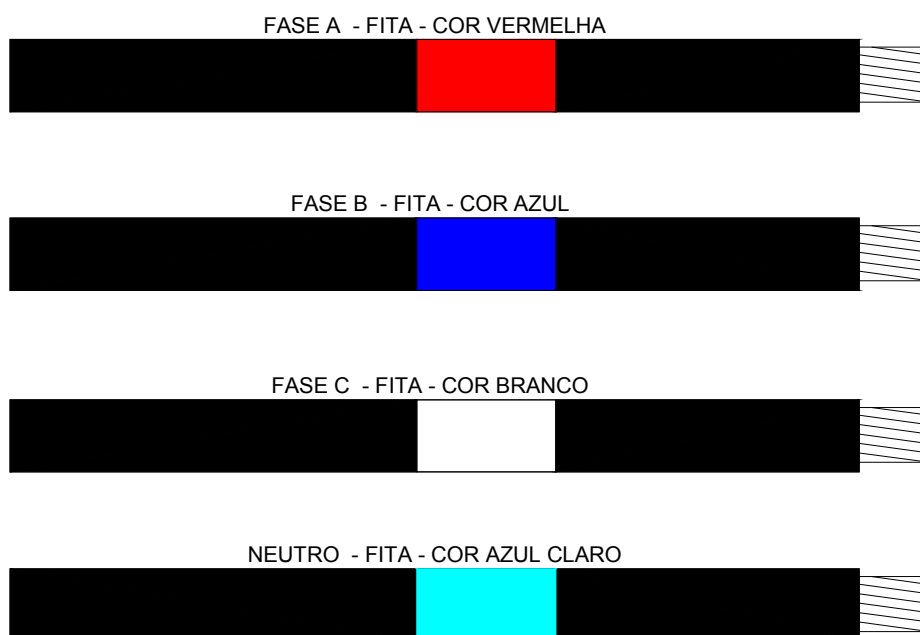


Figura 10.6 - Identificação do número do circuito secundário

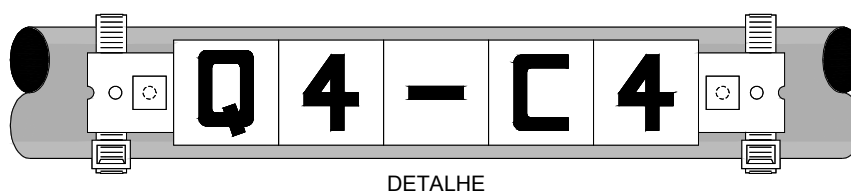
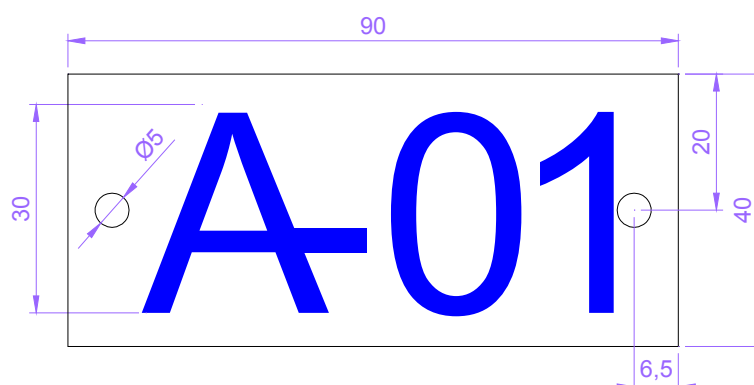


Figura 10.7 - Identificação dos lotes ou residências



REDE SUBTERRÂNEA

10.10. Transformador: capacidade nominal e conexão da rede secundária.

A tensão primária nominal do transformador (23 100 ou 13 800 V) deve ser definida em função da rede que alimentará o empreendimento.

Os transformadores serão fornecidos com taps no primário, sendo que a definição do tap de operação é de responsabilidade da RGE. Nota: caso não seja especificado no pedido, o transformador é fornecido com o tap correspondente a maior tensão, que pode ser alterado em campo através do comutador de tensão para operação com o equipamento desenergizado.

As capacidades nominais dos transformadores em pedestal padronizados pela RGE são 75, 150, 300 e 500 kVA.

A definição da capacidade nominal do transformador em pedestal deverá ser feita pelo projetista, que deverá levar em conta que os mesmos não devem operar com carga acima da sua capacidade nominal.

Os transformadores em pedestal devem ser fornecidos atendendo todos os requisitos estabelecidos na especificação de materiais TR 01.

11. REDE PRIMÁRIA SUBTERRÂNEA

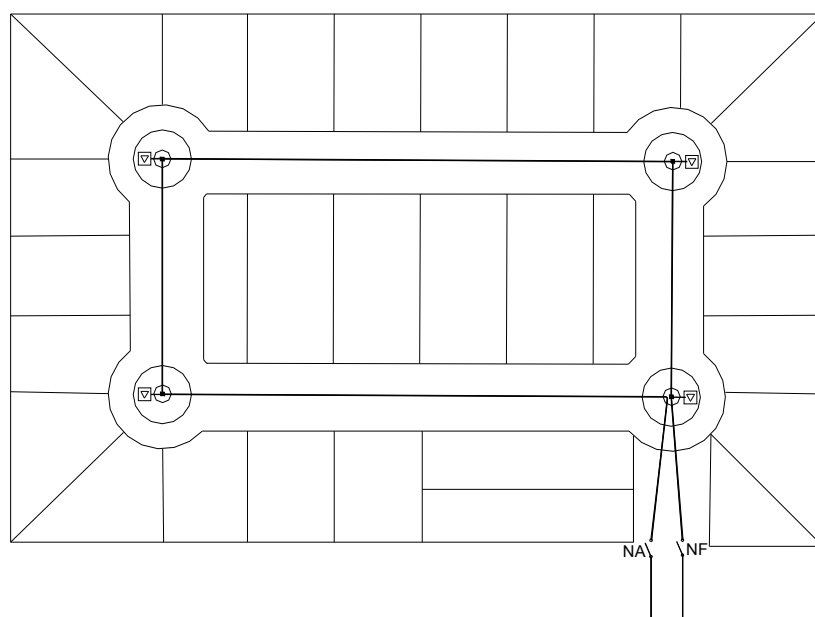
11.1. Concepção básica

Aos circuitos primários subterrâneos devem ser trifásicos radiais com recursos e constituídos de cabos isolados instalados em dutos.

A configuração dos circuitos primários é função das fontes disponíveis (pontos para alimentação da rede subterrânea) e da concepção do empreendimento (arruamento, localizações dos transformadores, etc). Configurações básicas de circuitos subterrâneos, par efeito ilustrativo, estão mostradas na [figura 11.1](#), onde pode ser observado empreendimento alimentado em ou dois pontos, sendo que preferencialmente deve ser considerada esta última configuração.

Trechos radiais de circuitos primários subterrâneos são admissíveis para ligação de um único transformador em pedestal ou consumidor primário desde que o comprimento do mesmo não seja superior a 200 m e que não tenha emendas.

Figura 11.1 - Concepção básica da rede primária subterrânea entrada em único ponto



REDE SUBTERRÂNEA

11.2. Queda de tensão

A máxima queda de tensão admissível na rede primária (saída da subestação – transformador / consumidor primário) é 3%.

Os empreendimentos típicos com redes subterrâneas possuem pequena extensão / carga e são alimentados através de circuitos aéreos onde normalmente ocorre a parcela principal de queda de tensão. Em função do exposto, cálculos de quedas de tensão nos circuitos primários deverão ser feitos pelos projetistas e apresentados a RGE quando a extensão do circuito primário subterrâneo do empreendimento for superior a 3 km.

Os cálculos de quedas de tensão, quando necessários, devem levar em consideração a situação correspondente a operação normal e a operação de emergência que implica em maior queda de tensão. Esta situação de emergência normalmente corresponde à ocorrência de um defeito no trecho inicial do circuito primário, onde o mesmo é isolado e a alimentação da rede passa ser pela entrada de reserva.

Os cálculos de quedas de tensão podem ser feitos considerando os parâmetros indicados na [tabela 11.1](#).

11.3. Circuitos primários

O traçado circuito primário deve ser feito considerando a alimentação de todos os transformadores em pedestal e consumidores primários. Normalmente a solução econômica corresponde à alternativa com menor extensão de circuitos primários.

Circuitos primários não devem ser instalados em locais alagadiços ou em locais próximos a árvores (existentes ou previstas) cujas raízes poderão futuramente danificar as canalizações.

Os circuitos primários devem ser definidos considerando:

- cabos triplexados constituídos de condutor de alumínio, isolação de XLPE, com cobertura de PVC, atendendo os requisitos estabelecidos na especificação de materiais CA 01 da RGE. Nota: em empreendimentos com comprimentos de cabos primários inferiores 1 km, os interessados poderão optar pela utilização de 3 cabos de seções 35 mm² (8,7/15 kV) ou 50 mm² (15/25 kV) unipolares, instalados em um mesmo duto, em vez de cabos triplexados.
- seções padronizadas
 - circuitos operando em 13,8 kV: 35 mm², 95 mm² e 400 mm²;
 - circuitos operando em 23 kV: 50 mm² e 400 mm²;
- instalação de um cabo terra por trecho, em duto exclusivo.
- cabo terra coberto com PVC e com condutor de cobre de:
 - seção de 25 mm²; para cabos fases de 35 mm² - Al, 50 mm² - Al;
 - seção de 35 mm², para cabos fases 95 mm² - Al;
 - seção de 120 mm², para cabos fases 400 mm² - Al;
- os cabos 35 mm²- Al, 50 mm² - Al ou 95 mm² - Al devem ser instalados em dutos de PEAD DN-125 (diâmetro interno mínimo de 99 mm) e os cabos 400 mm²- A em dutos de PEAD DN-200 (diâmetro interno mínimo de 150 mm) ou dutos de PVC DE-150 (diâmetro interno mínimo de 144 mm);
- os dutos podem ser localizados em calçadas ou vias de circulação de veículos;
- correntes nos cabos iguais ou inferiores a 75% da corrente de operação estabelecida para fator de carga de 75% ([tabela 11.1](#));
- queda de tensão dentro dos limites admissíveis.

Notas:

a) Parâmetros elétricos, correntes máximas de operação, fatores para cálculos de quedas de tensões correspondentes aos cabos secundários padronizados pela RGE para condutores secundários estão apresentados na [tabela 11.1](#).

b) Correntes admissíveis, com fator de carga de 100% em vez de 75%, somente devem ser utilizadas para instalações específicas que operam com carga praticamente constante durante todo o dia.

c) Para possibilitar instalação adequada, sugere-se considerar um acréscimo de 6 m de cabos primários por trecho.

d) Identificações das fases dos circuitos primários devem ser feitas em entradas / saídas de cabos em transformadores, caixas de inspeções, entradas de consumidores primários, etc. As identificações de fases devem ser feitas de acordo com a padronização de estruturas 5.1 da RGE, que considera as cores vermelha, azul e branco (idêntica adotada para os circuitos secundários).

REDE SUBTERRÂNEA

e) Identificações de circuitos (subestação – número), de acordo com o padrão de estruturas 5.2 da RGE, devem ser consideradas quando há mais de um circuito alimentando um empreendimento.

Tabela 11.1: Informações técnicas – cabos primários (1)

Descrição	Identificação				
	35 mm²	95 mm²	400 mm²	50 mm²	400 mm²
Classe de tensão (kV)	15			25	
Condutor					
material	Al	Al	Al	Al	Al
seção (mm²)	35	95	400	50	400
Parâmetros (Ohm/km) (2)					
resistência de seq. positiva (R ₁)	1,113	0,493	0,103	0,822	0,102
reatância de seq. positiva (X ₁)	0,170	0,146	0,119	0,177	0,128
resistência de seq. zero (R ₀)	2,309	1,607	0,544	1,799	0,741
reatância de seq. zero (X ₀)	1,378	0,919	0,190	1,968	0,311
Correntes admissíveis (A) (3)					
1 circuito / banco de dutos					
fator de carga: 100 %	117 / 142	204 / 248	450 / 549	139 / 168	450 / 549
fator de carga: 75 %	135 / 164	235 / 286	521 / 635	159 / 194	521 / 635
2 circuitos / banco de dutos					
fator de carga: 100 %	105 / 128	183 / 223	404 / 492	124 / 151	404 / 492
fator de carga: 75 %	122 / 148	213 / 259	476 / 573	144 / 175	476 / 573
3 circuitos / banco de dutos					
fator de carga: 100 %	xx / xx	xx / xx	353 / 431	xx / xx	353 / 431
fator de carga: 75 %	xx / xx	xx / xx	414 / 506	xx / xx	414 / 506

(1) Cabos com isolamento de EPR, cobertura de PVC, instalados em dutos de PEAD de 100 mm, diretamente enterrados, profundidade de 60 cm;

(2) Temperatura de operação: 90 °C, resistividade do solo: 1,5°K x m / W;

(3) X / Y: X – corrente do cabo em condições normais de operação – temperatura no condutor: 90°C; Y – corrente do cabo em condições de emergência – temperatura no condutor: 130 °C. (Nota: a operação em regime de sobrecarga, segundo a **NBR-6 251**, não deve superar a 100 horas durante 12 meses consecutivos, nem 500 horas durante a vida do cabo).

11.4. Acessórios desconectáveis dos circuitos primários

Todas as derivações de circuitos primários e conexões de transformadores, assim como emendas retas com previsões para futuras derivações, deverão ser feitas através de acessórios desconectáveis.

O comprimento máximo de trecho de circuito primário que pode ser instalado sem os acessórios desconectáveis é 500 m.

Acessórios desconectáveis da linha 200 A, 15/25 kV, operação sem carga devem ser utilizados nos circuitos com cabos primários de seções de até 95 mm², em 13,8 kV ou 50 mm², em 23,1 kV. Esta linha de acessórios também deve ser considerada para conexões de transformadores.

Nos alimentadores com cabos de seções de 400 mm² devem ser utilizados acessórios desconectáveis da linha 600 A, 15/25 kV, operação sem carga, que também devem ser utilizados para conexões de chaves.

Todos os acessórios desconectáveis devem ser utilizados em caixas de inspeções ou internamente aos cubículos de média tensão dos transformadores, às chaves em pedestais ou cubículos de chaves abrigadas.

Os conjuntos recomendados para utilização em redes subterrâneas estão indicados a seguir

- desconectável de 200 A
 - fim de linha;
 - emenda reta;
 - emenda de derivação simples;
 - emenda de derivação dupla;
 - conexão de transformador “radial” – PIS – figura 11.2;
 - conexão de transformador “integrada a rede” - PID – figura 11.2;
- desconectável de 600 A
 - 1 x 600 A;
 - 2 x 600 A;

REDE SUBTERRÂNEA

- 3 x 600 A;
- 4 x 600 A;
- 1 x 600 A + 1 x 200 A;
- 1 x 600 A + 2 x 200 A;
- 2 x 600 A + 1 x 200 A;
- 2 x 600 A + 2 x 200 A;
- conexão de equipamento – sem pára raios
- conexão de equipamento – com pára raios

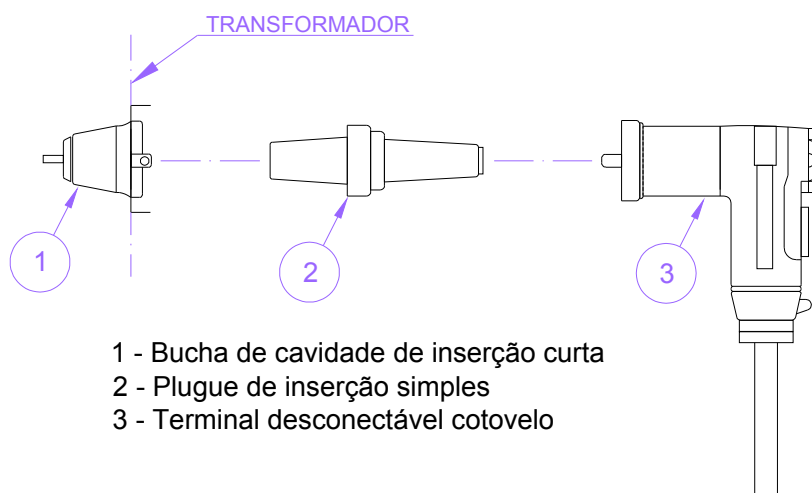
Notas:

- a) os terminais desconectáveis cotovelo e reto, adaptadores e conectores de terminais básicos blindados (TBB), dependem do cabo e devem ser considerados como materiais adicionais;
- b) em casos especiais podem ser utilizados conjuntos diferentes dos propostos desde que somente utilizem os materiais padronizados;
- c) ligações “integradas a rede” implicam em maiores investimentos em desconectáveis e somente devem ser consideradas quando a sua utilização permite eliminar a utilização de uma caixa de inspeção.

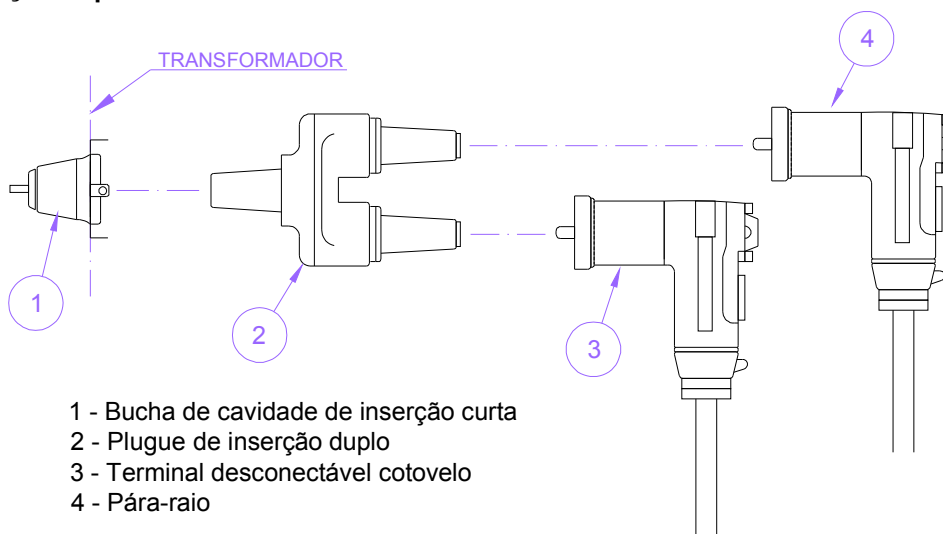
Todos os conjuntos desconectáveis devem ser aterrados através dos “olhais” existentes em TDC’s, TDR’s e TBB’s

Figura 11.2 - Ligações de transformadores

a) Plugue de inserção simples:



b) Plugue de inserção duplo:



11.5. Emendas retas

Emendas retas simétricas unipolares são instaladas em locais onde não há previsões para futuras derivações e podem ser enfiadas, termocontráteis ou contráteis a frio.

Emendas retas são montadas em caixas de inspeções, não sendo aceita instalações das mesmas internamente as canalizações.

11.6. Terminais externos

Terminais unipolares externos, do tipo contrátil a frio, termocontrátil ou modular, são utilizados nas extremidades dos cabos primários onde os mesmos são conectados a rede aérea.

11.7. Consumidores primários

Consumidores primários com cargas instaladas acima de 75 kVA devem ser alimentados através de ramais de entrada primários com derivações de circuitos primários executadas com acessórios desconectáveis. Desligamentos destes consumidores somente podem ser feitos com interrupção do fornecimento aos consumidores da rede subterrânea que devem ser programadas com antecedências.

Para possibilitar desligamento direto do ramal de entrada, sem interrupção do circuito primário, os consumidores primários com demanda contratada de até 300 kVA, podem optar e assumir os custos correspondentes a instalação de uma chave seccionadora trifásica de 2 vias, que pode ser:

- submersível motorizada instalada na caixa de inspeção correspondente a derivação do ramal de entrada;
- pedestal ou abrigada instalada internamente a sua propriedade e na divisa com via pública. Nota: acesso permanente as chaves, para manutenção ou operação, deve ser garantido ao pessoal da RGE.

Para consumidor primário, com demanda contratada acima 300 kVA, é obrigatório a instalação de uma chave seccionadora trifásica (submersível, pedestal ou abrigada) de acordo com o mencionado anteriormente.

Nota: consumidores com demanda contratada acima de 75 kVA poderão solicitar atendimento em baixa tensão que poderão ser aceitas ou não pela RGE.

11.8. Indicador de defeito

Indicadores de defeito devem ser instalados após cada derivação e no início de derivações com comprimentos superiores a 200 m. Também devem ser instalados indicadores de defeito para limitar o trecho entre os mesmos a no máximo 500 m. Em circuitos (trechos) primários expressos de reserva, sem derivações, onde não há cargas alimentadas em condições normais de operação, a distância entre indicadores de defeito pode ser de até 1 000 m.

Os indicadores de defeito devem ser instalados em caixas de inspeções ou transformadores em pedestal. Quando instalados em caixas de inspeções, os dispositivos de sinalização devem ser fixados próximos aos tampões, de modo que o operacional localizado acima do solo possa verificar se o mesmo atuou.

Os indicadores de defeito podem ser trifásicos ou monofásicos (3 unidades sendo uma em cada fase) e devem possibilitar instalação sem necessidade de seccionamento dos cabos.

Os indicadores de defeito, que detectam defeito a partir de um determinado valor de corrente, devem considerar corrente de atuação de 200 A, 400 A e 800 A, para cabos de 35/50 mm², 95 mm² e 400 mm², respectivamente.

Os indicadores de defeito que detectam desequilíbrios de corrente (correntes de fuga) devem ser projetados para correntes de atuação (desequilíbrio) de 20 A.

Os indicadores de defeito devem ter rearmes automáticos em função da corrente. A corrente de rearme deve ser 3A, para cabos de 35 mm² e 70 mm², e 5 A, para cabos de 400 mm².

Nas ligações dos indicadores de defeito com atuações em funções de sobrecorrentes ou de desequilíbrios de corrente devem ser instalados considerando os esquemas indicados nas padronizações EQ 02.

11.9. Chaves seccionadoras

Chaves seccionadoras trifásicas de operação em carga, tipo submersível, pedestal ou abrigada, devem ser utilizadas em circuitos primários subterrâneos subdividindo o mesmo em trechos com carga de até 3 MVA e/ ou 3 km. Em

REDE SUBTERRÂNEA

circuitos ou trechos de reserva que, em condições normais não alimentam cargas e não têm derivações, pode ser considerado trecho sem chaves de até 5 km.

11.10. Postes de transição

Os postes de transição de circuito aéreo para subterrâneo devem ser instalados no terreno do empreendimento. Quando isto não for viável, os postes de transição podem ser instalados externamente ao empreendimento desde que o empreendedor assuma todos os custos correspondentes.

A uma distância do poste de transição de no máximo 10 m deve ser instalada uma caixa de inspeção. Distância superior a 10 m, mas inferior a 100 m, pode ser considerada caso seja instalada uma caixa tipo CS-1 a no máximo 3 m do poste de transição.

Circuitos subterrâneos devem ser instalados nas vias de circulação de veículos ou calçadas, sendo proibida a sua instalação sobre muros ou terrenos de particulares.

Entrada exclusiva para turmas de operação / manutenção pode ser considerada desde que as chaves (fechadura, cadeado) dos portões sejam mantidas na portaria do empreendimento.

Na transição dos circuitos aéreos para subterrâneos devem ser instalados equipamentos de acordo com as cargas e / ou comprimentos de circuitos conforme mostrado a seguir.

a) Capacidade instalada inferior a 500 kVA e / ou comprimento de circuito primário inferior a 500 m

Nos postes de transição (dois sendo um em cada extremidade) devem ser instalados chaves fusíveis unipolares aéreas (3), pára-raios de óxidos metálicos sem centelhadores (3) e terminais externos unipolares (3). A instalação destes materiais deve ser feita de acordo com o padrão de estruturas da rede aérea da RGE.

Em um dos postes as chaves fusíveis operarão normalmente abertas e no outro, normalmente fechada.

b) Capacidade instalada inferior a 1 000 kVA e / ou comprimento de circuito primário inferior a 1 000 m.

Adicionalmente ao considerado em a), uma chave seccionadora trifásica de operação em carga deve ser instalada em poste anterior ao de transição, cujas chaves fusíveis operam normalmente fechadas. Todas aberturas e fechamentos dos circuitos subterrâneos deverão ser feitos através da chave seccionadora trifásica.

c) Capacidade instalada inferior a 2 000 kVA e / ou comprimento de circuito primário inferior a 3 000 m.

Chaves seccionadoras trifásicas (2) deverão ser consideradas nos postes anteriores aos 2 postes de transições para que todas operações (abertura / fechamento) dos circuitos sejam feitas através das mesmas.

d) Capacidade instalada superior a 2 000 kVA e / ou comprimento de circuito primário superior a 3 000 m.

Nos postes de transição deverão ser instaladas chaves seccionadoras monofásicas, terminais externos unipolares e pára-raios. No início dos circuitos subterrâneos, a uma distância de no máximo 50 m, deverão ser instaladas chaves com dispositivos de proteção de rearme automáticos (disjuntores) do tipo submersível, pedestal ou abrigada. Uma das chaves operará normalmente fechada e enquanto a outra operará normalmente fechada. Nas vias de saídas, onde são conectados os circuitos primários subterrâneos que alimentarão as cargas, devem ser instalados pára-raios desconectáveis subterrâneos do tipo cotovelo (ver item 12).

As chaves com dispositivos de proteção devem ser de 200 A ou 600 A, 25 kV, com terminais desconectáveis cujas interfaces atendam a [NBR 11 835](#) e [ANSI / IEEE 386](#).

As definições das características e ajustes dos dispositivos de proteção deverão ser feitas pelos interessados cabendo a RGE fornecer as informações necessárias (níveis de curto circuito, tipos de relés e ajustes na subestação, etc). O empreendedor / projetista deverá enviar a memória de cálculo para análise e liberação da RGE.

12. PROTEÇÃO CONTRA SOBRECORRENTES

Nas redes subterrâneas dos empreendimentos são considerados fusíveis NH nos circuitos secundários, fusíveis de expulsão em baionetas e limitadores de corrente nos transformadores, fusíveis nas chaves aéreas e disjuntores ou fusíveis nas chaves em submersível, pedestal ou abrigadas.

12.1. Transformadores em pedestal

Os transformadores em pedestal são fornecidos com fusíveis de expulsão do tipo “dual element” e fusíveis limitadores de corrente imersos em óleo.

Os fusíveis de expulsão possuem baixa capacidade de interrupção (2,5 kA para 13,8 kV ou 1 kA para 23 kV) e devem interromper principalmente correntes resultantes de defeitos nos circuitos secundários. Após a eliminação do defeito, a substituição do fusível poderá ser feita através da extremidade da baioneta que fica localizada no compartimento de média tensão. Para tanto deverá ser aberta a chave na entrada dos circuitos, visto que, as substituições dos fusíveis devem ser feitas com o transformador desenergizado.

Correntes acima das capacidades de interrupções dos fusíveis de expulsão, normalmente resultantes de defeitos internos aos transformadores, devem ser interrompidas pelos fusíveis limitadores de corrente. Nestes casos torna-se necessário substituir o transformador, para que os reparos necessários e a substituição dos fusíveis sejam executados na oficina.

Os fusíveis de expulsão e limitadores de corrente normalmente utilizados nos transformadores em pedestal estão indicados na [tabela 7.7](#).

12.2. Fusíveis NH de QDP's

Os fusíveis NH das chaves dos QDP's devem ser definidos em função das cargas previstas para os circuitos correspondentes, que preferencialmente não devem ser superiores a 80 % das correntes nominais dos fusíveis.

Para defeitos nos circuitos secundários, os fusíveis NH dos QDP's devem operar antes dos fusíveis de expulsão dos transformadores em pedestal. Para que se obtenha coordenação nesta operação, os fusíveis NH não devem ser superiores ao especificado na [tabela 12.1](#) (linha “QDP - NH”).

Nota: Para aumentar a capacidade dos fusíveis NH dos QDP's seria necessário aumentar as correntes nominais dos fusíveis dos transformadores, mas esta alternativa não foi considerada visto que reduziria a segurança na operação dos mesmos.

12.3. Fusíveis de expulsão nos postes de transição

Os fusíveis de expulsão das chaves fusíveis dos postes de transição devem ser dimensionados de maneira a coordenarem com os fusíveis dos transformadores. A principal função destes fusíveis de expulsão nos postes é atuarem para isolar defeitos nos cabos primários. Também podem, quando possível, dar uma proteção de retaguarda aos transformadores.

Para coordenações adequadas, as capacidades mínimas dos fusíveis instalados nos postes de transição não devem ser inferiores aos valores mencionados na [tabela 12.1](#) (linha “poste –tipo”). Nota: quando há transformadores de diversas capacidades instalados nos circuitos, a definição dos fusíveis de expulsão nos postes deve ser feita em função da maior delas.

13. PROTEÇÃO CONTRA SOBRETENSÕES

As proteções contra sobretensões dos circuitos primários subterrâneos, sem chaves com dispositivos de proteção, são feitas através dos pára-raios instalados nos postes de transição. Isto é obtido considerando pára-raios instalados entre as chaves e os terminais, de maneira que, nas chaves normalmente abertas os mesmos são conectados na extremidade aberta dos cabos subterrâneos.

Em circuitos primários onde são instaladas chaves com dispositivos de proteção nas duas extremidades, uma operando normalmente aberta (NA) e outra normalmente fechada (NF), é recomendável a instalação de para raios desconectáveis nas 2 vias.

REDE SUBTERRÂNEA

Tabela 12.1 - Corrente nominal mínima dos fusíveis instalados nas chaves fusíveis dos postes.

Tensão nominal	Descrição	Capacidade nominal do transformador (kVA)			
		75	150	300	500
13,8 kV	Poste (1)	50K	65K	80K	xxx
	Trafo – expulsão (2)	6 A	15 A	25 A	30 A
	Trafo - limitador	30A	50 A	65 A	100 A
	QDP – NH	125 A (3)	250 A (3)	315 A (4)	315 A (4)
23,1 kV	Poste (1)	50K	50K	80K	100K
	Trafo - expulsão	6 A	8 A	15 A	25 A
	Trafo - limitador	30A	30 A	50 A	80 A
	QDP - NH	100 A (3)	250 A (3)	315 A (4)	315 A (4)

(1) Corrente nominal mínima dos fusíveis instalados nos postes de transições

(2) Tipo: dual element.

(3) Corrente nominal máxima do fusível NH – limitação para coordenar com fusível de expulsão do transformador.

(4) Corrente nominal máxima do fusível NH do QDP – limitação em função do cabo 185 mm², Al.

Quando são utilizadas chaves seccionadoras (com ou sem dispositivos de proteção), operando normalmente abertas nos circuitos subterrâneos, pára-raios desconectáveis devem ser instalados nas vias, conforme ilustrado na [figura 13.1](#) (buchas de 600 A com PBI) ou [13.2](#) (buchas de 200 A com plugue de inserção duplo).

Em circuitos primários alimentando um único transformador, cujo comprimento é inferior a 200 m, para raios somente são utilizados nos postes de transição. Caso seja necessário uma margem de proteção mais adequada os pará-raios poderão ser utilizados com conexões dos transformadores através de plugues de inserção duplo, conforme mostrado na [figura 13.2](#).

Os pára-raios instalados em postes devem ser de 12 kA e 21 kA, para utilização em circuitos operando em 13,8 kV e 23,1 kV, respectivamente, e devem atender os requisitos especificados na especificação RGE código 06-03-01 seção EQ-06.

Os pára-raios desconectáveis padronizados pela RGE, são do tipo cotovelo, para instalação em desconectáveis de 200 A, classe 15/25 kV, operação sem carga, que devem atender os requisitos indicados a seguir:

Rede operando em 13,8 kV

- classe 15 kV;
- máxima tensão contínua de operação ("MCOV"): 8,4 kV eficaz.
- tensão residual de descarga - 8 x 10 µs:
 - 5 kA: 34,5 kV
 - 10 kA: 38,5 kV

Rede operando em 23,1 kV

- classe 25 kV;
- máxima tensão contínua de operação ("MCOV"): 15,3 kV eficaz
- tensão residual de descarga - 8 x 10 µs:
 - 5 kA: 64 kV
 - 10 kA: 71 kV

14. ATERRAMENTO

As redes subterrâneas devem ser instaladas considerando aterramentos de:

- blindagens dos cabos primários em todas as emendas e extremidades (terminais externos, emendas retas fixas, emendas / conjuntos desconectáveis).
- terminais de neutro e de terra dos transformadores.
- equipamentos (terminais de terra).
- extremidades de circuitos secundários quando não há consumidores ligados nos mesmos.

Os aterramentos nas caixas de inspeções devem ser feitos considerando os anéis terras dos mesmos apresentados nos padrões de estruturas 7.1 (2 m x 2 m) e 7.6 (4m x 2 m).

Os aterramentos nos transformadores em pedestal devem ser feitos considerando o esquema mostrado no [figura 14.1](#), padrão de estruturas 8.1 da RGE.

Figura 13.1 - Pára raios instalados acoplados a buchas de 600 A (chaves)

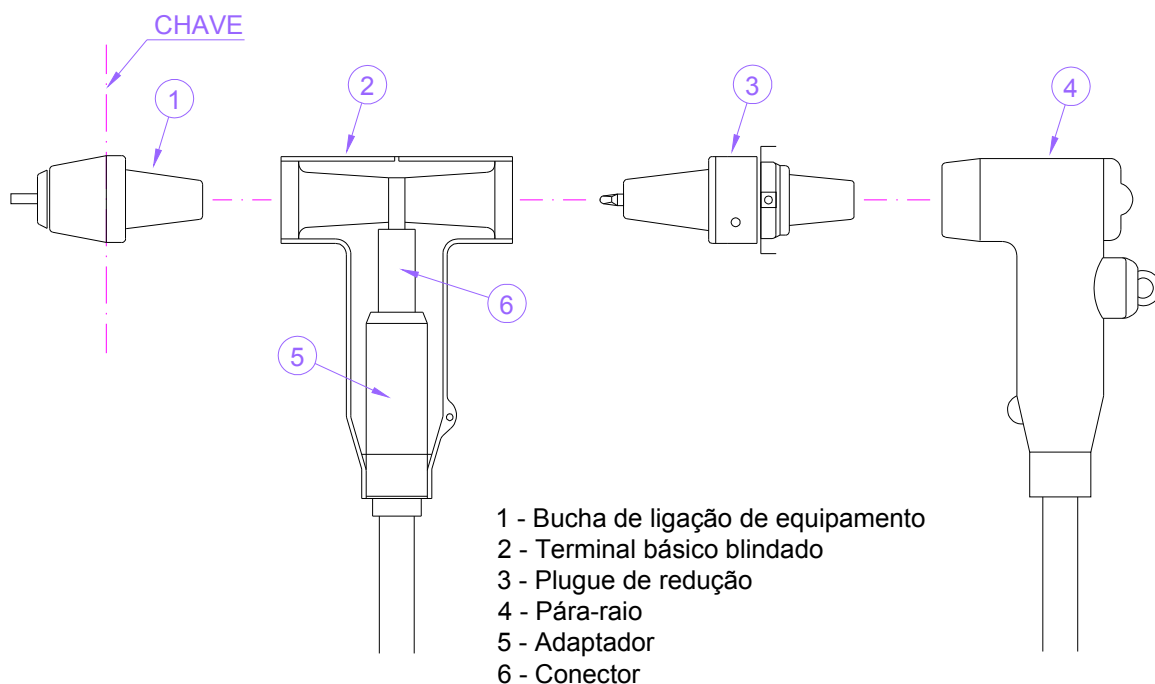


Figura 13.2 - Para raios instalados acoplados a buchas de 200 A (transformadores / chaves)

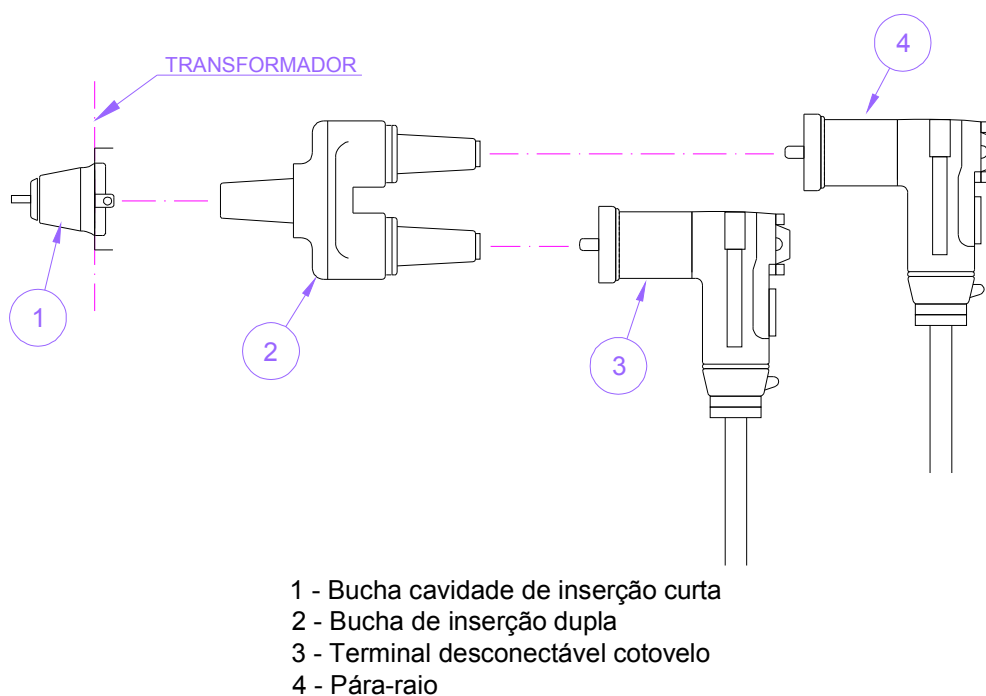
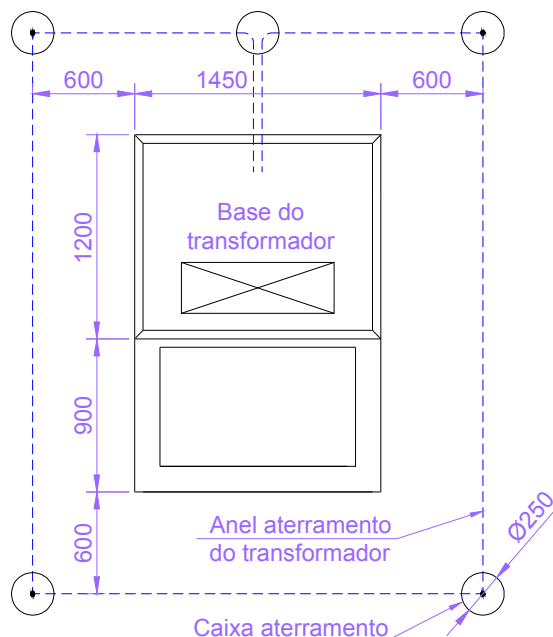


Figura 14.1 - Aterramento dos transformadores em pedestal



O aterramento do neutro nas caixas de passagem / derivação dos circuitos secundários deve ser feito de acordo com a padronização de estruturas 6.3 da RGE.

A máxima resistência de aterramento admissível, tanto nas caixas como nas instalações de transformadores, é 10 ohms.

15. REDES MISTAS

Os projetos de redes mistas (circuito primário aéreo + transformadores em postes + circuitos secundários subterrâneos) devem ser elaborados considerando os critérios de redes aéreas para transformadores e postes e os critérios de redes subterrâneas para os circuitos secundários.

Os transformadores em postes devem ser trifásicos de 75 kVA ou 150 kVA. A ligação dos circuitos secundários nos terminais dos transformadores deverá ser feita considerando adaptadores do tipo bandeira para transformadores de 75 kVA e 150 kVA, respectivamente.

Os circuitos secundários serão conectados aos quadros de distribuição em pedestal.

O aterramento do QDP deverá ser feito no aterramento dos transformadores, sendo que a distância máxima admissível entre os mesmos é 3 m.

Para coordenação adequada com os fusíveis de proteção dos transformadores, as máximas correntes admissíveis dos fusíveis NH dos quadros de distribuição em pedestal, alimentados por transformadores aéreos, considerando que os fusíveis nos primários dos mesmos são:

- 5H: transformadores de 75 kVA, 13 800 – 380/220 V;
- 6K: transformadores de 150 kVA, 13 800 – 380/220 V;
- 2H: transformadores de 75 kVA, 23 100 – 380/220 V;
- 3H: transformadores de 150 kVA, 23 100 – 380/220 V.

REDE SUBTERRÂNEA

16. PROJETO BÁSICO CIVIL

16.1. Generalidades

O projeto básico civil deve ser elaborado após a definição da rede elétrica (projeto elétrico primário e secundário), que define as condições a serem adotadas. Entretanto, em alguns casos, as características dos locais e das estruturas civis, podem implicar em pequenas revisões (alterações) do projeto elétrico.

16.2. Banco de dutos

As instalações de banco de dutos em redes de distribuição subterrânea devem ser projetadas considerando:

- dutos de polietileno de alta densidade (PEAD) corrugado flexível diretamente enterrado ou revestido de concreto ou dutos de PVC envelopados de concreto;
- dutos de PEAD fornecidos em rolos ou barras de 6 m;
- dutos de circuitos primários instalados em vias de circulação de veículos ou calçadas de vias públicas;
- dutos de circuitos secundários e ramais de entrada instalados em calçadas, exceto travessias de ruas;
- dutos obrigatoriamente revestidos de concreto em bancos em trechos com mais de 6 dutos projetados para instalação de circuitos primários;
- dutos instalados nas calçadas devem considerar uma profundidade mínima de 0,60 m e máxima de 0,90 m;
- dutos instalados em vias de circulação de veículos devem considerar uma profundidade mínima de 0,80 m e máxima de 1,20 m;
- dutos de PVC envelopados de concreto ou de PEAD diretamente enterrados ou envelopados de concreto;
- dutos instalados em vias públicas com larguras mínimas de 4 m e que permitam a execução de manobras de caminhões;
- comprimento máximo de trecho de banco de dutos: 200 m para cabos de seções até 95 mm² e 100 m para cabos se seções de 400 mm²;
- curvas em trechos de banco de dutos devem ser evitadas e somente devem ser consideradas quando a máxima mudança de direção em qualquer plano, entre dois trechos retos, seja limitada a 5° e não reduzam efetivamente o diâmetro interno dos dutos;
- faixa de terreno para instalação dos bancos de dutos considerando 0,30 m de cada lado – horizontal – nota: cruzamentos com outros serviços (água, luz, telefone, etc) podem ser considerados desde que a distância dos mesmos aos dutos seja superior a 0,30 m;
- as linhas de dutos devem ter declividade adequada para possibilitar o escoamento de eventuais infiltrações de água, que deve ser no mínimo 1 %;
- disposição idênticas dos dutos em todos os trechos do banco;
- todos os dutos de um trecho devem ter características semelhantes (diâmetro, tipo);
- mandrilamento de todos os dutos após a conclusão das obras;
- em todos os dutos, após a conclusão das obras, deve existir um arame / corda de nylon guia para facilitar futura instalação de cabos;
- todas as extremidades dos dutos nas caixas devem ser bloqueadas após a conclusão das obras.

Notas:

- a) Profundidades maiores de banco de dutos, quando necessárias para compatibilizar com outros serviços somente poderão ser empregadas desde que solicitada pelo projetista e liberada pela RGE.
- b) Os cabos somente podem ser instalados após a conclusão das obras civis (caixas, base, canalizações) e do mandrilamento do banco de dutos.

A definição dos números e diâmetros dos dutos a serem instalados em um trecho deve ser feita considerando:

- cada circuito primário e secundário instalado em um duto exclusivo;
- circuito de proteção (terra) do primário instalado em duto exclusivo;
- dutos com diâmetros nominais padronizados pela RGE e definidos em função dos cabos a serem instalados nos mesmos, conforme mostrado a seguir:
 - dutos de PEAD DN-63 (diâmetro interno mínimo de 49 mm): instalações de ramais de entrada secundários com seções de 16 mm² e 35 mm²;
 - dutos de PEAD DN-125 (diâmetro interno mínimo de 99 mm): instalações de cabos secundários com seções de até 185 mm² e cabos primários com seções de até 95 mm²;
 - dutos de PEAD DN-200 (diâmetro interno mínimo de 150 mm): cabos primários com seções de 400 mm²;
 - dutos de PVC DE-114 (diâmetro interno de 109 mm): instalações de cabos secundários com seções de até 185 mm² e cabos primários com seções de até 95 mm²;

REDE SUBTERRÂNEA

- dutos de PVC DE-150 (diâmetro interno de 144 mm): instalações de cabos secundários com seções de 400 mm²;
Nota: quando em um trecho de banco de dutos há dois ou mais circuitos (um em cada duto), os diâmetros dos dutos devem ser iguais e dimensionados pelo cabo que implicar no maior valor do mesmo.
 - número mínimo de dutos no banco maior ou igual a 1,5 x número de dutos ocupados (dutos com circuitos primários e / ou circuitos secundários e / ou cabo de proteção).
- Notas:
- a) em trechos com circuitos primários deve ser considerado no mínimo 4 dutos exceto em ramais de entrada de um transformador ou consumidor primário que pode considerar 3 dutos.
 - b) em trechos com 2 circuitos primários com cabos de seções de até 95 mm² + condutor de proteção pode ser considerado banco com 4 dutos.
 - c) em trechos com ramais de entrada secundários instalados somente em calçadas (sem travessias) pode não ser considerado duto de reserva.
 - d) ramais de entrada atravessando vias de circulação de veículos deve ser considerado duto de reserva. (1 duto de reserva para cada ramal de entrada).
- configuração de dutos padronizadas pela RGE, que pode ser:
 - dutos diretamente enterrados: (1 x 1), (1 x 2), (1 x 3), (2 x 2), (2 x 3) – ver [figura 16.1](#);
 - dutos diretamente enterrados: (1 x 1), (1 x 2), (1 x 3), (2 x 2), (2 x 3), (3 x 3), (3 x 4) – ver [figura 16.1](#);
 Nota: a x b \Rightarrow a: “número de linhas”, b: “número de colunas”;
 - instalação de fitas de advertências (padronização [OC.10.16](#)) sobre os bancos de dutos diretamente enterrados, a uma distância de 200 mm (ver padronização [EOC.01.13](#)).

16.3. Caixas de inspeções

Caixas de inspeções são utilizadas em circuitos primários com o objetivo de:

- possibilitar a instalação de acessórios (emendas, desconectáveis, etc), equipamentos (chaves, indicadores de defeito).
- permitir a mudança de direções das canalizações.
- limitar os comprimentos de trechos de canalizações a 200 m.

As caixas de inspeções podem ser instaladas tanto nas calçadas como nas vias de circulação de veículos. Quando instaladas em vias de circulação de veículos, para facilitar a entrada / saída de pessoal em inspeções, manutenções ou operações, deve ser evitada localização de caixas de inspeções em frente de garagens ou locais de interdições nas suas proximidades impliquem em grandes transtornos a circulação de veículos ou pessoas.

A definição da caixa de inspeção (CI-1: 2 m x 2 m x 2 m ou CI-2: 4 m x 2 m x 2 m) deve ser considerado:

- passagem ou extremidade de até 2 circuitos primários com cabos de seções de até 95 mm² e / ou instalação de até 2 conjuntos com emendas retas fixas e / ou acessórios desconectáveis (200 A): caixa de inspeção tipo CI-1
- passagem ou extremidade de mais de 2 circuitos primários com cabos de seções de até 70 mm² e / ou cabos de seções superiores a 95 mm² e / ou instalação de até 4 conjuntos com emendas retas fixas e / ou acessórios desconectáveis (200 A e / ou 600 A): caixa de inspeção tipo CI-2.

Em caixas de inspeções previstas para instalação de chaves, cujas dimensões não permitam sua instalação / retirada pelo tampão de entrada de pessoal, deve ser projetado um tampão de concreto (CI-1M) ou (CI-2M).

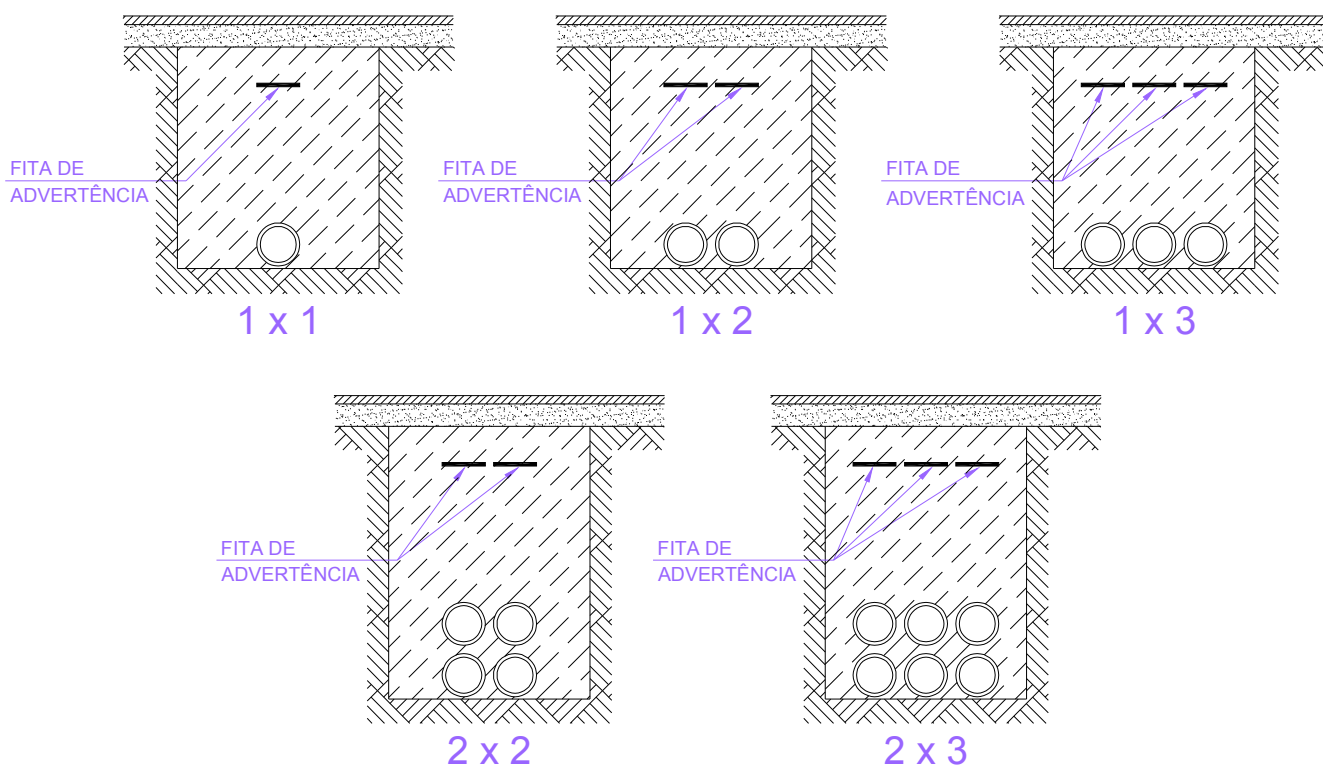
Nas caixas de inspeções devem ser previstas instalações de:

- embocaduras / gavetas para entrada de cabos;
- argolas para puxamento dos cabos (lado oposto às entradas / saídas de cabos e no piso);
- escadas para entrada / saída de pessoal.

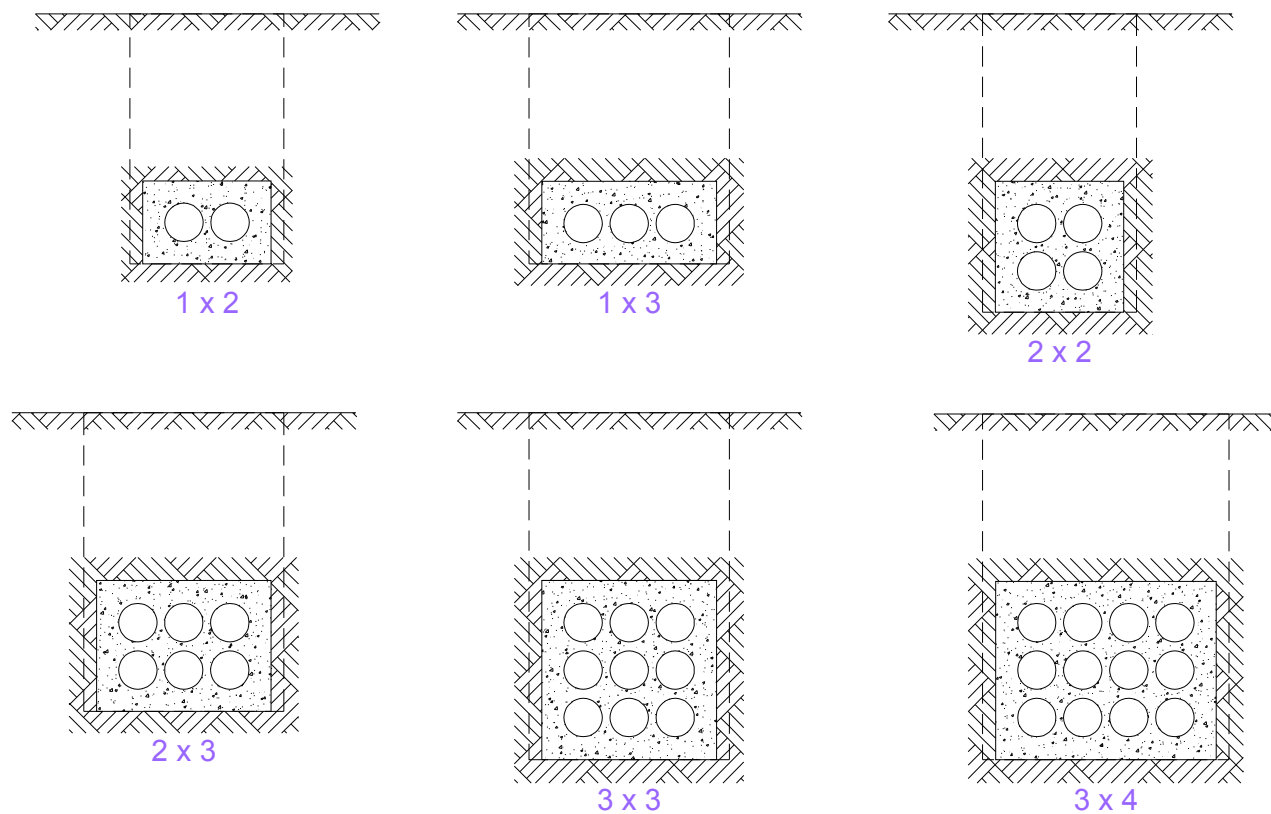
Nota: indicadores de defeito são utilizados em caixas de inspeções, mas, como possuem dimensões pequenas, não influem nas definições das mesmas.

Figura 16.1 - Banco de dutos

a) diretamente enterrados (duto de PEAD)



b) envelopados com concreto (duto de PVC)



REDE SUBTERRÂNEA

16.4. Base de transformador em pedestal

A RGE padronizou uma base única – dimensões - para instalação de transformadores independente de sua capacidade (padrão de estruturas 4.11 da RGE).

O projeto / construção da base do transformador deve levar em conta que as mesmas não podem se deslocar em função do peso do transformador e das condições do solo.

16.5. Base de quadro de distribuição em pedestal

As bases de quadros de distribuição em pedestal devem possuir dimensões adequadas para fixações dos mesmos. A RGE padronizou 2 bases para quadros de distribuição em pedestal – **figura 8.12** – para utilização em QDP tipo DIN-0 (largura: 590 mm) e DIN-1 (largura: 785 mm).

16.6. Projeto estrutural

Projetos estruturais das caixas e bases devem ser elaborados pelos interessados e apresentados a RGE, juntamente com a memória de cálculo e cópia autenticada ART do responsável.

Toda responsabilidade pelo projeto estrutural é de responsabilidade dos autores independente da liberação pela RGE.

16.7. Pré moldados

Caixas de inspeções e de passagem e bases de transformadores e quadros de distribuição em pedestal pré-moldados podem ser utilizadas desde que:

- o interessado apresente o projeto estrutural e a respectiva memória de cálculo e cópia autenticada da ART;
- o projeto seja liberado pela RGE;
- sejam executados ensaios que demonstrem que os protótipos atendem os requisitos estabelecidos pela RGE.
- os ensaios devem ser acompanhados por fiscal da RGE, que deverá ser informada da data de realização com no mínimo 5 dias úteis;
- os protótipos sejam aprovados pela RGE.

17. CONSIDERAÇÕES COMPLEMENTARES

Os materiais e os equipamentos devem ser adquiridos de fabricantes homologados, que constam de relação que a RGE fornecerá, caso seja solicitado pelo interessado.

A aquisição dos materiais poderá ser feita baseando-se em sugestão (descrição de compra simplificada) da RGE, será fornecida caso seja solicitada pelo interessado. A utilização da sugestão da RGE não isenta o empreendedor de eventuais problemas decorrentes de materiais e / ou equipamentos inadequados.

Nos projetos elétricos deverão ser indicados os conjuntos padronizados de materiais e equipamentos utilizados em cada estrutura (caixas, bases, etc). Materiais adicionais poderão ser incluídos através de códigos definidos pelo empreendedor.

Nas caixas de inspeções devem ser utilizados conjuntos de ferragens para fixações de cabos e equipamentos. Relação / tabela com os conjuntos de ferragens para cada caixa de inspeção constar do projeto elétrica da rede primária.

18. IMPLANTAÇÃO DE REDES SUBTERRÂNEAS

As redes subterrâneas a serem implantadas pelos empreendedores devem ser feitas considerando uma série de diretrizes definidas pela RGE, que estão definidas a seguir.

18.1. Obras civis

- a) O empreendedor deverá enviar correspondência a RGE indicando a firma que será responsável pela execução das obras civis.
- b) A firma contratada deverá enviar correspondência a RGE apresentando a certidão de registro no CREA e informando o(s) nome(s) do(s) responsável(is) com cópia(s) da(s) carteira(s) de Registro no CREA.

REDE SUBTERRÂNEA

- c) As obras civis somente poderão ser iniciadas após a liberação do projeto pela RGE.
- d) A firma contratada deverá enviar correspondência a RGE comunicando, com 5 dias úteis de antecedência, a data de início das obras civis.
- e) A RGE reserva o direito de acompanhar toda a execução das obras civis.
- e) Quando não for informada do início das obras, com 5 dias úteis de antecedência, a RGE poderá, caso julgue necessário, solicitar:
- paralisação das obras que poderão somente ser reiniciadas, com liberação da RGE, quando forem eliminadas todas irregularidades apontadas.
 - solicitar reparos das obras civis que deverão ser executadas pela construtora que deverá assumir os custos correspondentes.
 - definir e solicitar ensaios para verificar se as obras foram executadas de acordo com os requisitos estabelecidos pela RGE.
 - os ensaios solicitados deverão ser realizados em laboratório indicado pela RGE e todas as despesas serão de responsabilidade do empreendedor / construtora.
- f) Todos os materiais (dutos, fitas de advertência, ferragens, etc) deverão ser produzidos por fabricantes homologados na RGE para o fornecimento dos mesmos.
- h) Pré moldados, quando utilizados, devem ser fornecidos por firmas homologadas para o seu fornecimento.
- g) Todo o material ou pré-moldado não homologado ou utilizado de forma incorreta deverão ser substituídos pela contratada que será responsável por todos os custos correspondentes.
- h) A construtora deverá mandrilar todos os dutos em todos os trechos das canalizações dos empreendimentos.
- i) Após a conclusão das obras civis, a construtora deverá solicitar inspeção das mesmas. Para tanto a construtora deverá encaminhar, a RGE, pedido de inspeção acompanhado de:
- laudo de mandrilamento indicando que efetuou o mandrilamento de todos os dutos, com mandril nas dimensões padronizadas, e que não foram encontradas irregularidades – nota: o laudo deve ser assinado pelo responsável pelo serviço com indicação do número de seu registro no CREA;
 - cópias autenticadas das Anotações de Responsabilidade Técnica – ART correspondentes às obras civis;
 - cópias das notas fiscais referentes às compras dos dutos e pré-moldados – a nota deverá possibilitar clara identificação dos materiais (tipo, fabricante, nome comercial, código do fabricante, etc).
- j) A RGE solicitará que a construtora faça o mandrilamento em alguns dutos / trechos de canalizações definidos pelo seu inspetor que acompanhará a execução dos serviços.
- l) As obras civis serão liberadas pela RGE, para instalação da rede elétrica, quando não existirem irregularidades nas mesmas.

18.2. Rede elétrica

- a) O empreendedor deverá enviar correspondência a RGE indicando a firma que será responsável pela implantação da rede elétrica.
- b) A firma contratada deverá enviar correspondência a RGE apresentando a certidão de registro no CREA e informando o(s) nome(s) do(s) responsável(is) com cópia(s) da(s) carteira(s) de Registro no CREA.
- c) Todos os equipamentos e materiais devem ser produzidos por fabricantes homologados pela RGE para os fornecimentos dos mesmos. Nota: não serão aceitos equipamentos e materiais recuperados.
- d) As notas fiscais dos materiais e equipamentos deverão conter informações que possibilitem identificação dos mesmos e suas características e devem ser mantidas pelos empreendedores por um período mínimo de 60 meses após a energização da rede.
- e) Os transformadores em pedestal somente poderão ser instalados após prévia liberação pela RGE.
- f) A empresa contratada deverá informar, com no mínimo 5 dias úteis de antecedência, a data de início da execução da rede subterrânea. A RGE reserva o direito de acompanhar toda a implantação da rede subterrânea.
- g) Nas inspeções da rede elétrica, a RGE reserva o direito de:
- solicitar documentos (notas fiscais) que demonstrem que os equipamentos e materiais instalados atendem os requisitos especificados pela RGE;

REDE SUBTERRÂNEA

- solicitar documentos ou executar aferições que demonstrem que os alicates de compressão utilizados nas obras atendam os requisitos operacionais estabelecidos pela RGE.
- o) Qualquer irregularidade dos materiais ou equipamentos ou de execução de serviços, identificadas durante o acompanhamento das obras, deve ser eliminada pela empresa contratada.
- p) Instalações de ramais de entrada de unidades consumidoras em condições de ligação imediata (administração, iluminação externa, etc) devem ser executadas pela empresa contratada, de acordo com os requisitos técnicos estabelecidos pela RGE, que somente assume a responsabilidade pela ligação do consumidor.
- q) A empresa contratada, após a conclusão da obra deverá solicitar a inspeção da rede elétrica que deverá ser acompanhada de cópia autenticada da ART correspondente à mesma e do laudo de medição de aterramento em todos os pontos, assim como cópia autenticada da ART referente aos mesmos.
- r) A liberação da rede elétrica para execução dos ensaios de recebimento, somente será feita após serem eliminadas todas as irregularidades detectadas na inspeção.
- s) Ensaios de recebimento da rede (tensão aplicada nos cabos) devem ser feitos pela empresa contratada e acompanhados por inspetor da RGE. Para tanto a contratada deverá informar a RGE, com no mínimo 5 dias úteis de antecedência.
- t) A empresa contratada deverá solicitar a energização da rede. Juntamente com esta solicitação a empresa contratada deverá apresentar:
 - 3 cópias das plantas revisadas (primário, secundário, obras civis) identificando a situação real da obra ("as built") devidamente assinadas pelos responsáveis e com indicação do número de registro no CREA dos mesmos.
 - laudo dos ensaios de recebimento com cópia autenticada da ART correspondente.
- u) A RGE reserva o direito de não energizar e / ou aceitar transferências de redes de distribuição subterrânea, construídas pelos interessados, que:
 - construíram a rede sem projeto previamente aprovado;
 - construíram a rede (civil, elétrica) sem comunicar a RGE;
 - instalaram a rede elétrica anteriormente a liberação das obras civis;
 - utilizaram materiais e ou equipamentos não homologados e / ou não inspecionados pela RGE;
 - instalaram a rede utilizando ferramentas ou processo inadequados;
 - não atenderam os requisitos estabelecidos para o ensaio de recebimento;
 - não apresentaram documentação solicitada.
- v) As ligações dos consumidores serão feitas somente após a liberação dos projetos correspondentes. Nota: é recomendável que os projetos referentes às ligações dos consumidores (administração, iluminação externa, bombas de recalques, etc) sejam apresentados com antecedência, se possível juntamente com os correspondentes às redes subterrâneas.

Elaboração: Marcelo Pinto Vianna

Revisão: Olavo Arndt

Aprovação: Nilton Sérgio Prado da Silveira

REDE SUBTERRÂNEA

ANEXO A:

SIMBOLOGIA E NOMENCLATURA

1. SIMBOLOGIA

A simbologia tem como objetivo uniformizar e padronizar os símbolos gráficos e a nomenclatura dos projetos de redes de distribuição subterrânea, facilitando a compreensão, a análise, o orçamento e a execução das obras, elaborados na área de concessão da Rio Grande Energia S.A. – RGE.

1.1. Rede Civil


Cód.	PROJETADO	INSTALADO	DESCRIÇÃO
1			poste de concreto
2			caixa de inspeção CI-1- X1
3			caixa de inspeção CI-2- X1
4			caixa de inspeção CI-1M- X1
5			caixa de inspeção CI-2M- X1
6			caixa primária no poste CP-1
7			caixa secundária - CS-1- X2 - X3
8			caixa interna do lote consumidor - CS-2
9			caixa de inspeção para aterramento - CA
10			base transformador em pedestal - BT- X4
11			base para quadro de distribuição em pedestal - BQ-T X5 X6 - X7
12			banco de dutos em PVC envelopado com concreto (PVC ou PEAD) DC(LxC)DN-P
13			banco de dutos em PEAD diretamente enterrado - DE(LxC) X8 - X9
14			administração - A- X10

REDE SUBTERRÂNEA

1.2. Rede Elétrica Primária e Secundária

Cód.	PROJETADO	INSTALADO	DESCRIÇÃO
1			circuito primário X11 X12 X13 X14 (X15)
2			consumidor com ramal de ligação primário subterrâneo
3			consumidor especial com ramal de ligação primário subterrâneo
4			terminal externo primário com mufla
5			terminal interno primário com mufla
6			emenda reta fixa para cabos de média tensão (XLPE/EPR)
7			emenda desconectável reta para cabos de média tensão
8			emenda desconectável de derivação simples para cabos de média tensão
9			emenda desconectável de derivação dupla para cabos de média tensão
10			fim de linha primária - FLP
11			seccionamento de circuito primário
12			aterramento
13			pára-raios de distribuição
14			pára-raios desconectável
15			transformador aéreo da concessionária - TA - X22 - X23 - X4
16			transformador em pedestal da concessionária - TP- X22 - X23 - X4
17			transformador do consumidor - TC- X22 - X23 - X4
18			caixa de inspeção CI-1- X1
19			caixa de inspeção CI-2- X1
20			caixa de inspeção CI-1M - X1
21			caixa de inspeção CI-2M - X1
22			caixa de passagem secundária - CS- X2 - X3
23			indicador de defeito - ID - X21
24			chave faca tripolar com abertura em carga em poste

REDE SUBTERRÂNEA

Cód.	PROJETADO	INSTALADO	DESCRIÇÃO
25			circuito secundário X16 X17 X18 X19 (X20)
26			ramal de ligação secundário X16 X17 X18 X19 (X20)
27			emenda reta fixa de baixa tensão
28			emenda reta de derivação simples de baixa tensão
29			emenda reta de derivação dupla de baixa tensão
30			emenda de derivação em barramento múltiplo isolado
31			quadro de distribuição em pedestal - Q-T X5 X6 - X7
32			medição para ligação de administração
33			relé fotoelétrico individual
34			relé fotoelétrico de comando em grupo
35			luminária I - incandescente V - vapor de mercúrio M - mista S - vapor de sódio
33			elemento a instalar
34			elemento a retirar ou substituir
35			elemento a deslocar

2. NOMENCLATURA

As nomenclaturas das estruturas devem ser precedidas de sinais que identifiquem os serviços a serem executados, conforme transcrito a seguir:

2.1 Postes

comprimento : . . . ; 9; 10; 11; 12; 13; . . .

11-

carga nominal - kN – do poste de concreto : . . . ; (2); (4); (10); . . .

112(4) -

REDE SUBTERRÂNEA

2.2 Obras civis

Características de identificação:

a) X1: número da caixa de inspeção / primária

b) X2: tipo das caixas

- CS-1C: caixa secundária de 1.070 mm x 520 mm x 1.000 mm com tampão de concreto - sem aterramento;
- CS-1F: caixa secundária de 1.070 mm x 520 mm x 1.000 mm com tampão de concreto - sem aterramento;
- CS-1CA: caixa secundária de 1.070 mm x 520 mm x 1.000 mm com tampão de concreto - com aterramento;
- CS-1FA: caixa secundária de 1.070 mm x 520 mm x 1.000 mm com tampão de concreto - com aterramento.

X3: número da caixa secundária

c) X4: base de concreto para transformador em pedestal.

d) X5: base de concreto para quadro de distribuição em pedestal tipo 0 de largura 590 mm;

X6: base de concreto para quadro de distribuição em pedestal tipo 1 de largura 785 mm;

X7: número da base do QDP.

e) X8: diâmetro nominal do duto;

X9: profundidade de instalação do duto.

- banco de dutos de PVC envelopado com concreto: cód. $\frac{DC(LxC)X8-X9}{L}$

- DC: banco de dutos envelopado;

- (LxC): formação do banco (L = linha e C = coluna);

- P: profundidade (6 = 0,60 m para passeio e 8 = 0,80 m para leito carroçável);

- L: comprimento do lance (metros).

Ex.: banco envelopado com concreto, com 4 dutos em leito carroçável = $\frac{DC(2x2)114-8}{100\text{ m}}$

- banco de dutos PEAD diretamente enterrado: cód. $\frac{DE(LxC)X8-X9}{L}$

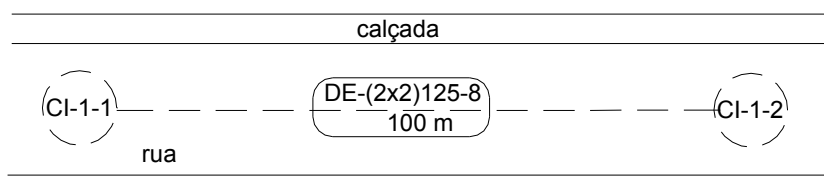
- DPE: banco de dutos diretamente enterrado;

- (LxC): formação do banco (L = linha e C = coluna);

- P: profundidade (6 = 0,60 m para passeio e 8 = 0,80 m para leito carroçável);

- L: comprimento do lance (metros).

Ex.: banco diretamente enterrado, com 4 dutos em leito carroçável = $\frac{DE(2x2)125-8}{100\text{ m}}$



REDE SUBTERRÂNEA

2.3 Estruturas – ferragens e elétrica

2.4 Cabos

a) Rede primária – código: X11 X12 X13 X14 (X15)

X11: classe de tensão: Q: 8,7/15 kV,

V: 15/25 kV.

X12: seção do cabo, em mm²;

X13: A = alumínio

X14: formação

- U: 3 cabos unipolares (1xS);

- T: cabos triplexados (3x1xS).

X15: seção do cabo de aterramento, em mm².

Q35AT(35)

Os cabos de aterramento serão de condutores de cobre, conforme definido na tabela 2.

Quando em um banco de dutos passar dois circuitos (principal e emergência) deve ser acrescido anteriormente ao código o número 2Q35A(35), que correspondem ao mesmo circuito, considerando somente um cabo de proteção.

Para indicação em projeto utilizar:

Para os casos em que ocorrer a passagem de circuitos diferentes deverá ser diferenciado com a numeração de circuitos independentes.

Ex: C1-Q35A (35) e C2-Q35A.

Representação para um circuito (35A(35)) e para dois circuitos iguais (2Q35A(35)).

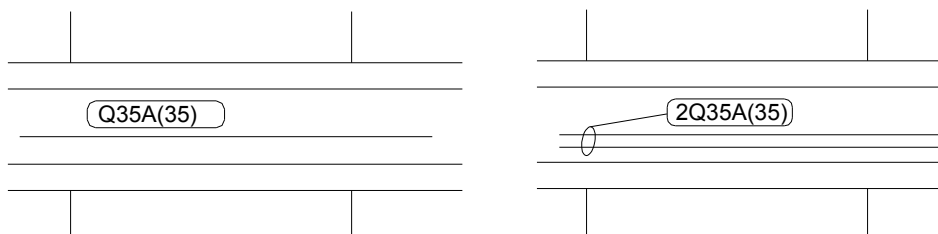


Tabela 1 – Cabos da Rede Primária

Legenda	Descrição
Q35A	Cabo 3x1x35 mm ² , Al, isolado, XLPE/EPR, 8,7/15 kV
Q95A	Cabo 3x1x95 mm ² , Al, isolado, XLPE/EPR, 8,7/15 kV
Q400A	Cabo 3x1x400 mm ² , Al, isolado, XLPE/EPR, 8,7/15 KV
V50A	Cabo 3x1x50 mm ² , Al, isolado, XLPE/EPR, 15/25 KV
V400A	Cabo 3x1x400 mm ² , Al, isolado, XLPE/EPR, 15/25 KV

Tabela 2 – Cabos de proteção

Legenda	Descrição
25	Cabo 1x25 mm ² , Cu, coberto, PVC, 450/750 V
35	Cabo 1x35 mm ² , Cu, coberto, PVC, 450/750 V
120	Cabo 1x120 mm ² , Cu, coberto, PVC, 450/750 V

b) Rede secundária - código: X16 X17 X18 X19 (X20)

X16: classe de tensão: B: 0,6/1,0 kV;

X17: seção do cabo, em mm²;

X18: A = alumínio

REDE SUBTERRÂNEA

X19: formação

- U: 4 cabos unipolares (1xS);
- Q: cabos quadruplexados (4x1xS).

X20: seção do cabo neutro, em mm².

B95AU(95)

As legendas para os condutores secundários estão indicadas na tabela 3.

Todos os cabos da rede secundária terão formação singela, considerado 4 cabos x (1xS) ou quadruplexado (4x1xS). O projetista deve prever a quantidade de cabos a ser adquirida para a execução (3F+N).

O condutor neutro deve ter a mesma seção do condutor de fase com isolamento em PVC e cobertura na cor azul clara.

Para indicação em projeto utilizar:

- circuito secundário e neutro: deve ser adotado na frente do circuito, a indicação do quadro de distribuição e o número do circuito correspondente.

Representação: Q1C1-B095A(95) e Q1C2-B185A(185).

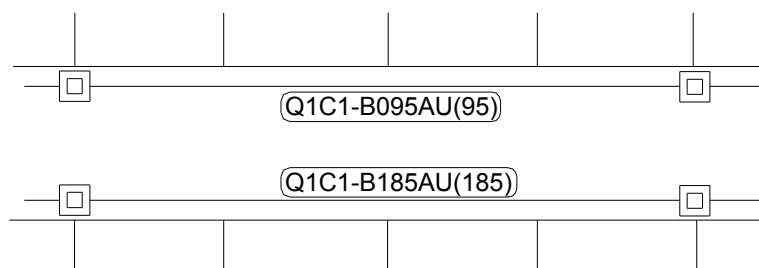


Tabela 3 – Cabos da rede secundária

Legenda	Descrição
B095A	Cabo 1x95 mm ² , Al, isolado, XLPE, 0,6/1,0 kV
B185A	Cabo 1x185 mm ² , Al, isolado, XLPE, 0,6/1,0 kV

c) Ramal de entrada - código: X16 X17 X18 X19 (X20)

X16: classe de tensão: B: 0,6/1,0 kV,

X17: seção do cabo, em mm²;

X18: A = alumínio

X19: formação

- U2: 2 cabos unipolares (1xS);
- U3: 3 cabos unipolares (1xS);
- Q: cabos quadriplexados (4x1xS).

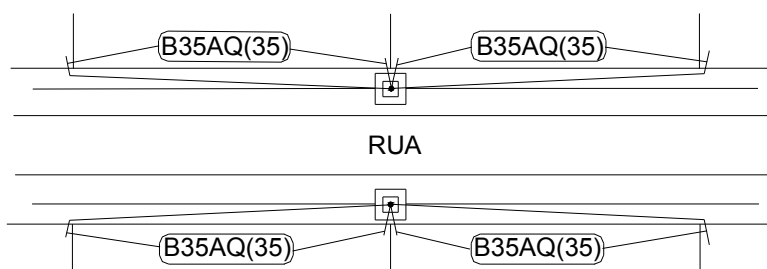
X20: seção do cabo neutro, em mm².

B16AQ(16)

Tabela 4 – Cabos do ramal secundário

Legenda	Descrição
B016A	Cabo 1x16 mm ² , Al, isolado, XLPE, 0,6/1,0 kV
B035A	Cabo 1x185 mm ² , Al, isolado, XLPE, 0,6/1,0 kV

REDE SUBTERRÂNEA



2.5. Terminal Externo - código: X11 X12 X13 X14

X11: classe de tensão: Q: 8,7/15 kV;

V: 15/25 kV.

X12: seção do cabo, em mm²;

X13: A = alumínio

TEQ-35A

Na tabela 5 estão definidas as legendas dos terminais externos, que serão escolhidos em função da seção do cabo a ser utilizado.

Tabela 5 – Terminais externos de média tensão

Legenda	Descrição
TEQ-035A	Terminal externo para cabo 35 mm ² , Al, isolado, XLPE/EPR, 8,7/15 kV
TEQ-095A	Terminal externo para cabo 95 mm ² , Al, isolado, XLPE/EPR, 8,7/15 kV
TEQ-400A	Terminal externo para cabo 400 mm ² , Al, isolado, XLPE/EPR, 8,7/15 kV
TEV-050A	Terminal externo para cabo 95 mm ² , Al, isolado, XLPE/EPR, 15/25 kV
TEV-400A	Terminal externo para cabo 400 mm ² , Al, isolado, XLPE/EPR, 15/25 kV

2.6 Emendas

a) média tensão: código: X11 X12 X13 X14

X11: classe de tensão: Q: 8,7/15 kV;

V: 15/25 kV.

X12: seção do cabo, em mm²;

X13: A = alumínio

EFQ-35A

Na tabela 6 estão definidas as legendas de emendas para os cabos de média tensão.

Tabela 6 – Emendas retas fixas de média tensão

Legenda	Descrição
EFQ-035A	Emenda reta fixa para cabo 35 mm ² , Al, isolado, XLPE / EPR, 8,7/15 kV
EFQ-095A	Emenda reta fixa para cabo 95 mm ² , Al, isolado, XLPE / EPR, 8,7/15 kV
EFQ-400A	Emenda reta fixa para cabo 95 mm ² , Al, isolado, XLPE / EPR, 8,7/15 kV
EFV-050A	Emenda reta fixa para cabo 95 mm ² , Al, isolado, XLPE / EPR, 15/25 kV
EFV-400A	Emenda reta fixa para cabo 400 mm ² , Al, isolado, XLPE / EPR, 15/25 kV

b) baixa tensão: código: X11 X12 X13 X14

X11: classe de tensão: B: 0,6 / 1,0 kV;

X12: seção do cabo, em mm²;

REDE SUBTERRÂNEA

X13: A = alumínio

EFB-35A

Na tabela 7 estão definidas as legendas de emendas para os cabos de baixa tensão.

Tabela 7 – Emendas retas fixas de baixa tensão

Legenda	Descrição
EFB-095A	Emenda reta fixa para cabo 95 mm ² , Al, isolado, XLPE, 0,6/1,0 kV
EFB-185A	Emenda reta fixa para cabo 95 mm ² , Al, isolado, XLPE, 0,6/1,0 kV

Nas tabelas 8 estão definidas as legendas dos acessórios desconectáveis linha de 200 A.

Tabela 8 – Acessórios desconectáveis linha 200 A

Legenda	Descrição
ED2-1D	Fim de linha com TDR ou TDC + PIB
ED2-2D	Emenda reta com MIB + TDR
ED2-3D	Emenda com 1 derivação com PT3 +TDR + TDC
ED2-4D	Emenda com 2 derivações com PT2 / PT3 +TDR
TDC-kx	Terminal desconectável cotovelo para cabo 35 mm ² , Al, 15 kV
TDC-kx	Terminal desconectável cotovelo para cabo 95 mm ² , Al, 15 kV
TDR-kx	Terminal desconectável reto para cabo 35 mm ² , Al, 15 kV
TDR-kx	Terminal desconectável reto para cabo 95 mm ² , Al, 15 kV

2.7 Transformador - código: X22 - X23 - X4

X22: classe de tensão: Q: 8,7/15 kV;

V: 15/25 kV.

X23: potência do transformador (75, 150, 300 e 500 kVA);

X4: número de identificação.

TP-Q-075-01

A legenda para o transformador pedestal, está indicada na tabela 9.

Tabela 9 – Transformadores em pedestal

Legenda	Descrição
TP-Q-075	Transformador em pedestal de 75 kVA, classe de tensão 15 kV
TP-Q-150	Transformador em pedestal de 150 kVA, classe de tensão 15 kV
TP-Q-300	Transformador em pedestal de 300 kVA, classe de tensão 15 kV
TP-Q-500	Transformador em pedestal de 500 kVA, classe de tensão 15 kV
TP-V-075	Transformador em pedestal de 75 kVA, classe de tensão 25 kV
TP-V-150	Transformador em pedestal de 150 kVA, classe de tensão 25 kV
TP-V-300	Transformador em pedestal de 300 kVA, classe de tensão 25 kV
TP-V-500	Transformador em pedestal de 500 kVA, classe de tensão 25 kV

REDE SUBTERRÂNEA

2.8. Equipamentos

2.8.1 Quadro de distribuição em pedestal

X5: quadro de distribuição em pedestal tipo 0 de largura 590 mm;

X6: quadro de distribuição em pedestal tipo 1 de largura 785 mm;

X7: número do QDP.

Q-T0-01

2.8.2. Indicador de defeito

X21: corrente em (A)

ID-100A

2.8.3 Seccionadora tripolar ou chave fusível

- Corrente nominal ou potência nominal;
- Indicação do regime de operação (NA ou NF).

400A-NF

3. Interligação do transformador ao QDP

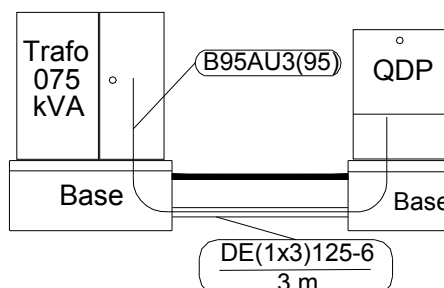


Tabela 10 – Quantidade de cabos para interligação do transformador ao QDP

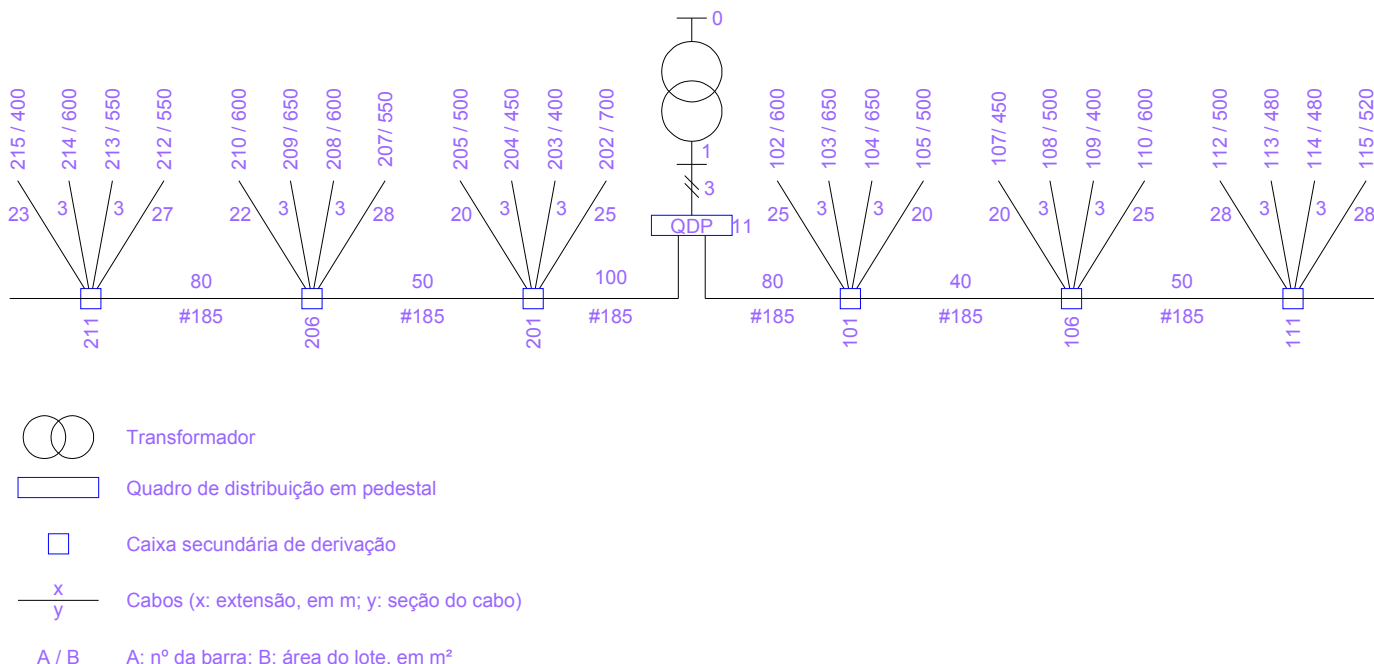
Item	Descrição	Cabos	
		Seção	Quantidade
1	Transformador em pedestal de 75 kVA	95 mm ² , Al	3F+N
2	Transformador em pedestal de 150 kVA	185 mm ² , Al	3F+N
3	Transformador em pedestal de 300 kVA	185 mm ² , Al	6F+N
4	Transformador em pedestal de 500 kVA	185 mm ² , Al	9F+2N

Nota: Para interligação do transformador em pedestal ao quadro de distribuição em pedestal - QDP, deve ser considerado as seguintes configurações:

- cabos unipolares: 3 cabos unipolares para fase e 1 cabo neutro de 95 mm² para transformador de 75 kVA;
- cabos unipolares: 3 cabos unipolares para fase e 1 cabo neutro de 185 mm² para transformador de 150 kVA;
- cabos unipolares: 6 cabos unipolares para fase e 1 cabo neutro de 185 mm² para transformador de 300 kVA;
- cabos unipolares: 9 cabos unipolares para fase e 1 cabo neutro de 185 mm² para transformador de 500 kVA.

ANEXO B - QUEDA DE TENSÃO

B.1) DIAGRAMA UNIFILAR



B.2) Informações Gerais

- Tipo de loteamento: não edificado;
- Tensão: 220/380 V;
- Cabo: alumínio
- Carga: trifásica equilibrada (premissa de cálculo).

B.3) Cálculo de queda de tensão

tabela B.1.

B.4) Roteiro de cálculo

B.4.1) Dados de entrada

- coluna C1: identificação da barra inicial do trecho;
- coluna C2: identificação da barra final do trecho;
- coluna C3: comprimento do trecho, em m;
- coluna C4: número de circuitos de alimentação das cargas no trecho;
- coluna C5: identificação do condutor (material, seção);
- coluna C6: identificação do "tipo" de barra (TP: transformador; TA: transformador de poste; QDP: quadro de distribuição em pedestal; CS: caixa secundária de derivação; L: lote);
- coluna C7: número da estrutura (item anterior);
- coluna C8: indicar a área quando C6 = L, em m².

B.4.2) Cálculos

- coluna C9: cálculo do kWh por lote (tabela 6.1);
- coluna C10: cálculo do kWh por trecho (soma dos kWh correspondentes às barras situadas após o mesmo incluir barra em sua extremidade);
- coluna C11: carga no trecho, em kVA (equação 6.2);
- coluna C12: carga no trecho, em A (coluna C11/ (0,38 x $\sqrt{3}$);

REDE SUBTERRÂNEA

- coluna C13: queda de tensão no trecho, em volts (parâmetro de queda de tensão da tabela 10.1 x coluna C3 x coluna C12 / (1000 x coluna C4));
- coluna C14: soma das quedas de tensões em todos os trechos anteriores a barra, em volts;
- coluna C15: soma das quedas de tensões em todos os trechos anteriores a barra, em ampères.

Tabela B.1 - Cálculo de queda de tensão

TRECHO					BARRA				TRECHO				BARRA		
DE	PARA	L (m)	CABO		TIPO	ID	m²	kWh	kWh	kVA	A	DV	DV		
C1	C2	C3	Nº	#								(V)	(V)	(%)	
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	
0	1					TR		0	13.319	53	80,5	0,00	0,00	0,0	
1	11	3	2	185	QDP	1		0	13.319	53	80,5	0,04	0,04	0,0	
11	101	80	1	185	CS	1		0	6.614	32,4	49,3	1,35	1,39	0,4	
101	102	25	1	35	L	A1	600	585	585	5,9	9	0,41	1,80	0,5	
101	103	3	1	35	L	A2	650	600	600	6	9,1	0,05	1,44	0,4	
101	104	3	1	35	L	A3	650	600	600	6	9,1	0,05	1,44	0,4	
101	105	20	1	35	L	A4	500	540	540	5,6	8,5	0,31	1,70	0,4	
101	106	40	1	185	CS	2		0	4.289	23,9	36,4	0,50	1,89	0,5	
106	107	20	1	35	L	A5	450	518	518	5,4	8,2	0,30	2,19	0,6	
106	108	3	1	35	L	A6	500	540	540	5,6	8,5	0,05	1,94	0,5	
106	109	3	1	35	L	A7	400	495	495	5,3	8	0,04	1,94	0,5	
106	110	25	1	35	L	A8	600	585	585	5,9	9	0,41	2,30	0,6	
106	111	50	1	185	CS	3		0	2.151	14,7	22,4	0,38	2,28	0,6	
111	112	28	1	35	L	A9	500	540	540	5,6	8,5	0,43	2,71	0,7	
111	113	3	1	35	L	A10	480	531	531	5,5	8,4	0,05	2,32	0,6	
111	114	3	1	35	L	A11	480	531	531	5,5	8,4	0,05	2,32	0,6	
111	115	28	1	35	L	A12	520	549	549	5,7	8,6	0,43	2,71	0,7	
11	201	100	1	185	CS	4		0	6.705	32,7	49,7	1,70	1,75	0,5	
201	202	25	1	35	L	B1	700	615	615	6,1	9,3	0,42	2,16	0,6	
201	203	3	1	35	L	B2	400	495	495	5,3	8	0,04	1,79	0,5	
201	204	3	1	35	L	B3	450	518	518	5,4	8,2	0,04	1,79	0,5	
201	205	20	1	35	L	B4	500	540	540	5,6	8,5	0,31	2,05	0,5	
201	206	50	1	185	CS	5		0	4.538	24,9	37,8	0,65	2,39	0,6	
206	207	28	1	35	L	B5	550	563	563	5,7	8,7	0,44	2,83	0,7	
206	208	3	1	35	L	B6	600	585	585	5,9	9	0,05	2,44	0,6	
206	209	3	1	35	L	B7	650	600	600	6	9,1	0,05	2,44	0,6	
206	210	22	1	35	L	B8	600	585	585	5,9	9	0,36	2,75	0,7	
206	211	80	1	185	CS	6		0	2.205	15	22,8	0,63	3,02	0,8	
211	212	27	1	35	L	B9	550	563	563	5,7	8,7	0,42	3,44	0,9	
211	213	3	1	35	L	B10	550	563	563	5,7	8,7	0,05	3,07	0,8	
211	214	3	1	35	L	B11	600	585	585	5,9	9	0,05	3,07	0,8	
211	215	23	1	35	L	B12	400	495	495	5,3	8	0,33	3,35	0,9	