ND-3.1

Companhia Energética de Minas Gerais

Manual de Distribuição

Projetos de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas

Belo Horizonte – Minas Gerais - Brasil

Companhia Energética de Minas Gerais

Diretoria de Comercialização e Distribuição

Manual de Distribuição

Projetos de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas

Preparado	Recomendado	Aprovado	ND-3.1
TD/AT	TD	DDC	JAN/2014

Projetos de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas

Nesta tabela foram listados os participantes que desenvolveram e colaboraram com o trabalho de revisão desta Norma de Distribuição.

Participante	Gerência
Alexandre D R Fonseca	TD/AT
Bruno Alberto Gonçalves Lucas	PE/ER
Carlos Eduardo Ribeiro	PE/ER
Clayton de Souza Dias	PE/ER
Dilson de A. Ribeiro	RH/EC
Fernando Antônio Medeiros da Silva	TD/AT
Leonardo Luiz da Rocha	PE/AG
Mauri Perpétuo de Paiva	SM/SJ
Pablo Senna Oliveira	TD/AT
Paulo Roberto Pontello	TD/AT
Paulo Sergio Silva Mendes	PE/PS
Ricardo Araújo dos Santos	TD/AT

ÍNDICE

CAPÍTULO	TÍTULO	NÚMERO DE FOLHAS
1	GERAL	04
2	DEFINIÇÕES	05
3	ROTEIRO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS	02
4	TIPOS DE PROJETOS	01
5	TIPOS DE REDE E CRITÉRIOS DE APLICAÇÃO	02
6	LOCAÇÃO DE POSTES	05
7	DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO	16
8	DIMENSIONAMENTO MECÂNICO	05
9	LEVANT. DE CARGA E DETERMINACAO DE DEMANDAS	02
10	RELAÇÃO DE MATERIAIS E ORÇAMENTO	04
11	APRESENTAÇÃO DO PROJETO	05
12	NORMAS E ESTUDOS REFERENCIADOS	02
13	TABELAS	33
14	FIGURAS	13
15	ANEXO A	06
16	ANEXO B	04

INTRODUÇÃO

Esta Norma tem por objetivo fixar os critérios básicos para projetos de redes de distribuição aéreas urbanas, de modo a garantir as mínimas condições técnicas, econômicas e de segurança necessárias a um adequado fornecimento de energia elétrica.

São apresentados os critérios básicos para dimensionamento, proteção, seccionamento de redes primárias e secundárias, instalação e dimensionamento de postes e estruturas, além da metodologia de elaboração e apresentação de projeto.

Aplica-se a redes de distribuição aéreas situadas dentro do perímetro urbano de cidades, vilas e povoados, abrangendo as redes convencionais, compactas e isoladas, incluindo projetos de expansão, reforma e reforço.

Esta norma é revisão da editada em Setembro/2005.

DEFINIÇÕES

Para efeito desta norma são utilizadas as seguintes definições:

1) Sistema de Distribuição

   Conjunto de instalações e equipamentos elétricos existentes na área de atuação de uma distribuidora.

2) Redes e linhas de distribuição

   Conjunto de estruturas, utilidades, condutores e equipamentos elétricos, aéreos ou subterrâneos, utilizados para a distribuição da energia elétrica, operando em baixa, média e/ou alta tensão de distribuição. Geralmente, as linhas são circuitos radiais e as redes são circuitos malhados ou interligados.

3) Redes de Distribuição Secundárias (BT)

   Parte do sistema elétrico de distribuição que deriva dos transformadores ligados às redes primárias (MT) e se destina ao suprimento dos consumidores atendidos em tensão secundária e da iluminação pública.

4) Subestação de distribuição (SED)

   Subestação que conecta o Sistema de Distribuição de Alta Tensão – SDAT ao Sistema de Distribuição de Média Tensão – SDMT, contendo transformadores de força.

5) Sistema de distribuição de baixa tensão (SDBT)

   Conjunto de redes de distribuição e de equipamentos associados em tensões nominais inferiores ou iguais a 1 kV.

6) Sistema de distribuição de média tensão (SDMT)

   Conjunto de linhas de distribuição e de equipamentos associados em tensões típicas superiores a 1 kV e inferiores a 69 kV, na maioria das vezes com função primordial de atendimento a unidades consumidoras, podendo conter geração distribuída.

7) Alimentador Primário

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

8) Tronco de Alimentador Primário

   Parte principal de um alimentador primário, que deriva diretamente da subestação até o primeiro equipamento de proteção, se caracteriza por maior seção de condutores, atende

maior parcela ou ao total da carga do alimentador, além de interligações com troncos de alimentadores vizinhos, conforme a configuração da rede.

9) Ramal de Alimentador Primário

Parte de um alimentador primário que deriva do tronco, e na maioria das vezes, caracteriza-se por condutores de seções inferiores. Atende a parcelas de carga, conforme a sua distribuição em relação ao tronco.

10) Derivação de Distribuição

Ligação feita em qualquer ponto de uma rede de distribuição para ramal de alimentador, transformador de distribuição ou ponto de entrega.

11) Alimentador Expresso

Alimentador de distribuição sem derivações ao longo de seu percurso.

12) Alimentador Exclusivo

Alimentador de distribuição que atende somente a um ponto de entrega.

13) Circuito Secundário

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

14) Tronco de Circuito Secundário

Parte principal de um circuito secundário, que deriva diretamente barramento do transformador e se caracteriza, na maioria das vezes, por maior bitola de condutores. Atende a uma parcela ponderável da carga do circuito.

15) Ramal de Circuito Secundário

Parte de um circuito secundário, que deriva do tronco e se caracteriza por bitolas inferiores, atendimento a parcelas de carga, conforme a sua distribuição em relação ao tronco e fechamentos em anel, conforme a configuração da rede.

16) Pontos forçados

São pontos obrigatórios em um projeto e devem ser os primeiros a serem definidos (p.ex. esquinas e futuras derivações)

17) Ponto de alimentação

Ponto no qual um sistema elétrico recebe energia.

18) Carga Instalada

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

19) Demanda

Média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado.

20) Demanda Máxima

É o maior valor da demanda observado durante um intervalo de tempo especificado.

21) Demanda Medida

Maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada no intervalo de 15 (quinze) minutos durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).

22) Demanda Diversificada

É a demanda resultante da carga de um grupo de unidades consumidoras ligadas em um circuito. É definida com base na probabilidade de utilização simultânea das cargas, ou seja, à demanda máxima do conjunto registrada em um intervalo de tempo 't'. Corresponde à razão obtida entre a demanda do conjunto e o número de cargas deste conjunto, em um intervalo de tempo especificado.

23) Demanda contratada:

Demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora no ponto de conexão, conforme valor e período de vigência fixados no contrato e que deverá ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, geralmente expressa em quilowatts (kW).

24) Fator de Carga

Razão entre a demanda média e a demanda máxima da unidade consumidora ocorridas no mesmo intervalo de tempo especificado.

$$Fc = \frac{Dmed}{Dmáx} = \frac{Econs}{Emáx}$$

25) Fator de Potência

Razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativa e reativa, consumidas em um mesmo período especificado.

O fator de potência de referência terá como limite mínimo permitido para as instalações elétricas das unidades consumidoras, o valor 0,92.

$$Fp = \frac{kW}{\sqrt[2]{kW^2 + kVAr^2}}$$

26) Fator de Demanda

Razão entre a demanda máxima em um intervalo de tempo especificado e a carga instalada na unidade consumidora.

$$Fd = \frac{Dmáx}{Ptotal}$$

27) Fator Diversidade

Razão entre a soma de todas as demandas máximas individuas (D_{maxind}) e a demanda máxima do conjunto de cargas considerado ($D_{maxtotal}$). Assim, quanto maior o fator de diversidade, melhor para o sistema.

$$Fdiv = \frac{\sum Dmax\ ind}{Dmax\ total}$$

28) Vão Regulador

Representa o vão equivalente de uma sequência de vãos contínuos.

29) Tensão crítica

Valor nominal da tensão de conexão em condições de operação crítica nos sistemas elétricos de distribuição, que exige medida de correção imediata em um prazo pré-estabelecido.

30) Tensão de atendimento (TA) ou Tensão de conexão

Valor eficaz de tensão no ponto de conexão, obtido por meio de medição, podendo ser classificada em adequada, precária ou crítica, de acordo com a leitura efetuada, expresso em volts ou quilovolts.

31) Tensão de Leitura (TL)

Valor eficaz de tensão, integralizado a cada 10 (dez) minutos, obtido de medição por meio de equipamentos apropriados, expresso em volts ou quilovolts.

32) Tensão de Referência

Valor de tensão utilizado como referência para comparação com os valores de tensão de leitura, devendo ser equivalente à tensão nominal ou contratada pelas unidades consumidoras.

33) Tensão Precária

Valor nominal da tensão de conexão em condições de operação precária nos sistemas elétricos de distribuição, que exige medida de correção programada em um prazo pré-estabelecido.

34) Loteamento

Subdivisão de gleba de terreno em lotes destinados à edificação, com abertura de novas vias de circulação, de logradouros públicos ou prolongamento, modificação ou ampliação

das vias existentes, cujo projeto tenha sido devidamente aprovado pela respectiva Prefeitura Municipal ou, quando for o caso, pelo Distrito Federal;

35) Condomínio Horizontal

Lotes ou residências de um local fechado por muro ou cerca, legalmente constituído, de uso comum e com acesso controlado, e que, por essa razão, pertencem à totalidade dos proprietários que ali residem.

ROTEIRO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS

O roteiro a ser seguido para a elaboração de um projeto é apresentado em seguida.

Deve ser utilizado o Módulo Projeto do G-DIS sempre que estiver disponível.

1) OBTENÇÃO DOS DADOS PRELIMINARES

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

a) Objetivo do projeto a ser elaborado

Consiste em determinar o tipo de projeto a ser elaborado e sua finalidade, se ele é para expansão, reforma, reforço e modificações de rede.

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

b) Obtenção da planta da área, com arruamento, etc.

Devem ser verificadas no G-DIS as características do circuito, arruamento, edificações (edifícios públicos, igrejas, estádios, etc), áreas ambientais, travessias e interferências etc, da área a ser atendida.

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

No caso de atendimento a novas áreas, por exemplo, um novo loteamento, deve ser obtida uma planta georeferenciada, em escala adequada(preferencialmente 1:1000), junto ao responsável pelo empreendimento, para lançamento dos dados do G-DIS.

c) Estudo básico da área

Para novas áreas, deve ser feito um estudo básico considerando as condições do local, o grau e tipo de urbanização, tipo de arborização, dimensões dos lotes e características da área a ser atendida.

Para isso, deve ser verificada no G-DIS a existência de uma área de características semelhantes àquela que está sendo projetada, de forma a otimizar o investimento a ser realizado.

O projeto deve abranger uma expansão futura do atendimento identificado pelo planejamento, de forma compatível com as características de urbanização da região.

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

d) Planos e projetos previamente existentes para área

Devem ser levantados prováveis projetos anteriormente elaborados para a área abrangida, ainda não construídos ou em construção, e que possam ser considerados no projeto em elaboração.

Os projetos elaborados com a utilização do módulo Projeto do G-DIS devem ser armazenados na área específica destinada para isso.

2) LEVANTAMENTO DA CARGA E DETERMINAÇÃO DE DEMANDAS

Consiste no levantamento da carga a ser atendida e na determinação da demanda total. A determinação da demanda deve ser feita utilizando os critérios estabelecidos no Capítulo 9 – Levantamento de Carga e Determinação de Demandas, desta norma.

3) LOCAÇÃO DE POSTES

Consiste na locação física dos postes, observando-se os requisitos de espaçamento, de segurança, de iluminação pública desejável, etc.

Devem ser observados os requisitos do Capítulo 6 – Locação de Postes desta norma.

4) DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO

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

Devem ser observados os requisitos do Capítulo 7 – Dimensionamento Elétrico, desta norma.

5) DIMENSIONAMENTO MECÂNICO

Refere-se ao dimensionamento de postes e tipos de estruturas.

Devem ser observados os requisitos do Capítulo 8 – Dimensionamento Mecânico, desta norma.

6) RELAÇÃO DE MATERIAL E ORÇAMENTO

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

Devem ser observados os requisitos do Capítulo 10 – Relação de Materiais e Orçamento.

7) APRESENTAÇÃO DO PROJETO

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

Devem ser observados os requisitos do Capítulo 11 – Apresentação do Projeto, desta norma.

TIPOS DE PROJETO

Os projetos de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas devem ser dos seguintes tipos:

1) EXPANSÃO

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

- Extensão de redes: envolve o prolongamento da rede existente;

- Modificação: não envolve extensão, mas exige mudança de rede.

2) REFORMA

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

- Aspectos de segurança (ex: afastamento de redes)

- Melhoria dos indicadores de desempenho de continuidade do serviço de distribuição de energia elétrica:

  - Flexibilidade operativa (ex: interligação de alimentadores e by-pass de localidades);

  - Redução de interrupções (ex: substituição de rede nua para rede compacta em local com algum tipo de interferência na rede como, por exemplo, arborização);

- Substituição de condutores (ex: substituição de cabo/fio de cobre);

- Recuperação física da rede (ex: substituição de cabo recozido)

3) REFORÇO

São considerados de reforço os projetos ligados a obras de:

- Alterações vinculadas à alta tensão ou subestações (ex: aumento do número de alimentadores);

- Regularização de níveis de tensão ou do carregamento (ex: aumento de seção dos condutores, etc);

- Regularização do desequilíbrio (ex: conversão de rede monofásica em trifásica);

- Troca de transformador de distribuição em sobrecarga, por outro de maior capacidade;

- Atendimento a mercado, em casos de instalação ou aumento de carga solicitada pelos clientes e que, por consequência, provoquem o aumento de seção de condutores ou conversão de monofásico para trifásico na média tensão existente.

TIPOS DE REDE E CRITÉRIOS DE APLICAÇÃO

1) TIPOS DE REDES

São os seguintes os tipos de redes em uso na CEMIG:

1.1) Redes Primárias

a. Redes de Distribuição Compacta

Esta modalidade de rede utiliza um cabo mensageiro de aço 9,5mm para sustentação do(s) cabo(s) fase(s) coberto(s) por meio de espaçadores poliméricos, instalados em intervalos regulares determinados nas normas de instalação básica.

Os padrões de instalação básica referente a esse tipo de rede estão estabelecidos nas ND - 2.9 e ND - 2.10.

b. Redes de Distribuição Isoladas de Média Tensão:

Esta modalidade de rede utiliza três condutores isolados, blindados, e espinados em torno de um cabo mensageiro de aço 9,5mm de sustentação.

Os padrões de instalação básica referente a esse tipo de rede estão estabelecidos na ND – 2.7.

c. Redes de Distribuição Aéreas Convencionais:

Caracterizam-se por utilizar cabos de alumínio nus sobre cruzetas de madeira, fibra, plástico e metálicos e isoladores de porcelana ou vidro. Os padrões de instalações básicas desse tipo de rede estão estabelecidos nas ND - 2.1 e ND - 2.4.

Esta modalidade de rede não deve ser construída em área urbana, permitindo o uso de cabos nus apenas para reparo.

1.2) Redes Secundárias:

a. Redes Convencionais de Baixa Tensão:

Rede secundária com cabos de alumínio nus em disposição vertical, equipamentos, iluminação pública (IP), ramal de ligação e medição. Os padrões de instalações básicas referentes a esse tipo de rede estão estabelecidos nas ND’s 2.1 e 2.4.

b. Redes Isoladas de Baixa Tensão:

Rede secundária com cabos isolados multiplexados, equipamentos, iluminação pública (IP), ramal de ligação e medição. Os padrões de instalações básicas referentes a esse tipo de rede estão estabelecidos nas ND 2.7.

2) CRITÉRIOS DE APLICAÇÃO

2.1) Redes Primárias:

a. Projetos de Expansão:

O padrão mínimo de atendimento urbano, estabelecido pela Distribuição, é o de redes de distribuição compacta, trifásicas ou monofásicas.

Está prevista também a utilização da rede de distribuição isolada. Sua aplicação é obrigatória em trechos densamente arborizados, com galhos em contato permanente com os condutores, ou em alimentadores onde o nível de confiabilidade exigido seja elevado. Além dos casos anteriores, as redes isoladas podem ser aplicadas nas seguintes situações:

- Saída de SE's;

- Locais com redes próximas a edificações;

- Áreas de preservação ambiental;

- Áreas altamente poluídas, onde possa haver o comprometimento dos outros tipos de cabos e acessórios;

- Estruturas congestionadas;

- Projetos de travessia (pontes, viadutos, etc).

b. Projeto de reforma e reforço:

Preferencialmente projetar com rede compacta. Em locais com arborização intensa, com exigência de confiabilidade elevada, problemas com afastamentos de redes e congestionamentos de estruturas, o projetista deve analisar a alternativa de utilizar rede isolada no trecho em questão.

2.2) Redes Secundárias:

a. Projetos de extensão, de reforma e reforço:

O padrão mínimo de atendimento urbano, estabelecido pela Distribuição, é o de redes isoladas de baixa tensão. Em conversão de rede primária monofásica para trifásica ou reforma da rede secundária, se a rede secundária existente for construída com cabos nus, a substituição por rede isolada é obrigatória.

b. Projetos de Modificação:

No caso de modificação, depois de esgotadas as soluções de engenharia tais como, remanejamento de cargas, mudança de transformadores, etc, que permitiriam manter a rede convencional, ou em casos considerados especiais, a rede secundária deve ser alterada para o padrão de rede isolada de baixa tensão.

LOCAÇÃO DE POSTES

1) LOCAÇÃO DE POSTES

O projetista deve estar atento ao melhor traçado da rede, sob o aspecto técnico-econômico, de modo que seja possível o atendimento a novas cargas com o mínimo de alteração.

A locação dos postes ao longo das ruas e avenidas deve ser iniciada pelos pontos forçados (p.ex: futuras derivações, esquinas, etc.).

A locação deve ser escolhida levando-se em conta os seguintes aspectos:

a) Evitar desmate de árvores e demais formas de vegetação, em áreas de preservação permanente, conforme instruções contidas no Manual de Procedimentos – IS-19 – Autorização para Interferência de Qualquer Natureza na Vegetação Natural ou Implantada;

b) Procurar locar, sempre que possível, na divisa dos lotes e manter os vãos da quadra equidistantes. Na impossibilidade de atender as duas premissas, deve-se priorizar a instalação com vãos equidistantes.

c) Quando o eixo da rua estiver no sentido Norte-Sul, locar a rede no lado Oeste. Ver Figura 1;

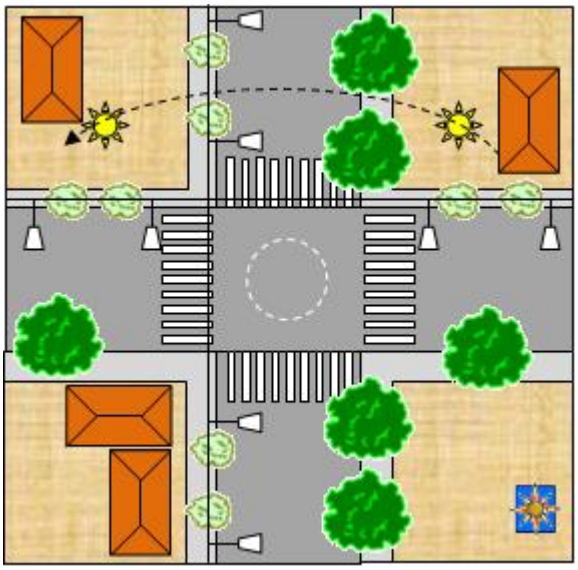


Figura 1 – Posicionamento da Rede em Áreas Novas

d) Quando o eixo da rua estive no sentido Leste-Oeste, locar a rede no lado Norte. Ver Figura 1;

e) Procurar locar prevendo futuras extensões da rede, para evitar remoções desnecessárias, mantendo os postes em rua do mesmo lado;

f) Evitar locação de postes em frente a portas, janelas, sacadas, marquises, anúncios luminosos, etc. Não locar em frente a garagens;

g) Evitar locação de postes próximos a árvores de grande porte.

h) Evitar que a posteação passe do mesmo lado de praças, jardins, escolas, igrejas e templos, que ocupem grande parte da quadra.

i) Verificar a existência de arrancamento ou compressão em função do perfil da via para definição do tipo de estrutura;

j) Evitar possíveis interferências com tubulações subterrâneas de água, esgoto, gás, rede de telecomunicações, galerias de águas pluviais, etc;

k) Quando não for possível a instalação de um único poste na esquina, utilizar “rodo” ou “cruzamento aéreo”. Ver Figura 2 na página 14-1.

l) Cruzamentos Aéreos

Existindo desnível acentuado no terreno em cruzamento de ruas/avenidas, os postes devem ser locados, preferencialmente, nas esquinas. Não sendo possível, a distância máxima entre o eixo do poste e o ponto de cruzamento da rede não deve ser superior a 15m. Deve ser avaliado, pelo projetista, o nivelamento do ponto de conexão. O ponto de cruzamento deve estar equidistante em relação aos postes. Ver Figura 3 na página 14-2.

i) Cruzamento de redes aéreas convencionais de média tensão:

Os postes de um mesmo alinhamento devem ter a mesma altura. No entanto, a distância entre as redes no ponto de cruzamento deve estar entre 0,90m e 1,20m, para 15kV, 24,2kV ou 36,2kV. Postes de alinhamentos diferentes devem ter alturas diferentes. Quando os condutores do circuito superior do cruzamento forem 336,4 MCM ou 4/0 AWG, os condutores do circuito inferior do cruzamento devem ter seção mínima de 1/0 AWG até o ponto do equipamento de proteção (chave fusível, religador, etc) ou final de circuito. Os jamperes devem ser da mesma seção do maior condutor. Ver Figura 4.

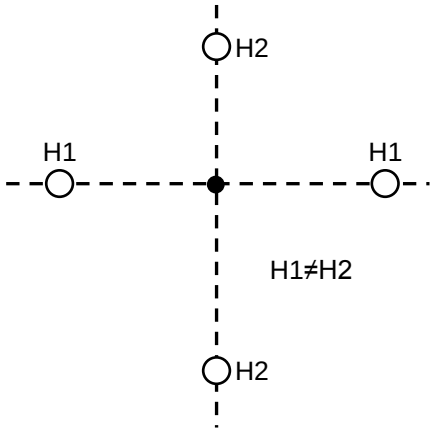


Figura 4 – Cruzamento Aéreo – Rede Convencional

ii) Cruzamento de redes de distribuição compacta:

Os postes do cruzamento devem ter a mesma altura. Ver detalhes nas ND’s 2.9, 2.10 e Figura 5.

Excepcionalmente, as alturas dos postes de um mesmo alinhamento podem ser diferentes, desde que seja assegurado o nivelamento no ponto de conexão. Exemplos: H1 e H4 = 11m e H2 e H3 =12m.

Devem ser utilizadas, obrigatoriamente, estruturas travadas, por exemplo, CE1, CE2, CE3, CE4 e separadores verticais no ponto de cruzamento. Não podem ser utilizadas estruturas com configuração dos cabos na horizontal para evitar torção no ponto de conexão. Ex: CEJ2, CEM4, etc.

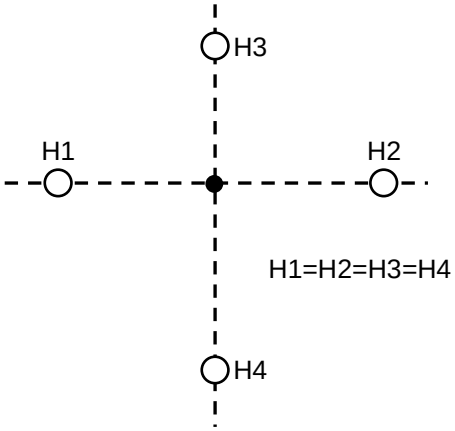


Figura 5 – Cruzamento Aéreo – Rede Compacta

iii) Cruzamento de redes isoladas de média tensão:

Não pode ser utilizado cruzamento com conexão.

iv) Cruzamento de redes de média tensão de modalidades diferentes:

Não pode ser utilizado cruzamento com conexão. Caso seja necessário fazer a conexão, converter o trecho do cruzamento de rede nua para rede compacta.

v) Cruzamento de redes de baixa tensão

Pode ser executado cruzamento entre redes de modalidade diferentes. Detalhes de construção, consultar Nota Técnica ED/CE-20-NT e posteriormente nas ND-2.1 e ND-2.7.

2) DISPOSIÇÃO

A posteação pode ser unilateral, bilateral alternada ou bilateral frente a frente. Ver Figura 6 na página 14-3.

A disposição escolhida deve permitir atender os consumidores dentro das exigências previstas nas ND-5.1, ND-5.2, ND-5.3 e ND-5.4 e os requisitos de iluminação pública estabelecidos na ND-3.4.

3) VÃO

a) O vão médio deve ser de 40 m para redes de média e baixa tensão;

b) Para redes convencionais, compactas e isoladas, o vão máximo pode ser de até 45 m desde que a montagem da rede de BT seja feita numa altura adequada em relação ao solo. Deve ser respeitada ainda, a distância recomendada entre a BT e MT de forma a se obter a distância mínima cabo-solo especificada nas normas de instalações básicas;

c) Em áreas periféricas e com baixa densidade habitacional ou em áreas com predominância de chácaras, o projetista pode adotar vãos entre 45 a 60 m, em situações específicas de projeto, desde que a condição do perfil seja favorável. A distância recomendada entre as redes de BT e MT e a distância mínima cabo-solo especificada nas normas de instalações básicas devem ser respeitadas. Se for necessário utilizar postes com comprimento maior, elevando altura de montagem da baixa tensão e iluminação pública;

d) Em situações especiais (travessias de avenida, rodovia, ribeirão, etc), os vãos podem ter até 80 m desde que respeitada a distância mínima cabo-solo especificada nas normas de instalações básicas.

e) Para projetos específicos de iluminação, deve ser consultada a ND-3.4.

4) OUTROS CUIDADOS A SEREM OBSERVADOS DURANTE A LOCAÇÃO

Durante a locação devem ser anotados, na planta, detalhes necessários ao projeto tais como:

a) Estrutura a ser usada;

b) Afastamento da rede;

c) Desnível para conexões aéreas;

d) Tipo de engastamento do poste;

e) Saídas de ramais aéreos e subterrâneos com seus respectivos faseamentos;

f) Derivações para consumidores a serem ligados no primário;

g) Instalações de equipamentos em postes perto de janelas, sacadas, etc;

h) Levantamento de travessias;

i) Altura de linhas de telecomunicação nos cruzamentos com a rede;

j) Localização do padrão;

k) Estado físico do arruamento;

l) Toponímia;

m) Pedidos de serviço/ligação;

n) Interferência com a arborização;

o) Interferência com garagens;

p) Interferência com tubulações subterrâneas de água, esgoto, gás, rede de telecomunicações, galerias de águas pluviais, etc..

5) MARCAÇÃO

A marcação física da posição dos postes segue os critérios básicos abaixo indicados:

a) Havendo passeio ou meio-fio, os postes são locados por meio de um triângulo vermelho pintado no passeio ou meio-fio. Neste caso, o alinhamento é dado pelo próprio meio-fio;

b) Não havendo passeio ou meio-fio, os postes são locados por meio de piquetes de madeira, pintados de vermelho na sua extremidade superior e ainda, se possível, deve ser pintada alguma testemunha (muro, moirão, cerca, árvore, etc);

c) Neste segundo caso, há necessidade de definição do alinhamento do meio-fio por parte do solicitante (Incorporadora, Prefeitura, Consumidor, etc).

DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO

1) REDE SECUNDÁRIA

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

1.1) Definição Básica

Em locais com circuitos de MT trifásicos, a expansão da rede secundária deve ser trifásica.

O neutro é multi-aterrado e comum ao primário e secundário.

1.2) Níveis de Tensão

A tensão nominal da rede secundária alimentada por transformadores trifásicos é de 220/127V. A rede alimentada por transformadores monofásicos tem tensão secundária de 240/120V.

As faixas de tensão adequadas no ponto de entrega devem atender ao módulo 8 – Qualidade de Energia do PRODIST. A Tabela 1 reproduz os valores constantes no PRODIST.

O cálculo de queda de tensão deve ser realizado de acordo com o item 3 deste capítulo da norma.

1.3) Configuração Básica e Faseamento

a. Configuração Básica

A configuração da rede secundária depende basicamente das condições de projeto em virtude do traçado das ruas e densidade de carga. Os projetos da rede de baixa devem considerar as configurações típicas mostradas na Figura 7.

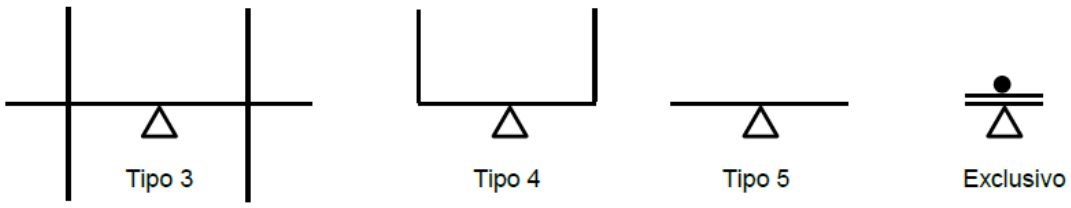


Figura 7 – Tipos Básicos de Circuitos Secundários

b. Faseamento

Os condutores isolados são identificados conforme ND-2.7.

Os cabos nus devem ser identificados, de cima para baixo, com a sequência: Neutro, A, B e C.

1.4) Condutores

a. Tipo e Seção

Os condutores a serem utilizados nos projetos de rede secundária são do tipo isolado multiplexados.

As seções padronizadas são:

- 2 x 1 x 35 + 70 mm^2;

- 2 x 1x 70 + 70 mm^2;

- 3 x 1 x 70 + 70 mm^2;

- 3 x 1 x 120 + 70 mm^2.

As características básicas desses cabos estão indicadas na Tabela 2.

A Tabela 3 apresenta as características básicas de condutores nus de alumínio simples e de cobre e cabos não mais utilizados na expansão da rede.

O cabo 2x1x35+70mm^2 deve ser utilizado somente em circuitos exclusivos de iluminação pública, alimentação do controle dos religadores de rede e bancos de capacitores automáticos, ficando proibida a ligação de qualquer unidade consumidora nesses circuitos.

O cabo 3x1x35+70mm^2 não é mais utilizado como cabo de rede secundária, ficando seu uso somente como ramal de ligação.

b. Dimensionamento

(1) Critérios gerais

As redes secundárias devem ser projetadas, em princípio, de modo a não serem necessárias trocas de condutores, mas somente redivisão de circuitos para atendimento ao crescimento esperado da carga. Não é admissível o uso de circuitos múltiplos em redes de baixa tensão.

Os troncos mínimos a serem utilizados são os indicados na Tabela 4. A distância máxima entre o transformador de distribuição e o último poste atendido por ele deve ser de 160 m em circuitos trifásicos.

Em locais com circuitos de MT trifásicos, a expansão da rede secundária deve ser trifásica.

Em circuitos monofásicos, a distância máxima entre o transformador de distribuição e o último poste atendido por ele deve ser de 120 m.

(2) Loteamentos, novos empreendimentos imobiliários com características residenciais e extensão de circuitos secundários trifásicos:

A bitola mínima do cabo é 3x1x70+70mm^2.

(3) Rede secundária de transformadores monofásicos

A bitola do cabo projetado deve ser 2x1x70+70mm^2.

(4) Em reforma da rede secundária, se a rede secundária existente for construída com cabos nus, a substituição por rede isolada é obrigatória.

(5) Em projetos de conversão ou modificação da rede de Média Tensão Convencional para Compacta ou Isolada, a condição mínima de projeto é a substituição da rede de Baixa Tensão nos vão sob onde houver a conversão ou modificação da rede de MT.

(6) Modificação, reforma ou reforço de circuitos secundários

Os cabos isolados de 2x1x35+70 e 3x1x35+70 mm^2 já instalados podem ser mantidos na rede secundária desde que os critérios de queda de tensão estejam plenamente atendidos.

(7) Carregamento

Além dos critérios acima indicados, devem ser adicionalmente observados os seguintes pontos básicos:

- Máxima queda de tensão admissível, em condições normais e de emergência;

- Ampacidade dos condutores, em regime nominal, deve ser considerada a 40ºC de temperatura ambiente;

- Ampacidade nominal dos cabos nus é especificada a 70ºC e a dos condutores isolados a 90ºC.

1.5) Transformadores

a. Dimensionamento e Localização

(1) Em locais com circuitos de MT trifásicos, o transformador deve ser obrigatoriamente trifásico.

(2) Em loteamentos e empreendimentos com características residenciais, devem ser utilizados transformadores de 45 kVA e 75 kVA.

(3) Em projetos com transformadores monofásicos, a potência nominal dos transformadores utilizados deve ser 15kVA ou 37,5 kVA. Observar o critério para extensão de rede primária monofásica neste capítulo.

(4) Em projetos com instalação de novos transformadores, não poderão ser utilizados transformador monofásico de 25kVA e transformadores trifásicos de 112,5kVA e 225kVA.

(5) Transformadores de 150kVA e 300kVA devem ser utilizados para alimentação exclusiva ou para o atendimento de grande blocos de carga tais como edifícios residenciais e/ou comerciais.

(6) Os transformadores devem ser instalados o mais próximo possível do centro de carga do respectivo circuito secundário e também próximo às cargas concentradas, principalmente àquelas causadoras de flicker na rede (raio X, forno à arco, máquina de solda, motor de grande capacidade, etc).

(7) Em função da possibilidade de ocorrência de flutuações de tensão deve ser dada especial atenção ao atendimento das seguintes cargas:

- Motor monofásico com potência superior a 2CV, alimentado em tensão fase-neutro;

- Máquina de solda a transformador com potência superior a 2kVA, alimentada em tensão fase-neutro;

- Motor monofásico com potência superior a 5CV, alimentado em tensão fase-fase;

- Motor de indução trifásico com potência superior a 30CV;

- Máquina de solda tipo motor-gerador com potência superior a 30CV;

- Máquina de solda a transformador, 220V – 2 ou 3 fases, ligação V-V invertida com potência superior a 15kVA;

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

(8) Em circuitos de BT existentes, o carregamento máximo admitido para os transformadores MT/BT para a liberação de carga deve ser 120% da capacidade nominal para os transformadores convencionais e 90% da capacidade nominal para os transformadores autoprotegidos. O carregamento máximo deve ser verificado no horário de ponta de carga do transformador.

(9) Em circuitos novos de BT, planejados ou projetados para permitir a ligação de novas cargas, reequilibrar circuitos, regularizar níveis de tensão e carregamento, etc, o carregamento máximo inicial admitido para os transformadores MT/BT deve estar entre 80 e 100% da capacidade nominal do equipamento para os transformadores convencionais e entre 70 e 80% da capacidade nominal para os transformadores autoprotegidos. O carregamento máximo deve ser verificado no horário de ponta de carga do transformador.

(10) Em conversão de rede primária monofásica para trifásica, os transformadores monofásicos e suas respectivas redes secundárias podem ser mantidos. Avaliar a substituição dos transformadores monofásicos para trifásicos. No entanto, mantendo-se os transformadores monofásicos, suas ligações devem ser modificadas de forma a equilibrá-los entre as três fases.

1.6) Equilíbrio de carga – Máximo Desequilíbrio Permissível

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

O equilíbrio deve ser alcançado ao longo de todo o comprimento do circuito e, principalmente, no horário de carga máxima, quando ocorrem as maiores quedas de tensão.

Para transformadores monofásicos e trifásicos, deve-se adotar o limite de 20% para o máximo desequilíbrio, calculado pelas fórmulas abaixo:

- Trifásicos:

$$Deseq(\%) = \frac{3 \cdot \sqrt{(I_a^2 + I_b^2 + I_c^2) - (I_a \cdot I_b + I_b \cdot I_c + I_c \cdot I_a)}}{I_a + I_b + I_c} \cdot 100$$

- Monofásicos

$$Deseq(\%) = \frac{2 \cdot (I_a - I_b)}{I_a + I_b} \cdot 100$$

Onde:

I_a, I_b, I_c são os módulos das correntes nas fases em ampères.

1.7) Correção dos níveis de tensão

Quando for verificada queda de tensão no circuito secundário, superior ao limite máximo permitido (item 1.2 deste capítulo), e após consulta aos setores de planejamento e manutenção, o projetista deve adotar ações, de acordo com avaliações técnicas e econômicas, para correção do problema:

a. Equilibrar as fases:

Remanejar cargas entre as fases de forma que o desequilíbrio seja igual ou inferior ao estabelecido no item 1.6.

b. Fechar em anel:

Fechar o circuito secundário do transformador em anel para reduzir a queda de tensão, desde que um dos lados apresente menor queda de tensão.

c. Relocação do transformador:

As frequentes mudanças do circuito secundário para atender ao crescimento de carga podem resultar em um mau posicionamento do transformador com relação às cargas atendidas. Isso pode resultar em elevada queda de tensão no circuito secundário.

d. Divisão de circuitos:

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

e. Troca de condutores:

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

Trocar condutores, nos trechos críticos, para redução da impedância do circuito pela troca dos condutores permitindo uma redução proporcional da queda de tensão.

f. Transformação de circuitos monofásicos em trifásicos:

Trocar o transformador monofásico para trifásico e alterar o circuito secundário de forma a atender a nova configuração do circuito.

1.8) Proteção contra sobretensões

Devem ser instalados para-raios de baixa tensão, com tensão nominal de 280V e corrente de descarga nominal de 10kA, equipados com desligador automático para desconectar eletricamente e sinalizar para-raios defeituosos. Devem ser instalados nos seguintes casos:

a. Proteção de transformadores

Os para-raios de rede secundária devem ser instalados em todo transformador. Devem ser instalados entre fase e neutro, de forma que devem ser projetados dois para-raios para os transformadores monofásicos e três para os trifásicos.

b. Proteção de consumidor reclamante:

No caso de reclamações relacionadas a sobretensões devido a surtos atmosféricos, desde que, comprovadamente, seja constatada a existência do problema decorrente de sobretensão, devem ser instalados para-raios de rede secundária também na estrutura da qual deriva o ramal de ligação que atender ao consumidor reclamante, além dos já instalados no transformador.

Nota: Nesse caso, não é necessária a instalação de aterramento nessa estrutura.

Esses para-raios devem obedecer aos padrões estabelecidos nas normas de instalações básicas.

2) REDE PRIMÁRIA

2.1) Definição básica

A rede primária será trifásica a 4 fios ou monofásica a 2 fios, sendo o neutro multiaterrado e conectado à malha de terra da subestação de distribuição.

A saídas de subestações serão sempre trifásicas.

2.2) Níveis de tensão

a. Geral

As tensões nominais padronizadas da rede primária são de 13.800/7.967V, 22.000/12.700V e 34.500/19.920V.

As faixas de tensão adequadas no ponto de entrega devem atender ao módulo 8 – Qualidade de Energia do PRODIST. A Tabela 1 reproduz os valores constantes no PRODIST.

O cálculo de queda de tensão deve ser realizado de acordo com o item 3 deste capítulo da norma.

b. Medidas para correção dos níveis de tensão primária

Nos projetos de rede, devem ser cuidadosamente analisados os critérios utilizados para correção ou regulação da tensão, dentro dos critérios estipulados na ND-1.1 e ED-1.2. As ações mais utilizadas para correção ou regulação de tensão são a instalação de equipamentos reguladores de tensão e de banco de capacitores.

A instalação do dispositivo de regulação de tensão deve estar de acordo com as normas de instalações básicas e ser colocado em local de fácil acesso, na divisa da área urbana com área rural. Evitar locais próximos a residências.

A instalação de banco de capacitores deve estar com acordo com o item de compensação reativa dessa norma.

c. Configuração básica, trajeto e faseamento

(1) Configuração Básica

O alimentador deve ser radial, constituído de um tronco principal que, partindo da subestação de distribuição, alimenta diversos ramais.

Os sistemas radiais podem ser:

- Simples: utilizado em áreas de baixa densidade de carga, nas quais o circuito toma direções distintas face às próprias características de distribuição da carga, dificultando o estabelecimento de pontos de interligação.

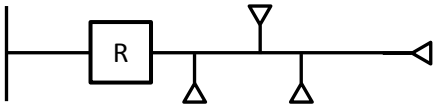


Figura 8 – Configuração Radial Simples

- Com recursos: utilizado em áreas de maiores densidades de carga ou que demandem maior grau de confiabilidade devido às suas particularidades (hospitais, centros de computação, etc).

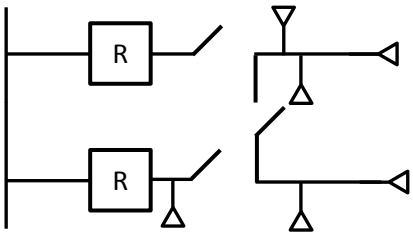


Figura 9 – Configuração Radial com Recurso

Esse sistema caracteriza-se pelos seguintes aspectos:

- Existência de interligação, normalmente aberta, entre alimentadores da mesma SE ou de SE´s diferentes.

- Previsão, no projeto, da capacidade dos condutores e equipamentos de absorverem carga de outro circuito na eventualidade de defeito.

- Limitação do número de consumidores interrompidos, por defeito e diminuição do tempo de interrupção em relação ao sistema radial simples.

- Maior quantidade de chaves tripolares para operação em carga.

Notas:

1- Cuidados especiais devem ser tomados com relação aos pontos de instalação de reguladores de tensão e religadores, em função da inversão do fluxo de carga, quando da interligação de circuitos;

2- Cuidados especiais devem ser tomados de forma a evitar inversão de fases nas estruturas de interligação;

3- Deve ser prevista sinalização nas estruturas com inversão de fase no cadastro e no campo, identificando no próprio condutor as fases de ambos os lados da estrutura.

(2) Trajeto

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

1- Definir o trajeto futuro da rede primária de forma a permitir a utilização de postes mais baixos, onde não há previsão da expansão da rede primária;

2- O tronco do alimentador deve passar o mais próximo possível do centro de carga;

3- As avenidas ou ruas escolhidas para o seu trajeto devem estar bem definidas;

4- Os trajetos dos ramais devem ser planejados de forma a evitar voltas desnecessárias nos quarteirões;

5- Deve ser verificada a vulnerabilidade de alimentadores em ruas de tráfego intenso, principalmente, no caso de redes com circuitos múltiplos;

6- Deve-se evitar que mais de um alimentador seja instalado em um mesmo poste.

7- Podem ser empregados circuitos duplos em rede nua. Circuitos duplos, triplos e quádruplos em redes compactas e isoladas primárias. Para esses casos, devem ser evitados ângulos acentuados devido à limitação mecânica dos postes;

8- Possibilidade de interligações entre alimentadores diferentes, para as contingências operativas do sistema.

(3) Faseamento

O tronco do alimentador deve ser sempre trifásico.

Deve ser identificada a sequência de fases, no projeto, em todas as derivações:

1- A sequência de fases na saída da subestação, considerando-se o observador de costas para o pórtico de saída, deve ser, da direita para a esquerda:

- Placa vermelha – fase A

- Placa azul – fase B

- Placa branca – fase C

2- O reconhecimento do faseamento, nas saídas dos alimentadores existentes, deve ser feito observando-se as placas indicativas instaladas no pórtico da subestação;

3- Devem ser colocados identificadores de fase em todas as derivações das redes primárias convencional e compacta.

Para redes compactas, para que a sequência de fases seja mantida nos espaçadores e separadores ao longo da rede, devem ser seguidos os critérios das ND´s 2.9 e 2.10.

Os ramais podem ser monofásicos, mas devem ser analisados os impactos da carga desses ramais na coordenação da proteção (Ex.: desligamento do tronco por desequilíbrio em caso de atuação da proteção de ramal).

Os ramais monofásicos devem ser projetados de forma a se conseguir o melhor equilíbrio possível entre as três fases, indicando-se no projeto a fase que se deve derivar.

Em caso de interligação entre alimentadores, além de ser observada a sequência de fases que deve ser sempre indicada nos projetos, devem ser também verificados os defasamentos angulares introduzidos em cada circuito pelos seus respectivos transformadores.

d. Condutores

(1) Tipo e Seção

Os condutores a serem utilizados nos projetos de rede primária são do tipo CA cobertos e isolados.

As seções padronizadas são:

Redes compactas:

- 50 mm^2, para rede de 15kV e 24,2kV;

- 70 mm^2, para rede de 36,2kV;

- 150 mm^2 , para rede de 15kV ,24,2kV e 36,2kV.

Nota: Projetos de redes compactas de 15 kV com cabo de 185 mm^2 são considerados projetos especiais e devem ser elaborados por consulta à gerência responsável pela engenharia da expansão da Distribuição.

Redes isoladas:

- 3 x 1 x 50 mm^2 + 9,5 mm, para rede 15kV;

- 3 x 1 x 120 mm^2 + 9,5 mm, para rede 15kV;

- 3 x 1 x 185 mm^2 + 9,5 mm, para rede 15kV.

As características básicas desses cabos estão indicadas nas Tabelas 13 e 14.

A Tabela 3 apresenta as características básicas de condutores nus de alumínio simples e de cobre. Esses condutores não são mais utilizados em projetos de extensão.

(2) Dimensionamento

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

A saída dos alimentadores deve ser com cabo de 150 mm^2 para redes compactas.

Número de alimentadores

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

Carregamento

O dimensionamento dos condutores de uma rede primária deve ser feito observando-se os seguintes pontos básicos:

- Máxima queda de tensão admissível.

- Ampacidade – Cabos nus CA:

Em regime nominal: 40ºC de temperatura ambiente + 30ºC de elevação de temperatura (70ºC);

- Ampacidade – Cabos cobertos e isolados com XLPE:

Em regime permanente, a temperatura máxima no condutor deve ser 90ºC.

Obras de Extensão de Rede

Em locais com circuitos existentes de média tensão (MT) trifásicos, a expansão da rede deve ser obrigatoriamente trifásica.

A extensão de redes monofásicas é permitida, a partir de redes monofásicas existentes, devendo ser verificado, no mínimo, a tensão de 0,97pu no primário do último transformador projetado.

Nas situações onde a tensão estiver inferior 0,97pu e o primário trifásico estiver distante, o planejamento de redes deve ser consultado para definir a solução.

Condomínios Urbanos

Em condomínios urbanos com a demanda total entre 301kVA e 1MVA, deve ser instalado um religador na entrada dos empreendimentos. Para os casos em que a demanda total estiver entre 1MVA e 2,5MVA, devem ser projetados dois alimentadores e dois religadores, a serem instalados na entrada dos empreendimentos.

Em condomínios com demanda até 300kVA, deve ser instalado um conjunto de chave fusível na entrada. Caso não seja possível a coordenação na proteção, deve ser instalado um religador nesse ponto.

Devem ser observados, também, os níveis de curto-circuito da SE visando verificar as possibilidades de danos nos condutores. Para redes nuas, ver ED-3.3.

De acordo com os critérios de seccionamento e manobra do ED-3.6, o carregamento máximo dos troncos dos alimentadores interligáveis deve ser de 60%

em relação à sua capacidade térmica, para localidades com mais de 2 alimentadores, e 50% para localidades com 2 alimentadores.

e. Equilíbrio de Carga

(1) Máximo Desequilíbrio Permissível

O desequilíbrio de corrente nas fases de um circuito primário pode causar queda de tensão elevada na fase mais carregada, provocando o desequilíbrio de tensão e o surgimento de corrente no neutro.

O equilíbrio deve ser alcançado ao longo de todo o comprimento do circuito e, principalmente, no horário de carga máxima, quando ocorrem as maiores quedas de tensão.

Para redes trifásicas, deve-se adotar o limite de 20% para o máximo desequilíbrio, calculado pela fórmula abaixo:

$$Deseq(\%) = \frac{3 \cdot \sqrt{(I_a^2 + I_b^2 + I_c^2) - (I_a \cdot I_b + I_b \cdot I_c + I_c \cdot I_a)}}{I_a + I_b + I_c} \cdot 100$$

Onde:

I_a, I_b, I_c são os módulos das correntes nas fases em ampères.

(2) Compensação de reativos

A localização dos bancos deve ser escolhida em função da necessidade de correção de reativo e tensão no local da instalação, sendo definido pela área de planejamento.

Considerações Gerais

A configuração dos bancos de capacitores é estrela isolada.

Os bancos de capacitores são fixos ou automáticos.

A distância mínima entre os bancos de capacitores deve ser 1,5km. Esta distância deve ser respeitada entre os bancos da rede de distribuição Cemig e entre banco da rede de distribuição Cemig e banco da unidade consumidora.

Os bancos capacitores devem estar de acordo com as normas de instalações básicas de redes de distribuição.

Não projetar bancos de capacitores em redes de distribuição aéreas isoladas.

Bancos Fixos

As potências dos bancos fixos são 150, 300 e 600kVAr. Os bancos de capacitores fixos devem ser instalados em um ramal da rede de forma que os equipamentos fiquem instalados afastados da rede tronco.

O conjunto de para-raios deve ser instalado no poste do banco de capacitor fixo. A derivação do banco fixo deve ser construída com rede compacta. Caso haja alteração no tipo de rede na derivação, deve ser instalado um único conjunto de para-raios no poste do banco de capacitor fixo.

Bancos Automáticos

As potências dos bancos automáticos são 300 e 600kVAr. Os bancos de capacitores automáticos são instalados sob a rede de distribuição. Deve ser projetado sempre um transformador exclusivo de 5kVA ou de menor potência padronizada para fornecer o sinal de tensão ao comando, na primeira estrutura anterior ou posterior ao banco de capacitor automático.

f. Interligação, Seccionamento e Derivação

(1) Interligação

A interligação entre troncos deve ser projetada de acordo com as diretrizes da ND-1.1.

As operações de transferência de carga devem ser previstas no projeto verificando-se os limites máximos de queda de tensão e térmico dos condutores e os ajustes dos equipamentos de proteção.

(2) Seccionamento

O projeto de seccionamento deve prever a complementação dos recursos operativos necessários, após a conclusão do projeto de proteção. Ou seja, primeiramente deve ser executado o projeto de proteção e, a seguir, o projeto de seccionamento.

Como critério mínimo deve ser instalado um conjunto de chave faca para cada grupo de 500 clientes. Essa etapa do projeto deve ser analisada pelas áreas de projeto e operação.

Tipos de chaves a serem utilizadas:

- Chave unipolar com lâmina by-pass, 300A;

- Chave faca unipolar, 630 A;

(3) Derivação

As derivações sem dispositivos de proteção projetadas a partir do tronco de alimentadores com condutores 1/0, 4/0, 336,4MCM ou 150 mm² devem ser projetadas com condutor mínimo de bitola 1/0 ou 50 mm² até o equipamento de proteção ou final de circuito.

g. Proteção contra sobrecorrentes

As diretrizes detalhadas de proteção, incluindo critérios de instalação, dimensionamento, ajustes e coordenação de equipamentos de proteção, constam do ED-3.3. As principais diretrizes estão resumidas a seguir.

(1) Critérios de Instalação

Na saída dos alimentadores das subestações de distribuição:

- Religadores;

- Disjuntores.

Nos troncos dos alimentadores:

Em troncos interligáveis, normalmente não devem ser previstos dispositivos de proteção. Quando necessário devem ser usados:

- Religadores ou seccionalizadores.

Nos ramais:

- Chave fusível;

- Seccionalizador;

- Chave fusível repetidora.

A chave fusível deve ser projetada para proteção do ramal/transformador na rede aérea convencional/compacta, todas as vezes que se derivar de um alimentador ou ramal de grande importância. Estando o transformador a até 150 metros desse ponto da derivação, a chave fusível deve ser deslocada.

A critério da área de Operação do Sistema, outras situações podem exigir que as chaves fusíveis dos transformadores sejam deslocadas.

Nas derivações para atendimento a consumidores em MT:

Devem ser seguidos os critérios da ND-5.3 – Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão Rede de Distribuição Aérea ou Subterrânea e ED-3.3 – Proteção contra Sobrecorrente em Redes Distribuição Aéreas.

Nos transformadores de distribuição:

Devem ser observadas as seguintes condições de acordo com o tipo de transformador e rede:

Transformadores convencionais: deve ser sempre instalada a chave fusível independentemente do tipo de rede primária (convencional ou compacta). O elo fusível deve ser dimensionado de acordo com as Tabela 5.

Transformadores autoprotegidos: a proteção é feita pelos fusíveis e disjuntor existentes no transformador, porém devem ser observados os critérios a seguir:

- Instalados em redes convencionais: Prever a instalação de chaves fusíveis com elos fusíveis 25K para todas as potências.
- Instalados em redes compactas: Deve ser seguido o padrão estabelecido na ND-2.9.
- Redes Isoladas: A instalação deve ser realizada de acordo com o padrão estabelecido na ND-2.7.

Quando houver necessidade de deslocar a chave fusível, isso deve ser limitado a uma distância máxima de 150 m do transformador.

Bancos de Capacitores:

A proteção de banco de capacitores deve ser dimensionada conforme Tabela 6.

(2) Dimensionamento e Ajustes

Religadores e Seccionalizadores

O ajuste desses equipamentos deve ser executado pela operação e planejamento.

Chaves fusíveis:

Devem ser usadas chaves fusíveis com porta-fusíveis de corrente nominal de 100 A.

h. Proteção contra Sobretensões

A proteção da rede primária contra as sobretensões é assegurada no projeto por decisões que envolvem os seguintes aspectos:

- Uso de dispositivos de proteção (para-raios de média tensão);

(1) Aplicação de Para-raios

Devem ser aplicados para-raios de média tensão, com tensão nominal de 12, 21 e 30 kV, para o sistema de 15, 24,2 e 36,2 kV, respectivamente, e corrente de descarga nominal de 10 kA, equipados com desligador automático para desconectar eletricamente e sinalizar para-raios defeituosos.

Devem ser instalados nos seguintes casos:

Transformadores em redes nuas e compactas

Devem ser conectados entre fase e neutro/aterramento em todos os transformadores (três unidades para os trifásicos e uma unidade para os monofásicos).

Bancos de Capacitores

Devem ser protegidos por apenas um conjunto de para-raios.

Outros equipamentos

Devem ser instalados dois conjuntos de para-raios, sendo um do lado da fonte e outro do lado da carga, para proteção dos reguladores de tensão, religadores, seccionalizadores, chaves SF6 e chaves normalmente abertas.

Outras situações

Devem ser instalados para-raios de média tensão também nos seguintes casos:

- em pontos de transição de rede envolvendo RDA para RDP, RDA para RDI, RDA para RDS, RDP para RDI e RDP para RDS;

- em estruturas de transição de redes com transformador, o conjunto de para-raios deve ser instalado apenas na carcaça do transformador.

- em estruturas de rede convencional com mudança de NBI;

- em todas as três fases de um fim de rede trifásica, mesmo quando prossegue apenas uma das fases;

- em estruturas de transição de redes urbanas para rurais quando houver diferença de NBI.

3) CÁLCULO DE QUEDA DE TENSÃO

A Cemig disponibiliza uma planilha e o Gemini para cálculo de queda de tensão. Outros softwares e aplicativos podem ser utilizados para realizar o cálculo desde que área de projeto da Cemig autorize sua utilização pelos projetistas.

Alguns pontos devem ser observados no procedimento de queda de tensão:

a) A queda de tensão máxima permissível a ser considerada nos circuitos de BT está limitada a 5% nos municípios que não possuem subestações de AT/MT e 7% para aqueles que já possuem tais instalações. Esses valores consideram a queda de tensão interna no transformador e queda de tensão no cabo da rede secundária.

b) A queda de tensão interna no transformador deve ser incluída na queda de tensão da rede secundária.

c) O GDIS não considera a queda de tensão interna do transformador.

d) Quando a ferramenta de cálculo de queda de tensão não considerar a queda de tensão do transformador, deve-se utilizar a queda de tensão no transformador igual a 2% ou 2,5V em cada fase (base 127V).

e) Caso o software apresente o resultado da queda de tensão em volts, os valores devem estar de acordo com a Tabela 1.

f) O cálculo de queda de tensão deve ser realizado no horário de ponta do transformador de distribuição.

g) A demanda a ser utilizada no cálculo deve ser determinada considerando os critérios do capítulo 9 dessa norma.

h) Na liberação de carga em redes existentes, o cálculo de queda de tensão é realizado no GDIS de acordo com o procedimento operacional padrão.

i) Os coeficientes de queda de tensão para rede secundária estão nas Tabelas 7 e 8.

j) Os coeficientes de queda de tensão para rede primária estão indicados nas Tabelas 9,10 e 11.

4) ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Os critérios de iluminação pública e de projetos especiais estão estabelecidos na ND-3.4.

5) USO MÚTUO

Não devem ser previstas instalações de transformadores, chaves em geral e aterramento em postes nos quais existam equipamentos telefônicos (armários de distribuição, subidas laterais. etc)

6) ATERRAMENTO

Os aterramentos das redes aéreas de distribuição devem obedecer aos seguintes critérios:

a) O condutor neutro deve ser aterrado a cada 200 metros aproximadamente de rede com o aterramento normal, conforme definido nas normas de instalações básicas.

b) O condutor neutro deve ser conectado à malha de terra das subestações e não deve ser interrompido.

c) O aterramento da blindagem metálica da rede isolada deve ser executado com, no mínimo, 3 hastes.

d) Nos casos de rede compacta e rede isolada de média tensão, o mensageiro e o neutro devem ser interligados nos pontos onde houver aterramento.

e) Em rede compacta deve ser prevista a instalação de alça estribo com conectores tipo cunha para aterramento temporário:

- A cada 160 m de rede aproximadamente.
- Em ambos os lados dos equipamentos de manobra e proteção contra sobrecorrente.

f) Para os casos de aterramento temporário em estruturas CE3 e CE2 com para-raios, devem ser aproveitados os estribos de ligação destes, dispensando a instalação de pontos de aterramento temporário.

g) Os para-raios de média tensão devem ser aterrados com, no mínimo, 3 hastes e conectados ao neutro, mensageiro e às carcaças de equipamentos conforme as instalações básicas.

h) Deve ser previsto a utilização de massa de calafetar para vedar o buraco nos postes de concreto circular, utilizado para entrada do cabo terra com a finalidade de impedir a entrada de abelhas e outros insetos. A vedação deve ocorrer em locais onde houver a instalação de equipamentos de rede.

i) No final dos circuitos de baixa tensão, desde que não existam padrões de clientes ligados ou a serem ligados. Se o circuito de baixa tensão for exclusivo de iluminação pública, o último poste deve receber um aterramento com uma haste.

7) CONEXÃO

A Tabela 12 apresenta as principais combinações de conexão.

DIMENSIONAMENTO MECÂNICO

1) POSTEAÇÃO

1.1) Tipo

A Cemig tem padronizado postes de concreto seção circular, duplo T, madeira. Devem ser utilizados preferencialmente poste de concreto seção circular, observando também as determinações a seguir:

a. Em expansões de rede (novos loteamentos e condomínios), a área responsável pelo projeto deve ser previamente consultada para definir o tipo de poste a ser utilizado.

b. Em casos de trocas de postes, projetar preferencialmente o mesmo tipo dos postes já instalados no local.

c. Em locais de difícil acesso ou com alto índice de abalroamento, podem ser instalados postes em compósito (fibra de vidro) ou madeira.

A Tabela 15 apresenta os postes e contra-postes existentes nas redes de distribuição aéreas.

1.2) Comprimento

Em projetos de expansão, o poste mínimo a ser projetado deve ser de 11 metros. devendo ser observado a seguinte condição:

a. rede secundária

   Em postes sem previsão de instalação de média tensão (Ex: final de circuito, becos), o circuito de baixa tensão deverá ser montado no poste a 1,20m do topo do poste e o braço de Iluminação Pública a 1,0 m abaixo da rede secundária.

Postes maiores devem ser utilizados nas seguintes situações:

a. travessias;

b. circuitos múltiplos primários;

c. projetos específicos de IP, quando forem projetados postes de 12 ou 13 m, para melhoria da eficiência da iluminação pública, o projetista deverá indicar no projeto a altura de montagem da baixa tensão e iluminação pública;

d. dois níveis de estrutura primária com chaves;

e. religadores, banco de capacitores e reguladores de tensão.

Na aplicação dos critérios acima, devem ser observados os padrões estabelecidos nas normas de instalações básicas.

Obs: Os postes de 9 e 10 metros estão despadronizados na Cemig. Os postes de carga nominal igual a 150 daN, se retirados/removidos, não devem ser reaproveitados. Os postes de 10-300 daN e 10-600 daN podem ser reaproveitados se estiverem em bom estado de conservação.

1.3) Determinação dos Esforços, Estaiamento, Resistência e Engastamento

a. Determinação dos esforços de condutores e outros cabos de uso mútuo

A determinação dos esforços nos postes será feita considerando-se as cargas devido às rede primárias, secundárias, ramais de ligação e outros cabos de uso mútuo.

A tração de projeto de cada condutor da rede primária, rede secundária, cabos e fios aluminizados é dada pelas Tabelas 16A a 16I.

Os valores de trações de projeto para uso mútuo devem ser fornecidos pelo ocupante ou ocupantes da faixa.

Os esforços exercidos por todos os condutores e cabos de uso mútuo devem ser referenciados a 0,20m do topo do poste, conforme Tabela 17.

O esforço resultante deve ser calculado nas seguintes situações:

(1) Ângulos;

(2) Fins de rede;

(3) Mudança da seção dos condutores;

(4) Estruturas em situações de arrancamento e compressão;

(5) Mudança de quantidade de condutores;

(6) Esforços resultantes dos cabos de uso mútuo, etc;

A Figura 10 ilustra o cálculo da composição vetorial para alguns casos típicos.

b. Estaiamento e Resistência

Calculado o esforço resultante no poste, devido a tração dos condutores e cabos do uso mútuo aplicados a 0,20m do topo (T), definem-se o tipo de estaiamento necessário e a resistência nominal do poste, procurando-se otimizar o custo do conjunto postes/estais.

Os casos de dimensionamento do poste, engastamento e estai estão exemplificadas no Anexo A.

Outras observações devem ser feitas relacionadas com a escolha da resistência do poste, estaiamento e outros aspectos mecânicos:

(1) Cuidados especiais devem ser observados com relação aos postes de concreto DT, devido a sua assimetria na distribuição de esforços. O lado de menor resistência suporta apenas 50% de sua carga nominal.

Para diversas situações de trabalho destes postes, a Tabela 18 define os valores das resistências a serem consideradas num determinado ângulo.

(2) Postes de concreto DT não devem ser instalados em esquinas ou em locais com ângulos formados pela rede de 90º. Esta recomendação visa facilitar a instalação dos

braços de iluminação pública e evitar que a resultante dos esforços mecânicos tenham sentido diferente do eixo das faces do poste.

(3) Quando o poste de concreto DT for de resistência igual a 150 daN, o lado de menor resistência (parte cavada) deve estar obrigatoriamente voltado para o eixo da rede, conforme Figura 11.

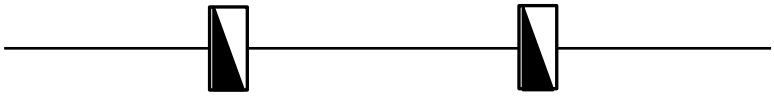


Figura 11- Disposição de Postes DT-150

(4) Em postes de concreto duplo T, os transformadores devem ser instalados no lado de maior resistência do poste, observando-se também os padrões definidos nas normas de instalações básicas.

(5) O poste duplo T deve ser instalado com o lado de maior resistência voltado para a direção da bissetriz do ângulo formado pelos condutores. No caso de haver também derivação na estrutura de deflexão, o alinhamento do poste deve ser definido pelo melhor dimensionamento mecânico.

(6) Quando o valor da resultante no topo ultrapassar a 1.000 daN (utilizando o cabo 336,4 MCM) e não for possível a transferência por estais, a tração deve ser adequadamente reduzida.

(7) Para transições e fim de rede com cabo 170 mm^2 (336,4MCM), aplicar tração reduzida (70%) na RDA.

(8) Não se aplica tração reduzida em redes compactas e isoladas, inclusive de baixa tensão.

(9) Para a estrutura de transição entre rede convencional e compacta, utilizar o critério definido nas ND´s-2.9 e 2.10.

(10) As estruturas de encabeçamento tipo M2, M3, B2 e B3 devem receber estai de cruzeta a poste. Neste caso, o estai deve ser instalado em oposição à fase central e de modo a absorver totalmente o esforço dos três condutores fase. Para as estruturas M3-2, B3-2 e M4, projetar o estai somente se houver diferença de bitola. Quando a diferença de tração na cruzeta for inferior a 75 daN, não é necessário o uso do estai cruzeta-poste.

(11) Quando da utilização de estruturas do primário, em ângulo de 90°, ou que requeira dois níveis de cruzeta, o estaiamento deve ser feito de cruzeta a cruzeta, desde que a configuração do primário o permita.

(12) Não é permitida a instalação de equipamentos (transformador, religador, seccionalizador, regulador, capacitor) em estruturas de ângulo ou em postes de esquinas. No caso de ângulo de deflexão menor ou igual a 30°, é permitido desde que seja realizada uma avaliação dos riscos de abalroamento.

(13) Quando o esforço a ser transferido for superior a 700 daN, o cabo de aço do estai deve ser de diâmetro 9,5 mm.

(14) A transferência de esforços por meio de estai poste a poste pode ser realizada de duas formas:

- Primeiro poste: instalação ao nível do primário; segundo poste: instalação a 100 mm acima do secundário;

- Primeiro e segundo postes: instalação a 100 mm acima do secundário.

(15) A tração aplicada no estai com cabo de aço de diâmetro 6,4 mm deve ser igual a 75 daN.

(16) O vão regulador entre os trechos ancorados deverá ser calculado pela equação a seguir:

$$Vr = \sqrt{\frac{V_1^3 + V_2^3 + \cdots + V_n^3}{V_1 + V_2 + \cdots + V_n}}$$

(17) A diferença de tração de projeto entre os vãos adjacentes às estruturas SI1 e I1 deve ser menor ou igual a 30 daN para evitar o escorregamento do cabo no grampo de suspensão.

(18) Nas saídas de SE, a estrutura do primeiro poste na rede deve ser ancorada.

(19) As estruturas de ancoragem de redes isoladas de média tensão devem ter resistências mínimas de 300 daN.

(20) Para novas extensões de rede, os transformadores trifásicos não devem ser projetados em postes de concreto DT. A resistência nominal mínima do poste deve ser 600 daN.

(21) Para novas extensões de rede, os transformadores monofásicos devem ser projetados em postes com resistência nominal mínima de 300 daN.

(22) Transformadores de 150, 225 e 300 kVA devem ser instalados em postes com capacidade nominal mínima de 600 daN, de madeira, concreto circular ou compósito.

(23) Para reformas e modificações de rede, havendo a necessidade de troca do poste devido a instalação de transformador trifásico (30, 45, 75 ou 112,5 kVA), este novo poste não deve ser poste de concreto DT e ter resistência nominal mínima de 600 daN.

As condições técnicas que não permitem a instalação do transformador são: poste em mau estado de conservação, poste com capacidade de 150 daN e poste de comprimento igual a 10 m.

(24) Em longos trechos de alinhamento de rede é recomendável intercalar estruturas de ancoragem a cada 500m para rede compacta e 300m para rede isolada de MT aproximadamente, visando assegurar maior confiabilidade ao projeto mecânico, além de facilitar a construção e eventual troca de condutores.

(25) Em estruturas de transição de rede convencional e para rede compacta em poste DT, o lado de maior resistência deve ficar voltado para a rua.

(26) Em estruturas de transição de rede convencional e para rede compacta, usar o estai no lado da rede convencional, se for o caso. Caso o mensageiro trabalhe também como estai (absorver parte dos esforços da rede convencional – ex: cabo coberto 150mm^2 de um lado e cabos 170mm^2 CA do outro), a estrutura anterior à transição deve ser com o cabo mensageiro ancorado com alças preformadas no poste.

(27) As estruturas de transição não devem apresentar ângulos de deflexão horizontal e/ou vertical.

(28) Para estruturas Tipo “M” e “B”, o cabo mensageiro deve ficar obrigatoriamente nas cruzetas.

c. Engastamento

O engastamento dos postes 11-300 e 12-300 deve ser do tipo profundidade aumentada com profundidade de engastamento igual a 1,80m para que a resistência fique igual 300daN.

Em posteação existente pode ser usado escora de subsolo ou concretagem para conseguir a resistência de 300daN.

A Tabela 19 e a Figura 12 apresentam diretrizes complementares para definição do tipo de engastamento.

Em locais com grande probabilidade de abalroamento do poste, situações temporárias, não utilizar engastamento concretado. Nesses casos, deve ser utilizada escora de subsolo ou profundidade aumentada.

2) ESTRUTURAS

A escolha das estruturas, incluindo respectivos índices, é definida de acordo com as normas de instalações básicas, levando-se em consideração os seguintes detalhes:

a) Largura do passeio;

b) Seção transversal do condutor;

c) Ângulo de deflexão horizontal e vertical da rede.

A estrutura de rede em locais com problemas de afastamento de rede deve estar de acordo com as Tabelas 20 A a 20 D.

As estruturas com esforços verticais e horizontais devem estar de acordo com as Tabelas 21 A a 21 E.

3) CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para maiores detalhes sobre o dimensionamento de estruturas, estaiamento e engastamento de postes, consultar as normas de instalações básicas e o ED-2.9.

LEVANTAMENTO DA CARGA E DETERMINAÇÃO DE DEMANDAS

1) GERAL

Esta etapa consiste na determinação das demandas dos consumidores já ligados à rede e a previsão de demanda de novos consumidores, de modo a possibilitar o dimensionamento dos transformadores, da rede secundária (BT) e primária (MT).

2) LIGAÇÃO DE NOVOS CONSUMIDORES À REDE EXISTENTE

2.1) Rede Secundária

O cálculo da demanda é realizado por meio da planilha de Liberação de Cargas. O responsável pelo cálculo deve obter as informações da rede secundária existente onde o consumidor será ligado. Essa informação deve ser obtida no G-DIS.

Das novas unidades consumidoras, a informação necessária para determinar a demanda desses consumidores é a classificação das unidades consumidoras conforme ND-5.1, ND-5.2 (Tipo A, Tipo B e Tipo C), a quantidade de novos consumidores e tipo de consumidor (residencial, comercial, industrial e outros). O usuário deve preencher os campos da planilha com as informações solicitadas.

A planilha de Liberação de Cargas calculará a demanda e o horário de cálculo. O cálculo de queda de tensão deve ser realizado no G-DIS, conforme procedimento operacional padrão de liberação de carga.

Os critérios de carregamento, queda de tensão estão estabelecidos no capítulo de Dimensionamento Elétrico.

Nos casos de ligação provisória, a demanda a ser simulada deve ser a demanda máxima do disjuntor calculada de acordo com a ND-5.1 e ND-5.2.

Quando a planilha não estiver disponível, utilizar Tabela 22.

2.2) Rede Primária

Para consumidores individuais, com potência instalada superior a 75kW, atendidos em média tensão, a demanda máxima deve ser determinada pela aplicação das fórmulas previstas na ND-5.3.

Esse tipo de ligação é analisado pela área de planejamento da Cemig, considerando os critérios de carregamento, queda de tensão estabelecidos no capítulo de Dimensionamento Elétrico.

3) REDES NOVAS

3.1) Rede Secundária – Loteamentos Residencial e Condomínios Fechados Horizontais

Os transformadores de rede e a rede secundária devem ser dimensionados considerando os valores de demanda, em kVA, da tabela abaixo.

Tamanho do Lote	Loteamentos	Condomínios Fechados Horizontais
Até 400m^2	1,0	1,5
400 a 600m^2	1,5	2,0
Maior que 600m^2	2,0	3,0

Os critérios de carregamento, queda de tensão, extensão da rede secundária estão estabelecidos no capítulo de Dimensionamento Elétrico.

Esses valores de demanda devem ser utilizados em empreendimentos novos.

3.2) Para o dimensionamento de transformadores exclusivos, adotar os seguintes procedimentos:

a. Edifícios residenciais

A demanda para o dimensionamento do transformador deve ser a calculada de acordo com os critérios da ND-5.2. A demanda do condomínio deve considerar os elevadores, bombas de água e outras cargas comuns do condomínio.

b. Edifícios comerciais

A demanda para o dimensionamento do transformador deve ser a calculada de acordo com os critérios da ND-5.2. A demanda do condomínio deve considerar os elevadores, bombas de água e outras cargas comuns do condomínio.

c. Outros consumidores

Unidades consumidoras com demanda entre 75kVA e 327kVA devem apresentar formulário de análise carga preenchido.

Unidades consumidoras acima de 327kVA devem apresentar projeto elétrico.

Para unidades consumidoras com cargas instaladas acima de 50kW (postos de gasolina, agência bancárias, padarias, hotel, salão de festas, etc), o cliente deve fornecer a demanda máxima.

3.3) Rede Primária

O cálculo da demanda para efeito de dimensionamento da rede primária é realizado por meio da soma das curvas de carga dos transformadores ligados à rede.

RELAÇÃO DE MATERIAIS E ORÇAMENTO

1) GERAL

Os métodos de elaboração de orçamentos de projetos podem ser de dois tipos:

a) Convencional: utiliza-se a relação de materiais e de serviços contratados, que através de consulta à Lista Básica de Materiais padronizados da Distribuição na Tabela para Orçamento, são orçados manualmente.

b) Sistema computacional: é um sistema da Cemig que utiliza arranjos codificados (mnemônicos) para a rede de distribuição e que fornece a relação de materiais e mão-de-obra.

Quanto ao tipo, os orçamentos de projetos de obras da distribuição podem ser classificados em:

a) Orçamentos médios: são valores estimados, sendo que para atendimento a consumidores urbanos levam em consideração não apenas a extensão, mas também as possíveis modificações de retaguarda.

b) Orçamentos específicos: são valores específicos para cada item do orçamento e são usados para cada orçamento separadamente.

Os orçamentos de obras de distribuição são compostos da seguinte forma:

- Custos de materiais e equipamentos.
- Custos de serviços de terceiros.
- Custos de mão de obra própria.
- Custos de serviços de administração.

As Tabelas 2, 3,13, 14 e 23 apresentam o peso unitário (kg/km) dos diversos cabos.

2) CUSTOS DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

2.1) Material a Instalar

Para a composição do orçamento, devem ser relacionados todos os materiais e equipamentos necessários à execução da obra, conforme os respectivos custos constantes da Tabela para Orçamento. Em caso de reforço, reforma e modificação de rede, devem ser reaproveitados, sempre que possível, na mesma obra, os materiais que seriam retirados.

Os seguintes pontos podem ser observados na elaboração da lista de materiais:

a. A relação de materiais por tipo de estrutura deve ser extraída da ND-2.1, ND-2.4, ND-2.7, ND-2.9 e ND-2.10.

   No caso dos condutores, acrescentar 3% (cabos nus) e 5% (cabos cobertos ou isolados) do total do comprimento encontrado, para compensação de perdas na construção (flechas de vãos, jampes, etc).

b. Os materiais necessários para concretagem da base de postes e recomposição de passeios não devem ser relacionados. Os seus custos serão incluídos como serviços de mão-de-obra contratada.

c. Considerar como material fora de padrão aquele que não faz parte da lista de materiais.

d. Orçar massa de calafetar para vedação dos buracos para entrada de cabo terra.

2.2) Devolução de Material

São materiais que não foram reaproveitados na obra e que serão devolvidos ao almoxarifado, a saber:

a. Materiais aproveitáveis: são materiais em bom estado de conservação e que poderão ser reutilizados em outras obras.

b. Materiais não aproveitáveis: são materiais que não apresentam condições de reutilização e que serão devolvidos como sucata.

As sucatas são separadas em:

- Sucata de CA nu;
- Sucata de CA Coberto
- Sucata de CA isolados;
- Sucata de CAA;
- Sucata de cobre nu;
- Sucata de cobre isolado;
- Sucata de ferro (cinta, parafuso, armação, sela, etc)
- Sucata de madeira (cruzeta, contra-poste, poste)
- Sucata de porcelana (isoladores);
- Sucata de IP (lâmpadas, reatores);
- Sucata de plásticos (amarrações, isoladores poliméricos, fitas isolantes, etc);
- Sucata de poste de concreto;
- Sucata de poste de aço;
- Sucata de equipamentos (para-raios, chave faca, chave fusível, transformador, etc);

Todos os materiais retirados devem ser orçados através do código de material novo, indicando-se a aplicação do mesmo como “usado” ou “sucata”. A unidade também é a mesma do material novo.

Não devem ser considerados os materiais de difícil retirada, como haste de aterramento, cabo de aço para aterramento, etc.

No caso de condutores, acrescentar 2% ao total do comprimento encontrado, relativos as flechas, jampes, etc.

3) MÃO DE OBRA

3.1) Definições

a. Custos de Serviços de Terceiros

São os serviços necessários à execução da obra e que são passíveis de contratação de terceiros. Incluem-se neste caso os serviços de: elaboração do projeto, topografia e execução da obra.

Esses custos devem fazer parte do orçamento.

Os custos de mão de obra são referenciados em Unidade de Serviços (US) que é o grau de composição de atividades, envolvendo mão de obra, material e equipamento, que tendo a finalidade de concorrer para o objeto de serviço, seja representativos do mesmo. É, portanto, a unidade básica de valor de mão de obra para medição de diversas atividades de execução de obras de redes de distribuição.

O valor da unidade de serviço (US) deverá abranger todos os custos ligados à execução de responsabilidade da empreiteira, desde custos ligados a pessoal (mão de obra, encargos sociais), transporte de materiais até reparos e indenizações a terceiros.

Para cada especialidade de serviço, na execução de uma obra de rede de distribuição, a unidade de serviço corresponde a uma atividade tomada como padrão, sendo as demais referenciadas a esta. Sendo assim:

US Construção: corresponde a soma dos valores das atividades instalar o poste, instalar baixa tensão, instalar média tensão em área urbana nos padrões atuais e com grau de dificuldade médio.

US Projeto: corresponde ao valor de serviço de projeto completo de um poste, em RDU, com as convenções de seus componentes e de suas fases de execução, incluindo-se todos os custos ligados a esta elaboração de responsabilidade da empreiteira.

US Topografia: corresponde ao valor do serviço de levantamento topográfico planialtimétrico completo de 01 km em zona rural, com os cálculos estadimétricos, desenhos em mapa chave e perfil além das tabelas de distância progressiva das estacas, incluindo-se todos os custos ligados a esta execução, de responsabilidade da empreiteira.

b. Custos de Mão de Obra Própria (MOP)

Referem-se às parcelas de mão de obra empregada na obra, inclusive encargos sociais. Podemos citar nestes custos os dispêndios de licitação de materiais e serviços, armazenamento e transporte de materiais do almoxarifado central aos almoxarifados regionais. Este valor é calculado sobre os custos de materiais e equipamentos e mão de obra contratada, conforme a Tabela para Orçamento.

c. Custos de Administração (ADM)

Representam um rateio dos custos indiretos das atividades de engenharia, planejamento, administração geral, relacionadas com toda a obra. É incidente sobre os custos de mão de obra contratada e mao de obra própria, conforme Tabela para Orçamento.

3.2) Remuneração de Mão de Obra

O cálculo da mão de obra é feito identificando-se os diversos tipos de serviços previstos na execução da obra, com base nas Unidades de Serviços (US) constantes do Anexo B desta norma, onde estão contidas tabelas para Fatores Básicos Modularizados de Construção em RDU e Fatores Complementares de RDU e serviços exclusivos de iluminação pública.

A remuneração pela tabela de Fatores Complementares de RDU deve se dar apenas onde não há Fatores Básicos Modularizados para a atividade.

Os valores do Anexo B são referências. Valores exatos são obtidos nos contratos vigentes.

4) PROJETO E ORÇAMENTO EM ESTRUTURA COM USO MÚTUO

Na elaboração de projetos de expansão, reforma e reforço de rede de distribuição urbana, que impliquem utilização mútua com as empresas de telecomunicações, devem ser tomadas providências e/ou cuidados a saber:

a) Em casos de projetos de extensão de rede em área com posteação existente de empresas de telecomunicações, deve ser analisada a possibilidade de aproveitamento dos postes na sua localização, comprimento e resistência. Caso seja conveniente a utilização, mesmo com algumas adequações, o projeto deve ser encaminhado às empresas de telecomunicações para apresentação de orçamento à CEMIG.

b) Em projetos de expansão, reforma e reforço de rede, que impliquem remoção/substituição de postes equipados com rede telefônica, de telecomunicações ou de TV a cabo, observar o seguinte:

- quando o motivo do projeto for para atender à Cemig ou a clientes de interesse da Cemig, devem ser enviada cópia do projeto para a empresa de telecomunicação envolvida, apenas para que tome conhecimento da futura obra, não devendo ser solicitado orçamento;

- em caso de projetos para atender exclusivamente a solicitações de clientes e ou futuros clientes (retirar poste defronte garagem, fachada de prédios, etc), deve ser elaborado um ante-projeto pela Cemig e apresentado à empresa de telecomunicações envolvida para que apresente seu orçamento, se for o caso. Nesses casos, compete aos interessados na obra primeiramente negociar e pagar o orçamento (quando for o caso) à empresa de telecomunicações e, somente após isso feito, negociar e pagar à Cemig.

APRESENTAÇÃO DO PROJETO

1) GERAL

Os seguintes documentos fazem parte de um projeto:

- desenho do projeto, conforme seção 2 deste capítulo;

- relação de material e orçamento, conforme capítulo 10 desta norma;

- documentação/memória de cálculo elétrico e mecânico;

- quando for o caso, desenhos e informações complementares (desenho chave do projeto, travessias, desenhos especiais, etc), conforme seção 4 deste capítulo.

2) DESENHO DO PROJETO

2.1) Escala

Deve ser usada a escala 1:1000. Casos extraordinários urbanos (praças, vãos pequenos com equipamentos) pode ser usada a escala 1:500.

Projeto para atender órgãos federais, estaduais, e municipais (DNIT, DER e etc) deve ser usado escala indicada por esses órgãos.

2.2) Simbologia

Deve ser usada a simbologia na Figura 13.

2.3) Formatos

Os projetos devem ser apresentados em formatos padronizados pela ABNT (A1, A2, A3 e A4), com todos os detalhes necessários à construção. No caso de projetos específicos (p.ex: praça, travessias, etc) pode ser utilizada escala diferente.

Na Figura 14 estão ilustrados alguns detalhes construtivos.

2.4) Numeração

O número do projeto será fornecido pela Cemig D em função do sistema vigente na época. Na data de publicação da Norma, a numeração é igual a Nota de Serviço (NS) aberta para atendimento a solicitação. Consiste de um número de 10 dígitos gerado pelo sistema SGO.

2.5) Detalhes Constantes

a. Dados topográficos

Os correspondentes ao mapa semi-cadastral.

b. Rede de distribuição

Devem constar do desenho do projeto todos os detalhes calculados nos Capítulos “Dimensionamento Elétrico” e “Dimensionamento Mecânico”, ou seja:

- Especificação de afastadores;

- Especificação de estaiamento e/ou concretagens;

- Indicação de postes de uso mútuo;

- Número de fases e potência de transformadores;

- Número de fases, seção e tensão do primário;

- Indicação de fase para ligar transformador monofásico em circuito trifásico;

- Sequência de fases do primário (Não conhecendo o faseamento da rede existente, indicar no projeto a sequência desejada). Para melhor entendimento, consultar a figura 14 da página 14-12, último item.

- Especificação das fases, quando os circuitos não estiverem completos, tanto para o primário quanto para o secundário;

- Número de fases e seções do secundário e neutro;

- Relé fotoelétrico com base para comando em grupo, discriminando a fase a ser ligada, quando for o caso;

- Tipo de lâmpadas;

- Tipos de braço e fases da IP;

- Especificação das fases dos ramais de ligação, quando se tratar do projeto de reforma em rede desequilibrada;

- Corrente nominal das chaves fusíveis de ramal;

- Especificação do elo fusível de ramal;

- Corrente nominal de chaves seccionadoras e indicação de operação (NA e NF);

- Tipo de religadores e seccionalizadores;

- Para-raios e aterramento;

- Potência de reguladores de tensão;

- Potência de banco de capacitores;

- Indicação e especificações especiais;

- Notas que se fizerem necessárias;

- Título e número do projeto;

- Numeração de equipamentos, de acordo com reserva e empenho no G-DIS.

- Indicar o encabeçamento e o lado que o neutro tangencia no poste;

- No caso de rede particular, informar os dados dos cabos MT e Neutro, após o ponto de entrega (a chave fusível numerada);

- Informar tipo de caixas de passagem (subterrâneas) e as dimensões da mesma;

- Em seccionamento de circuitos de BT, indicar qual o circuito estão ligados os clientes e a IP;

- Em caso de estai com contra-poste informar as características do contra poste;

- Incluir no projeto em detalhe o ponto de mudança de nível (perfil);

- Incluir a bitola do ramal e as fases que atende o cliente;

- Tipo de poste e estrutura.

- Vão regulador

Obs: Os postes devem ser numerados em sequência começando com número 1.

3) RELAÇÃO DE MATERIAIS E ORÇAMENTO

Devem ser preparados para todos os projetos, de acordo com os critérios descritos no Capítulo 10.

4) DESENHOS E INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

4.1) Desenho Chave do Projeto

a. Critérios para Elaboração

Devem ser preparados nos seguintes casos:

(1) Projetos de novas localidades com área superior a 0,4 km^2.

Neste caso, o desenho chave já deve coincidir com a Planta da Rede Primária.

(2) Projetos que envolvam área superior a 1 km^2, com grande incidência de interligações e necessidade de manobra.

O objetivo básico do desenho chave é dar uma visão de conjunto ao projeto da rede primária.

b. Formatos e Escala

Os projetos devem ser apresentados em formatos padronizados pela ABNT, preferencialmente a escala 1:1.000.

c. Simbologia

Deve ser usada a simbologia apresentada na Figura 13.

d. Numeração

Deve ter o mesmo número do desenho do projeto.

e. Dados a constar

Devem constar do desenho chave os seguintes dados:

(1) Rede de distribuição

- Diagrama unifilar da rede primária, com os seguintes dados:

- Número de fases e potência do transformador.

- Número de fases e seção transversal do primário.

- Sequência de fases do primário.

- Especificação das fases do primário, quando os circuitos não estiverem completos.

- Derivação para consumidores atendidos em MT.

- Corrente nominal das chaves fusível de ramais.

- Especificação do elo fusível de ramais.

- Corrente nominal de chaves seccionadoras e indicação de operação (NA ou NF).

- Tipo de religadores e seccionalizadores;

- Potência do regulador de tensão.

- Banco de capacitores.

- Indicação e especificação especial.

- Notas que se fizerem necessárias.

- Título e número do projeto;

- Numeração de equipamentos, de acordo com reserva e empenho no G-DIS.

4.2) Travessias

Devem ser preparados os detalhes relativos a projetos de travessias sempre que estas ocorrerem sobre rodovias federal ou estadual; ferrovias estaduais, federais ou particulares; rios, lagos e represas; travessias sob linhas de transmissão; travessias com redes de telecomunicações, e outros.

Os principais critérios e procedimentos para a elaboração de projetos de travessias, incluindo os aspectos da definição da faixa de domínio da travessia, a legislação e convênios em vigor, o projeto mecânico de estruturas, a apresentação do projeto e procedimentos para aprovação do projeto constam do relatório 02.111-EG/RD-3202 – Critérios e Procedimentos para Elaboração de Projetos de Travessias.

Devem ser observados os critérios complementares para sinalização de redes de distribuição definidos em 02.111-ED/CE-0032. Essa sinalização é necessária, por exemplo, nas travessias da rede sobre rodovias, ferrovias, dutos, rios e lagos, redes localizadas dentro da área abrangida pelo plano básico ou específico de zona de proteção de aeródromos e helipontos, etc.

4.3) Desenhos especiais

Devem ser preparados desenhos especiais, em escalas apropriadas, sempre que houver necessidade de se detalhar certos aspectos construtivos do projeto, como por exemplo:

- Estruturas não-padronizadas;

- Saídas de alimentadores em subestações;

- Ramais subterrâneos

- Arranjos

- etc.

4.4) CÁLCULOS ELÉTRICOS E MECÂNICOS ADICIONAIS

Além dos cálculos elétricos e mecânicos inerentes a qualquer projeto, cálculos adicionais devem ser feitos conforme abaixo:

a. Cálculos elétricos

Devem ser preparados no caso de projetos especiais que envolvam coordenação de proteção, regulação de tensão, compensação de reativos, atendimento a cargas flutuantes, quando devem ser seguidos os critérios resumidos no Capítulo 7 e em detalhes nos ED-3.3, ED-3.4, ED-1.2, ED-1.25, ED-1.3 e ED-1.19 respectivamente.

b. Cálculos mecânicos

Devem ser preparados no caso de projetos que envolvam travessias especiais, quando for necessária a utilização de estruturas especiais.

NORMAS E ESTUDOS REFERENCIADOS

[1] ND-1.1 – Diretrizes Básicas para o Planejamento Elétrico de Distribuição

[2] ND-2.1 – Instalações Básicas de Redes de Distribuição Aéreas

[3] ND-2.4 – Instalações Básicas de Redes de Distribuição Aéreas – 23,1kV

[4] ND-2.7 – Instalações Básicas de Redes de Distribuição Isoladas

[5] ND-2.9 – Instalações Básicas de Redes de Distribuição Compactas

[6] ND-2.10 – Instalações Básicas de Redes de Distribuição Protegidas até 35kV

[7] ND-3.4 – Projetos de Iluminação Pública

[8] ND-5.1 – Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações individuais

[9] ND-5.2 – Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações coletivas

[10] ND-5.3 – Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária – Rede de Distribuição Aérea

[10] ND-5.4 – Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária – 23,1kV – Rede de Distribuição Aérea

[11] ED-1.2 – Correção dos Níveis de Tensão em Redes de Distribuição Aéreas

[12] ED-1.3 – Partida de Motores e sua Influência nas Redes de Distribuição

[13] ED-1.6 – Escolha Econômico de Condutor

[14] ED-1.17 – Dimensionamento Ótimo de Redes de Distribuição Secundária

[15] ED-1.19 – Fornecimento de Energia Elétrica a Fornos a Arco

[16] ED-1.25 – Compensação de Reativos em Redes de Distribuição Aéreas

[17] ED-2.9 – Cálculo de Estruturas para Redes de Distribuição Aéreas Urbanas

[18] ED-3.3 – Proteção contra Sobrecorrentes em Redes de Distribuição Aéreas

[19] ED-3.4 – Proteção contra Sobretensões em Redes de Distribuição Aéreas

[20] ED-3.6 – Seccionamento de Redes de Distribuição Aéreas

[21] Rel. 02.111 – EG/RD-3202 – Critérios e Procedimentos para Elaboração de Projetos de Travessias

[22] 02.111-ED/CE-0032 – Especificação Técnica – Critérios para Elaboração de Projetos de Sinalização de Redes Aéreas de Distribuição

[23] Publicação – 01000-ED-6001 – Tabela para Orçamento

[24] ED/CE-20-NT – Cruzamento Aéreo de Redes Secundárias Isoladas e Convencional

TABELA 1 – FAIXAS DE TENSÃO ADMISSÍVEIS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO

Rede	Tensão (V)	Restrição	Valores em Volts	
			Faixa de Valores Adequados	
			Máximo	Mínimo
Secundária	220/127		231/133	201/116
	240/120		254/127	216/108
Primário	13800/7967	Áreas Rurais em atendimento a consumidores primários ou consumidores secundários com transformadores exclusivos.	1,05	0,93
	22000/12701			
	34500/19918			

Notas:

1-TL→ Tensão de Leitura – Fonte: Prodist

2- Esses dados estão referentes ao ponto de medição na unidade consumidora

TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS DOS CABOS MULTIPLEX DE BAIXA TENSÃO

Cabo	Corrente admissível no condutor fase I_{max}(A)	Carga de ruptura do neutro CAL (daN)	Peso Unitário (kg/km)
2x1x35+70	129	2060	390
2x1x70+70	192	2060	685
3x1x35+70	129	2060	530
3x1x70+70	192	2060	900
3x1x120+70	262	2060	1400

Notas:

Valores de corrente referidos às temperaturas ambiente

Corrente admissível do neutro In=200A

CAL = cabo de alumínio com ligas

TABELA 3 – CARACTERÍSTICAS DOS CONDUTORES CA E COBRE

Condutor (mm^2)	Condutor (AWG)	Alumínio Simples - CA			Cobre		
		Peso Unitário (kg/km)	Carga de ruptura (daN)	Inom (A)	Peso Unitário (kg/km)	Carga de ruptura (daN)	Inom (A)
13	6	-	-	-	118	459	101
21	4	58	415	111	188	719	136
34	2	92	635	149	302	1045	194
53	1/0	145	940	201	485	1684	252
107	4/0	293	1810	314	972	3280	394
170	336,4	467	2995	425	-	-	-

TABELA 4 – ESCOLHA DE CONDUTOR MÍNIMO PARA TRONCO DA REDE SECUNDÁRIA

Potência Transformador (kVA)		Condutor Nu (AWG/MCM)		Cabo Isolado	Cabo Isolado - Barramento
Trifásico	Monofásico	Fase	Neutro		
300					
225		336,4	4/0	Ver notas	
150		4/0	1/0	Ver notas	$240mm^2$
112,5		4/0	1/0	3x1x120+70	$240mm^2$
75		1/0	2	3x1x70+70	$120mm^2$
15/30/45		2	2	3x1x70+70	$70mm^2$
	37,5	1/0	1/0	2x1x70+70	$120mm^2$
	15/25	2	2	2x1x70+70	$70mm^2$

Notas:

1- Alternativamente, os transformadores de 150 e 225 kVA podem ter com seção de 4/0(1/0) ou 3x1x120+70, desde que parte da carga seja ligada diretamente ao barramento ou bucha secundária do transformador e que circule no máximo 262A (100kVA) para cada um dos lados do tronco.

2- As seções consideram divisão da carga por circuito lateral em 40% e 60%.

TABELA 5 – ESCOLHA DE ELOS FUSÍVEIS PARA TRANSFORMADOR

Transformador Monofásico			
Potência kVA	**7,9kV**	**12,7kV**	**19,9kV**
37,5	6K	5H	3H
25	5H	3H	2H
15	3H	2H	2H
10	2H	1H	1H
5	1H	1H	-

Transformador Trifásico			
Potência kVA	**13,8kV**	**22,0kV**	**34,5kV**
300	15K	10K	8K
225	12K	8K	6K
150	8K	5H	5H
112,5	6K	5H	3H
75	5H	3H	2H
45	3H	2H	2H
30	2H	1H	1H
15	1H	1H	1H

TABELA 6 – PROTECÃO DE BANCOS CAPACITORES

Bancos Automáticos		
Potência (kVAr)	**13,8kV**	**24,2kV**
300	12K	8K
600	25K	15k

Bancos Fixos		
Potência (kVAr)	**13,8kV**	**24,2kV**
150	6K	-
300	12K	8K
600	25K	15k

TABELA 7 – SISTEMA TRIFÁSICO – 220/127 – VALORES EM % PARA KVAX100M COEFICIENTES DE QUEDA DE TENSÃO PARA CABOS DE REDE SECUNDÁRIA

ALUMÍNIO SIMPLES CA			
Condutor	**FP=1**	**FP=0,92**	**FP=0,80**
3 fases – e.e=0,252m			
4	0,334	0,337	0,312
2	0,210	0,221	0,211
1/0	0,132	0,148	0,146
3/0	0,083	0,101	0,105
4/0	0,066	0,085	0,090
336,4	0,041	0,061	0,068
2 fases – e.e=0,252m			
2#4(4)	0,765	0,748	0,679
2#2(4)	0,578	0,573	0,526
2#1/0(4)	0,386	0,395	0,370
1 fase – e.e=0,20m			
1#4(4)	1,781	1,786	1,650
1#2(4)	1,398	1,430	1,338
#1/0(4)	0,875	0,940	0,908

CABOS ISOLADOS DE BT			
Cabos	**FP=1**	**FP=0,92**	**FP=0,80**
2x1x35+70	0,3518	0,3356	0,2998
2x1x70+70	0,1832	0,1792	0,1631
3x1x35+70	0,2305	0,2207	0,1977
3x1x70+70	0,1181	0,1165	0,1066
3x1x120+70	0,0706	0,0721	0,0676

TABELA 8 – SISTEMA MONOFÁSICO – 240/120 – VALORES EM % PARA KVAX100M COEFICIENTES DE QUEDA DE TENSÃO PARA CABOS DE REDE SECUNDÁRIA

ALUMÍNIO SIMPLES CA			
Condutor	**FP=1**	**FP=0,92**	**FP=0,80**
2 fases – e.e=0,252m			
2#4(4)	0,765	0,565	0,679
2#2(4)	0,578	0,370	0,526
2#1/0(4)	0,386	0,246	0,370
2#3/0(2)	0,140		0,173
1 fase – e.e=0,20m			
1#4(4)	1,99	2,005	1,852
1#2(4)	1,569	1,604	1,501
#1/0(4)	0,981	1,054	1,018

CABOS ISOLADOS DE BT			
Cabos	**FP=1**	**FP=0,92**	**FP=0,80**
2x1x35+70	0,3879	0,3699	0,3308
2x1x70+70	0,1987	0,1949	0,1776

TABELA 9 – SISTEMA TRIFÁSICO/MONOFÁSICO – 13,8/7,96KV – VALORES EM % MVAXKM

COEFICIENTES DE QUEDA DE TENSÃO PARA CABOS DE REDE PRIMÁRIA

Alumínio Simples CA			
Condutor	**FP=1**	**FP=0,92**	**FP=0,80**
3 fases – e.e=1,35m			
2	0,536	0,589	0,577
1/0	0,336	0,402	0,411
4/0	0,167	0,241	0,268
336,4	0,105	0,180	0,212
2 fases – e.e=1,85m			
2#4(4)	2,049	2,045	1,882
2#2(4)	1,561	1,590	1,484
2#1/0(4)	1,065	1,129	1,080
1 fase – e.e=1,35m			
1#4(4)	4,661	4,845	4,566
1#2(4)	3,635	3,885	3,727
#1/0(4)	2,254	2,586	2,587

Cabos Isolados			
Cabos – Fase (neutro)	**FP=1**	**FP=0,92**	**FP=0,80**
3x1x50+9,5mm (2AWG ou 70mm^2)	0,4336	0,4288	0,3929
3x1x120+9,5mm (1/0AWG ou 70mm^2)	0,1710	0,1834	0,1737
3x1x185+9,5mm (1/0AWG ou 70mm^2)	0,1109	0,1264	0,1222

Cabos Protegidos Trifásico			
Cabos – Fase (neutro)	**FP=1**	**FP=0,92**	**FP=0,80**
50(2AWG ou 70mm^2)	0,3898	0,4541	0,3967
150(1/0AWG ou 70mm^2)	0,1298	0,1773	0,1802

Cabos Protegidos Monofásico			
Cabos – Fase (neutro)	**FP=1**	**FP=0,92**	**FP=0,80**
50(2AWG ou 70mm^2)	1,2298	1,3797	1,3581

Nota

As bitolas em AWG do neutro são para os trechos onde não há rede secundária

TABELA 10 – SISTEMA TRIFÁSICO/MONOFÁSICO – 22,0/12,7KV – VALORES EM % MVAXKM

COEFICIENTES DE QUEDA DE TENSÃO PARA CABOS DE REDE PRIMÁRIA

Alumínio Simples CA			
Condutor	**FP=1**	**FP=0,92**	**FP=0,80**
3 fases – e.e=1,35m			
2	0,192	0,211	0,207
1/0	0,121	0,144	0,148
4/0	0,060	0,087	0,096
336,4	0,038	0,065	0,076
2 fases – e.e=1,85m			
2#2(4)	0,556	0,567	0,529
2#1/0(4)	0,381	0,403	0,386
1 fase – e.e=1,35m			
1#2(4)	1,277	1,360	1,309
#1/0(4)	0,799	0,915	0,916

Cabos Protegidos Trifásico			
Cabos – Fase (neutro)	**FP=1**	**FP=0,92**	**FP=0,80**
50(2AWG ou 70mm^2)	0,1399	0,1629	0,1441
150(1/0AWG ou 70mm^2)	0,0459	0,0637	0,0662

Nota

As bitolas em AWG do neutro são para os trechos onde não há rede secundária

TABELA 11 – SISTEMA TRIFÁSICO/MONOFÁSICO – 34,5/19,9KV – VALORES EM % MVAXKM

COEFICIENTES DE QUEDA DE TENSÃO PARA CABOS DE REDE PRIMÁRIA

Cabos Protegidos Trifásico			
Cabos – Fase (neutro)	**FP=1**	**FP=0,92**	**FP=0,80**
70(2AWG ou 70mm^2)	0,0480	0,0513	0,0511
150(1/0AWG ou 70mm^2)	0,0208	0,0273	0,0287

Nota

As bitolas em AWG do neutro são para os trechos onde não há rede secundária

Tabela 12 – Combinações de Conexão – Códigos de Material

Conector de Perfuração		
Código (item)	**Faixa de Aplicação**	
	Tronco	**Derivação**
379679 (1)	35 a 120	1,5
327726 (2)	10 a 70 Al/Cu	f 6 a 35 Al/Cu
327759 (3)	70 a 120 Al	10 a 35 Al/Cu
327767(4)	70 a 240 Al	70 a 120 Al

Conector de Compressão Formato H		
Código (item)	**Faixa de Aplicação**	
	Tronco	**Derivação**
227769 (1)	16 a 35	16 a 35
227777 (2)	25 a 70	16 a 35
227785 (3)	50 a 70	50 a 70
227793 (4)	95 a 120	50 a 70
227801 (5)	95 a 120	95 a 120
227819 (6)	120 a 185	120 a 185
227827 (7)	120 a 240	16 a 70

Cunha Cu	
Código	**Item**
227850	1
227868	2
227876	3
227884	4
231670	5
231696	6
231688	7
379680	8

Rede Secundária CA	**Ramal de Ligação – Al multiplex (mm^2)**				
	10	**16**	**25**	**35**	**70**
	Conector de Cunha Cu				
4	227868	227868	227850	227850	-
2	227850	227850	227850	231688	231696
1/0	231670	231670	231688	231696	-
1/0+estribo	-		-	-	231696
4/0+estribo	227868		227850	227850	231696

Conector de Cunha		
RDP	**50mm^2**	**150mm^2**
50mm^2	231688	231753
150mm^2	231753	231787

Iluminação Pública			
	RSI - 35, 70 e 120 mm^2	**RDA Cabos até 1/0**	**RDA Cabos 336,4 e 4/0**
Multiplex 1,5	379679	379680	*

* Conector H - item7 (código 227827) + alça estribo aberta (código 230102) + Conector cunha - item 4 código 227884.

RSI (mm^2)		**Ramal de Ligação – Al multiplex (mm^2)**					
		10(10)	**16(16)**	**25 (25)**	**35 (70)**	**70(70)**	**120 (70)**
		Conector de Perfuração					
Fase	**35**	327726	327726	327726	327726	-	-
	70	327726	327726	327726	327726	327767	-
	120	327759	327759	327759	327759	327767	327767
CAL 70 + estribo		227868	227850	227850	231696	231696	231696

Ramal de Ligação Al multiplex (mm^2)	Ramal de Entrada – Cu PVC (mm^2)				
	fio 6	fio 10	16	25	35
	Conector de perfuração (fase) Conector de cunha Cu (neutro)				
10 (10)	327726 227884	- -	327726 227876	327726 227868	
16 (16)	327726 227876	327726 227876	327726 227868	327726 227868	
25 (25)	327726 227876	- -	327726 227850	-	
35 (70)	-	- -	327726 231688	327726 231696	327726 231696

Ramal de Ligação Al multiplex (mm^2)	Ramal de Entrada – Cu PVC (mm^2)					
	fio 6	fio 10	16	25	35	50
	Conector de Cunha Cu + Cobertura (Fase) Conector de cunha Cu (neutro)					
10 (10)	331744 227884	- -	331736 227876	331728 227868	-	-
16 (16)	331736 227876	331736 227876	331728 227868	331728 227868	-	-
25 (25)	331736 227876	-	331710 227850	-	-	-
35 (70)	-	-	331710 231688	331710 231696	331777 231696	331777 comp

TABELA 13 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E ELÉTRICAS DOS CABOS DE REDE ISOLADA

CABOS ISOLADOS – 15kV			
Cabo	**Corrente Admissível (A) Tc=90°C**	**Carga de ruptura Mensageiro (daN)**	**Peso Unitário (kg/km)**
3x1x50+9,5mm (2AWG ou 70mm^2)	175	4900	2050
3x1x120+9,5mm (1/0 AWG ou 70mm^2)	295	4900	3300
3x1x185+9,5mm (1/0 AWG)	386	4900	4200

TABELA 14 – CARACTERISTICAS FÍSICAS E ELÉTRICAS DOS CABOS DE REDE COMPACTA

CABOS PROTEGIDOS – 15kV				
Cabo	**Corrente Admissível (A) Tc=90ºC**	**Carga de ruptura do cabo coberto (daN)**	**Peso Unitário do cabo coberto (kg/km)**	**Carga de ruptura do cabo de aço (daN)**
50 (2AWG ou 70mm^2)	225	650	260	4900
150 (1/0AWG ou 70 mm^2)	456	1950	590	4900

CABOS PROTEGIDOS – 24,2kV				
Cabo	**Corrente Admissível (A) Tc=90ºC**	**Carga de ruptura do cabo coberto (daN)**	**Peso Unitário do cabo coberto (kg/km)**	**Carga de ruptura do cabo de aço (daN)**
50 (2AWG ou 70mm^2)	224	650	320	4900
150 (1/0AWG ou 70 mm^2)	450	1950	640	4900

CABOS PROTEGIDOS – 35kV				
Cabo	**Corrente Admissível (A) Tc=90ºC**	**Carga de ruptura do cabo de aço (daN)**	**Peso Unitário do cabo coberto (kg/km)**	**Carga de ruptura do cabo de aço (daN)**
70 (2AWG ou 70mm^2)	270	910	650	4900
150 (1/0AWG ou 70 mm^2)	432	1950	950	4900

Notas:

1 – Valores de corrente referidos às temperaturas ambiente de 40ºC e máxima no condutor de 90ºC em regime permanente. Velocidade de vento igual a 2,2km/h.

2 – Para temperatura ambiente de 30ºC, multiplicar os valores da tabela por 1,10.

3 – As bitolas em AWG do neutro são para os trechos onde não há rede secundária isolada.

TABELA 15 – POSTES E CONTRA-POSTE PADRONIZADOS E EXISTENTES

Concreto Circular	
Altura (m)	**Resistência (daN)**
9	150*
	300*
10	150*
	300*
	600*
11	300
	600
	1000*
12	300
	600
	1000
13	600
	1000

Madeira	
Altura (m)	**Resistência (daN)**
9	150
	300
	600
10	150
	300
11	300
	600
12	300
	600
13	300
	600
15	600
18	600

Contraposte - Madeira	
Altura (m)	**Resistência (daN)**
7	300

Duplo T		
Altura (m)	**Resistência Face A (daN)**	**Resistência Face B (daN)**
9	75*	150*
10	75*	150*
	150*	300*
	300*	600*
11	150	300
	300	600
12	150	300
	300	600
13	150	300
	300	600
15	300	600
18	300	600

Contraposte - Duplo T	
Altura (m)	**Resistência (daN)**
7	300

Nota: Os assinalados com o símbolo '*' existem na rede de distribuição da Cemig, mas não são mais adquiridos.

TABELA 16A – TRAÇÕES DE PROJETO DA REDE CONVENCIONAL – PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA

Tipo de cabo	Seção (mm^2)	Seção (AWG)	Tração
CA	21	4	56
	34	2	89
	53	1/0	142
	107	4/0	284
	170	336.4	452
COBRE	13	6	66
	21	4	105
	34	2	168
	53	1/0	270
	67	2/0	340
	107	4/0	541

Nota:

Os valores acima são válidos para vãos até 80m, com exceção do condutor CA 4AWG, cujos valores de tração acima de 50m são dadas na tabela abaixo:

Vão (m)	55	60	65	70	75	80
Tração (daN)	58	61	63	65	67	69

TABELA 16B – TRAÇÕES DE PROJETO DA REDE COMPACTA TRIFÁSICA – 15KV

Vão (m)	XLPE-50 mm^2	XLPE-150 mm^2
	Tração (daN)	Tração (daN)
4 a 20	392,0	490,0
24	392,0	490,0
28	392,0	490,0
32	392,0	490,0
36	392,0	495,0
40	396,0	501,0
44	402,0	506,0
48	408,0	510,0
52	412,0	513,0
56	416,0	516,0
60	419,0	518,0
64	421,0	520,0
68	424,0	521,0
72	426,0	523,0
76	428,0	524,0
80	430,0	525,0
84	431,0	526,0
88	432,0	527,0
92	434,0	527,0
96	435,0	528,0
100	436,0	529,0

TABELA 16C- TRAÇÕES DE PROJETO DA REDE COMPACTA TRIFÁSICA – 24,2KV

Vão (m)	XLPE-50 mm^2	XLPE-150 mm^2
	Tração (daN)	Tração (daN)
4 a 20	392,0	493,0
24	392,0	490,0
28	392,0	490,0
32	395,0	495,0
36	404,0	502,0
40	411,0	508,0
44	417,0	512,0
48	422,0	516,0
52	426,0	519,0
56	430,0	521,0
60	433,0	523,0
64	436,0	525,0
68	438,0	527,0
72	440,0	528,0
76	441,0	529,0
80	443,0	530,0
84	444,0	531,0
88	445,0	531,0
92	446,0	532,0
96	447,0	532,0
100	447,0	533,0

TABELA 16D – TRAÇÕES DE PROJETO DA REDE COMPACTA TRIFÁSICA – 36,2KV

Vão (m)	XLPE-70 mm^2	XLPE-150 mm^2
	Tração (daN)	Tração (daN)
4 a 20	493,0	560,0
24	498,0	567,0
28	505,0	576,0
32	511,0	583,0
36	517,0	589,0
40	522,0	594,0
44	527,0	598,0
48	531,0	602,0
52	533,0	604,0
56	535,0	607,0
60	538,0	609,0
64	540,0	611,0
68	541,0	611,0
72	542,0	613,0
76	543,0	614,0
80	543,0	615,0
84	544,0	616,0
88	545,0	616,0
92	545,0	617,0
96	545,0	618,0
100	546,0	619,0

TABELA 16E – TRAÇÕES DE PROJETO DA REDE COMPACTA MONOFÁSICA – 15KV

Vão (m)	XLPE-50 mm^2
	Tração (daN)
4 a 36	245,0
40	245,0
44	245,0
48	245,0
52	246,0
56	248,0
60	250,0
64	252,0
68	254,0
72	255,0
76	257,0
80	258,0
84	259,0
88	260,0
92	260,0
96	261,0
100	262,0
104	262,0
108	263,0
112	263,0
116	263,0
120	264,0

TABELA 16F – TRAÇÕES DE PROJETO DA REDE SECUNDÁRIA ISOLADA – CABO TRIPLEX

Vão (m)	2x1x35+70	2x1x70+70
	Tração (daN)	Tração (daN)
4 a 20	103,0	181,0
24	103,0	181,0
28	105,0	181,0
32	112,0	181,0
36	116,0	181,0
40	119,0	181,0
44	122,0	181,0
48	125,0	181,0
52	127,0	181,0
56	128,0	181,0
60	130,0	181,0
64	131,0	181,0
68	132,0	181,0
72	133,0	181,0
76	134,0	181,0
80	135,0	181,0
84	136,0	181,0
88	136,0	181,0
92	137,0	181,0
96	137,0	181,0
100	138,0	181,0

TABELA 16G – TRAÇÕES DE PROJETO DA REDE SECUNDÁRIA ISOLADA – CABO QUADRUPLEX

Vão (m)	3x1x35+70	3x1x70+70	3x1x120+70
	Tração (daN)	Tração (daN)	Tração (daN)
4 a 20	144,0	245,0	381,0
24	144,0	245,0	381,0
28	144,0	245,0	381,0
32	144,0	245,0	381,0
36	148,0	245,0	381,0
40	152,0	245,0	381,0
44	155,0	245,0	381,0
48	159,0	245,0	381,0
52	160,0	245,0	381,0
56	163,0	245,0	381,0
60	164,0	245,0	381,0
64	166,0	245,0	381,0
68	167,0	245,0	381,0
72	169,0	245,0	381,0
76	170,0	245,0	381,0
80	171,0	245,0	381,0
84	172,0	245,0	381,0
88	173,0	245,0	381,0
92	173,0	245,0	381,0
96	174,0	245,0	381,0
100	174,0	245,0	381,0

TABELA 16H - TRAÇÕES DE PROJETO DA REDE PRIMÁRIA ISOLADA

Vão (m)	3x1x50+9,5mm	3x1x120+9,5mm	3x1x185+9,5mm
	Tração (daN)	Tração (daN)	Tração (daN)
4 a 20	343,0	552,0	703,0
24	343,0	552,0	703,0
28	343,0	552,0	703,0
32	348,0	552,0	703,0
36	352,0	552,0	703,0
40	355,0	552,0	703,0
44	357,0	552,0	703,0
48	359,0	552,0	703,0
52	360,0	552,0	703,0
56	361,0	552,0	703,0
60	362,0	552,0	703,0
64	363,0	552,0	703,0
68	363,0	552,0	703,0
72	364,0	552,0	703,0
76	364,0	552,0	703,0
80	365,0	552,0	703,0
84	365,0	552,0	703,0
88	365,0	552,0	703,0
92	365,0	552,0	703,0
96	366,0	552,0	703,0
100	366,0	552,0	703,0

TABELA 16I - TRAÇÕES DE PROJETO DO FIO 1N2 E CABO 3N5

Vão (m)	1N2	3N5
	Tração (daN)	Tração (daN)
4 a 20	147,0	219,5
24	147,0	219,5
28	147,0	219,5
32	147,0	221,5
36	147,0	221,5
40	147,0	224,3
44	147,0	227,4
48	147,0	228,0
52	147,0	232,7
56	147,0	234,0
60	147,0	237,7

TABELA 17 – EQUIVALÊNCIA DE ESFORÇOS A 20CM DO TOPO DO POSTE – FATOR DE MULTIPLICAÇÃO

Comprimento do poste	Primário			Rede Secundária	Rede Telefônica	Estai poste a poste			Estai de cruzeta	Ramal de Ligação
	1º nível	2º nível	3º nível			Acima do Sec.	Abaixo do Sec.	A 5m do solo		
9 m	-	-	-	0,96	0,77	1	0,89	0,69	-	0,98
10 m	1	-	-	0,85	0,69	0,88	0,78	0,61	0,88	0,88
11 m	1	0,94	0,89	0,77	0,62	0,79	0,70	0,55	0,79	0,79
12 m	1	0,94	0,89	0,70	0,57	0,72	0,64	0,50	0,72	0,72
13 m	1	0,94	0,89	0,63	0,52	0,66	0,59	0,46	0,66	0,66
15 m	1	0,94	0,89	0,54	0,45	0,57	0,50	0,39	0,57	0,53

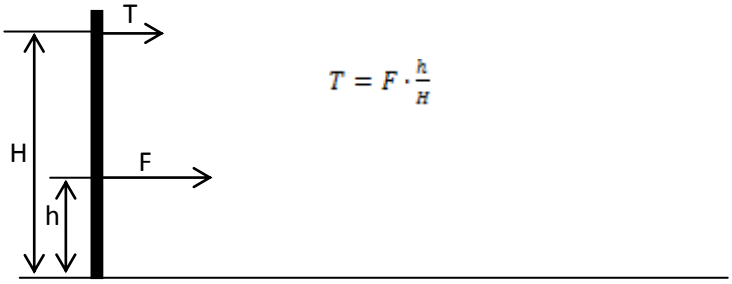
Nota:

Foi considerada a altura média de montagem 7,0m para o secundário, 5,70 para os cabos telefônicos.

1- 0,75/0,80m do topo

2- 1,35/1,40m do topo

Como calcular:



$$T = F \cdot \frac{h}{H}$$

Onde:

F: é a força aplicada pelo cabo;

h: altura do solo em F é aplicada

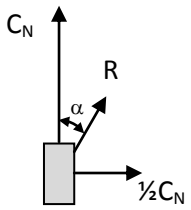
H: altura do solo em que F será referida

T: força F referida a altura H

h/H: fator de multiplicação

TABELA 18 – CARGA DE UTILIZAÇÃO DO POSTE DT

α	φ	R (daN)		
		Cn=150	Cn=300	Cn=600
0	-	150	300	600
5	1,0	149	299	598
10	0,96	144	288	577
15	0,93	139	278	556
20	0,89	134	268	536
25	0,86	129	259	517
30	0,83	125	250	499
40	0,77	116	232	464
50	0,72	108	216	432
60	0,67	100	201	402
70	0,62	93	187	374
80	0,58	87	174	348
90	-	75	150	300



Notas:

1- C_N – resistência nominal do poste, na direção a face de maior resistência.

R – carga de utilização do poste na direção especificada pelo ângulo α

α - ângulo que a carga nominal faz com a resistência nominal do poste.

φ - fator de determinação da carga de utilização

2- Para definição do poste, considere-se somente o momento fletor resistente, dispensando-se o momento de torção. Para isso a carga de utilização deve ser sempre considerada normal ao eixo longitudinal do poste

TABELA 19 – CRITÉRIOS PARA SUSTENTAÇÃO DE ESFORÇOS EM FUNÇÃO DA RESULTANTE DE CONDUTORES CABOS TELEFÔNICOS E ESTAIS

Esforço Resultante daN (R) (1)	Resistência Nominal	Engastamento Recomendado
Até 300	300	Profundidade 1,80 m (2)
301 a 600	600	Preferencialmente profundidade aumentada ou Conc. (d=0,90) (3)
601 a1000	1000	Preferencialmente profundidade aumentada ou Conc. (d=1,30) (3)

Notas:

1 – O valor de R corresponde à resultante dos esforços devido a condutores, cabos telefônicos e estai, aplicados a 0,20m do topo do poste

2 – Como alternativas podem ser utilizados o engastamento tipo escora de subsolo ou base concretada com d=0,60.

3 – d= diâmetro mínimo da vala para engastamento com base concretada

Alternativamente, o engastamento com base concretada pode ter seção retangular, para os postes de resistência nominal de 600 e 1000daN, com dimensões de 0,70 x 1 e 0,70 x 2,20, respectivamente.

Os desenhos dos engastamentos são apresentados na ND-2.1 e ND-2.4.

Para o poste DT, o esforço resultante deve estar paralelo à resistência nominal do poste. Em caso de ângulo, consultar a tabela 19 para definição do poste.

Engastamento com Profundida Aumentada	
Resistência 300 daN	
Poste Comprimento (m)	**Prof. do Engastamento (m)**
10	1,80
11	
12	
13	1,90
Resistência 600 daN	
Poste Comprimento (m)	**Prof. do Engastamento (m)**
10	2,20
11	
12	
13	2,30
15	

Notas:

1 – Este engastamento é alternativo com concretagem de base e se aplica também a poste de concreto DT, retangular e madeira.

A utilização de postes de 13m engastado com profundidade aumentada, em substituição ao de 12m com base concretada, deve ser feita apenas em locais com previsão de substituição futura do poste (alta incidência de abalroamento ou reforma.)

2 – O engastamento de resistência 1000daN será com 2,3m com toras. Ver detalhes na ND-2.1.

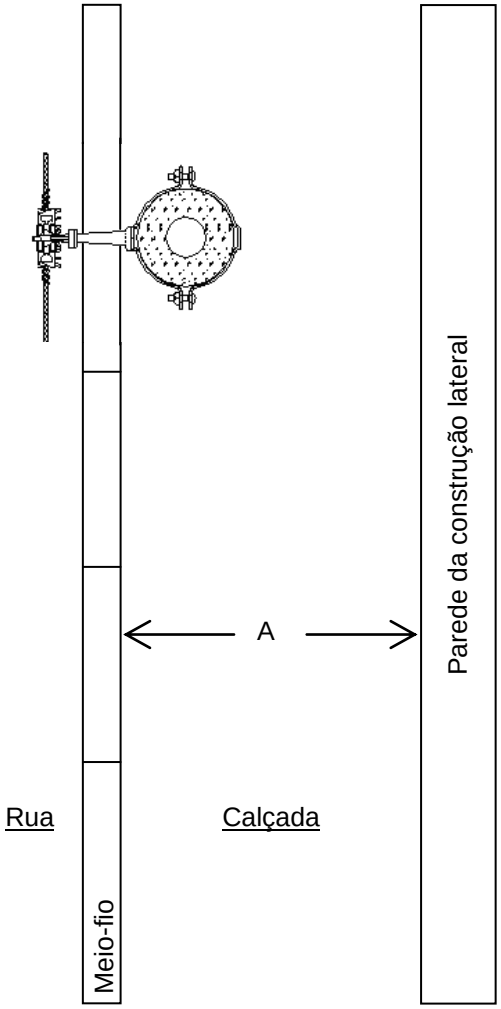
TABELA 20A – ESCOLHA DE ESTRUTURAS EM FUNÇÃO DOS AFASTAMENTOS MÍNIMOS

PAREDE			M	SA	M	S	M	S	M	S	M	SA	M	S	M	S	M	S	M	SA	M	S	M	S	N	S
JANELA		10	M	S	M	S	N	S	N		B	S	B	S	M	S	M	S	BE	S	B	S	M	S	M	S
JANELA		9	BE	S	B	S	M	S	M	S	B	S	B	S	M	S	M	S	BE	SA	B	S	M	S	M	S
JANELA		8	BE	S	B	S	M	S	M	S	B	SA	B	S	M	S	M	S	BE	SA	B	S	M	S	M	S
JANELA		7	BE	SA	B	S	M	S	M	S	B	SA	B	S	M	S	M	S	M	SA	M	S	M	S	N	S
JANELA		6	BE	SA	B	S	M	S	M	S	M	SA	M	S	M	S	N	S	M	S	M	S	N	S	N	S
JANELA		5	M	SA	M	S	M	S	N	S	M	S	M	S	M	S	N	S	M	S	M	S	N	S	N	S
JANELA		4	M	S	M	S	N	S	N	S	M	S	M	S	M	S	N	S	M	S	M	S	N	S	N	S
JANELA		3	M	S	M	S	N	S	N	S	M	S	M	S	M	S	N	S	M	S	M	S	N	S	N	S
SACADA	1,50 m	10	M	S	M	S	M	S	M	S		S	M	S	BS	S	BE	S		S				S	BE	S
SACADA	1,50 m	9		S		S		S	BE	S		S		S	BS	S	BE	S							BE	SA
SACADA	1,50 m	8		S		S		S	BE	S					BS		BE	SA							BE	SA
SACADA	1,50 m	7							BE	SA					BS		BE	SA	BE		BE		B		M	SA
SACADA	1,50 m	6							BE	SA	BE		M		B		M	SA	M	S	M	S	N	S	N	S
SACADA	1,50 m	5	BE		B		M		M	SA	M	S	M	S	N	S	N	S	M	S	M	S	N	S	N	S
SACADA	1,50 m	4	M	S	M	S	N	S	N	S	M	S	M	S	N	S	N	S	M	S	M	S	N	S	N	S
SACADA	1,50 m	3	M	S	M	S	N	S	N	S	M	S	M	S	N	S	N	S	M	S	M	S	N	S	N	S
SACADA	1,00 m	10	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S		S	BE	S	B	S				S	BE	S	B	S
SACADA	1,00 m	9		S		S	BE	S	B	S		S		S	BE	S	B	S					BE	SA	B	S
SACADA	1,00 m	8		S		S	BE	S	B	S					BE	SA	B	S					BE	SA	B	S
SACADA	1,00 m	7					BE	SA	B	S					BE	SA	B	S	BE		M		M	SA	N	S
SACADA	1,00 m	6					BE	SA	B	S	B		B		M	SA	M	S	M	S	M	S	N	S	N	S
SACADA	1,00 m	5	B		M		M	SA	M	S	B	S	M	S	N	S	N	S	M	S	M	S	N	S	N	S
SACADA	1,00 m	4	M	S	M	S	M	S	N	S	B	S	M	S	N	S	N	S	M	S	M	S	N	S	N	S
SACADA	1,00 m	3	M	S	M	S	M	S	N	S	B	S	M	S	N	S	N	S	M	S	M	S	N	S	N	S
SACADA	0,50 m	10	M	S	M	S	M	S	N	S		S	BE	S	B	S	M	S	BS	S	BE	S	B	S	M	S
SACADA	0,50 m	9		S	BE	S	B	S	M	S		S	BE	S	B	S	M	S	BS		BE	SA	B	S	M	S
SACADA	0,50 m	8		S	BE	S	B	S	M	S			BE	SA	B	S	M	S	BS		BE	SA	B	S	M	S
SACADA	0,50 m	7			BE	SA	B	S	M	S			BE	SA	B	S	M	S	B		M	SA	M	S	N	S
SACADA	0,50 m	6			BE	SA	B	S	M	S	B		M	SA	N	S	N	S	M	S	M	S	N	S	N	S
SACADA	0,50 m	5	M		M	SA	M	S	M	S	M	S	M	S	N	S	N	S	M	S	M	S	N	S	N	S
SACADA	0,50 m	4	M	S	M	S	N	S	N	S	M	S	M	S	N	S	N	S	M	S	M	S	N	S	N	S
SACADA	0,50 m	3	M	S	M	S	N	S	N	S	M	S	M	S	N	S	N	S	M	S	M	S	N	S	N	S
	Largura	Altura (m)	Primário	Secundário	Primário	Secundário	Primário	Secundário	Primário	Secundário	Primário	Secundário	Primário	Secundário	Primário	Secundário	Primário	Secundário	Primário	Secundário	Primário	Secundário	Primário	Secundário	Primário	Secundário
OBSTÁCULO / LARG. PASSEIO			1,00 m		1,50 m		2,00 m		2,50 m		1,00 m		1,50 m		2,00 m		2,50 m		1,00 m		1,50 m		2,00 m		2,50 m	
POSTE			10 m								11 m								12 m							

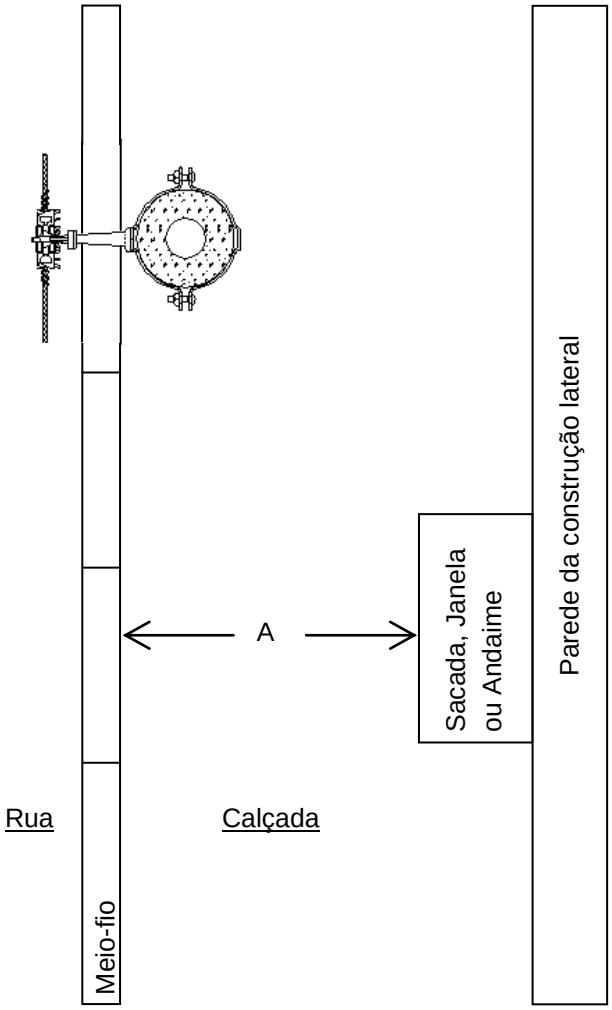
N – Normal	BE - Beco Especial (2,40m) *	SA – Secundário com Afastador
M – Meio Beco	BS – Beco Especial (2,80m) *	
B – Beco	S - Secundário	*Condutores com espaçamento de 400mm.

TABELA 20B – ESCOLHA DE ESTRUTURAS EM FUNÇÃO DOS AFASTAMENTOS HORIZONTAIS MÍNIMOS –REDE ISOLADA DE BAIXA TENSÃO

Tipo de Obstáculo	Afastamento medido entre o obstáculo e o meio-fio	Estrutura a ser usada
Parede	A≥ 0,3 m	SI1
	A≥ 0,4 m	SI1, SI3 ou SI4
	A< 0,3 m	SI1 com afastador
Sacada, Janela ou Andaime	A≥ 0,8 m	SI1
	A≥ 0,9 m	SI1, SI3 ou SI4
	A< 0,8 m	SI1 com afastador



Situação 1: Parede



Situação 2: Sacada, Janela ou Andaime

Notas:

1) quando não forem atendidos os critérios desta tabela, exigem-se os afastamentos verticais mínimo definidos na ND-2.7.

2) a seleção de estruturas foi feita considerando-se a rede instalada do lado da rua.

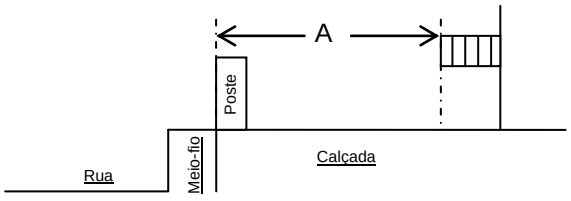
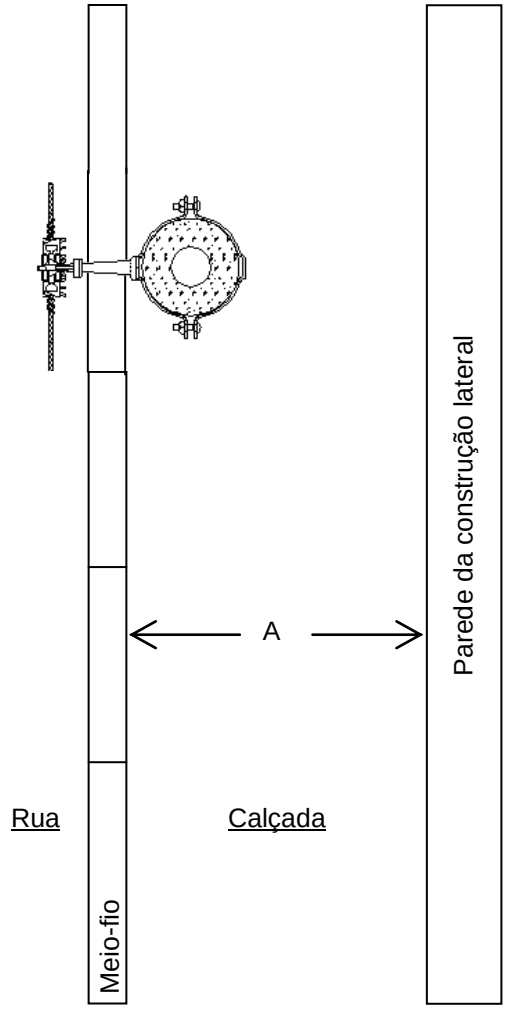
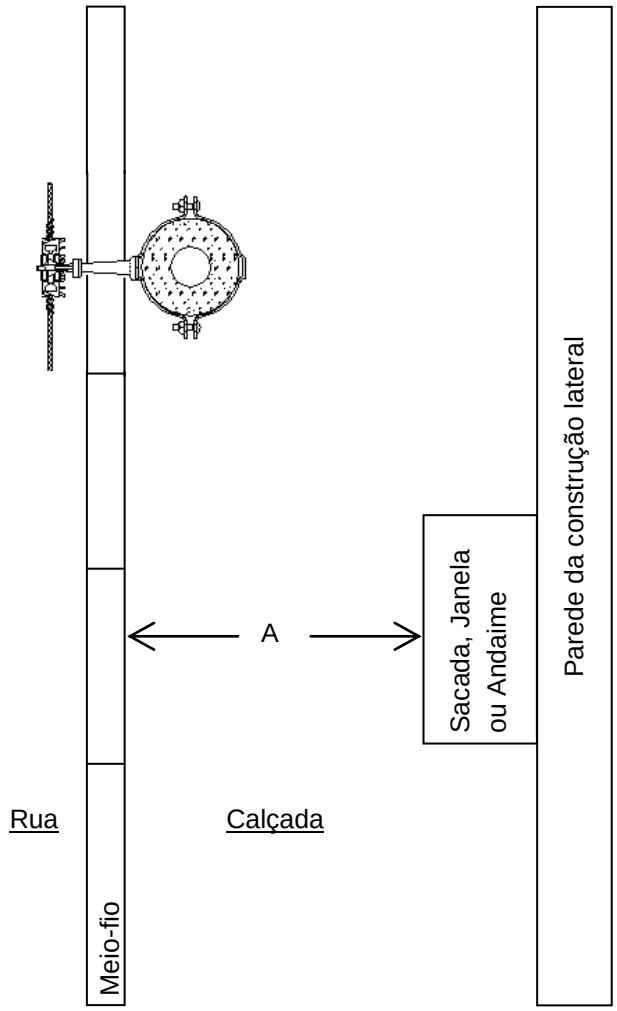


TABELA 20C – ESCOLHA DE ESTRUTURAS EM FUNÇÃO DOS AFASTAMENTOS HORIZONTAIS MÍNIMOS – REDE AÉREA ISOLADA 15KV

Tipo de Obstáculo	Afastamento medido entre o obstáculo e o meio-fio	Estrutura a ser usada
Parede	0,5≤A≤0,6 m	I1
	A> 0,6 m	I1, I3 ou I4
	A< 0,5 m	IJ1
Sacada, Janela ou Andaime	1,0 ≤ A ≤ 1,1 m	I1
	A> 0,9 m	I1, I3 ou I4
	A< 0,8 m	IJ1



Situação 1: Parede



Situação 2: Sacada, Janela ou Andaime

Notas:

1) quando não forem atendidos os critérios desta tabela, exigem-se os afastamentos verticais mínimo definidos na ND-2.7.

2) a seleção de estruturas foi feita considerando-se a rede trifásica e instalada do lado da rua.

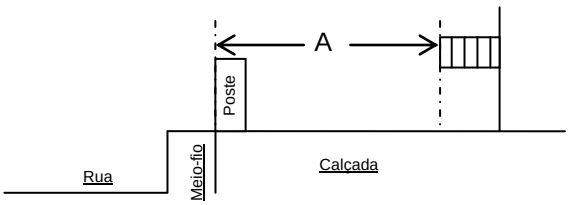
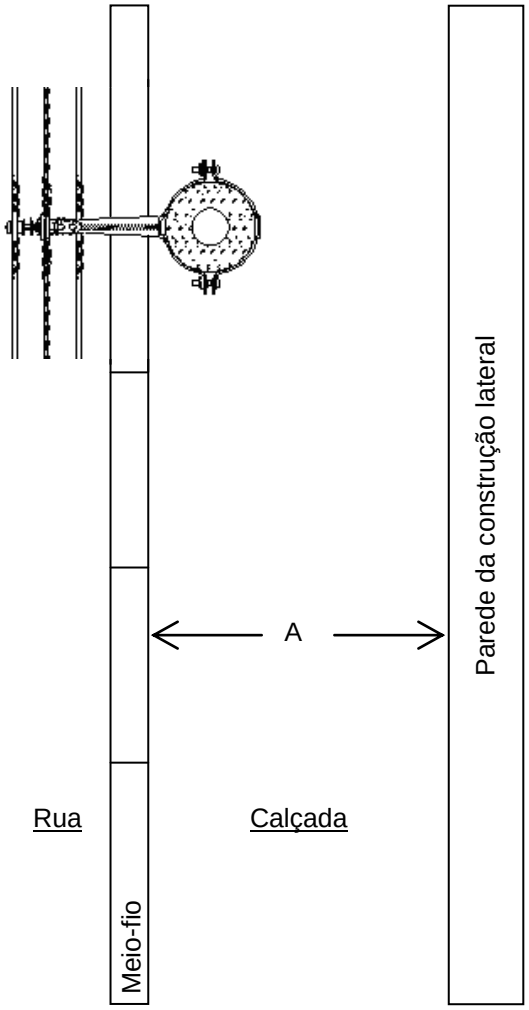
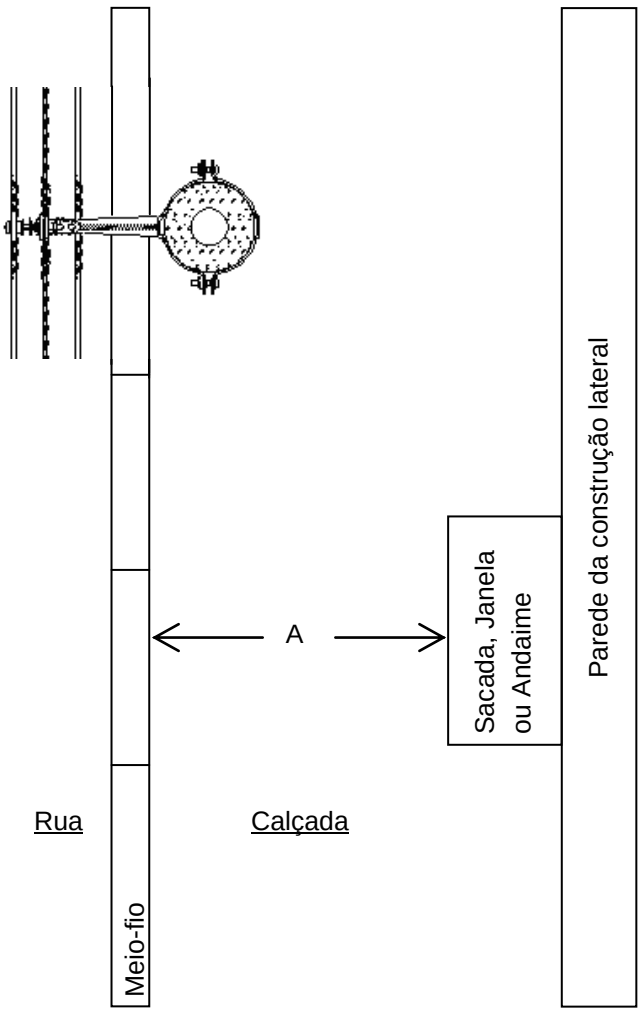


TABELA 20D – ESCOLHA DE ESTRUTURAS EM FUNÇÃO DOS AFASTAMENTOS HORIZONTAIS MÍNIMOS – REDE AÉREA COMPACTA 15KV

Tipo de Obstáculo	Afastamento medido entre o obstáculo e o meio-fio	Estrutura a ser usada
Parede	A≥0,8 m	CE1, CE1S, CE2 ou CE4 CM1, CM1S, CM2 ou CM4
	A< 0,8 m	CEJ1 ou CEJ2 CMJ1 ou CMJ2
	A≥ 1,75 m	CE1, CE1S, CE2, CE3 ou CE4 CM1, CM1S, CM2, CE3 ou CM4
Sacada, Janela ou Andaime	A≥1,3 m	CE1, CE1S, CE2 ou CE4 CM1, CM1S, CM2 ou CM4
	A< 1,3 m	CEJ1 ou CEJ2 CMJ1 ou CMJ2
	A≥ 2,25 m	CE1, CE1S, CE2, CE3 ou CE4 CM1, CM1S, CM2, CE3 ou CM4



Situação 1: Parede



Situação 2: Sacada, Janela ou Andaime

Notas:

1) quando não forem atendidos os critérios desta tabela, exigem-se os afastamentos verticais mínimos definidos na ND-2.9.

2) a seleção de estruturas foi feita considerando-se a rede trifásica e instalada do lado da rua.

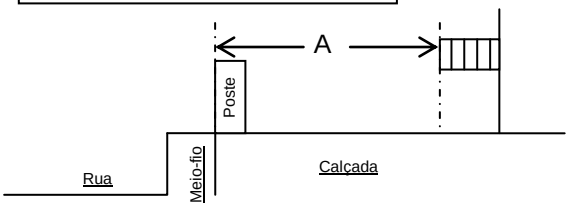


Tabela 21A – Escolha de Estruturas – Rede Convencional

Ângulos de deflexão horizontais e verticais

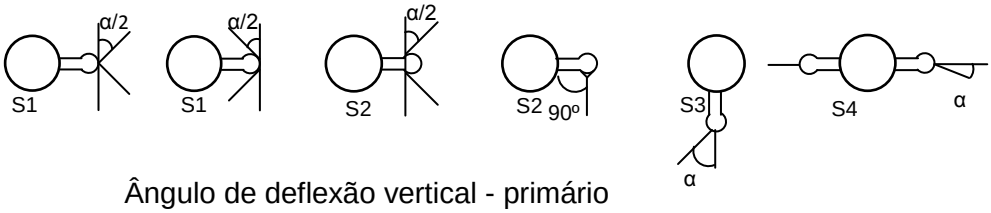
Ângulo de deflexão horizontal - primário

Bitola do Condutor	N1	N2	N4	N2 – N2	-	N3 – N3
	U1	U2	U4	-	U2 – U3	U3 – U3
4 – 2 AWG	$0^o – 60^o$	-	-	$61^o – 90^o$	$61^o – 90^o$	-
1/0 AWG	$0^o – 45^o$	$46^o – 60^o$	-	-	-	$61^o – 90^o$
4/0 AWG	$0^o – 20^o$	$21^o – 40^o$	$41^o – 60^o$	-	-	$61^o – 90^o$
336,4 MCM	$0^o – 15^o$	$16^o – 25^o$	$26^o – 60^o$	-	-	$61^o – 90^o$

Obs: Para as estruturas meio beco e beco devem ser observados os mesmos ângulos

Ângulo de deflexão horizontal - secundário

Bitola do Condutor	S1		S2		S3	S4
	P/Fora	P/Dentro	Tangente	Enc. Lat	Enc. Topo	Enc. Topo
4 – 2 AWG	60^o	60^o	60^o	90^o	-	90^o
1/0 AWG	60^o	60^o	60^o	-	40^o	40^o
4/0 AWG	35^o	60^o	60^o	-	20^o	20^o
336,4 MCM	20^o	60^o	60^o	-	10^o	10^o



Ângulo de deflexão vertical - primário

Bitola do Condutor	Arrancamento e compressão		Compressão - Poste						Compressão da mão francesa ou cruzeta	
			150 daN		300 daN		600 daN	1000 daN		
	1 Pino	2 Pinos	M	B	M	B	M ou B	M ou B	1 Pino	2 Pinos
4 AWG	35^o	35^o	5^o	10^o	25^o	35^o	35^o	35^o	35^o	35^o
2AWG	35^o	35^o	5^o	5^o	15^o	30^o	35^o	35^o	35^o	35^o
1/0 AWG	30^o	35^o	-	5^o	10^o	20^o	35^o	35^o	25^o	35^o
4/0 AWG	15^o	30^o	-	-	5^o	10^o	30^o	35^o	15^o	30^o
336,4MCM	10^o	20^o	-	-	5^o	5^o	15^o	30^o	10^o	20^o

Obs: No sistema monofásico, considerar só os valores de arracamento e compressão.

Quando o ângulo vertical for apenas de um dos lados das estruturas, os valores acima devem ser dobrados, respeitando-se entretanto o limite de 35^o.

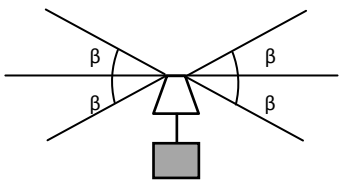
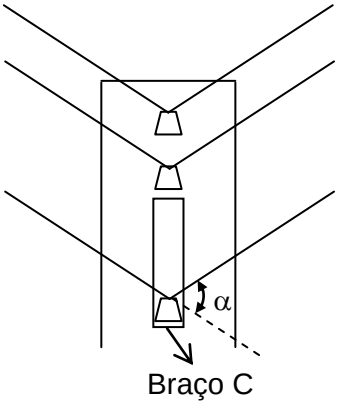


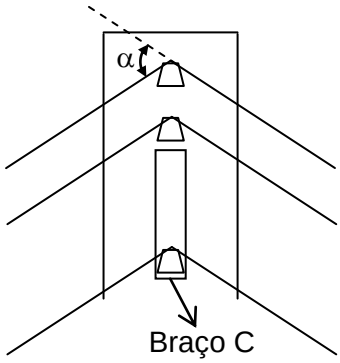
Tabela 21B – Escolha de Estruturas de Rede Compacta

Ângulos de Deflexão Verticais Admissíveis

Esforços Verticais em Estruturas com C: CE2 E CE4

Classe de isolamento (kV)	Seção (mm^2)	Arrancamento (α graus)		Compressão (α graus)	
		CE2	CE4	CE2	CE4
15	50	0	90	150	150
	150	0	66	90	90
24,2	50	0	90	150	150
	150	0	66	150	150
36,2	70	0	66	150	150
	150	0	66	150	150





Esforços Verticais em Estruturas L: CE1, CE1S, CM1, CM1S

Classe de isolamento (kV)	Seção (mm^2)	Arrancamento (α graus)	Compressão (α graus)
15	50	0	78
	150	0	58
24,2	50	0	74
	150	0	54
36,2	70	0	56
	150	0	48

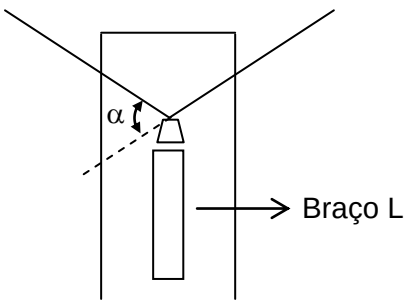


Tabela 21C – Escolha de Estruturas de Rede Compacta com Braço J

Ângulos de Deflexão Horizontais e Verticais Admissíveis

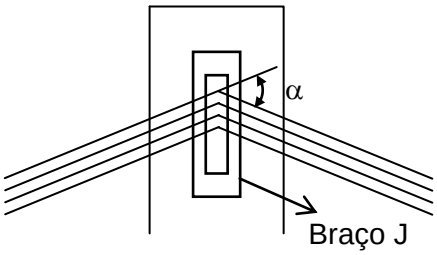
Ângulos admissíveis (α em graus) para estruturas com esforços de compressão

CEJ1, CEJ2, CMJ1, CMJ1

Classe de isolamento (kV)	Seção (mm^2)	Poste DT			Poste Circular/Madeira		
		Resistência (daN)			Resistência (daN)		
		150	300	600	150	300	600/1000
15	50	0-10		>10-20	0-10	>10-20	
	150	0-10		>10-16	0-10	>10-16	
24,2	50	0-10		>10-20	0-10	>10-20	
	150	0-10		>10-16	0-10	>10-16	
36,2	70	0-10		>10-16	0-5	>5-16	
	150	0-5	>5-10	>10-14	0-5	>5-14	

Nota:

1- Não pode haver esforço de arrancamento nestas estruturas



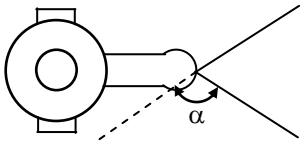
Ângulo de Deflexão Horizontal (α) em Graus

Classe de isolação (kV)	Seção (mm^2)	CE1S/CM1S	CE1/CM1	CE2/CM2	CE4/CM4	CE3-CE3 CM3-CM3	CEJ1/CMJ1	CEJ2/CMJ2
15	50	0º	6º	0-90º	0º-90	α>90º	0º	0-90º
	150	0º	6º	0-90º	0-90º	α>90º	0º	0-90º
25	50	0º	6º	0-90º	0-90º	α>90º	0º	0-90º
	150	0º	6º	0-90º	0-90º	α>90º	0º	0-90º
35	70	0º	6º	0-90º	0-90º	α>90º	0º	0-90º
	150	0º	6º	0-90º	0-90º	α>90º	0º	0-80º

Nota

1- O ângulo α pode ser externo e interno.

Ângulo de Deflexão Externo



Ângulo de Deflexão Externo

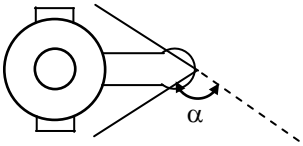


Tabela 21D – Escolha de Estruturas - Rede Isolada de Média Tensão 15kV

Ângulos de Horizontais e Verticais

Ângulos (α em graus) Admissíveis para Esforços Verticais – Estrutura com Braço J: IJ1

Cabo	Compressão						Arrancamento
	Poste DT			Poste Circular / Madeira			
	Resistência (daN)						
	150	300	600	150	300	600/1000	
3x1x50+9,5	0 – 10		> 10-20	0 - 10	> 10-20		16
3x1x120+9,5	0 – 10		> 10-15	0 - 5	>5-15		10
3x1x185+9,5	0 – 5		> 5-12	0 - 5	> 5-12		8

Nota: Quando houver arrancamento, instalar o cabo de aço na cavidade inferior do conector do braço J.

Ângulo de Deflexão Horizontal (α) em Graus – Estrutura I1

Cabo	Código	Ângulo de Deflexão Interno	Ângulo de Deflexão Externo
3x1x50+9,5	231712	30°	90
3x1x120+9,5	231712	30°	80
3x1x185+9,5	231712	30°	40

Nota:

1 - Item 2 do DP-02.118-Cemig-667c

Tabela 21E – Escolha de Estruturas - Rede Isolada de Baixa Tensão Ângulos de Deflexão Horizontais

Ângulo de Deflexão Horizontal (α) em Graus – Estrutura S1

Cabo	Código	Ângulo de Deflexão Interno	Ângulo de Deflexão Externo
2x1x35+70	214619[1]	30°	90°
2x1x70+70	214619[1]	30°	90°
3x1x35+70	214619[1]	30°	90°
3x1x70+70	231712[2]	30°	90°
3x1x120+70	231712[2]	30°	90°

Notas:

1- Item 1 do DP-02.118-CEMIG-667c

2- Item 2 do DP-02.118-CEMIG-667c

Tabela 22 – Demanda Diversificada Residencial (kVA)

Número de Consumidores no Circuito	Faixa de Consumo			
	Baixo	Médio	Alto	Altíssimo
1 a 5	0,35	0,70	1,38	4,62
6 a 10	0,33	0,62	1,28	4,04
11 a 15	0,31	0,54	1,17	3,47
16 a 20	0,29	0,49	1,07	2,90
21 a 25	0,28	0,45	0,97	2,50
26 a 30	0,27	0,42	0,87	2,13
31 a 40	0,26	0,39	0,78	1,75
Acima de 40	0,25	0,36	0,71	1,39

Notas:

1 - Baixo – Consumo de 0 a 75kWh

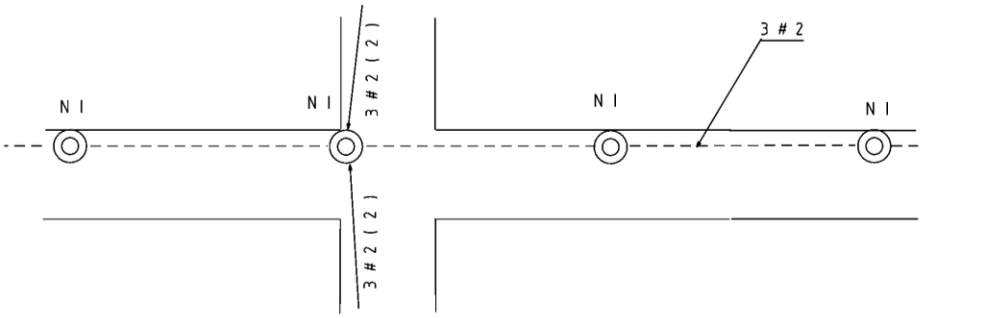
2 - Médio – Consumo de 76 a 150kWh

3 - Alto – Consumo de 151 a 300kWh

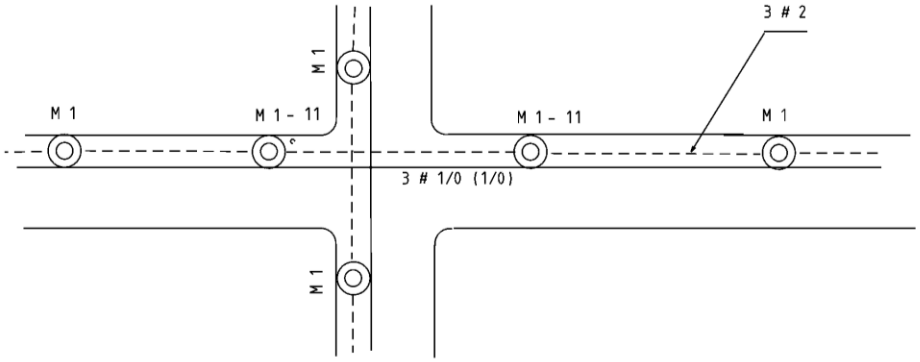
4 – Altíssimo – Consumo superior a 300kWh

Tabela 23 – Peso Unitário de Cabos de Ramal de Ligação e Cabo de aço

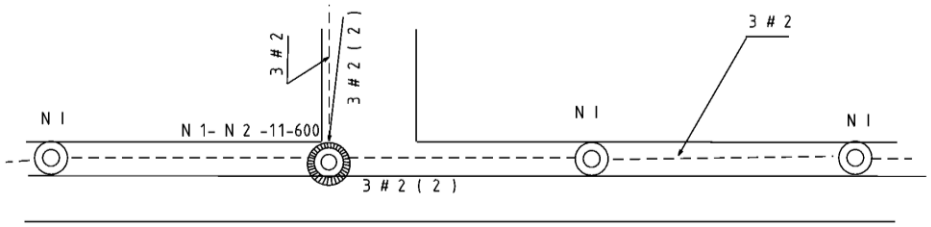
Tipo	Peso Unitário (kg/km)
RL – 1x1x10+10	74
RL – 1x1x16+16	115
RL – 1x1x25+25	170
RL – 2x1x10+10	120
RL – 2x1x16+16	185
RL – 3x1x16+16	250
Cabo de aço – d= 6,4mm	180
Cabo de aço – d= 9,5mm	406



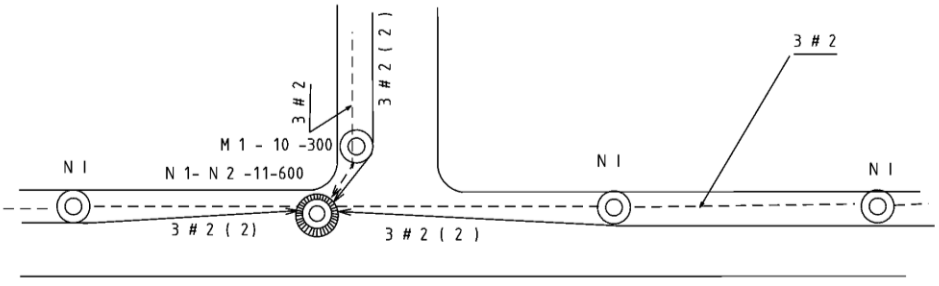
CRUZAMENTO DE RUA – PASSEIO RETO OU LEVEMENTE ARREDONDADO*



CRUZAMENTO DE RUA – PASSEIO REDONDO



CRUZAMENTO DE RUA – PASSEIO RETO OU LEVEMENTE ARREDONDADO*



DERIVAÇÃO DE RUA – PASSEIO REDONDO

* Os cabos não devem ficar sobre o muro.

Figura 2 – Disposição de Postes

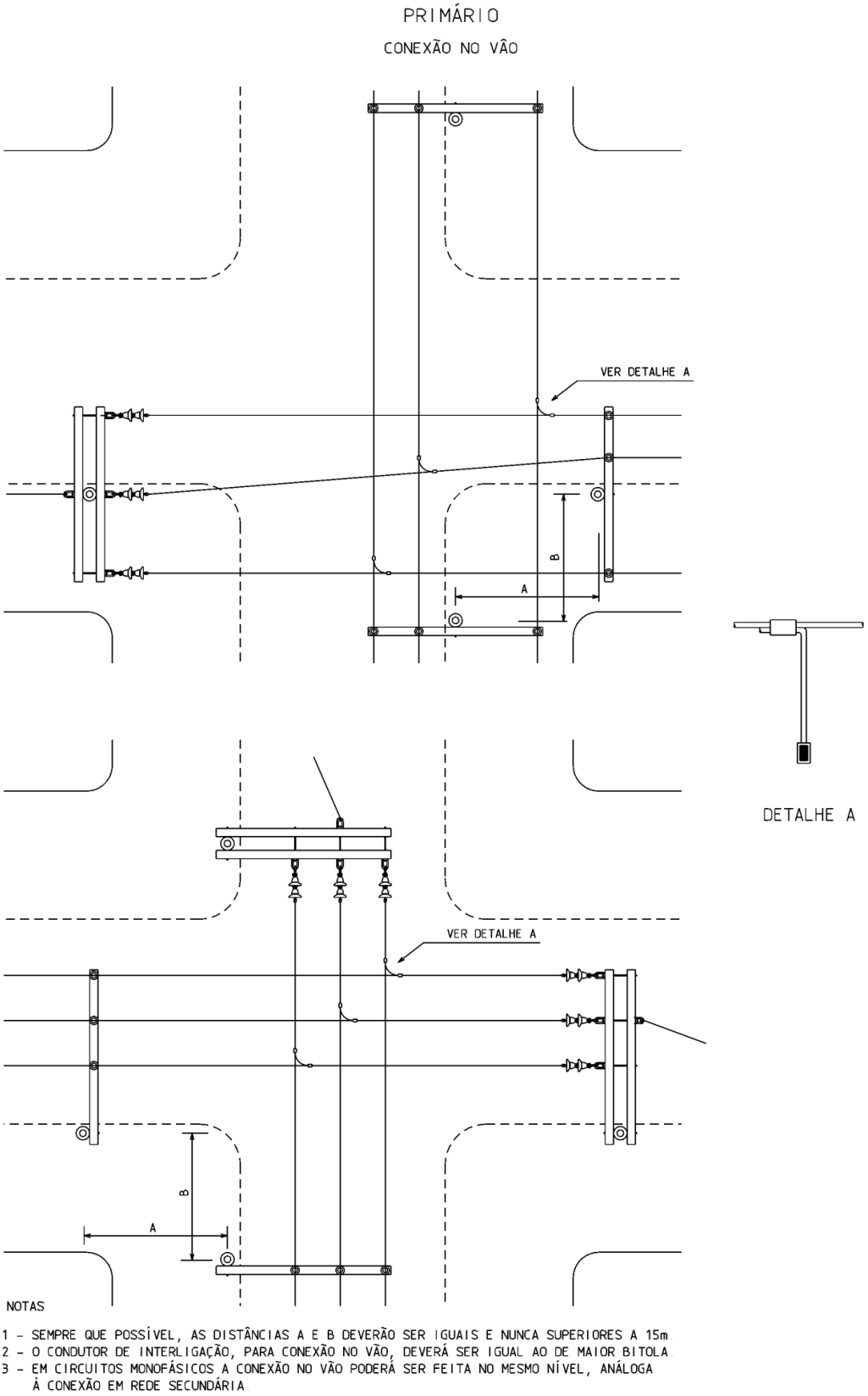


Figura 3 – Primário – Conexão no Vão

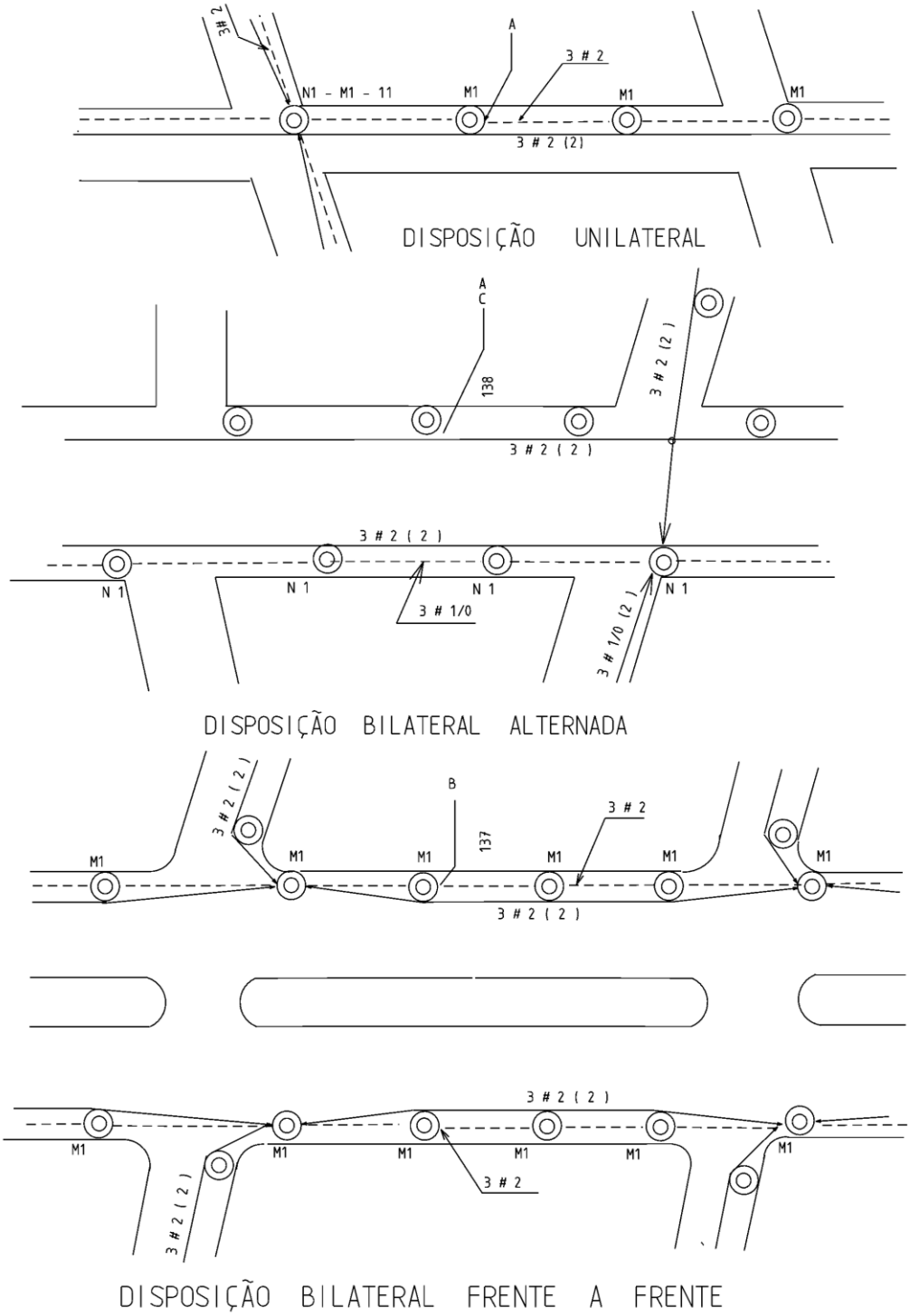


Figura 6 – Disposição de Postes

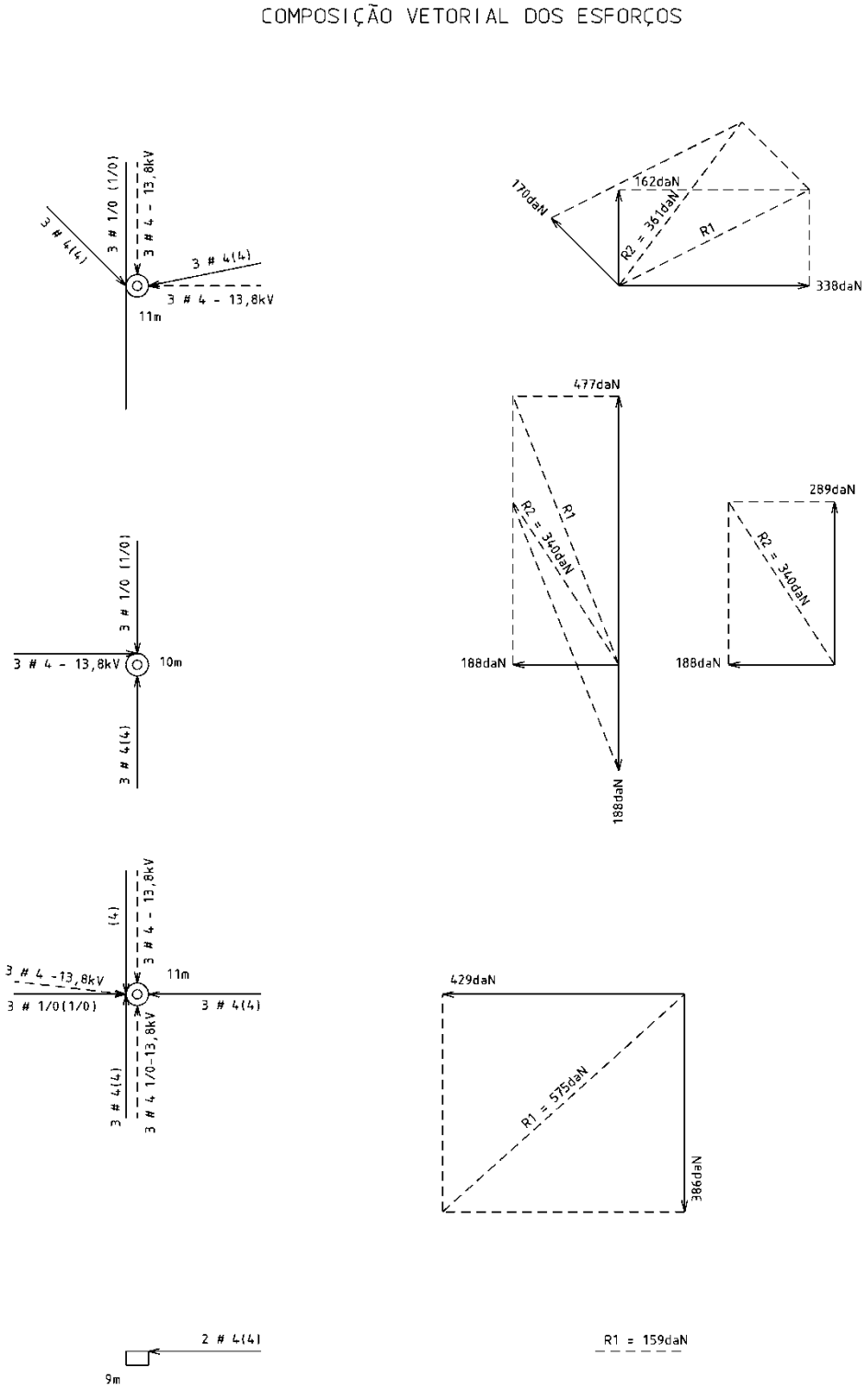
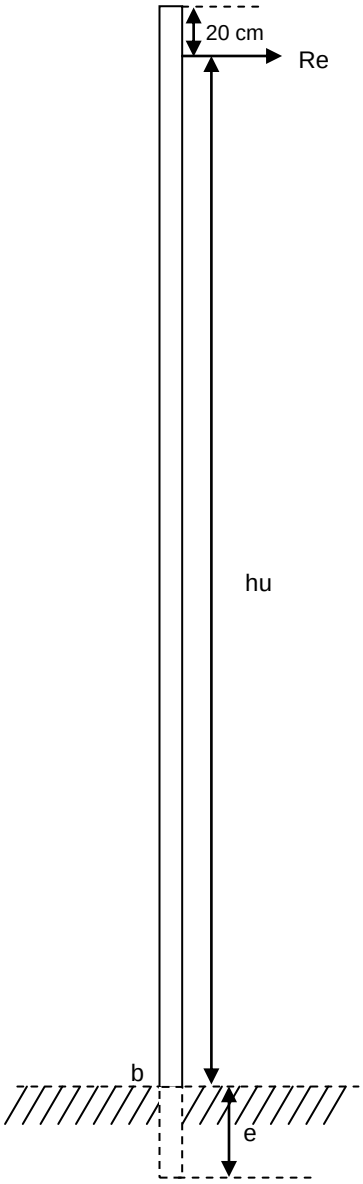


Figura 10 – Composição Vetorial dos Esforços



$$\mathrm{Re}\,\frac{c \cdot b \cdot e^3}{hu + e}$$

c=compressibilidade do solo

solo normal=2.000daN/m^3

solo rochoso=50.000daN/m^3

solo alagadiço=500daN/m^3

Re= resistência do engastamento

hu= altura útil do poste

e= profundidade do engastamento

b= diâmetro do poste na parte aflorada

Figura 12 – Fórmula para Cálculo de Engastamento com Profundidade Aumentada

	DESCRIÇÃO	SÍMBOLO	
		INSTALADO	A INSTALAR
POSTES	POSTE DE CONCRETO SEÇÃO CIRCULAR	12-300	12-300
	POSTE DE CONCRETO SECAO DUPLO T	12-300	12-300
	POSTE DE CONCRETO SEÇÃO DUPLO T (PADRÃO INCORPORADO)	10-300	10-300
	POSTE DE CONCRETO SEÇÃO RETANGULAR	12-300	12-300
	POSTE DE MADEIRA	12-300M	12-300M
	POSTE MODULAR AÇO/MADEIRA (DUPLO U)	12-150	12-150
	POSTE DA CEMIG EM USO MÚTUO COM A TELEFONIA	10-300 UT	10-300 UT
	POSTE DA CEMIG EM USO MÚTUO COM TV A CABO	10-300 UC	10-300 UC
	POSTE DA CEMIG EM USO MÚTUO COM TELEFONIA E TV A CABO	10-300 UTC	10-300 UTC
	POSTE DA CEMIG EM USO MÚTUO COM RMS (REDE MULTI-SERVIÇO)	10-300 UR	10-300 UR
	POSTE DA EMPRESA DE TELEFONIA EM USO MÚTUO COM A CEMIG	10-300 TU	10-300 TU
	POSTE DA EMPRESA DE TV A CABO EM USO MÚTUO COM A CEMIG	10-300 CU	10-300 CU
	POSTE DA CEMIG EM USO MÚTUO, TELEFONIA, TV A CABO E REDE MULTI SERVIÇO	10-300 UTCR	10-300 UTCR
	POSTE COM BASE CONCRETADA	12-150	12-150
	POSTE COM ENGASTAMENTO E PROFUNDIDADE AUMENTADA	12-300PA1,8	12-300PA1,8
	POSTES EXCLUSIVOS DE IP - VER ND-3.4		
ATERRAMENTO	ATERRAMENTO		
	ATERRAMENTO DE CERCAS		
	PONTO DE ATERRAMENTO TEMPORÁRIO EM RDP		
COBERTURA	COBERTURA PROTETORA DE B.T.	3#1/0 (1/0)	NÃO É MAIS INSTALADO.
	COBERTURA PROTETORA DE M.T.	3#4/0	
CHAVES	CHAVE INTERRUPTORA SF6 BLINDADA	XX-XXX	XX-XXX
	CHAVE INTERRUPTORA TRIPOLAR	XX-630A	XX-630A
	CHAVE SECCIONADORA BASCULANTE TRIPOLAR	XX-630A	XX-630A
	CHAVE FACA UNIPOLAR 400/630 A	XX-630A	XX-630A
	CHAVE UNIPOLAR COM LÂMINA BY PASS 300A	XX-300A	XX-300A
	CHAVE A ÓLEO UNIPOLAR	01 200A	NÃO É MAIS INSTALADO.
	CHAVE A ÓLEO TRIPOLAR	03 600A	NÃO É MAIS INSTALADO.
	CHAVE FUSÍVEL 50A - 1,25kA (ANTIGA)	50A/5H	NÃO É MAIS INSTALADO.
	CHAVE FUSÍVEL 100/200 A	200A/10kA/5H	200A/10kA/5H
	CHAVE FUSIVEL REPETIDORA	XXXXX-100A-40T	XXXXX-100A-40T

Figura 13 – Simbologia

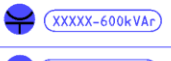
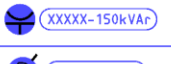
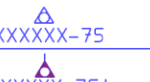
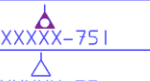
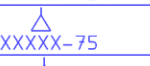
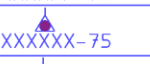
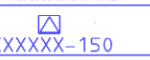
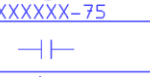
	DESCRIÇÃO	SÍMBOLO	
		INSTALADO	A INSTALAR
RELIGADOR E SECCIONALIZADOR	RELIGADOR TRIPOLAR (V6H, BOBINA SÉRIE DE 50A, SEQUÊNCIA 1A + 2B)		
	RELIGADOR UNIPOLAR (V4H, BOBINA SÉRIE DE 25A, SEQUÊNCIA 2A + 2B)		
	RELIGADOR TRIFÁSICO ELETRÔNICO		
	SECCIONALIZADOR TRIPOLAR (GN3, BOBINA SÉRIE DE 70 A, 3 OPERAÇÕES)		NÃO É MAIS INSTALADO.
	SECCIONALIZADOR UNIPOLAR (GH, BOBINA SÉRIE DE 70 A, 2 OPERAÇÕES)		
	SECCIONALIZADOR ELETRÔNICO		
BANCO CAPAC. E REG. TENSÃO	BANCO DE CAPACITORES AUTOMÁTICO		
	BANCO DE CAPACITORES FIXO		
	REGULADOR DE TENSÃO		
	REGULADOR AUTO-BOOSTER		NÃO É MAIS INSTALADO.
P. RAIOS	PÁRA-RAIOS DE M.T.		
	PÁRA-RAIOS DE B.T.		
TRANSFORMADOR	TRANSFORMADOR AUTO PROTEGIDO		
	TRANSFORMADOR AUTO PROTEGIDO ISOLADO		
	TRANSFORMADOR CONVENCIONAL		
	TRANSFORMADOR CONVENCIONAL COM CHAVE FUSÍVEL DESLOCADA		
	TRANSFORMADOR CONVENCIONAL COM CHAVE DESLOCADA PARTICULAR		
	TRANSFORMADOR AUTO PROTEGIDO PARTICULAR		
	TRANSFORMADOR AUTO PROTEGIDO ISOLADO PARTICULAR		
	TRANSFORMADOR CONVENCIONAL PARTICULAR EM POSTE		
	TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL (PAD-MOUNTED) CEMIG		
	TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL (PAD-MOUNTED) PARTICULAR		
	TRANSFORMADOR CONVENCIONAL CEMIG EM CABINE		
	TRANSFORMADOR CONVENCIONAL PARTICULAR EM CABINE		
	AUTOTRANSFORMADOR		NÃO É MAIS INSTALADO.
SECCIONA-MENTO	SECCIONAMENTO NO VÃO COM ISOLADOR CASTANHA		
	SECCIONAMENTO EM CRUZAMENTO COM ISOLADOR CASTANHA		
	SECCIONAMENTO DE ESTAI (CZ/P) COM ISOLADOR DE DISCO OU BASTÃO POLIÉRICO		

Figura 13 – Simbologia (Continuação)

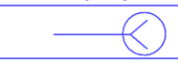
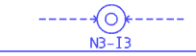
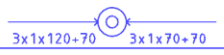
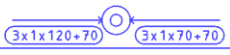
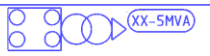
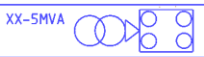
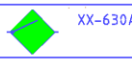
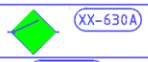
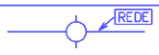
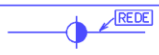
	DESCRIÇÃO	SÍMBOLO	
		INSTALADO	A INSTALAR
ESTAIS	ESTAI DE CRUZETA A POSTE		
	ESTAI DE CRUZETA A CRUZETA		
	ESTAI DE POSTE A POSTE (NÍVEL DO PRIMÁRIO)		
	ESTAI DE POSTE A POSTE (NÍVEL DO SECUNDÁRIO)		
	ESTAI DE POSTE A CONTRA POSTE (NÍVEL DO PRIMÁRIO)		
	ESTAI DE POSTE A CONTRA POSTE (NÍVEL DO SECUNDÁRIO)		
	ESTAI DE ÂNCORA		
CONDUTORES	CONDUTORES EM ELETRODUTO PARA IP		
	CONDUTORES PRIMARIOS DE REDE AÉREA PROTEGIDA		
	CONDUTORES PRIMÁRIOS DE REDE AÉREA CONVENCIONAL		
	CONDUTORES PRIMÁRIOS DE REDE AÉREA ISOLADA		
	CONDUTORES SECUNDARIOS DE REDE AÉREA CONVENCIONAL		
	CONDUTORES SECUNDÁRIOS REDE AÉREA ISOLADA DE B.T.		
	MUDANÇA DE SEÇÃO DO CONDUTOR DE M.T. MESMO NÍVEL		
	MUDANÇA DE MODALIDADE DE REDE		
	MUDANÇA DE SEÇÃO DO CONDUTOR B.T.		
	CIRCUITO PRIMÁRIO DUPLO DE MESMA SEÇÃO (PLANTA DETALHE)		
	CIRCUITO PRIMÁRIO DUPLO DE SEÇÕES DIFERENTES		
REDES 34,5kV	POSTO DE TRANSFORMAÇÃO ELEVADOR		
	POSTO DE TRANSFORMAÇÃO ABAIXADOR		
	CHAVE 34,5kV/13,8kV		
	REDE PRIMÁRIA 34,5kv		
	ESTRUTURA DE SUSTENAÇÃO DO POSTO DE TRANSFORMAÇÃO 2,5 E 5,0 MVA(4 POSTES)		
	ESTRUTURA DE SUSTENAÇÃO DO POSTO DE TRANSFORMAÇÃO 1,0 MVA(2 POSTES)		
CONEXÃO PREMOLDADA	CONEXÃO PREMOLDADA "T" - 600A DE UM CONDUTOR 185mm² / 15kV	D	(D)
	CONEXÃO PREMOLDADA "T" - 600A DE UM CONDUTOR 120mm² / 15kV	B	(B)
	CONEXÃO PREMOLDADA "T" - 600A DE UM CONDUTOR 50mm² / 15kV	C	(C)
	CONEXÃO TDC OU TDR - 120mm²	b	(b)
	CONEXÃO TDC OU TDR - 50mm²	c	(c)
ESFERA	ESFERA DE SINALIZAÇÃO		
ESCORA	ESCORA DE SUBSOLO		

Figura 13 – Simbologia (Continuação)

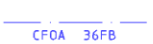
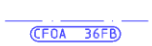
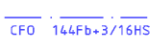
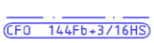
	DESCRIÇÃO	SÍMBOLO	
		INSTALADO	A INSTALAR
CAIXA DE EMENDA	CAIXA DE EMENDA DE FIBRA ÓPTICA EM POSTE		
	CAIXA DE EMENDA DE FIBRA DE ÓPTICA EM CAIXA SUBTERRÂNEA		
	CAIXA DE PASSAGEM SUBTERRÂNEA		
FIBRA ÓPTICA E OUTROS SÍMBOLOS DE TELECOMUNICAÇÕES	CONDUTORES DE TELEFONIA E TELÉGRAFO		
	CABO COAXIAL DE TV A CABO		
	CABO DE FIBRA ÓPTICA AUTO-SUSTENTÁVEL		
	CABO DE FIBRA ÓPTICA COM MENSAGEIRO		
	CORDOALHA EXISTENTE		
	RESERVA TÉCNICA COM OPTLOOP		
	DESCIDA E SUBIDA LATERAL		
	PONTO DE ACESSO DIGITAL		
	ENCABEÇAMENTO DE CORDOALHA EM FIM DE REDE		
	ENCABEÇAMENTO DUPLO DE CORDOALHA		
	CONDUTORES PROJETADOS ESPINADOS	CE XXXX	
	ATERRAMENTO DE BLINDAGEM		

Figura 13 – Simbologia (Continuação)

DESCRIÇÃO	SÍMBOLO
CONDUTORES PRIMÁRIOS (Planta detalhe)	
CONDUTORES SECUNDÁRIOS (Planta detalhes)	
CRUZAMENTO DE CONDUTORES SEM CONEXÃO ELÉTRICA	Primário
CRUZAMENTO DE CONDUTORES COM CONEXÃO ELÉTRICA	Secundário Primário
INDICAÇÃO DE MATERIAL E EQUIPAMENTO "A INSTALAR"	
INDICAÇÃO DE MATERIAL E EQUIPAMENTO "A RETIRAR"	
ENCABEÇAMENTO DE TOPO EM CIRCUITO PRIMÁRIO	
ENCABEÇAMENTO LATERAL DE CIRCUITO SECUNDÁRIO	
MUDANÇA DE NÚMERO DE CONDUTORES SECUNDÁRIOS	2 # 4(4) AC 3 # 4(4)
ENCABEÇAMENTO DO SECUNDÁRIO COM MUDANÇA DE SEÇÃO DOS CONDUTORES	3x1x35+70 3x1x70+70
SECCIONAMENTO DE CIRCUITO SECUNDÁRIO POR ENCABEÇAMENTO (Divisão de circuito)	3x1x70+70 3x1x70+70
INDICAÇÃO DO CONDUTOR NEUTRO INTERLIGADO E SECCIONAMENTO DE CIRCUITO	3 # 4(4) (4) 2 # 4(4)
ESTAI DE CRUZETA A POSTE OU CONTRA POSTE	M2-N2 CZ/P
SUBSTITUIÇÃO DE POSTE DE MADEIRA POR CONCRETO E DERIVAÇÃO DO PRIMÁRIO A INSTALAR (Projetado)	12-600 N2-N2-12-600 3#2(2) (2)
LUMINÁRIA ABERTA COM LÂMPADA VM 80W, BRAÇO CURTO, CONECTADAS ENTRE AS FASES A E B	3x1x70+70 2C-AB 3x1x70+70
CIRCUITO PRIMÁRIO DUPLO DE MESMA SEÇÃO (PLANTA DETALHE)	2(3#50+9,5)
CIRCUITO PRIMÁRIO DUPLO SEÇÕES DIFERENTES (PLANTA DETALHE)	(3#150+9,5)+(3#50+9,5)
DUAS MONTAGENS NO MESMO NÍVEL	CE3 CE3
DUAS MONTAGENS EM NÍVEIS DISTINTOS	CE3-CE3

Figura 14 – Detalhes Construtivos

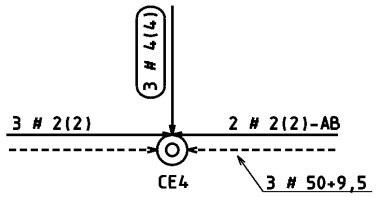
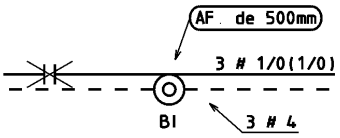
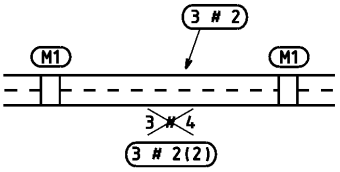
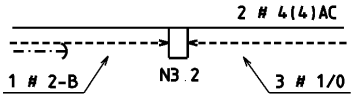
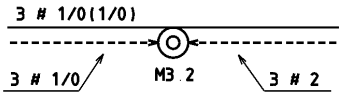
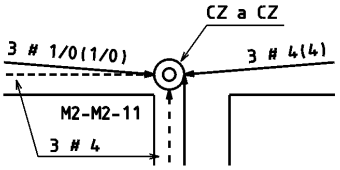
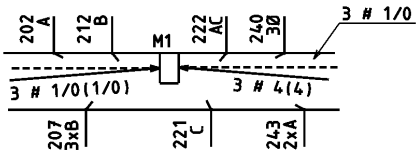
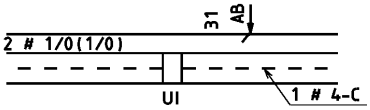
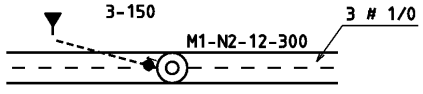
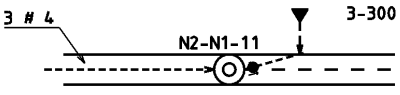
DESCRIÇÃO	SÍMBOLO
DERIVAÇÃO DE SECUNDÁRIO A INSTALAR	
RETIRADA DE ISOLADOR DE CASTANHA E INSTALAÇÃO DE AFASTADOR	
ALTERAÇÃO NO SECUNDÁRIO: MUDANÇA DOS CONDUTORES FASE 4AWG PARA 2AWG COM PRIMÁRIO A INSTALAR	
TRANSIÇÃO DO PRIMÁRIO TRIFÁSICO PARA MONOFÁSICO	
MUDANÇA DE SEÇÃO DO CONDUTOR PRIMÁRIO NO MESMO NÍVEL DE CRUZETA	
ESTRUTURA TRIFÁSICA EM DOIS NÍVEIS DE CRUZETA	
REPRESENTAÇÃO DOS RAMAIS DE SERVIÇOS AÉREOS EM B.T.	
REPRESENTAÇÃO DO RAMAL DE SERVIÇO SUBTERRÂNEO EM B.T.	
REPRESENTAÇÃO DO RAMAL DE SERVIÇO AÉREO EM M.T.	
REPRESENTAÇÃO DO RAMAL DE SERVIÇO SUBTERRÂNEO EM M.T.	

Figura 14 – Detalhes Construtivos (Continuação)

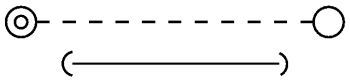
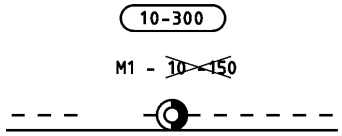
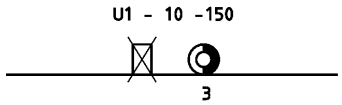
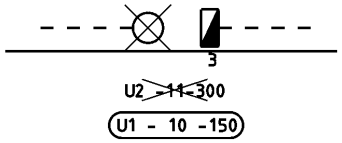
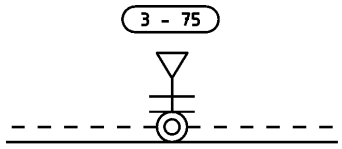
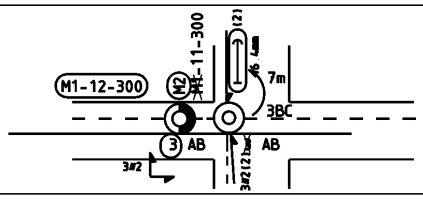
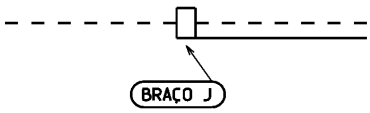
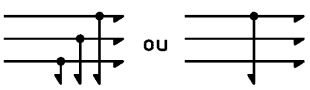
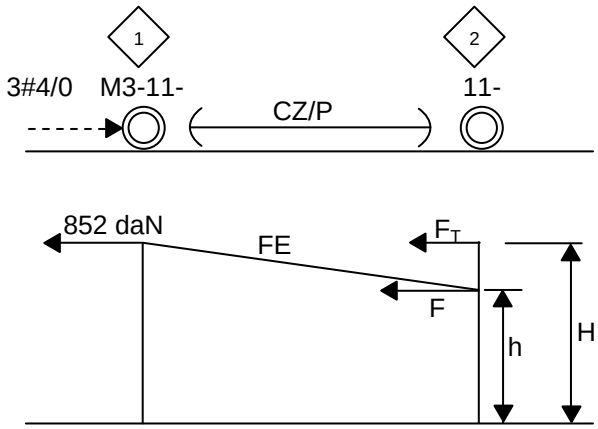
DESCRIÇÃO	SÍMBOLO
ESTAI PROJETADO COM CABO DE AÇO DE 9,5mm	
SUBSTITUIÇÃO DE POSTE DO MESMO TIPO	
SUBSTITUIÇÃO DE POSTE DE TIPO DIFERENTE	
SUBSTITUIÇÃO DE POSTE DE TIPO RESISTÊNCIA E ESTRUTURA DIFERENTE	
INSTALAÇÃO DE TRANSFORMADOR PARA ATENDIMENTO EXCLUSIVO	
REMOÇÃO DE POSTE DO MESMO TIPO COM ALTERAÇÃO DE ESTRUTURA E INSTALAÇÃO DE POSTE	
INSTALAÇÃO DE BRAÇO J EM CASOS ESPECIAIS PARA AFASTAMENTO DE REDE SECUNDÁRIA ISOLADA	
INDICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE FASE A SEGUIR	

Figura 14 – Detalhes Construtivos (Continuação)

ANEXO A

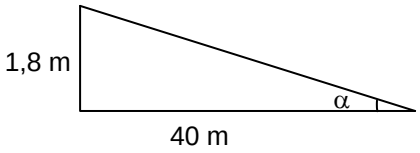
Exemplo1: Estai de cruzeta a poste (CZ/P)

Vão=40m



FE = Força exercida no estai
F = Força Horizontal no Nível do Estai
F_T = Força Transferida para o Topo
h = Altura do Estai ao Solo
H = Altura de 20 cm do Topo ao Solo

1) Ângulo de Inclinação



$$\tan\alpha = \frac{1,8}{40} = 0,045 \rightarrow \alpha = 2,6° < 10°$$

2) Dimensionamento do Cabo de Aço

$FE = \frac{852}{\cos 2,6°} = 853daN > 700daN \rightarrow$ Usar cabo de aço D_n=9,5mm

3) Dimensionamento Poste

Poste 1

Como estai está na posição oposta a fase central, todo o esforço do primário vai para o estai. Como o padrão mínimo para o poste de 11m e 300daN, deve-se usar o poste 11-300 com engastamento simples.

Poste 2

$F = 852daN$

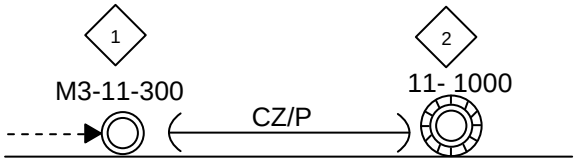
$F_T = 852 \cdot \frac{h}{H} \rightarrow 852 \cdot \frac{7,3}{9,1} = 683daN \rightarrow$ Usar poste – 11m-1000daN

e engastamentos:

- Profundidade aumentada – E=2,3m
- Concretagem Circular - D_n= 1,3m
- Concretagem retangular 0,7x2,2m

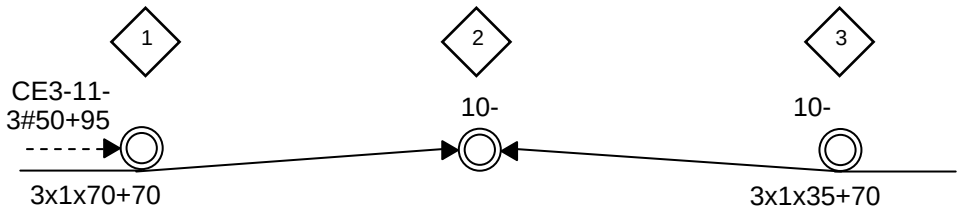
Obs: No caso de utilizar profundidade aumentada, analisar a necessidade de troca do poste por mais alto.

4) Resultado

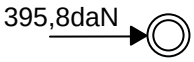


Exemplo 2: Estai de poste a poste (P/P)

Vão = 40m

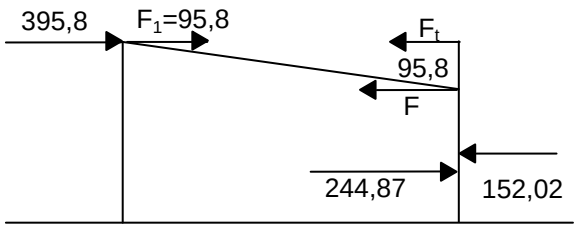


a) Sem Estai



Conclusão

b) Utilizar poste 1 com 11-300 Eng. Concretagem Circular D_n=600m e 1 estai de poste a poste

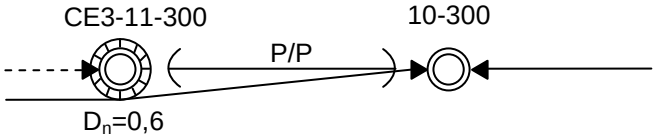


$$F_1 = F = 395{,}8 - 300 = 95{,}8daN$$

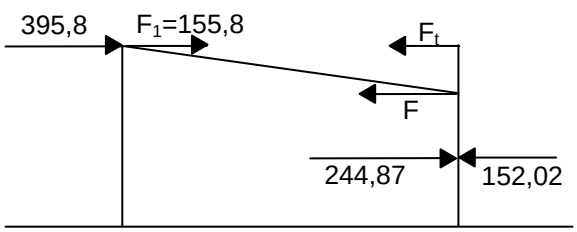
$$F_t = (244{,}87 - 152{,}02) \times \frac{7}{8{,}2} + 95{,}8 \times \frac{7{,}3}{8{,}2} =$$

$$F_t = 164{,}6daN$$

Conclusão



c) Utilizar poste 1 com 11-300 Engastamento Simples e 1 Estai



$$F_1 = F = 395{,}8 - 240 = 155{,}8daN$$

$$F_t = (244{,}87 - 152{,}02) \times \frac{7}{8{,}2} + 155{,}8 \times \frac{7{,}3}{8{,}2} =$$

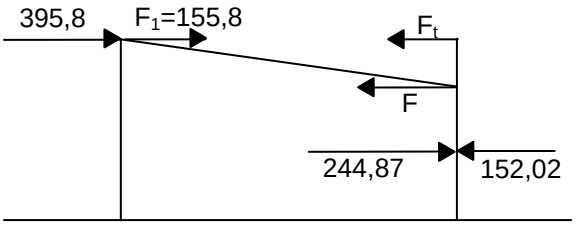
$$F_t = 218daN$$

Conclusão

OBS: A solução “c” é mais barata que a solução “b”.

d) Utilizar poste 1 com 2 Estais de poste a poste

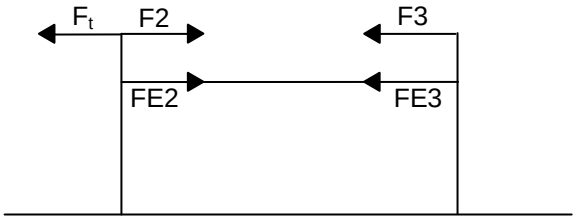
Poste 1 e 2



$F_t = 218daN$

OBS: Ver solução “c”.

Poste 2 e 3



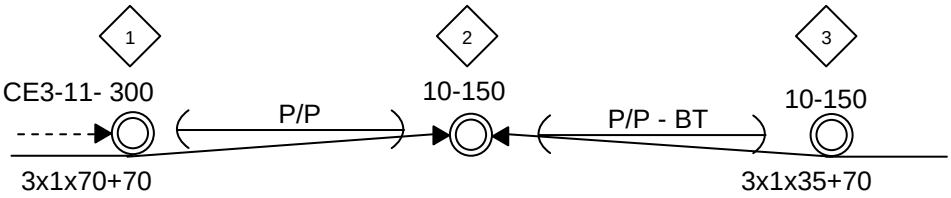
FE = Força exercida no estai

F_T = Força Transferida no poste 2 (Calculado acima)

$F_2 = 218 - 150 = 68daN$

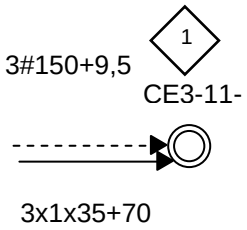
$FE2 = 68 \div \left(\frac{7,3}{8,2}\right) = 76,4daN$

Conclusão



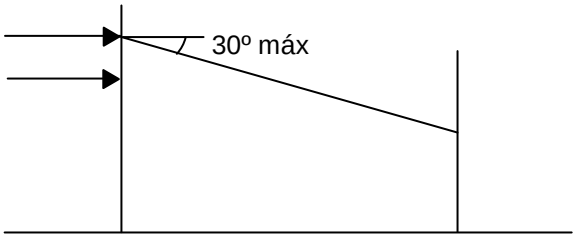
OBS: O projetista deve optar entre o caso “c” ou “d”, o que for mais barato.

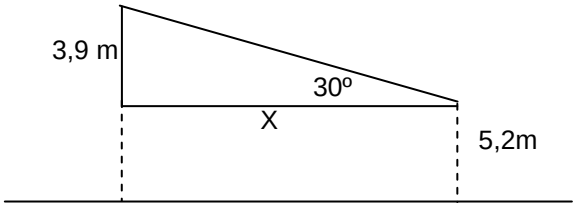
Exemplo 3: Poste a contra poste (P/CP)



a) Distância mínima o contra poste:

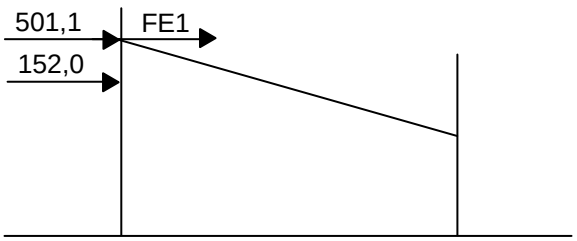
O ângulo máximo do estai do poste é 30º





$$X = \frac{3,9}{\tan 30^{\circ}} = 6,8m$$

Logo o contra poste tem que estar no mínimo a 6,8m do poste 1



$$FT = 501,1 + 152,02 \times \frac{7,0}{9,1} = 618daN$$

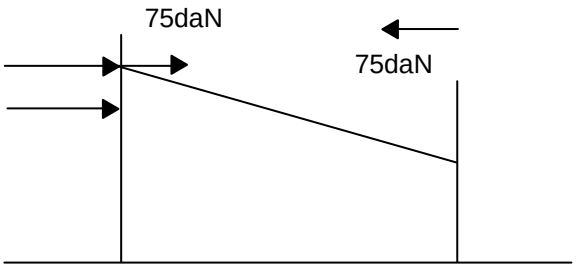
$$FE1 = 618 - 600 = 18daN$$

Como o esforço mínimo transferido por um estai deve ser 75 daN.

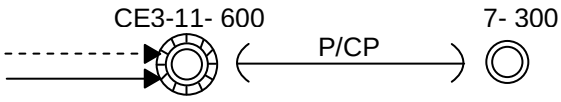
Temos:

Poste 1

$$FT = 618 - 75 = 543daN$$



Conclusão



ANEXO B

TABELAS DE REMUNERAÇÃO

TABELA 01 - FATORES BÁSICOS MODULARIZADOS DE CONSTRUÇÃO EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO URBANA

A	B	C	D	E	F
Grupo da Atividade	**Atividade**	**Descrição Completa**	**Grau de Dificuldade**	**Valor da US Instalação**	**Valor da US Retirada**
Poste	Instalar poste/contra poste até 8 m de altura.	Consiste na abertura da vala, levantamento, engastamento e aprumo do poste de até 8 metros de altura.	1	0,25	0,15
	Instalar poste/contra poste de 9 a 12 metros de altura.	Consiste no transporte, abertura da vala, levantamento, engastamento e aprumo do poste de 9 a 12 metros de altura.	2	0,42	0,25
	Instalar poste/contra poste acima de 12 metros de altura.	Consiste no transporte, abertura da vala, levantamento, engastamento e aprumo do poste acima de 12 metros de altura.	3	0,50	0,30
Estrutura de BT	Instalar/modificar estrutura BT de rede com fixação/amarração de condutores. (Sem lançamento de condutores)	Consiste na instalação e ou modificação de estrutura de BT para rede convencional ou isolada com fixação e ou amarração dos condutores e conexões. Não há lançamento de condutores.	1	0,22	0,13
	Instalar/modificar estrutura BT com lançamento, fixação/amarração de condutores.	Consiste na instalação e ou modificação de estrutura de BT de rede convencional ou isolada com lançamento de condutores, fixação e ou amarração, inclusive emendas e conexões independente do número de condutores.	2	0,28	0,17
	Substituição de neutro para rede de BT isolada.	Consiste na substituição de neutro por rede de BT isolada com lançamento de condutor, alteração de estrutura, fixação e ou amarrações, inclusive emendas e conexões.	3	0,39	-
	Substituição de rede BT isolada por rede de BT isolada.	Consiste na substituição de rede BT isolada por outra de qualquer bitola com lançamento de condutor, alteração de estrutura, fixação e ou amarrações, inclusive emendas e conexões.			

TABELA 01 - FATORES BÁSICOS MODULARIZADOS DE CONSTRUÇÃO EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO URBANA (Cont.)

A	B	C	D	E	F
Grupo da Atividade	**Atividade**	**Descrição Completa**	**Grau de Dificuldade**	**Valor da US Instalação**	**Valor da US Retirada**
Estrutura MT	Instalar/modificar estrutura MT de rede convencional e ou protegida com fixação/amarração de condutores. (Sem lançamento de condutores)	Consiste na instalação e ou modificação de estrutura de MT para rede convencional ou protegida com fixação e ou amarração dos condutores e conexões, Não há lançamento de condutores.	1	0,21	0,13
	Instalar/modificar estrutura MT monofásica convencional com lançamento, fixação/amarração de condutores.	Consiste na instalação e ou modificação de estrutura de MT de rede convencional monofásica com lançamento de condutores, fixação e ou amarração, inclusive emendas e conexões.			
	Instalar/modificar estrutura MT trifásica convencional com lançamento, fixação/amarração de condutores.	Consiste na instalação e ou modificação de estrutura de MT trifásica de rede convencional com lançamento de condutores, fixação e ou amarração, inclusive emendas e conexões.	2	0,30	0,18
	Substituir de condutores MT de rede convencional.	Consiste na substituição de condutores de rede convencional com ou sem alteração de estrutura, lançamento de condutores com fixação e ou amarrações, inclusive emendas e conexões independente do número de condutores.	3	0,39	-
	Instalar/modificar estrutura MT protegida com lançamento, fixação/amarração de condutores.	Consiste na instalação e ou modificação de estrutura de MT de rede protegida com lançamento de condutores e mensageiro, fixação e ou amarração, inclusive emendas e conexões independente do número de condutores.			0,23

TABELA 01 - FATORES BÁSICOS MODULARIZADOS DE CONSTRUÇÃO EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO URBANA (Cont.)

A	B	C	D	E	F
Grupo da Atividade	**Atividade**	**Descrição Completa**	**Grau de Dificuldade**	**Valor da US Instalação**	**Valor da US Retirada**
IP (execução em conjunto com outra atividade)	Instalar ponto de IP convencional	Consiste na instalação de IP convencional, independente do número de pontos no poste, com conexões, aterramento e ligações.	1	0,08	0,05
	Instalar ponto de IP semi convencional	Consiste na instalação de IP semi convencional, independente do número de pontos no poste, com conexões, aterramento e ligações	2	0,10	0,06
	Instalar ponto de IP não convencional	Consiste na instalação de IP não convencional, independente do número de pontos no poste, com conexões, aterramento e ligações.	3	0,13	0,08
EQUIPAMENTOS	Instalar chave faca, chave fusível, chave repetidora, estai, para raios.	Consiste na instalação de 1 ou mais equipamentos descrito ao lado no poste, incluindo conexões e todos os acessórios.	1	0,08	0,05
	Instalar/substituir transformador monofásico, religador monofásico , seccionalizador monofásico, capacitor monofásico.	Consiste na instalação de 1 ou mais equipamentos descrito ao lado no poste, incluindo conexões e todos os acessórios	2	0,35	0,21
	Instalar/substituir transformador trifásico, religador trifásico , seccionalizador trifásico, capacitor trifásico, chave telecontrolada, conjunto de medição.	Consiste na instalação de 1 ou mais equipamentos descrito ao lado no poste, incluindo conexões e todos os acessórios.	3	0,50	0,35

NOTA 01 - Quando da instalação de poste, havendo concretagem de base, deverá ser pago adicional a remuneração da atividade, 0,08 de mão de obra somado ao fator de US referente ao material utilizado conforme tabela 02.

NOTA 02 - A remuneração do serviço executado será obtido através do somatório dos fatores referentes as atividades envolvidas durante a execução.

NOTA 03 - Cada **atividade** possui grau de dificuldade único, definido de acordo com a tabela acima.

NOTA 04 - Quando não houver previsão de **substituição** no serviço, havendo a necessidade, deverá ser considerado para a remuneração nesse caso, 01 (uma) retirada e 01 (uma) instalação.

NOTA 05 - Para as atividades não previstas na tabela 01 deverá ser utilizada a tabela 02 - FATORES COMPLEMENTARES DE CONSTRUÇÃO EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO URBANA.

NOTA 06 – A tabela 01 deverá ser utilizada para pagamento da atividade de IP em realizada em conjunto com outra atividade desta mesma tabela. Para os casos isolados de IP deverá ser utilizada a tabela **TABELA 05 - SERVIÇOS EXCLUSIVOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA.**

TABELA 02 - FATORES COMPLEMENTARES DE CONSTRUÇÃO EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO URBANA

FATORES COMPLEMENTARES DE RDU (Serviços Isolados)	US Horário Normal
ATERRAMENTO	
Instalação de um aterramento completo com até três hastes	0,15
Instalação de haste adicional para aterramento	0,06
CONDUTORES	
Instalação de rede isolada de MT (incluindo emendas e terminações) em posteação existente	0,96
Reesticamento de rede primária por vão	0,08
Reesticamento de rede secundária por vão	0,05
Substituição de rede convencional para rede isolada de MT (incluindo emendas e terminações).	1,08
Circuito adicional de rede protegida de MT	0,30
Derivação/Transição de rede convencional para rede isolada de MT	0,50
DERIVAÇÃO	
Derivação subterrânea em alta tensão	0,40
Derivação subterrânea em baixa tensão	0,10
Retirada de derivação subterrânea em alta tensão	0,14
Retirada de derivação subterrânea em baixa tensão	0,04
Retirada de derivação primária monofásica, sem troca de poste, c/ retirada de chave, para-raios, etc.	0,07
Retirada de derivação primária trifásica, sem troca de poste, com retirada de chaves, para-raios, etc.	0,14
EQUIPAMENTOS	
Instalação de chaves-faca basculante tripolar	0,82
Instalação de regulador de tensão em estrutura monofásica, com inst. de poste, inclusive chaves e para-raios.	1,61
Instalação de banco de regulador de tensão trifásico com instalação de poste, inclusive chaves e para-raios.	3,20
Retirada de chave basculante tripolar	0,49
Retirada de regulador de tensão monofásico	1,13
Retirada de regulador de tensão trifásico	2,24

TABELA 02 - FATORES COMPLEMENTARES DE CONSTRUÇÃO EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO URBANA (Cont.)

FATORES COMPLEMENTARES DE RDU (Serviços Isolados)	US Horário Normal
ESTAI	
POSTE	
Aprumar poste	0,25
Cava para poste em rocha , incluindo a instalação do poste	2,30
Cava reaterrada inclusive recomposição do passeio	0,08
Cava reaterrada sem recomposição do passeio	0,04
Concretagem de base em poste de até 300 daN (mão-de-obra)	0,08
Concretagem de base em poste acima de 300 até 600 daN (mão-de-obra)	0,18
Concretagem de base em poste acima de 600 daN (mão-de-obra)	0,40
Material para Concretagem de base em poste de até 300 daN	0,05
Material para Concretagem de base em poste acima de 300 até 600 daN	0,12
Material para Concretagem de base em poste acima de 600 daN	0,26
Instalação de poste de aço chicote duplo, incluindo montagem de luminárias, caixa de passagem, fiação, conexões elétricas e transporte.	0,26
Instalação de poste de aço chicote simples, incluindo montagem de luminárias, caixa de passagem, fiação, conexões elétricas e transporte.	0,20
Instalação de poste de aço para desvio de ramal	0,10
Instalação de poste de aço de 4,50m para luminária, incluindo montagem de luminária, equipamentos, caixa de passagem, fiação, conexões elétricas e transporte.	0,10
Instalação de poste de aço de 6,0 a 8,5 m para luminária, incluindo montagem de luminária, equipamentos, caixa de passagem, fiação, conexões elétricas e transporte.	0,20
Instalação de poste ornamental 9 a 12m, incluindo instalação de luminárias, equipamentos, caixa de passagem fiação, conexões elétricas e transporte.	0,60
Confecção de base para instalação de poste flangeado, inclusive material	0,60
Instalação de poste ornamental de 13 a 17m, incluindo instalação de luminárias, equipamentos, caixa de passagem fiação, conexões elétricas e transporte..	1,00
Instalação de escora de subsolo, incluindo recomposição do passeio.	0,10

TABELA 02 - FATORES COMPLEMENTARES DE CONSTRUÇÃO EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO URBANA (Cont.)

FATORES COMPLEMENTARES DE RDU (Serviços Isolados)	US Horário Normal
OUTROS	
Caixa de passagem em alvenaria, para alta tensão.	0,20
Caixa de passagem em alvenaria, para baixa tensão.	0,10
Operação de dispositivo de proteção para transferência de carga, com sinalização (por ponto / por intervenção)	0,08
Sinalização de dispositivo de proteção (NA), excluindo os dispositivos manobrados.	0,04
Abertura ou Fechamento de jampe para seccionamento ou emenda de circuito de MT em condição de manobra	0,08
Abrir valeta em asfalto, por m (metro linear), com lançamento de dutos, inclusive recomposição, lançamento dos cabos e conexões elétricas com fornecimento do concreto asfáltico.	0,24
Abrir valeta em passeio, por m (metro linear), com lançamento de dutos, inclusive recomposição, lançamento dos cabos e conexões elétricas com fornecimento do concreto.	0,08
Valeta em terra, por m, com lançamento de dutos, inclusive recomposição, lançamento dos cabos e conexões elétricas.	0,05
Valeta em grama, por m (metro linear), com lançamento de dutos, inclusive recomposição, lançamento dos cabos e conexões elétricas com fornecimento da grama.	0,06
Instalação de cobertura isolante (por fase/vão) incluindo-se retirada de objetos e poda de árvore quando necessário	0,06
Instalação de prumadas em postes, incluindo eletrodutos, lançamento de cabos, caixa de passagem, e conexões elétricas (por poste)	0,25
Supressão de árvore em rede primária e/ou rede secundária sem proteção com recolhimento de resíduos e destinação final	0,60
Destoca de árvore suprimida, com recolhimento de resíduos, destinação final, e recomposição do piso, com fornecimento de materiais	0,35
Plantio de mudas	0,25

NOTA: O plantio de mudas engloba: abertura da cova com 1,20m (um metro e vinte centímetros) de comprimento, 0,80m (oitenta centímetros) de largura, 0,60m (sessenta centímetros) de profundidade; aquisição de mudas com 2,50m (dois metros e cinquenta centímetros) de altura, aquisição e aplicação de adubos e suplementos, fixação de 2 (dois) tutores de 1,20m (um metro e vinte centímetros), amarrilhos e cobertura com cascalho e cavaco de madeira.

TABELA 03 - SERVIÇOS EXCLUSIVOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

SERVIÇOS EXCLUSIVOS DE IP	US Horário Normal
Instalação de ponto convencional completo	0,10
Instalação de ponto semi-convencional completo	0,14
Instalação de ponto não convencional completo até duas luminárias	0,19
Instalação de ponto não convencional completo com três ou mais luminárias	0,25
Retirada de ponto convencional completo	0,07
Retirada de ponto semi-convencional completo	0,10
Retirada de ponto não convencional completo até duas luminárias	0,13
Retirada de ponto não convencional completo com três ou mais luminárias	0,18
Substituição de luminária em ponto convencional	0,10
Substituição de luminária em ponto semi-convencional	0,14
Substituição das luminárias em ponto não convencional até duas luminárias	0,29
Substituição das luminárias em ponto não convencional com três ou mais luminárias.	0,43
Substituição de ponto convencional por ponto semi-convencional de IP	0,14
Substituição de ponto semi-convencional por ponto não convencional de IP	0,24
Substituição de ponto convencional por ponto não convencional de IP	0,24
Substituição de ponto convencional por ponto convencional de IP	0,13
Substituição de ponto semi-convencional por ponto semi-convencional de IP	0,17
Substituição de ponto não convencional por ponto não convencional de IP	0,24

NOTA 01: Os serviços de iluminação pública executada na obra em conjunto com outros serviços deverão ser pagos pelos fatores globais.

NOTA 02: Nos serviços de iluminação pública estão incluídos os serviços de aterramento definitivo de ferragens nos postes trabalhados, braços, suportes, conexões, instalação de todo cabeamento e componentes da IP.