

## SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO

### SUBSISTEMA NORMAS E ESTUDOS DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS DE DISTRIBUIÇÃO

---

CÓDIGO	TÍTULO	FOLHA
I-313.0021	CRITÉRIOS PARA UTILIZAÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO	1/23

---

#### 1. FINALIDADE

Definir os critérios de utilização para os padrões de redes de distribuição de média tensão até 34,5kV estabelecidos pela Celesc Distribuição S.A. – Celesc D a serem aplicados em toda sua área de concessão.

#### 2. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

Aplica-se à toda as áreas da Celesc D, empreendedores, empreiteiras e outros que prestam serviços de projetos e construção de redes de distribuição de energia elétrica.

#### 3. ASPECTOS LEGAIS

- a) NBR 15688 - Redes de Distribuição Aérea de Energia Elétrica com Condutores Nus;
- b) NBR 15992 – Redes de Distribuição Aérea de Energia Elétrica com Cabos Cobertos Fixados em Espaçadores para Tensões até 36,2 kv;
- c) IEC/TS 60815-1 - Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles;
- d) Norma Regulamentadora - NR 10;
- e) E-313.0002 - Estruturas para Redes Aéreas Convencionais de Distribuição;
- f) E-313.0085 - Estruturas para Redes de Distribuição Aérea com Cabos Cobertos Fixados em Espaçadores - Rede Compacta;
- g) I-313.0023 - Loteamentos com Rede Aérea de Distribuição de Energia Elétrica;

- h) NE-111E – Padrões para Estruturas de Redes de Distribuição Aérea Primária Multiplexada;
- i) NE-166E - Estruturas para Redes Aéreas Convencionais de Distribuição com Cabo Protegido até 25kV – Rede Compacta Simples – CS;
- j) NE-147E - Loteamentos com Redes de Distribuição Subterrâneas.

#### 4. CONCEITOS BÁSICOS

##### 4.1. Área Urbana

É a área interna ao perímetro urbano de uma cidade ou via, definida por lei municipal.

##### 4.2. Alta Poluição

Áreas com alta densidade de indústrias, subúrbios de grandes cidades com alta densidade de sistema de calefação e áreas próximas ao mar ou expostas a ventos relativamente constantes provenientes do mar. Equivalente ao nível pesado (III) da IEC 60815-1.

##### 4.3. Extra-Alta Poluição

Áreas geralmente de moderada extensão, sujeitas a depósitos de poluentes condutivos e ou efluentes industriais que formam depósitos condutivos particularmente espessos, áreas muito próximas à costa e expostas à maresia (spray) ou a ventos muito fortes provenientes do mar, áreas desérticas, caracterizadas por longos períodos de estiagem, expostas a ventos fortes que carregam sal e areia, sujeitas à condensação regular. Equivalente ao nível muito pesado (IV) da IEC 60815-1.

##### 4.4. Sobretensões Induzidas

Tensões induzidas nos condutores da rede de distribuição devido ao campo eletromagnético gerado pela corrente de descarga atmosférica de incidência indireta e próxima ao sistema afetado. As amplitudes são elevadas podendo atingir valores superiores ao Nível Básico de Isolamento (NBI) da instalação.

##### 4.5. Fator de Blindagem

O fator de blindagem é um índice que demonstra quanto a rede é susceptível a descargas diretas. Um fator de blindagem 0 representa uma linha em um terreno plano sem blindagem por

objetos próximos, e um fator 1 representa uma linha totalmente blindada de descargas diretas.

#### 4.6. Indicador de Continuidade

São indicadores estabelecidos pela ANEEL para verificação da continuidade do serviço público de distribuição de energia elétrica prestado, representando, respectivamente, o tempo (DEC - Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e o número de vezes (FEC - Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) que uma unidade consumidora ficou sem energia elétrica para o período considerado (mês, trimestre ou ano).

#### 4.7. Manutenção Preventiva

Tipo de manutenção periódica baseada em inspeção das estruturas, condutores e equipamentos, especialmente na verificação de pontos quentes em conexões, contatos e fuga de corrente em isoladores, entre outros. Além desses pontos, a manutenção preventiva engloba a poda das árvores e a retirada de objetos da rede.

#### 4.8. Manutenção Corretiva

Tipo de manutenção necessária para reestabelecer as condições normais de funcionamento e operação da rede elétrica. Durante essa manutenção, ocorrem as substituições de material danificado, além das manobras necessárias para a execução dos serviços na rede.

#### 4.9. Custo Inicial de Instalação

Custo referente aos valores financeiros dispendidos para aplicar os materiais e executar os serviços de implantação de uma rede de distribuição de energia.

### 5. PROCEDIMENTOS GERAIS

#### 5.1. Padrões de Rede

São cinco os padrões construtivos para redes de distribuição e a escolha deve obedecer aos critérios estabelecidos nesta Instrução Normativa, salvo nos casos considerados especiais onde a Celesc D deve ser formalmente consultada.

- a) rede convencional;
- b) rede compacta;

- c) rede Compacta Simples;
- d) rede multiplexada;
- e) rede subterrânea.

#### 5.1.1. Rede Convencional

A Rede Convencional é também conhecida como “Rede Nua”, pois tem como característica preponderante o uso de condutores nus de alumínio ou cobre. Devido ao custo deste tipo de condutor ser relativamente menor que dos condutores protegidos ou isolados, o custo de instalação da rede convencional é relativamente inferior quando comparado ao custo de instalação de rede protegidas ou isoladas.

Porém, o uso de condutores nus em instalação aérea proporciona uma alta vulnerabilidade aos efeitos causados pelas condições ambientais e alta susceptibilidade a toques eventuais, muito comuns em áreas arborizadas. Isto acarreta em inspeções constantes para verificação das condições dos materiais e em serviços de poda de vegetação periódicas, o que torna os custos de manutenção mais elevados quando comparado aos custos de manutenção de redes protegidas ou isoladas.

Também possui vulnerabilidade quanto a descargas atmosféricas e tensões induzidas que podem produzir surtos de tensão de valores elevados capazes de romper o isolamento da rede causando curto-circuito e consequente atuação das proteções elétricas ocasionando o desligamento do circuito. O uso de para-raios ao longo do circuito ajudam a minimizar os efeitos destes surtos de tensão.

Estas características trazem para este tipo de padrão, uma baixa confiabilidade quando comparada os outros padrões de rede existentes.

O uso de condutores de cobre é recomendado para ambientes agressivos, como regiões costeiras com alto grau de salinidade ou regiões industriais com alto grau de poluição corrosiva.

O padrão mais difundido de rede convencional é a estrutura com isoladores fixados em cruzeta. Nesta estrutura, os cabos ficam dispostos horizontalmente na cruzeta ocupando menos espaço vertical no poste. A disposição dos cabos nas cruzetas permitem distâncias maiores entre cabos, o que facilita na montagem das estruturas com equipamentos e na realização dos serviços de manutenção. O maior espaçamento entre cabos contribui para segurança da equipe de manutenção na atuação em linha-viva.

Suas montagens padrões são do tipo N (Normal), M (Meio-beco) e B (Beco), esta última muito utilizada para aumentar o afastamento elétrico de obstáculos existentes no trajeto da rede.

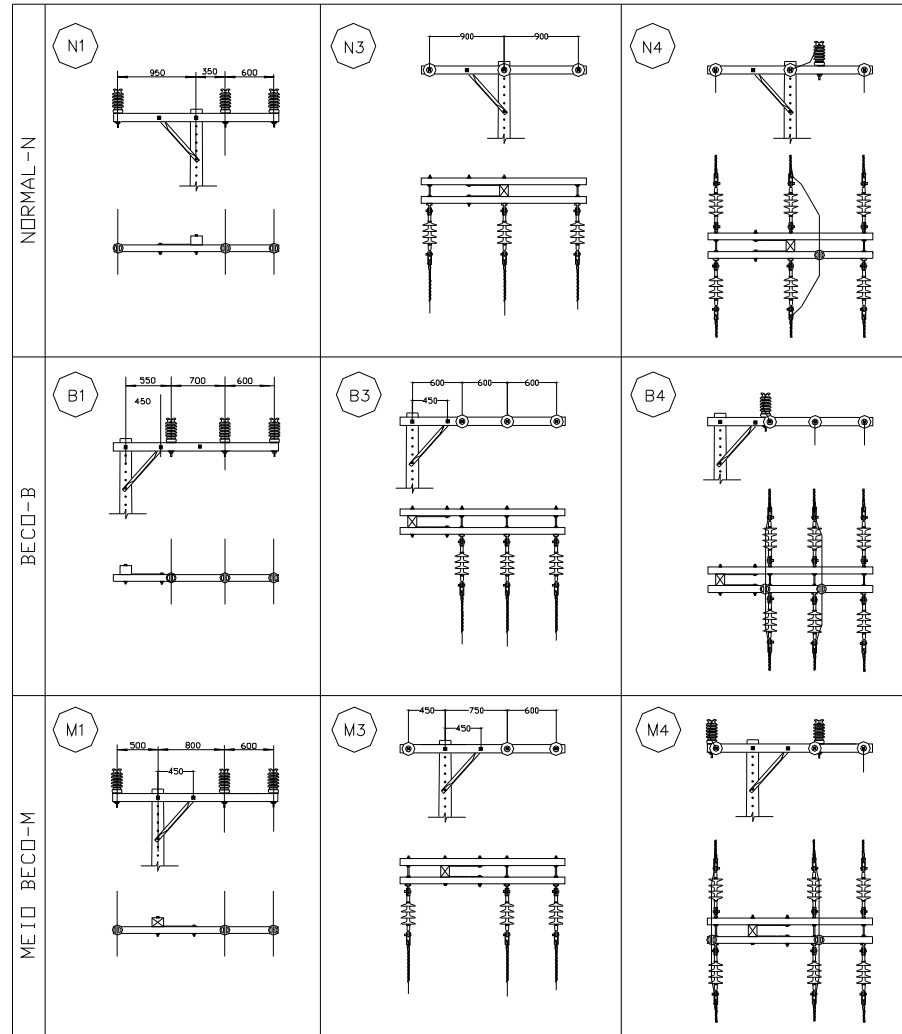


Figura 1 - Rede convencional

A área de concessão da Celesc D abrange áreas costeiras e industriais com alto grau de poluição, ambientes críticos para o isolamento elétrico do sistema e para as ferragens utilizadas, causando elevados custos para manutenção e altos índices de discontinuidade.

Para Redes Convencionais aplicadas nestas áreas é recomendado o uso de isolador com perfil protegido, conhecido como isolador híbrido, próprio para aplicação nestes ambientes devido a sua característica de manter a distância de escoamento do isolador protegida contra o acúmulo de poluentes. Este tipo de isolador quando comparados aos convencionais com perfil aberto, aplicados em áreas de poluição, chegam a ter uma corrente de fuga até 1.000 vezes menor. Essa característica dispensa as intervenções periódicas das equipes de manutenção para lavagem dos mesmos, reduz os desligamentos por falhas em isoladores e pode contribuir para

redução das perdas no sistema elétrico nesta aplicação.

Nestes ambientes agressivos é recomendado o uso de condutores de cobre.



Figura 2 - Rede convencional com isoladores híbridos

As redes convencionais também podem ter estruturas denominadas tipo Pilar, onde o isolador é fixado diretamente no poste por meio de ferragens adequadas e os cabos são dispostos verticalmente, sem a necessidade de cruzetas para sua montagem. O menor número de materiais utilizados para esta estrutura, proporciona um custo de instalação relativamente mais baixo que todos os demais tipos de estruturas.

A disposição vertical possibilita o aproveitamento dos dois lados dos postes e montagem de circuitos duplos de forma simples. Porém, os espaçamentos entre os cabos são reduzidos, o que dificulta a realização de serviços de manutenção na rede. Em estruturas com equipamentos é utilizada cruzeta para aumentar a segurança nos serviços de operação e manutenção da rede.

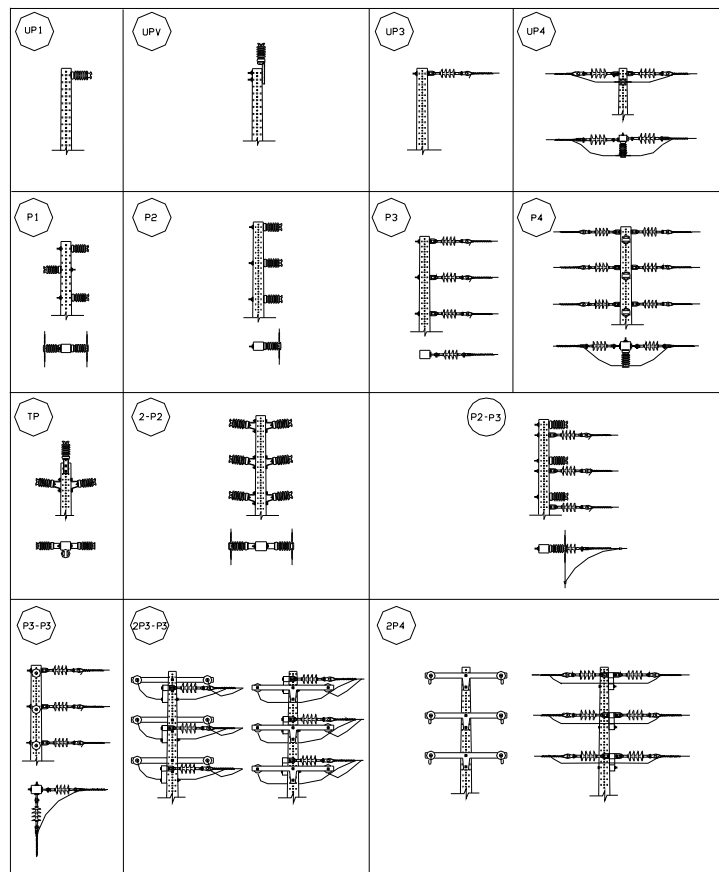


Figura 3 - Rede convencional tipo pilar

### 5.1.2. Rede Compacta

A rede compacta é uma rede de distribuição aérea protegida composta por cabos cobertos, que além do elemento condutor em alumínio, também possui uma cobertura polimérica que protege o condutor quanto a toques eventuais. Isto aumenta seu custo em relação aos condutores nus, mas também melhora significativamente a sua robustez e confiabilidade, e contribui para a redução no índice de discontinuidade, principalmente quando aplicada em áreas sujeitas a toques eventuais, o que garante sua viabilidade mesmo tendo um investimento inicial mais elevado que o das redes convencionais.

Este tipo de rede é apropriado para regiões arborizadas, tanto em áreas urbanas como áreas rurais, que estão sujeitas toques eventuais de vegetação ou animais, os quais provocam falhas temporárias na isolação do sistema elétrico de redes nuas, causando curto-circuito e conseqüente atuação das proteções elétricas acarretando no desligamento de um ramal ou no pior dos casos, de um circuito alimentador.

Da mesma forma que as redes convencionais, as redes compactas também possuem uma vulnerabilidade eletromagnética quanto a descargas atmosféricas e tensões induzidas, o que aumenta os riscos de ocorrências de desligamentos originados pela atuação das proteções

elétricas devido a curto-circuito provocado por surtos de tensão de valores elevados capazes de romper o isolamento da rede. A prática de aterrar o condutor mensageiro regularmente pode melhorar significativamente o desempenho deste tipo de rede frente a tensões induzidas por descargas atmosféricas, se comparado às redes convencionais.

Para os aspectos de segurança que envolva construção, operação e manutenção, a rede protegida deve ser tratada como rede aérea nua, pois seus condutores e acessórios são considerados energizados quando a rede não estiver desligada e devidamente aterrada.

As redes aéreas protegidas têm restrição de aplicação em ambientes agressivos, como regiões costeiras com alto grau de salinidade ou regiões industriais com alto grau de poluição corrosiva, pois os acessórios poliméricos não são adequados para suportar a agressividade do ambiente. Nestas áreas, deve-se obedecer ao recomendado pelas normas específicas do padrão adotado de rede protegida.

O padrão mais difundido de rede compacta é a estrutura com cabos protegidos apoiados em espaçadores losangulares sustentados por cabo mensageiro. Nesta estrutura, as distâncias entre os cabos são reduzidas e ficam dispostos losangularmente ocupando menos espaço no poste. Isto propicia a sua aplicação para saídas de subestações e locais em que é necessário mais de um alimentador por poste, visto que a sua estrutura reduzida viabiliza a construção de circuitos múltiplos num mesmo poste, o que reduz os custos na construção da rede.

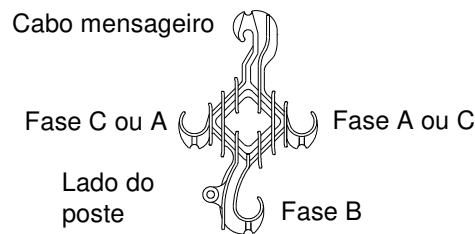


Figura 4 – Espaçador losangular para Rede Compacta



Suas montagens básicas são do tipo CE1A (tangente), CE2 (tangente com ângulo), CE3 e CE4 (ancoragem).

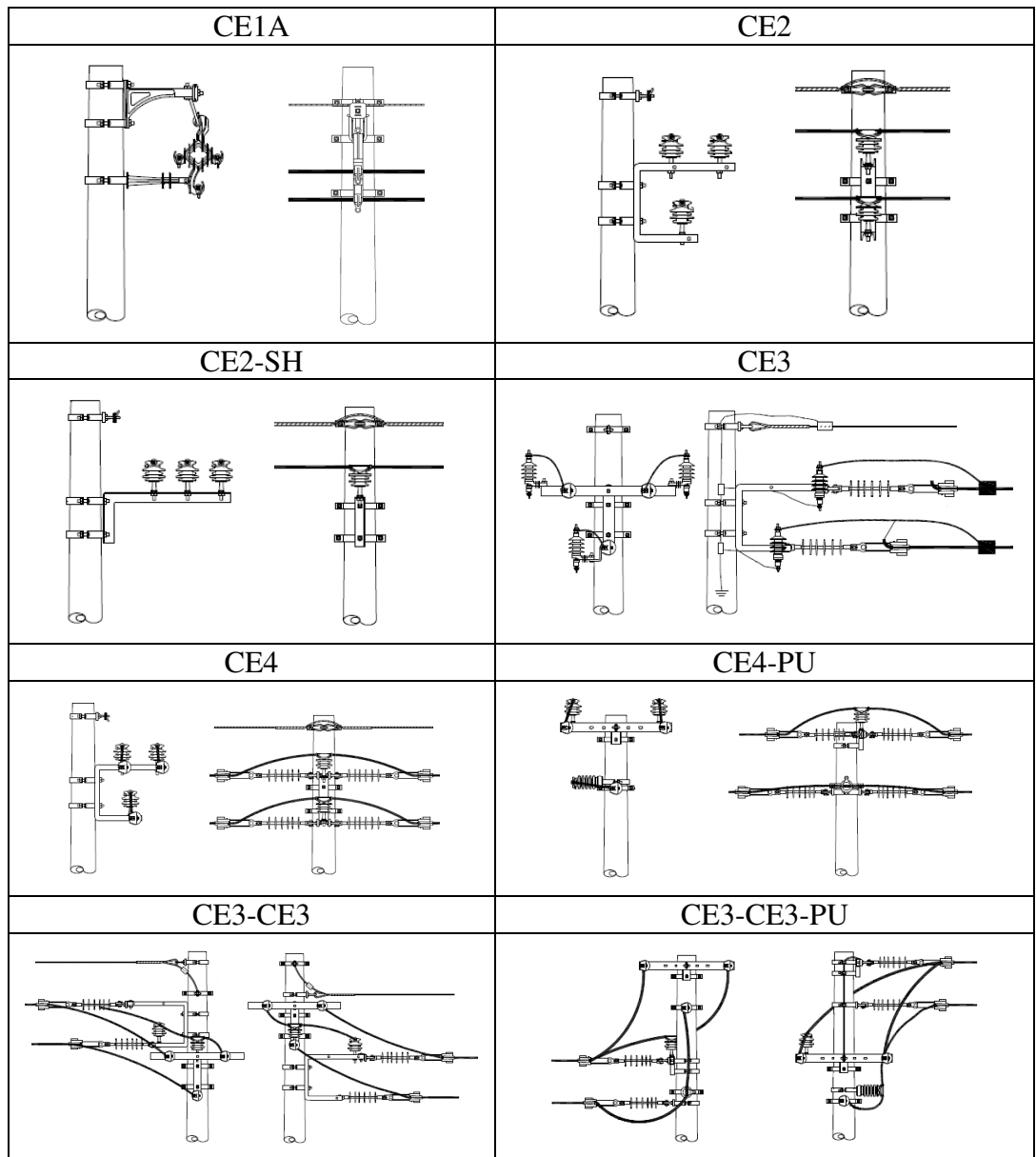


Figura 5 – Estruturas básicas de Rede Compacta

Devido a esta compactação, para a instalação de equipamentos de chaveamento, proteção ou transformação é necessário o utilizar de estruturas de transição com uso de cruzeta, que ampliam os espaçamentos entre os cabos permitindo as conexões seguras dos equipamentos.

A Rede Compacta também tem a vantagem de reduzir os custos com manutenção, pois a área de poda é reduzida, o que minimiza os custos operacionais de contratação de equipes de poda. Isto, por consequência traz benefícios ao meio ambiente.



Figura 6 - Circuitos múltiplos de rede compacta

### 5.1.3. Rede Compacta Simples

Esta é uma rede compacta que também utiliza cabos cobertos, ou protegidos, por camada polimérica, porém, com estruturas próprias para uso rural, com cabos autossustentados sem a utilização de espaçadores losangulares e cabo mensageiro, por isso a denominação de Rede Compacta Simples. Nesta, os cabos autossustentados são ancorados em isoladores poliméricos tipo bastão através de grampos específicos e apoiados em isoladores pilar fixados em cruzetas ou diretamente em postes. Por utilizar menos materiais, este tipo de estrutura possui o custo de implantação mais reduzido que a rede compacta com espaçadores e cabo mensageiro tradicional. Contudo, devido ao peso excessivo dos cabos protegidos autossustentados e a dificuldade de ancoragem deste tipo de cabo, esta estrutura está limitada a utilização de cabos até 35mm<sup>2</sup>. Na necessidade de atendimento a maiores demandas e cabos de maior seção transversal, deve ser optado por redes compactas com espaçadores e cabo mensageiro. Caso não seja possível esta opção, excepcionalmente poderão ser utilizados cabos autossustentados de 70mm<sup>2</sup>.

Neste tipo de rede, pode-se esperar um desempenho similar ao das redes convencionais no que concerne a sobretensões ocasionadas por descargas atmosféricas (diretas ou indiretas).

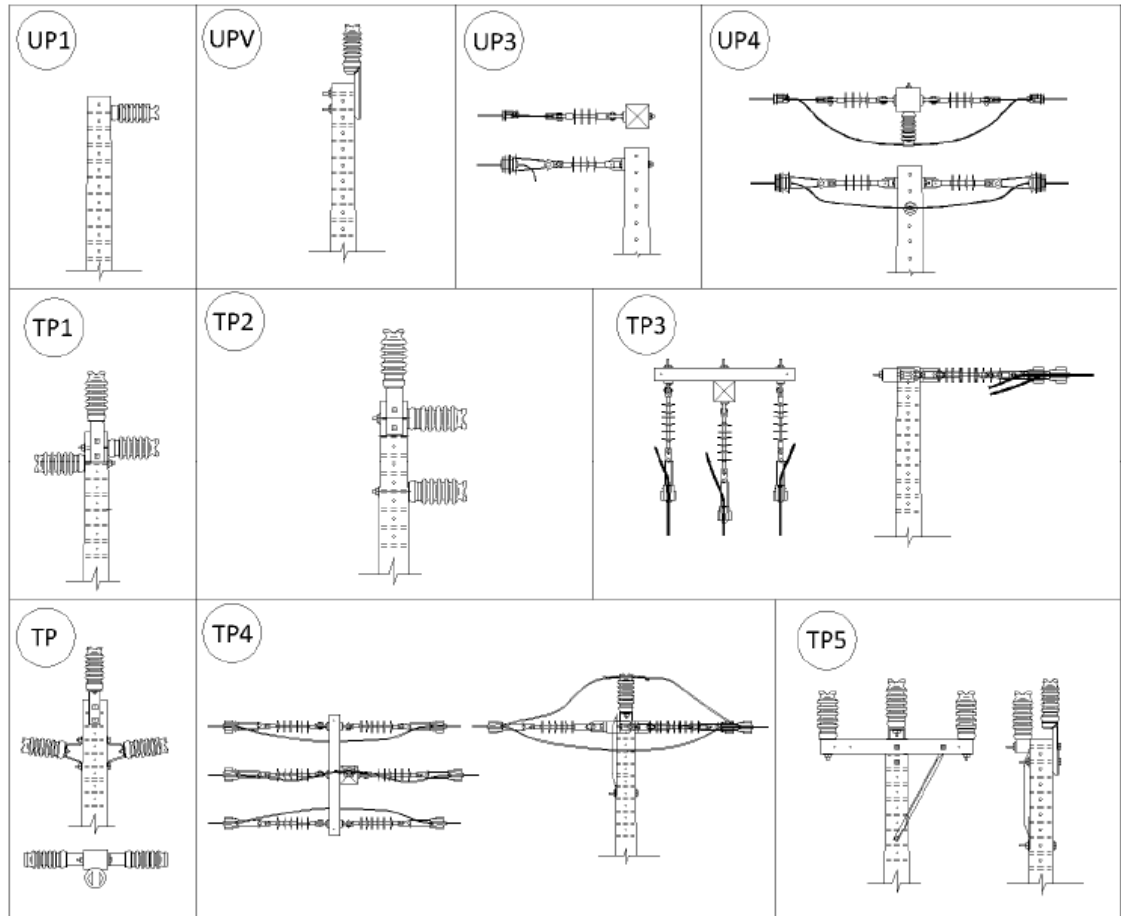


Figura 7 – Estruturas básicas de Rede Compacta Simples

Este tipo de rede é recomendado para áreas rurais, arborizadas e com baixa densidade de carga.

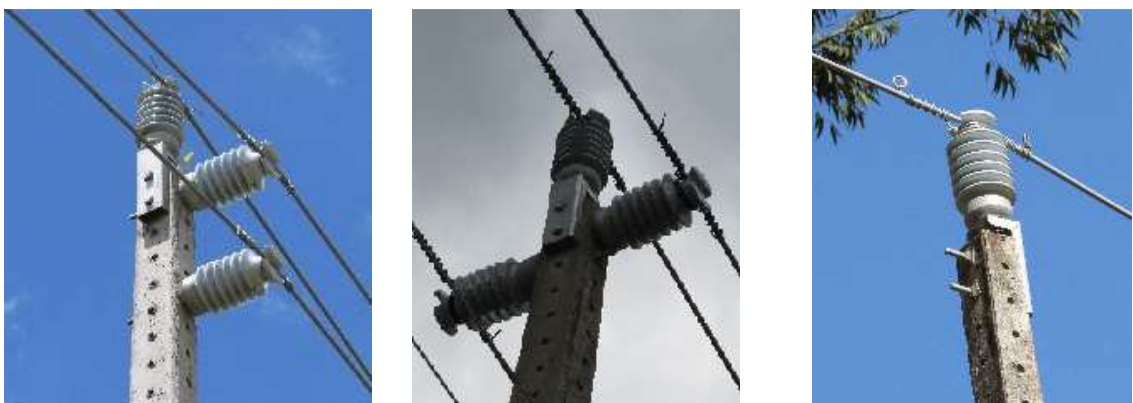


Figura 8 – Estruturas básicas de Rede Compacta Simples

Em regiões costeiras com alto grau de salinidade ou regiões industriais com alto grau de poluição corrosiva deve obedecer ao distanciamento recomendado pelas normas específicas deste padrão.

#### 5.1.4. Rede Multiplexada

As redes multiplexadas de média tensão são redes aéreas isoladas constituídas por cabos multiplexados autossustentados fixados em postes por meio de estruturas metálicas. Estes cabos são compostos por três condutores, isolados e blindados, reunidos helicoidalmente ao redor de um cabo mensageiro de liga de alumínio que serve como sustentação. Devido ao custo deste tipo de condutor ser relativamente maior que dos condutores protegidos, o custo de instalação da rede multiplexada é relativamente superior quando comparado ao custo de instalação de redes protegidas.

Este tipo de rede é apropriado para regiões arborizadas, tanto em áreas urbanas como áreas rurais, pois são imunes a contatos de vegetação ou animais, mesmo que permanentes, ou até mesmo a objetos lançados à rede, desde que não danifique sua isolação. Devido a isso, não há custos com podas periódicas de vegetação, o que minimiza os custos operacionais de manutenção e por consequência traz benefícios ao meio ambiente.

Para a instalação de equipamentos de chaveamento, proteção ou transformação é necessário a aplicação de equipamentos apropriados para conexões isoladas sem exposição de partes energizadas. Isto garante maior segurança para estas instalações.

As características dos materiais isolantes aplicados nesta rede à torna apropriada para aplicação em ambientes críticos para o isolamento elétrico, como áreas costeiras e industriais com alto grau de poluição. Mesmo nestes ambientes, não necessita de manutenção periódica o que reduz significativamente os custos de manutenção.

Os cabos multiplexados de média tensão possuem blindagem metálica aterrada, constituída por coroa de fios de cobre para confinamento de seu campo elétrico, o que contribui para blindagem eletromagnética da rede aérea multiplexada e diminui significativamente a exposição as influências das descargas atmosféricas e suas tensões induzidas.

Em casos onde houverem transições de rede multiplexada para redes convencionais ou compactas, devem ser tomadas medidas adicionais de proteção contra sobretensão a fim de reduzir os níveis de estresse dielétrico a que podem estar sujeitos os condutores multiplexados nestes pontos.

Todas estas características proporcionam à rede multiplexada aérea excelente confiabilidade e baixos índices de desligamento quando comparados aos demais tipos de redes aéreas.

Devido a seu custo e as vantagens apresentadas, a aplicação usual das redes multiplexadas aéreas de média tensão é recomendada para alimentadores expressos, estruturas congestionadas, locais densamente arborizados, locais com proximidade de edificações, travessias de pontes e passarelas, locais com alto grau de poluição, ou onde exige-se um nível

de confiabilidade mais elevado.

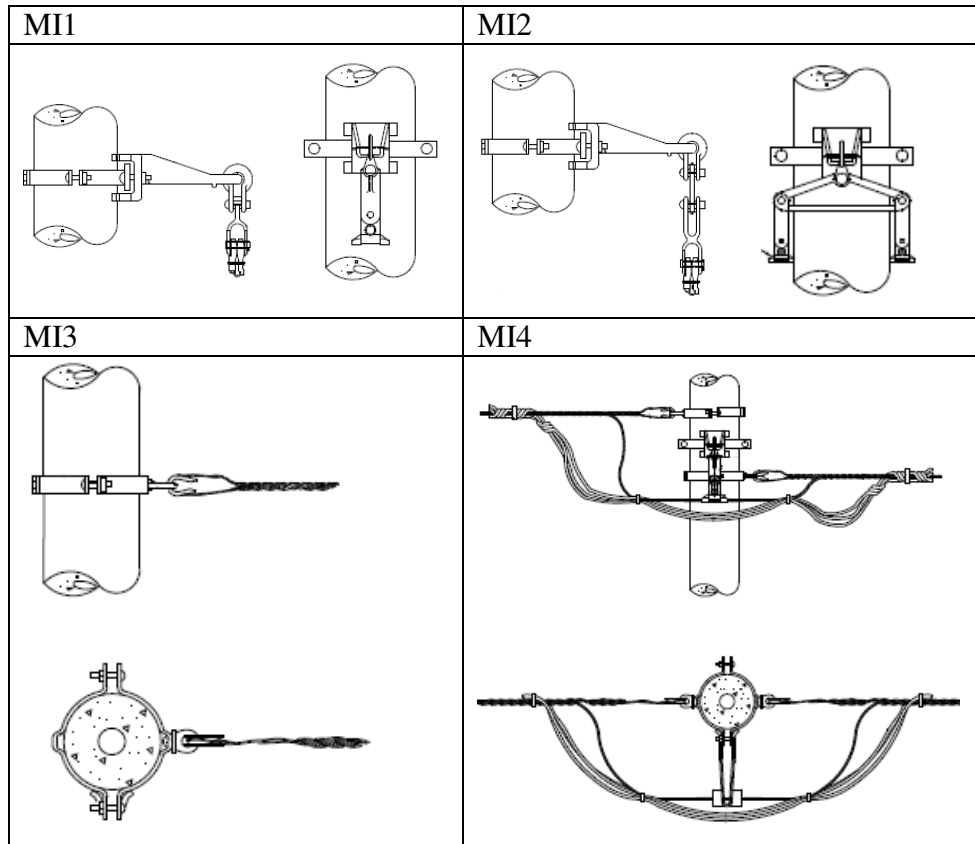


Figura 9 - Rede multiplexada de média tensão



Figura 10 - Rede multiplexada de média tensão

### 5.1.5. Rede Subterrânea

As redes subterrâneas consistem em cabos isolados e blindados, lançados em dutos corrugados enterrados ou dispostos em leito de cabos dentro de canaletas ou galerias enterradas. É conhecida como semienterrada quando os cabos são enterrados e os equipamentos são instalados ao nível do solo, e como totalmente enterrada quando os cabos e os equipamentos são totalmente enterrados. A escolha dos arranjos depende muito da área disponível e do limite de custo disponível.

O custo de implantação deste tipo de rede pode variar entre 6 a 10 vezes maior quando comparado aos custos de redes convencionais. A necessidade de abertura e fechamento de valas, recomposição das vias públicas, e demais obras civis ainda representam em torno de 75% a 85% do custo total de implementação. Portanto, grande parte do custo da rede subterrânea é atribuída às obras civis. Em situações onde estas obras forem custeadas por terceiros, a aplicação de redes subterrâneas pode apresentar viabilidade econômica.

Por ser subterrânea, este tipo de rede não possui custos com podas de vegetação, o que minimiza os custos operacionais de manutenção e por consequência traz benefícios ao meio ambiente.

As características dos materiais isolantes aplicados nesta rede possibilita sua aplicação em qualquer ambiente. Mesmo nos ambientes críticos, não necessita de manutenção periódica o que contribui para a redução dos custos de manutenção.

Os cabos isolados de média tensão possuem blindagem metálica aterrada, constituída por coroa de fios de cobre para confinamento de seu campo elétrico, o que contribui para blindagem eletromagnética da rede subterrânea e diminui significativamente a exposição das influências das descargas atmosféricas e suas tensões induzidas.

Para a instalação de equipamentos de chaveamento, proteção ou transformação é necessário a aplicação de equipamentos apropriados para conexões isoladas sem exposição de partes energizadas. Isto garante maior segurança para estas instalações. Estes equipamentos podem ser instalados ao nível do solo ou enterrados. Neste último caso, os equipamentos devem ser submersíveis, apropriados para operar em caixas subterrâneas alagadas.

As redes subterrâneas são as que necessitam de maior investimento inicial para sua construção, porém são as que apresentam maior confiabilidade, redução significativa das interferências externas, aumento da segurança da população através da evolução tecnológica de seus equipamentos e instalações, incremento na valorização estética, baixos índices de desligamento e menores custos com operação e manutenção ao longo do tempo.

Normalmente, áreas com densidade de carga superior a 10 MVA/km<sup>2</sup> apresentam viabilidade

para este tipo de rede, pois sua baixa taxa de falhas e baixos custos operacionais ao longo do tempo compensam o elevado investimento inicial. Áreas de menor densidade de carga também podem apresentar viabilidade econômica, sendo necessária a realização de estudos específicos.

Vale salientar que nos projetos de implantação devem ser avaliadas todas as interferências subterrâneas existentes ou possíveis de existir para evitar futuros transtornos de manutenção. As interferências podem vir de tubulações de água e esgoto, gasodutos, oleodutos, crescimento de raízes da vegetação local, cursos subterrâneos d'água, nível de lençol freático, ou qualquer outra instalação subterrânea existente no local.

Locais densamente arborizados, condomínios, áreas históricas, travessias de avenidas e rodovias, locais com alto grau de poluição, proximidade de aeroportos, locais com alta densidade de carga ou atendimentos onde exige-se um nível de confiabilidade mais elevado, são aplicações usualmente viáveis para este tipo de instalação.

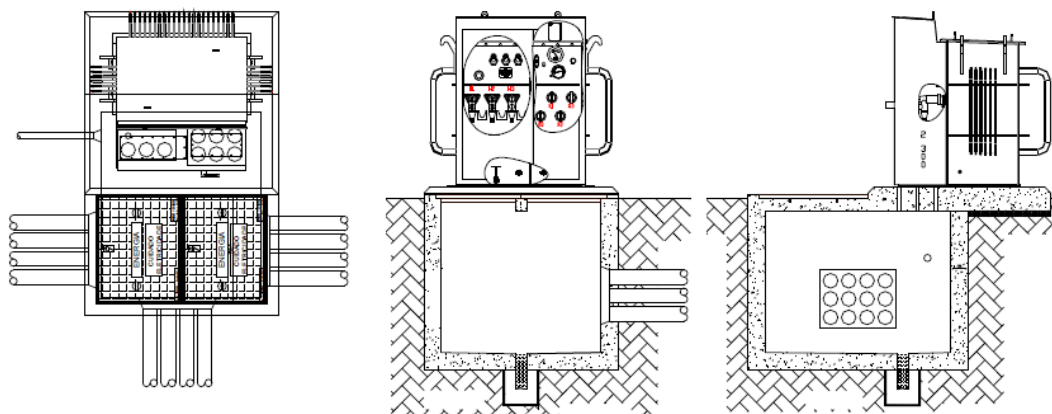


Figura 11 - Banco de dutos em rede subterrânea

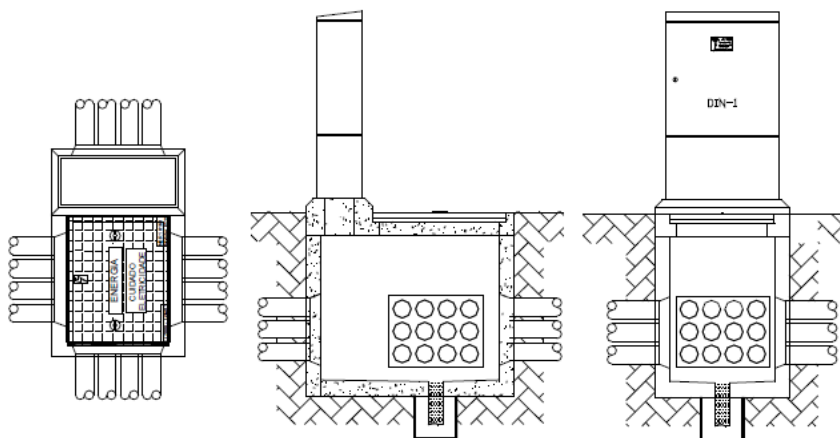


Figura 12 – Quadro Pedestal em rede subterrânea



Figura 13 - Banco de dutos em rede subterrânea

## 5.2. CrITÉrios de Escolha

A decisão sobre o padrão de rede a ser utilizado deve ter como base os seguintes critérios:

- a) segurança;
- b) meio ambiente;
- c) viabilidade técnica;
- d) confiabilidade;
- e) viabilidade econômica.

### 5.2.1. Segurança

O padrão construtivo aplicado deve garantir a segurança do trabalhador e da população.

### 5.2.2. Meio Ambiente

O padrão construtivo aplicado deve buscar o mínimo de interferência no meio ambiente.



Para novos projetos de redes e projetos de loteamentos devem ser priorizados os tipos de redes que provocam menor impacto ambiental e reduzem a área de poda (menor custo com manutenção), como redes compactas, redes compactas simples, redes multiplexadas ou redes subterrâneas. O uso de redes convencionais somente deve ser considerado para casos excepcionais ou nos casos onde a relevância da viabilidade econômica é preponderante sobre os demais critérios. Abaixo segue figuras ilustrativas da área de poda dos diferentes tipos de rede aérea.

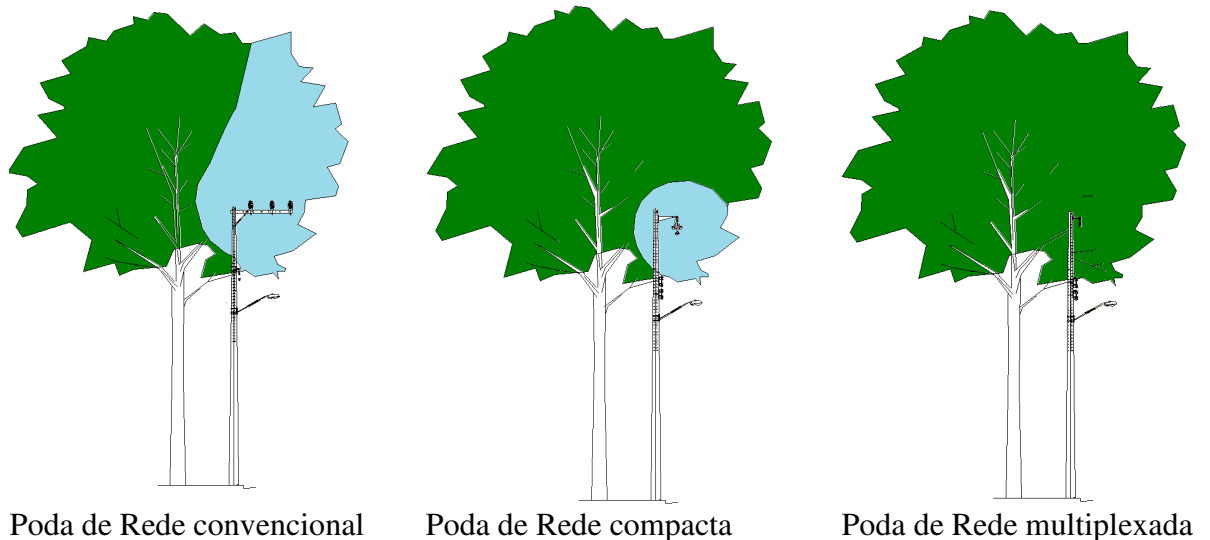


Figura 14 - Área de poda - comparação entre a rede convencional e protegida

Em áreas de elevada poluição como locais com indústrias ou armazéns que emitem resíduos sólidos suspensos no ar, como por exemplo, minério de ferro e cimento, resíduos de grãos e áreas industriais com atmosfera de enxofre e principalmente locais com elevado nível de salinidade, o padrão mínimo a ser utilizado é a rede convencional com isoladores com perfil protegido, que têm maior vida útil, melhor desempenho e baixa corrente de fuga quando expostos à poluição. As redes multiplexadas e subterrâneas também podem ser aplicadas nestes locais. Cabe ressaltar que as redes compactas não devem ser utilizadas nestes locais. As normas específicas de cada tipo de rede devem ser consultadas para verificação dos limites de proximidade destes locais.

Em áreas com alta incidência de descargas atmosféricas e alta taxa de desligamentos por esta causa, devem ser adotadas soluções técnicas que minimizem os problemas de desligamentos devidos a tensões induzidas provocadas por descargas atmosféricas. A figura 10 apresenta um exemplo de uma técnica para mitigação deste efeito.



Figura 15 - Rede convencional com cabo guarda

### 5.2.3. Viabilidade Técnica

O padrão construtivo aplicado deve respeitar as restrições técnicas de utilização, como afastamentos mínimos de edificações, alturas mínimas de vias de circulação de veículos e pedestres, espaçamentos mínimos entre circuitos, limites de proximidade de áreas com elevado nível de poluição atmosférica, e demais recomendações previstas nas normas específicas de cada tipo de rede.

A escolha do padrão construtivo deve observar a viabilidade técnica para as condições existentes no local de aplicação, como:

- a) existência de edificações, pontes, viadutos, passarelas;
- b) necessidade de travessia de rodovias, ferrovias, rios, vales;
- c) existência de vegetação;
- d) nível de agressividade ambiental;

- e) fator de blindagem contra descargas atmosférica;
- f) densidade de carga local a ser atendida;
- g) nível de confiabilidade admitido para o atendimento;
- h) possibilidade de ampliação futura.

Estas avaliações devem visar à garantia de segurança ao trabalhador e a população, a redução de manutenção periódica na rede elétrica, a redução de desligamentos por toques acidentais de vegetação ou animais, a redução de desligamentos devido a descargas atmosféricas, bem como também evitar intervenções precoces na rede devido a ampliações ou a restrição de espaço no posteamento existente.

#### 5.2.4. Confiabilidade

O padrão construtivo aplicado deve minimizar os desligamentos, principalmente os causados por agentes externos (vegetação, descargas atmosféricas, etc) de forma a garantir o atendimento aos indicadores de confiabilidade exigidos pelo órgão regulador ANEEL.

Para novos projetos de redes e projetos de loteamentos devem ser priorizadas o uso redes compactas, que aumentam consideravelmente a confiabilidade da rede, principalmente quanto a toques eventuais.

O uso de redes convencionais somente deve ser considerado para casos excepcionais ou nos casos onde a relevância da viabilidade econômica é preponderante sobre os demais critérios.

#### 5.2.5. Viabilidade Econômica

O padrão construtivo aplicado, além dos critérios de segurança, meio ambiente, viabilidade técnica e confiabilidade, também deve considerar custo inicial do investimento. Os ganhos e perdas econômicas destes critérios devem ser balanceados de forma a otimizar o retorno do investimento e conseqüentemente garantir a viabilidade econômica da aplicação.

Cabe ressaltar que o padrão de rede com menor custo inicial de investimento pode não representar o melhor retorno financeiro, pois seus custos operacionais de manutenção ou as violações nos indicadores de qualidade causados por sua baixa confiabilidade podem acarretar em baixo retorno financeiro e prováveis prejuízos operacionais para empresa.

### 5.3. Regras Gerais de Utilização

A decisão sobre o padrão de rede a ser utilizado deve ter como base os critérios indicados no subitem 5.2.

Nos incisos de 5.3.1 a 5.3.5, são relacionadas as áreas mais comuns para construção de redes de distribuição e os padrões de redes indicados, considerando os requisitos estabelecidos anteriormente.

#### 5.3.1. Áreas Urbanas

Para novos projetos em áreas urbanas, inclusive loteamentos, devem ser utilizadas no mínimo redes compactas, que provocam menor impacto ambiental, reduzem a área de poda (menor custo com manutenção) e aumentam consideravelmente a confiabilidade da rede, principalmente quanto a toques eventuais. Os padrões de rede aérea multiplexada e de rede subterrânea também podem ser utilizadas.

Em loteamentos populares, para atendimento a consumidores de baixa renda, pode ser utilizado o padrão de rede compacta simples, que suporta baixa demanda de carga e apresenta custo inferior ao padrão de rede compacta com espaçadores.

As redes aéreas multiplexadas são recomendadas para alimentadores expressos ou onde houver restrição de espaço no posteamento existente ou quando houver problemas no atendimento aos afastamentos mínimos estabelecidos pelas normas pertinentes.

#### 5.3.2. Áreas com Alta Concentração de Carga

Redes subterrâneas devem ser aplicadas em áreas que apresentem viabilidade econômica para o investimento, isto é, áreas com alta densidade de carga, normalmente superior a 10 MVA/km<sup>2</sup>. A participação de terceiros nos custos da obra também pode viabilizar economicamente a implantação da rede subterrânea.

Áreas de menor densidade de carga também podem apresentar viabilidade econômica, sendo necessária a realização de estudos específicos.

Mesmo não possuindo a densidade de carga indicada, por decisão do poder público e as suas expensas, a rede subterrânea pode ser implantada.

### 5.3.3. Áreas Rurais

Em áreas rurais deve-se optar pela utilização das redes compactas simples, que apresenta confiabilidade semelhante à rede compacta, mas possui menor custo inicial.

Loteamentos rurais com características urbanas devem utilizar a rede compacta com espaçadores losangular.

Nota:

A cruzeta deve ser utilizada na montagem de equipamentos (chaves, seccionadoras) para aumentar a segurança nos serviços de operação e manutenção da rede.

### 5.3.4. Áreas com Poluição Elevada (Litoral, Indústrias, etc.)

Em áreas de elevada poluição na área de concessão da Celesc D, principalmente salina, o padrão mínimo a ser utilizado é a rede convencional com isoladores híbridos, que possuem perfil protegido, têm maior vida útil, melhor desempenho e baixa corrente de fuga quando expostos à poluição.

Além da poluição salina, devem ser consideradas áreas de alta poluição locais com indústrias que emitem resíduos sólidos suspensos no ar, como por exemplo, minério de ferro e cimento, e áreas industriais com atmosfera de enxofre.

Quando se necessita de maior confiabilidade em áreas agressivas, deve ser utilizado o padrão de rede multiplexada aérea isolada ou redes subterrâneas.

As redes compactas não devem ser utilizadas em áreas de alta poluição.

Soluções alternativas para ambientes poluídos podem ser apresentados e será objeto de estudo pela Celesc D.

### 5.3.5. Áreas com Alta Incidência de Descargas Atmosféricas

Em áreas com alta incidência de descargas atmosféricas e alta taxa de desligamentos por esta causa, devem ser adotadas as seguintes soluções:

- a) utilização de cabos guarda (aterrados a pelo menos cada 200 m), quando utilizadas redes convencionais ou compacta simples;

- b) aplicação de para-raios ao longo da rede (a cada 200 metros);
- c) aumento do NBI do isolamento, utilizar isoladores pilar e ancoragem poliméricos de NBI 170kV (tensão nominal 34,5kV) nas redes de 13,8kV e 23,1kV.

As soluções listadas visam minimizar os desligamentos devidos a tensões induzidas provocadas por descargas atmosféricas.

## 6. DISPOSIÇÕES FINAIS

Todos os detalhes de cada tipo de rede estão dispostos nas normas específicas do padrão de rede correspondente os quais devem ser consultados.

Esta Instrução Normativa não se aplica à redes secundárias. Para estas deve ser utilizado o padrão com condutores aéreos isolados multiplexados no caso de rede aérea, conforme a E-313.0078, mesmo em expansões, ou o padrão de redes secundárias subterrâneas, conforme a NE-147E.

## 7. ANEXOS

### 7.1. Histórico de Revisões

7.1. Histórico de Revisões

REVISÃO	DATA	HISTÓRICO DAS ALTERAÇÕES	RESPONSÁVEL
1	Outubro 2011	Emissão inicial	DPEP/DVEN
2	Dezembro 2012	Alteração item 3 - inclusão da NBR 15992; Alteração item 4.1 – definição de área urbana; Alteração item 5.1.1.3 – retirado uso de cabo de alumínio revestido de cobre; Alteração item 5.2.1 – na íntegra; Alteração item 5.2.2 – inclusão de nota; Alteração item 6 – retirado expansão de rede convencional secundária.	DPEP/DVEN
3	Junho 2020	Na íntegra.	DPEP / DVEN