

SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO

SUBSISTEMA NORMAS E ESTUDOS DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS DE DISTRIBUIÇÃO

CÓDIGO	TÍTULO	FOLHA
E-313.0052	ESPECIFICAÇÃO DE CABOS DE ALUMÍNIO E COBRE MULTIPLEXADOS AUTO-SUSTENTADOS COM ISOLAÇÃO EXTRUDADA DE POLIETILENO TERMOFIXO – XLPE PARA REDES DE BAIXA TENSÃO E RAMAL DE LIGAÇÃO 0,6/1 KV	1/48

1. FINALIDADE

Definir os requisitos mínimos exigíveis para a qualificação e aceitação de cabos de potência de alumínio ou cobre multiplexados, autossustentados, isolados com composto termofixo de polietileno reticulado – XLPE para rede aérea secundária e ramal de ligação até 0,6/1 kV a serem utilizados pela Celesc Distribuição S.A. – Celesc D.

2. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

Aplica-se a toda Celesc D, fabricantes, fornecedores de materiais, empreiteiras, empreendedores e demais órgãos usuários.

3. ASPECTOS LEGAIS

ABNT NBR 8182 – Cabos de potência multiplexados auto-sustentados com isolação extrudada de PE ou XLPE para tensões até 0,6/1 kV – Requisitos de desempenho.

Esta Especificação poderá, em qualquer tempo, sofrer alterações no todo ou em parte, por razões de ordem técnica, para melhor atendimento às necessidades do sistema, motivo pelo qual os interessados deverão, periodicamente, consultar a Celesc D. quanto a eventuais alterações.

4. CONCEITOS BÁSICOS

Os termos técnicos utilizados nesta Especificação estão de acordo com as normas de Terminologia da Associação Brasileira de Normas técnicas – ABNT, complementados pelos termos a seguir:



4.1. Cabo Multiplexado Autossustentado

Cabo formado por um ou mais condutores isolados, com isolação sólida extrudada, dispostos de forma helicoidal em torno de um condutor de sustentação (cabo mensageiro). Também é conhecido como cabo pré-reunido.

4.2. Condutor Neutro de Sustentação (Cabo Mensageiro)

Condutor destinado a sustentar mecanicamente os condutores fase reunidos de forma helicoidal em sua volta, podendo exercer também a função de neutro do sistema.

4.3. Temperatura Máxima no Condutor em Regime Permanente

Máxima temperatura admissível, em qualquer ponto do condutor, em condições estáveis de funcionamento.

4.4. Temperatura Máxima do Condutor em Regime de Sobrecarga

Máxima temperatura admissível, em qualquer ponto do condutor, em regime de sobrecarga.

4.5. Temperatura Máxima do Condutor em Regime de Curto-Circuito

Máxima temperatura admissível, em qualquer ponto do condutor, em regime de curto-circuito.

4.6. Tensão Nominal do Sistema (V)

Tensão de linha pelo qual o sistema é designado. No caso de corrente alternada, é sempre dada em valor eficaz.

4.7. Tensões de Isolamento do Cabo (Vo/V)

Valor de Vo ou do par de valores Vo/V pelos quais os cabos são projetados, sendo:

Vo = valor eficaz da tensão entre o condutor e terra (tensão fase-terra)

V = valor eficaz da tensão entre condutores (tensão fase-fase)

As tensões de isolamento previstas nesta Especificação são: 0,6/1 kV.



5. DISPOSIÇÕES GERAIS

5.1. Exigências

Quanto às exigências para o material especificado, prevalecerá esta Especificação, os relatórios técnicos da Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica – A BRADEE e ABNT.

Para fornecimento direto ou indireto para uso nas redes da Celesc D, o fabricante deve ser cadastrado e possuir Certificado de Homologação de Produto – CHP da marca do produto ofertado conforme a Especificação E-313.0045 – Certificação de Homologação de Produtos.

5.2. Condições Gerais

5.2.1. Designação dos Cabos e Identificação dos Condutores

5.2.1.1. Designação dos Cabos

Os cabos multiplexados isolados, previstos nesta Especificação, são designados pela tensão de isolamento $V_0/V = 0,6/1$ kV e pela notação:

$$N \times 1 \times S + S'$$

Onde:

N – número de condutores de fase (1, 2 e 3)

S – seção transversal do condutor fase, em milímetros quadrados

S' – seção transversal do condutor neutro, em milímetros quadrados

A superfície externa (isolação) de pelo menos um dos condutores fase deve ser marcada a intervalos regulares de até 500 mm, de forma legível e indelével, com os seguintes dizeres:

- a) nome e/ou marca do fabricante;
- b) seções dos condutores fase e neutro em milímetros quadrados;
- c) identificação do material do condutor fase (alumínio – CA ou cobre – Cu) e da isolação (XLPE);

- d) identificação do material do condutor neutro (alumínio – CA, cobre – Cu ou alumínio-liga – C AL);
- e) tensão de isolamento (0,6/1 kV);
- f) mês e ano de fabricação;
- g) norma de referência;
- h) código para fins de rastreabilidade do processo (opcional).

Notas:

1. É facultativa a inclusão do nome comercial do produto, devendo, preferencialmente, ser realizada após o nome do fabricante.
2. A marcação do cabo não deve interferir na identificação das fases.

5.2.1.2. Identificação dos Condutores Fases

Os cabos com mais de um condutor fase devem ser identificados de forma permanente. A Celesc D exige que a identificação no cabo seja feita por cores. Os condutores fases devem possuir a identificação através da isolação externa nas cores indicadas, respectivamente, na tabela abaixo.

Identificação dos Condutores Fases para os Cabos Multiplexados

Tipo	Cores
quadruplex	preto
	cinza
	vermelho
triplex	preto
	cinza
duplex	Preto

A Celesc D poderá solicitar cabos multiplexados para rede e ramais com o condutor neutro isolado. Neste caso, a cor para a identificação do condutor neutro deve ser azul-claro e o material de isolação deve ser o mesmo do condutor fase, o XLPE. As Tabelas 13 e 14 do



Anexo 7.2 indicam a utilização do neutro isolado.

5.2.2. Acondicionamento e Fornecimento

O Acondicionamento deve atender a E-141.0001, adicionado dos seguintes requisitos relacionados na sequência.

Os cabos multiplexados autossustentados devem ser acondicionados de maneira a ficarem protegidos durante o transporte, manuseio e armazenagem. O acondicionamento deve ser em rolo ou carretel, que deve ter resistência adequada e ser isento de defeitos que possam danificar os cabos. Quando acondicionados em rolos, estes devem ser paletizados em estrados-padrão de 1100x1100 mm, conforme a E-141.0001 com altura útil máxima de 1500 mm, suficientemente amarrados de forma a evitar o seu tombamento durante a sua movimentação.

Os rolos devem ser acomodados de forma a não apresentarem bordas que excedam as dimensões do estrado-padrão.

O acondicionamento em carretéis deve ser limitado à massa bruta de 3000 kg e o acondicionamento em rolos limitados a 40 kg para movimentação manual. As Tabelas 13 e 14 do Anexo 7.2. desta Especificação indicam uma relação dos códigos de fornecimento com as suas respectivas embalagens.

Quando não especificado em contrário pela Celesc D, os cabos devem ser fornecidos em unidades de expedição com comprimento nominal de fabricação, permitindo-se uma tolerância de $\pm 3\%$ no comprimento efetivo em cada unidade de expedição.

Adicionalmente, pode-se admitir que até 3% dos lances de um lote de expedição tenham um comprimento diferente do lance nominal de fabricação, com mínimo de 70% do comprimento do referido lance.

Cada unidade de expedição, bobina ou rolo, deve conter apenas um único lance.

Para efeitos comerciais, o fabricante deve declarar o comprimento efetivo de cada unidade de expedição.

Para cada unidade de expedição (rolo ou bobina), a incerteza máxima exigida na medição do comprimento efetivo é de $\pm 1\%$.

Não será permitido o fornecimento a maior do total especificado no pedido de compra,



podendo uma variação de no máximo menos 3%.

Os carretéis devem possuir dimensões de acordo com a ABNT NBR 11137 e os rolos, conforme a ABNT NBR 7312. A madeira e os processos preservativos utilizados na confecção dos carretéis e no fechamento das bobinas devem ser conforme ABNT NBR 6236, com durabilidade mínima de 24 meses e isentos de defeitos que possam vir a danificar mecânica e quimicamente os cabos e ter resistência adequada quando expostos às intempéries. Deve-se proceder à proteção adequada quando a madeira para os carretéis possuir tratamento preservativo a base de cobre.

As extremidades dos cabos isolados acondicionados em carretéis devem, obrigatoriamente, ser convenientemente seladas com capuzes de vedação ou com fita autoaglomerante revestidas de fita isolante, resistentes às intempéries, a fim de evitar a penetração de umidade durante o manuseio, transporte e armazenagem.

Externamente, os carretéis devem ser identificados nas duas faces laterais de forma legível e indelével com as seguintes indicações:

- a) nome e/ou marca do fabricante;
- b) número de condutores, material, tempera dos fios dos condutores fase e neutro e seção nominal em milímetros quadrados do condutor (alumínio ou cobre) e do neutro (alumínio ou alumínio liga ou cobre duro), massa em kg/km do cabo completo;
- c) material da isolação (XLPE), material dos condutores neutro e fase (Al, CAL ou Cu) e a tensão de isolamento (0,6/1 kV);
- d) nome Celesc Distribuição S.A.;
- e) comprimento em metros;
- f) massa do carretel (tara), bruta (total) e líquida em kg;
- g) número do pedido de compra;
- h) número de série do carretel;
- i) dimensão do carretel;



- j) seta no sentido de rotação para desenrolar;
- k) mês e ano de fabricação;
- l) número Celesc D de suprimento conforme anexo 7.5, Tabelas 13 e 14.

A identificação deve ser feita com placas de aço inox, alumínio anodizado ou de material polimérico, gravadas de forma permanente com impressões em relevo ou tintas resistentes a radiação ultravioleta e intemperes e fixadas em ambos os discos de forma adequada. Não serão aceitas etiquetas de papel revestidas de plástico.

Os discos laterais dos carretéis devem ser marcados de forma legível e indelével, com uma seta indicando o sentido de desenrolamento do cabo.

O fornecedor brasileiro deve numerar os diversos carretéis e anexar à nota fiscal uma relação descrita do conteúdo individual de cada um.

O fornecedor estrangeiro deverá encaminhar, simultaneamente, ao despachante indicado pela Celesc D e à própria, cópia da relação mencionada anteriormente.

Para os cabos acondicionados em rolos, admite-se que sejam envolvidos totalmente em embalagens resistentes à umidade, dispensando-se a vedação das pontas dos cabos.

Os rolos devem conter uma etiqueta em aço inox, alumínio anodizado ou material polimérico, contendo de forma legível e indelével as indicações listadas para os carretéis, com exceção das referentes às alíneas h e i e no caso da alínea f, indicando a massa líquida nominal.

Nas solicitações de suprimentos serão estabelecidos o tipo de embalagem e o comprimento do cabo por embalagem para os cabos de ramais de ligação, seções de 10 a 25 mm², conforme as Tabelas 13 e 14 do Anexo 7.2.

5.2.3. Condições de Serviço

Os cabos multiplexados autossustentados, objeto desta Especificação, são próprios para a construção de redes isoladas de baixa tensão – BT, conforme previsto nas normas de montagem de redes de distribuição da Celesc D urbana e rural.



5.2.3.1. Condições Normais de Serviço

Os cabos devem ser projetados para suportar as condições abaixo:

- a) sistema trifásico a 3 fios, com neutro da baixa tensão descontínuo e aterrado através de impedância, 60 Hz, com tensões fase-fase de 220 ou 380 V (categoria A, conforme a ABNT NBR 6251);
- b) locais de arborização intensa;
- c) exposição ao sol, chuva, salinidade e poeira.

5.2.3.2. Capacidade de Condução de Corrente

O fabricante deve fornecer a capacidade real de condução de corrente dos cabos multiplexados de baixa tensão, nas temperaturas de regime permanente e de sobrecarga com o respectivo memorial de cálculo.

Adotadas como referência, nesta Especificação, as capacidades de condução dadas pela ABNT NBR 8182, com as seguintes condições:

- a) carga equilibrada;
- b) temperatura no condutor: 90°C;
- c) temperatura ambiente: 30°C;
- d) intensidade da radiação solar: 1000 W/m²;
- e) velocidade do vento: nula;
- f) resistividade da cobertura: 3,5 mK/W.

5.2.3.3. Condições de Operação em Regime Permanente

A temperatura no condutor, em regime permanente, não deve ultrapassar 90°C.



5.2.3.4. Condições de Operação em Regime de Sobrecarga

Para sobrecarga a temperatura não deve ultrapassar o valor de 130°C. A operação em sobrecarga não deve superar 100 horas durante 12 meses consecutivos, nem 500 horas durante a vida útil do cabo.

5.2.3.5. Condições de Operação em Regime de Curto-Circuito

A temperatura no condutor, em regime de curto circuito, não deve ultrapassar 250°C. A duração nesse regime de operação não deve ser superior a 5s.

5.2.4. Certificação Técnica dos Cabos

Os certificados técnicos de homologação do produto são emitidos pelo Departamento de Engenharia e Planejamento do Sistema Elétrico – DPEP, através da Divisão de Engenharia e Normas – DVEN, conforme a Especificação E-313.0045, após análise dos ensaios de projeto e tipo do equipamento, verificando a conformidade dos resultados com os requisitos exigidos pelas especificações da Celesc D.

Os certificados não garantem a qualidade do processo de fabricação, devido a fatores inerentes ao processo que só podem ser analisados nos ensaios de recebimento do material, portanto este certificado não exime, sob hipótese alguma, a realização dos ensaios de recebimento e inspeção por parte da Celesc D.

Estes certificados, quando solicitados, deverão ser apresentados, obrigatoriamente, juntamente com a proposta do lote em que for vencedora, na versão original ou em fotocópia autenticada.

A Celesc D recomenda que os ensaios de tipo sejam realizados com amostras do condutor fase de seção igual a 120 mm².

Os ensaios poderão ser realizados para outras seções de condutores, mediante acordo entre o fabricante e a Celesc D, que pode neste caso limitar a seção máxima para fornecimento.

5.3. Aspectos Construtivos Gerais do Cabo

O cabo completo compreende:



5.3.1. Condutor Fase

5.3.1.1. Alumínio

Este deve ser constituído de fios de alumínio nu 1350, sem revestimento metálico, deve ser obtido a partir de vergalhão de alumínio, conforme a ABNT NBR 7103, a resistência mecânica mínima à tração dos fios componente antes do encordoamento e do fio central após o encordoamento deve ser de 105 Mpa. O condutor fase deve ser de seção circular, do tipo cabo de alumínio (CA), compactado, ter encordoamento classe 2, conforme a ABNT NBR NM 280, exceto para o condutor 10 mm², que deverá ser de seção circular normal.

A sua superfície não deve apresentar fissuras, escamas, asperezas ou inclusões que comprometam o desempenho do produto.

Os fios de alumínio que formam o condutor fase devem ter:

- a) fios componentes 105 Mpa de resistência à tração;
- b) condutividade mínima de 61% IACS, a 20°C;
- c) massa específica, para efeito de cálculo, de 2,703 g/cm³ a 20°C;
- d) resistividade elétrica de 0,028264 Ω.mm²/m, a 20°C, de acordo com a ABNT NBR 5118.

As tolerâncias dos diâmetros nominais dos fios devem ser as estabelecidas pela ABNT NBR 5118.

Os condutores fase devem ter as características físicas e elétricas de acordo com as Tabelas 2 e 4 do Anexo 7.2.

5.3.1.2. Cobre

Este deve ser constituído de fios de cobre nu, sem revestimento metálico, conforme a ABNT NBR 5111. O condutor fase deve ser de seção circular, do tipo cabo de cobre (Cu), compactado, ter encordoamento classe 2, conforme a ABNT NBR NM 280, exceto para o condutor 10 mm², que deverá ser de seção circular normal.

A sua superfície não deve apresentar fissuras, escamas, asperezas ou inclusões que



comprometam o desempenho do produto.

Os fios de cobre que formam o condutor fase devem ter:

- a) os fios de cobre mole devem atender ao alongamento mínimo em 250mm, conforme a ABNT NBR 5118;
- b) condutividade mínima de 98% IACS, a 20°C;
- c) massa específica, para efeito de cálculo, de 8,890 g/cm³ a 20°C;
- d) resistividade elétrica de 0,017241 Ω.mm²/m, a 20°C, de acordo com a ABNT NBR 5111.

As tolerâncias dos diâmetros nominais dos fios devem ser as estabelecidas pela ABNT NBR 5111.

Os condutores fase devem ter as características físicas e elétricas de acordo com as Tabelas 3 e 5 do Anexo 7.2.

5.3.1.3. Isolação

A isolação deve ser constituída por composto extrudado termofixo a base de polietileno reticulado – XLPE, para temperatura normal de operação no condutor de 90°C, com características físicas conforme a ABNT NBR 6251.

A camada do material isolante aplicada justaposta sobre o condutor deve ser contínua, uniforme, homogênea, isenta de porosidades visíveis e deve preencher toda a área estelar condutor.

Deve ser resistente ao intemperismo artificial, radiações ultravioletas e abrasão ao longo de todo o comprimento do condutor.

Os requisitos físicos da isolação devem estar de acordo com a Tabela 8 do Anexo 7.2.

A espessura nominal da isolação de cada condutor deve estar de acordo com os valores das Tabelas 2, 3 e 6 do Anexo 7.2., e deve ser medida conforme a ABNT NBR NM-IEC 60811-1-1.



A espessura média da isolação de cada condutor isolado, em qualquer seção transversal, não deve ser inferior ao valor nominal especificado. Para os condutores isolados em dupla camada, a somatória das espessuras das duas camadas é considerada como sendo espessura média.

A isolação na cor preta deve conter negro-de-fumo disperso, com teor mínimo de 2%, quando determinado conforme a ABNT NBR NM-IEC 60811-4-1.

A isolação pode ser em dupla camada, em XLPE, e a camada externa não pode ultrapassar a 20% da espessura total da isolação.

As camadas interna e externa devem ser aplicadas simultaneamente (coextrusão), de forma a garantir que as duas camadas fiquem aderidas, evitando a formação de vazios entre elas. A camada interna deve ser sempre na cor preta e deve conter negro-de-fumo disperso, com teor mínimo de 2%, quando determinado conforme a ABNT NBR NM-IEC 60811-4-1. A camada externa, quando possuir coloração diferente da preta, deve conter aditivos que promovam alta proteção contra radiação ultravioleta e intempéries.

A espessura mínima da isolação de cada condutor isolado, em um ponto qualquer de uma seção transversal, pode ser inferior ao valor nominal especificado, contanto que a diferença não exceda 10% + 0,1 mm do valor nominal especificado.

A isolação deve ser facilmente removível e não aderente ao condutor.

A isolação deve suportar as temperaturas máximas do condutor, conforme Tabela 5 do Anexo 7.2.

5.3.2. Condutor Neutro de Sustentação (Mensageiro)

O condutor neutro de sustentação de seção circular não compactada deve ser constituído por cabo de alumínio (CA) conforme a ABNT NBR 7271, cabo de alumínio liga (CAL) conforme a ABNT NBR 10298 ou cabo de cobre duro. O tipo de condutor neutro está relacionado à bitola do condutor fase, conforme as Tabelas 2 e 3 do Anexo 7.2.

A superfície dos fios de cobre, de alumínio ou alumínio liga componentes do condutor neutro de sustentação e do mesmo encordoado deve ser lisa, não devendo apresentar fissuras, escamas, rebarbas, asperezas, estrias e inclusões que comprometam o desempenho do condutor. O cabo pronto não deve apresentar falhas de encordoamento e ser regularmente cilíndrico e isento de emendas.

No caso do condutor neutro quando isolado, a isolação deve atender as regras e o especificado



em 5.3.1.3 na cor azul clara.

Na fixação do cabo multiplexado com neutro isolado, quando realizada com pré-formados, deve-se utilizar alça pré-formada específica para cabos com isolação, conforme a NE-140E.

5.3.2.1. Condutor Neutro CA

O condutor neutro CA deve ser isolado.

Os fios de alumínio 1350 que formam o condutor neutro devem ter:

- a) têmpera dura (designação H19), atendendo as exigências da ABNT NBR 5118;
- b) condutividade mínima de 61% IACS, a 20°C;
- c) resistência mínima à tração de acordo com os valores estabelecidos pela ABNT NBR 5118;
- d) resistividade de 0,028264 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, a 20°C, conforme ABNT NBR 5118.

O condutor neutro CA deve:

- a) estar de acordo com a Tabela 6 do Anexo 7.2;
- b) ser não compactado e ter encordoamento conforme a ABNT NBR NM 280;
- c) número e diâmetro dos fios formadores conforme a ABNT NBR 8182.

Nota:

Aplicável somente nas seções de 10 a 25 mm².

5.3.2.2. Condutor Neutro CAL

O condutor neutro deve ser de liga alumínio-magnésio-silício (CAL) e os fios componentes dos condutores encordoados devem satisfazer a ABNT NBR 5285 antes de serem



submetidos a fases posteriores de fabricação e os condutores, após encordoamento, devem satisfazer a ABNT NBR 10298.

O condutor neutro tipo cabo de alumínio liga (CAL) deve estar de acordo com a Tabela 6 do Anexo 7.2., não compactado e ter encordoamento conforme a ABNT NBR 10298. Neste caso, os fios de alumínio-liga que formam o condutor neutro devem ter:

- a) resistência mínima à tração de acordo com a ABNT NBR 5285;
- b) alongamento mínimo à ruptura de 3% em 250 mm;
- c) resistividade de $0,0328 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, a 20°C , de acordo com a ABNT NBR 5285;
- d) condutividade mínima de 52,5% IACS a 20°C ;
- e) massa específica do fio de alumínio- liga deve ser de $2,70 \text{ g/cm}^3$ a 20°C .

Nota:

Aplicável, obrigatoriamente, nas seções de 35 mm^2 e superiores.

5.3.2.3. Condutor Neutro Cobre Duro Cu

O condutor neutro de cobre duro – Cu deve ser isolado na cor azul até a seção de 25 mm^2 .

Os fios de cobre duro que formam o condutor neutro devem ter:

- a) deve atender o alongamento mínimo na ruptura em 1500 mm de acordo com o estabelecido na ABNT NBR 5111;
- b) deve atender a resistência mínima à tração de acordo com o estabelecido na ABNT NBR 5111;
- c) condutividade mínima de 96,5% IACS, a 20°C ;
- d) resistividade de $0,017837 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, a 20°C , conforme ABNT NBR 5111, para diâmetros de fio inferior a 8mm.



O condutor neutro Cu deve:

- a) estar de acordo com a Tabela 6 do Anexo 7.2.;
- b) não ser compactado e ter encordoamento e diâmetro dos fios conforme a ABNT NBR 5111 e NBR 6254 ;
- c) número dos fios formadores conforme a ABNT NBR 8182, idêntica aos condutores de sustentação de alumínio CA e CAL.

5.3.3. Reunião do Condutor Fase e Cabo Mensageiro

Os condutores são reunidos com sentido à direita. Devem ser torcidos helicoidalmente ao redor do neutro, que deve permanecer sempre em posição axial em relação aos demais.

O passo de reunião dos condutores deve ser, no máximo, 60 vezes o diâmetro do condutor fase.

A verificação é feita assinalando-se duas marcas sobre a mesma veia, em duas passagens consecutivas dessa veia por um plano tangente ao cabo. Mede-se então o passo efetivo, que é a distância longitudinal entre as duas marcas.

5.4. Inspeção, Ensaios e Requisitos

5.4.1. Condições Gerais

O cabo multiplexado a ser fornecido, conforme esta Especificação, estará sujeito a inspeção e ensaios pela Celesc D.

Os ensaios previstos nesta Especificação são classificados em recebimento e tipo e devem ser realizados às expensas do fabricante, com exceção de ensaios realizados durante e após a instalação que, se executados pelo fabricante, devem ser objeto de prévio acordo entre a Celesc D e o fabricante.

Os ensaios de tipo são realizados com a finalidade de demonstrar o comportamento do projeto do cabo multiplexado. Deverão ser repetidos quando houver modificação do projeto do cabo que possa alterar o seu desempenho.

Entende-se por modificação do projeto do cabo qualquer variação construtiva ou de



tecnologia que possa influir diretamente no desempenho elétrico e/ou mecânico do cabo, como por exemplo, modificações nos seus materiais, compostos de matérias-primas e componentes.

Os ensaios de tipo devem ser realizados em laboratórios de instituições oficiais ou independentes pertencentes à Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio (www.inmetro.gov.br). Em comum acordo com o DPEP/DVEN da Celesc D, os ensaios de tipo poderão ser realizados em laboratórios rastreados pela Rede Brasileira de Calibração – RBC, conforme a Especificação E-313.0045 ou nos laboratórios das instalações do fornecedor, desde que, nesse caso, tenha a presença do inspetor da Celesc D.

Para o uso dos laboratórios das instalações do fabricante, os certificados de calibração dos instrumentos utilizados durante os ensaios, tanto de tipo quanto de recebimento, deverão ser apresentados ao inspetor da Celesc D.

A Celesc D poderá exigir a presença de um inspetor para realizar a amostragem e acompanhar a realização dos ensaios de tipo, conforme a Especificação E-313.0045.

Quando os ensaios de tipo, já certificados pelo fabricante e aprovados pela Celesc D, forem solicitados novamente pela Celesc D para uma determinada ordem de compra, o importe destes deve ser objeto de acordo comercial. Se o fato gerador da nova solicitação for de responsabilidade do fabricante, os ensaios devem ser realizados às suas expensas.

Quando os ensaios de tipo já tiverem sido realizados em cabos do mesmo projeto, a Celesc D, a seu critério, poderá mediante análise dos relatórios de ensaios apresentados pelo fabricante, dispensar nova realização de algum ou de todos os ensaios de tipo.

Todos os ensaios de recebimento devem ser executados nas instalações do fabricante, na presença de um inspetor da Celesc D, este deve ainda propiciar ao inspetor, a suas expensas, pessoal habilitado a prestar informações e realizar os ensaios, e livre acesso aos laboratórios, equipamentos, instrumentos, instalações fabris e de acondicionamento de matéria-prima e material acabado, enfim todos os meios necessários que lhe permitam verificar se o material oferecido está de acordo com esta Especificação.

As normas técnicas, especificações e desenhos necessários às realizações dos ensaios deverão estar no local da inspeção e à disposição do inspetor da Celesc D.

A Celesc D deve ser comunicada com, no mínimo, 15 dias de antecedência, sobre a data em que o lote referente ao pedido de compra estiver pronto para a inspeção, conforme a Especificação E-313.0045.

A aceitação de um determinado lote e/ou a dispensa da execução de qualquer ensaio não



eximem o fornecedor da responsabilidade de fornecer o material de acordo com os requisitos desta Especificação e não invalidam qualquer reclamação posterior da Celesc D a respeito da qualidade do material.

No caso da Celesc D. dispensar a inspeção, o fabricante deve fornecer, cópia dos resultados dos ensaios de rotina e certificado dos ensaios de tipo, de acordo com os requisitos desta Especificação.

A Celesc D se reserva o direito de exigir a repetição de ensaios em lotes já aprovados. Neste caso, as despesas serão de responsabilidade da Celesc D se as unidades ensaiadas forem aprovadas na segunda inspeção e do fabricante em caso contrário.

A Celesc D se reserva o direito de enviar inspetor devidamente credenciado no momento que julgar necessário, com o objetivo de inspecionar qualquer etapa de fabricação dos cabos multiplexados, bem como acompanhar os ensaios de rotina, devendo o fornecedor garantir ao inspetor da Celesc D o livre acesso a laboratórios e a locais de fabricação, ensaios e de acondicionamento.

Os ensaios de tipo e recebimento relacionados nesta Especificação não invalidam, por parte do fabricante, a realização de outros ensaios que julgue necessários ao controle de qualidade do cabo.

5.4.2. Inspeção Geral

Antes de serem efetuados os ensaios, deve ser comprovado se o material contém todos os componentes e características, verificando de acordo com esta Especificação:

- a) designação dos cabos e identificação dos condutores, conforme inciso 5.2.1.;
- b) acondicionamento e fornecimento, conforme inciso 5.2.2.;
- c) aspectos construtivos gerais, conforme subitem 5.3..

Constitui falha o não atendimento a qualquer dos requisitos acima mencionados.

5.4.3. Relação de Ensaios

Para o cabo completo e condutor:



- a) inspeção visual;
- b) verificação dimensional da construção do cabo;
- c) ensaio de resistência elétrica;
- d) ensaio de tensão elétrica;
- e) ensaio de tensão elétrica de longa duração;
- f) ensaio de resistência de isolamento à temperatura ambiente;
- g) ensaio de resistência de isolamento à temperatura máxima em regime permanente;
- h) ensaio para determinação do fator de correção da resistência de isolamento;
- i) ensaio de resistência à abrasão;
- j) ensaios físicos da isolação após envelhecimento artificial em câmara UV;
- k) ensaio de ruptura no condutor neutro conforme a ABNT NBR 7272.
- l) ensaios físicos do composto da isolação, conforme Tabela 8 do Anexo 7.2.

A aplicação desses ensaios encontra-se na Tabela 1 do Anexo 7.1.

5.4.4. Descrição dos Ensaios

5.4.4.1. Verificação Dimensional da Construção do Cabo

Deve ser feita em amostras do cabo pronto.

Deve ser verificado o estabelecido nos incisos 5.3.1., 5.3.2., 5.3.3. e 5.3.4. e nas Tabelas 2, 3 e 6 do Anexo 7.2.



5.4.4.2. Ensaio de Resistência Elétrica

A resistência elétrica máxima dos condutores fase, referida a 20°C e a um comprimento de 1 km, não deve ser superior aos valores estabelecidos na ABNT NBR-NM 280.

A resistividade elétrica máxima dos fios componentes ou a resistência elétrica máxima do condutor neutro de sustentação, referida a 20°C e a um comprimento de 1 km, deve estar conforme a ABNT NBR 10298 para condutor de liga alumínio-magnésio-silício – CAL e ABNT NBR 6524 para condutor de cobre duro, resumido na Tabela 6 do Anexo 7.2.

O cabo deve ser ensaiado conforme a ABNT NBR 6814.

5.4.4.3. Ensaio de Tensão Elétrica

O cabo, quando submetido à tensão elétrica alternada, frequência 48 Hz a 62 Hz, com valor eficaz de 4 kV, não deve apresentar perfuração.

O tempo de aplicação de tensão deve ser de 5 minutos.

Os cabos com neutro nu devem ser ensaiados a seco. A tensão elétrica deve ser aplicada entre cada condutor fase e todos os outros condutores curto-circuitados e aterrados.

Para os cabos com o neutro isolado, este ensaio deve ser realizado contra a água.

O cabo deve ser ensaiado conforme a ABNT NBR 6881.

Em alternativa, o ensaio de tensão elétrica pode ser efetuado com tensão elétrica contínua de valor igual a 9,6 kV.

5.4.4.4. Ensaio de Resistência de Isolamento à Temperatura Ambiente

A resistência de isolamento dos condutores isolados, referida a 20°C e a um comprimento de 1 km, não deve ser inferior ao valor calculado com a seguinte fórmula:

$$R_i = K_i \cdot \log (D/d)$$

Onde:



R_i = resistência de isolamento em $M\Omega.km$

K_i = constante de isolamento igual a $3700 M\Omega.km$ para XLPE

D = diâmetro nominal externo sobre a isolação, em mm

d = diâmetro nominal sob a isolação, em mm

A medida da resistência de isolamento deve ser feita com tensão elétrica contínua de valor 300 a 500 V, aplicada por um período mínimo de 1 minuto e máximo de 5 minutos.

O ensaio de resistência de isolamento deve ser realizado após o ensaio de tensão elétrica. No caso de o ensaio de tensão elétrica ter sido realizado com a tensão elétrica contínua, a medição da resistência de isolamento deve ser feita 24 horas após os condutores terem sido curto-circuitados entre si e com a terra.

Quando a medida da resistência de isolamento for realizada em meio ambiente com temperatura diferente a $20^{\circ}C$, o valor obtido deve ser referido a essa temperatura, utilizando os valores de correção de dados nas Tabelas 10 do Anexo 7.2. O fabricante deve fornecer previamente o coeficiente por $^{\circ}C$ a ser utilizado, determinado conforme o subinciso 5.4.4.7. desta Especificação.

O cabo deve ser ensaiado conforme a ABNT NBR 6813.

5.4.4.5. Ensaio de Resistência de Isolamento à Temperatura Máxima em Regime Permanente

A resistência de isolamento do condutor isolado a $90 \pm 2^{\circ}C$, referida a um comprimento de 1 km, não deve ser inferior ao valor calculado com a fórmula dada no subinciso 5.4.4.4. desta Especificação, tornando-se a constante de isolamento igual a $3,70 M\Omega.km$.

A temperatura no condutor deve ser obtida pela imersão da amostra em água. A amostra deve ser mantida na água pelo menos por duas horas, à temperatura especificada, antes de efetuar-se a medição.

A medida da resistência de isolamento deve ser feita com tensão elétrica contínua de valor 300 a 500 V, aplicada por um período mínimo de 1 minuto e máximo de 5 minutos.

O comprimento da amostra não deve ser inferior a 5 metros.

A amostra deve ser ensaiada conforme a ABNT NBR 6813.



5.4.4.6. Ensaio de Tensão Elétrica de Longa Duração

A amostra deve ser submetida a uma tensão elétrica alternada, de 48 a 62 Hz, com valor eficaz de 10 kV.

O tempo de aplicação da tensão elétrica deve ser de 30 minutos e o cabo não deve apresentar perfuração.

O ensaio deve ser efetuado em um corpo de prova constituído por um comprimento mínimo de 5 metros de cabo completo.

A amostra deve ficar imersa em água por um tempo não inferior a 24 horas antes do ensaio. A tensão elétrica deve ser aplicada entre cada condutor isolado e a água.

A amostra deve ser ensaiada conforme a ABNT NBR 6881.

5.4.4.7. Ensaio para Determinação do Fator de Correção da Resistência de Isolamento

Este ensaio pode ser realizado desde que previamente requerido como exigência adicional.

As amostras devem ser preparadas e ensaiadas conforme a ABNT NBR 6813 e o fator de correção de resistência de isolamento obtido deve ser, aproximadamente, igual ao previamente fornecido pelo fabricante.

5.4.4.8. Ensaio de Resistência à Abrasão

O corpo de prova deve ser obtido retirando-se de um dos condutores do cabo multiplexado um comprimento de aproximadamente 150 mm.

O ensaio deve ser realizado conforme a ABNT NBR 11873 (cabos cobertos), em que, após 1.000 ciclos de abrasão, a lâmina não deve desbastar mais de 0,25 mm da espessura da isolação.

5.4.4.9. Ensaio Físicos do Composto de Isolação

Estes ensaios estão indicados na Tabela 8 do Anexo 7.2., com os respectivos métodos de ensaio e requisitos.



5.4.4.10. Ensaio Físicos da Isolação após Envelhecimento Artificial em Câmara UV

Este requisito é obrigatório à isolação de cabos de qualquer cor.

Os corpos de prova devem ser submetidos às condições de ensaios por 2000 horas.

Após o tempo de exposição especificado, os corpos de prova devem apresentar variação de alongamento à ruptura e de tração à ruptura menor que 25%, em relação aos seus respectivos valores originais obtidos em amostras sem envelhecimento.

O ensaio deve ser realizado conforme a metodologia e as condições descritas na ASTM G 155, método A. Os corpos de prova para os ensaios mecânicos devem ser retirados, após o envelhecimento, da face exposta à radiação, o mais próximo possível da superfície externa. Os corpos de prova devem ser preparados conforme a ABNT NBR NM-IEC 60811-1-1.

Quando não for possível preparar o corpo de prova preservando a camada colorida, de comum acordo entre o fabricante e a Celesc D, pode ser definido outro método para elaboração dos ensaios.

5.4.4.11. Ensaio de Ruptura do Condutor Neutro

O ensaio de ruptura no condutor neutro deverá ser realizado conforme a ABNT NBR-7272.

Os requisitos deste ensaio estão indicados na Tabela 6 do Anexo 7.2.

5.4.5. Relatórios dos Ensaio

O fornecedor deve remeter à Celesc Distribuição S.A. a quantidade solicitada de cópias dos relatórios dos ensaios efetuados, devidamente assinados pelo representante do fabricante e pelo inspetor da Celesc D.

Os relatórios de ensaios devem ser apresentados em formulários de tamanho A4 da ABNT. Todos os desenhos e tabelas devem ser confeccionados nos formatos padronizados pela ABNT.

Os relatórios de ensaios devem conter as indicações necessárias à sua perfeita compreensão e interpretação, além de conter, no mínimo, as seguintes informações:

5.4.5.1. Relatório de Ensaios de Tipo

Requisitos mínimos que devem constar dos relatórios de ensaios de tipo:

- a) nome do ensaio;
- b) nome e marca comercial do fabricante;
- c) descrição da amostra a ser ensaiada, como nome comercial, classificação segundo a norma correspondente da ABNT, materiais do condutor e isolamento, características gerais e dimensões;
- d) data de fabricação da amostra, número da ordem de fabricação ou documento equivalente emitido pelo fornecedor;
- e) datas de início e término dos ensaios;
- f) nome do laboratório onde os ensaios foram executados;
- g) descrição sumária do processo de ensaio, com constantes, métodos, normas técnicas, instrumentos empregado e em que condições o referido ensaio for realizado;
- h) valores obtidos no ensaio (em cada corpo de prova ensaiado);
- i) memória de cálculo com resultados e eventuais observações;
- j) atestado dos resultados, informando de forma clara e explícita se o cabo ensaiado passou ou não no referido ensaio;
- k) certificado de calibração para cada equipamento utilizado nos ensaios;
- l) nomes legíveis e assinaturas dos responsáveis pelos ensaios.

Junto com os relatórios de ensaio de tipo devem ser anexados os seguintes itens:

- a) desenho esquemático do equipamento com identificação de suas principais partes;



- b) declaração afirmando que o projeto do cabo não sofreu alteração desde a data de produção da amostra;
- c) ficha técnica de controle de recebimento de matéria-prima com as grandezas e padrões a serem controlados;
- d) memorial de cálculo indicando os valores de capacidade de condução de corrente, indutâncias, queda de tensão e outros parâmetros elétricos para a família de cabos referentes a esta Especificação;
- e) gráficos das correntes de curto-circuito admissíveis.

5.4.5.2. Relatório de Ensaios de Recebimento

- a) nome do ensaio;
- b) nomes da Celesc D e nome e/ou marca comercial do fabricante;
- c) número e item da ordem de compra, autorização de fornecimento ou documento equivalente emitido pela Celesc D;
- d) número da ordem de fabricação ou documento equivalente emitido pelo fornecedor;
- e) datas de início e término dos ensaios;
- f) nome do laboratório onde os ensaios foram executados;
- g) identificação e quantidade dos cabos submetidos a ensaio (tamanho do lote, número de identificação das unidades, carretéis, amostrados e ensaiados);
- h) descrição sumária do processo de ensaio, com constantes, métodos, normas técnicas e instrumentos empregados;
- i) valores obtidos no ensaio (em cada corpo de prova ensaiado);
- j) memória de cálculo com resultados e eventuais observações;

- k) atestado dos resultados, informando de forma clara e explícita se o cabo ensaiado passou ou não no referido ensaio;
- l) nomes legíveis e assinaturas do inspetor da Celesc D e do responsável pelos ensaios.

5.5. Aceitação e Rejeição

5.5.1. Inspeção Visual

Antes de qualquer ensaio, deve ser realizada uma inspeção visual sobre todas as unidades de medição para verificar:

- a) características gerais do cabo;
- b) identificação do cabo;
- c) acondicionamento e marcação da embalagem;
- d) comprimento do cabo no rolo ou no carretel.

Devem ser rejeitadas, de forma individual, as unidades de expedição que não cumpram as referidas condições.

5.5.2. Amostragem

5.5.2.1. Ensaio de Recebimento

Os ensaios de recebimento devem ser feitos sobre todas as unidades de expedição (rolos ou carretéis) com a finalidade de demonstrar a integridade do cabo.

O tamanho da amostra e os critérios de aceitação e de rejeição para os ensaios de recebimento devem estar de acordo com a Tabela 9 do Anexo 7.2.

De cada carretel, devem ser retirados corpos de prova do cabo completo, em número e tamanho adequados à execução de todos os ensaios previstos. Se em um corpo de prova for rejeitado em qualquer ensaio, este deverá ser repelido em 2 outros corpos de prova da mesma amostra (bobina). Ocorrendo nova falha, a amostra será considerada defeituosa.



A quantidade total de amostras defeituosas deve ser levada à Tabela 9 do Anexo 7.2, que definirá a aceitação ou rejeição do lote.

Sobre todas as unidades de expedição que tenham cumprido o estabelecido no inciso 5.4.1., devem ser aplicados os ensaios de recebimento, aceitando-se somente as unidades que satisfizerem os requisitos especificados.

Devem ser rejeitadas, de forma individual, as unidades de expedição que não cumpram os requisitos dos referidos ensaios.

Para a inspeção, podem ser adotados 2 procedimentos:

- a) acompanhamento por parte dos inspetores, dos ensaios de rotina realizados pelo fornecedor;
- b) adoção de amostragem, por ocasião da apresentação do lote para inspeção final, segundo critérios estabelecidos conforme a Especificação da Celesc D.

A aceitação desse procedimento não exige o fornecedor de apresentar o relatório dos ensaios de rotina.

A comutação do regime de inspeção ou qualquer outra consideração adicional deve ser feita de acordo com as recomendações da ABNT NBR 5426.

5.5.2.2. Ensaio de Tipo

O número de carretéis ou rolos a serem submetidos aos ensaios de tipo será objeto de negociação entre a Celesc D e o fornecedor.

O corpo de prova deve ser constituído por um comprimento de 10 m a 15 m do cabo completo e deve ser tirado de uma unidade qualquer de expedição. Observar o recomendado na ABNT NBR-8182 e a norma correspondente de cada ensaio.

6. DISPOSIÇÕES FINAIS

6.1. Garantia

O fabricante deve garantir a qualidade e robustez de todos os materiais usados, de acordo com os requisitos desta Especificação, para uma vida útil média de 35 anos e durante 5 anos a



reposição, livre de despesas, de qualquer cabo considerado defeituoso, devido a eventuais deficiências de projeto, matéria-prima ou fabricação.

6.2. Consultas

Na aplicação desta Especificação pode ser necessário consultar:

E-313.0045 – Certificação de Homologação de Produtos

I-141.0001 – Padrão de Embalagens

ABNT NBR 5111 – Fios de cobre nus, de seção circular, para fins elétricos

ABNT NBR 5118 – Fios de alumínio nus de seção circular para fins elétricos – Especificação

ABNT NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão

ABNT NBR 5285 – Fios de liga alumínio-magnésio-silício, têmpera T81, nus, de seção circular, para fins elétricos – Especificação

ABNT NBR 5426 – Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos – Procedimento

ABNT NBR 5456 – Eletricidade geral – Terminologia

ABNT NBR 5471 – Condutores elétricos – Terminologia

ABNT NBR 6236 - Madeiras para carretéis para fios, cordoalhas e cabos

ABNT NBR 6251 – Cabos de potência com isolamento sólida extrudada para tensões de 1 kV a 35 kV – Construção – Padronização

ABNT NBR 6524 – Fios e cabos de cobre duro e meio duro com ou sem cobertura protetora para instalações aéreas – Especificação

ABNT NBR 6810 – Fios e cabos elétricos – Tração à ruptura em componentes metálicos – Método de ensaio



ABNT NBR 6813 – Fios e cabos elétricos – Ensaio de resistência de isolamento – Método de ensaio

ABNT NBR 6814 - Fios e cabos elétricos - Ensaio de resistência elétrica - Método de ensaio

ABNT NBR 6815 – Fios e cabos elétricos – Ensaio de determinação da resistividade em componentes metálicos

ABNT NBR 6881 – Fios e cabos elétricos de potência ou controle – Ensaio de tensão elétrica – Método de ensaio

ABNT NBR 7103 – Vergalhão de alumínio 1350 para fins elétricos – Especificação

ABNT NBR 7271 – Cabos de alumínio para linhas aéreas

ABNT NBR 7272 – Condutor elétrico de alumínio – Ruptura e característica dimensional – Método de ensaio

ABNT NBR 7312 – Rolos de fios e cabos elétricos – Características dimensionais – Padronização

ABNT NBR 8182 – Cabos de potência multiplexados autossustentados com isolação extrudada de PE ou XLPE para tensões até 0,6/1 kV – Requisitos de desempenho

ABNT NBR 10298 – Cabos de liga alumínio-magnésio-silício, nus, para linhas aéreas – Especificação

ABNT NBR 10537 – Fios e cabos elétricos – Ensaio de centelhamento – Método de ensaio

ABNT NBR 11137 – Carretéis de madeira para o acondicionamento de fios e cabos elétricos – Dimensões e estruturas – Padronização

ABNT NBR 11301 – Cálculo da capacidade de condução de correntes de cabos isolados em regime permanente (fator de carga 100%) – Procedimento

ABNT NBR 11873 – Cabos cobertos com material polimérico para redes de distribuição aérea de energia elétrica fixados em espaçadores, em tensões de 13,8 kV a 34,5 kV



ABNT NBR NM 280 – Especifica as seções nominais padronizadas de 0,5 mm² a 2000 mm², bem como o número e diâmetros dos fios e valores de resistência elétrica para condutores de cabos elétricos e cordões flexíveis isolados

ABNT NBR NM 244 – Condutores e cabos isolados – Ensaio de centelhamento

ABNT NBR NM-IEC 60811-1-1 – Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos – Parte 1: Métodos para aplicação geral – Capítulo 1: Medição de espessuras e dimensões externas – Ensaio para a determinação das propriedades mecânicas

ABNT NBR NM-IEC 60811-1-2 – Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos – Parte 1: Métodos para aplicação geral – Capítulo 2: Métodos de envelhecimento térmico

ABNT NBR NM-IEC60811-1-3 – Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos – Parte 1: Métodos para aplicação geral – Capítulo 3: Métodos para a determinação da densidade de massa – Ensaio de absorção de água – Ensaio de retração

ABNT NBR NM-IEC 60811-2-1 – Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos e ópticos – Parte 2: Métodos específicos para materiais elastoméricos – Capítulo 1: Ensaio de resistência ao ozônio, de alongamento a quente e de imersão em óleo mineral

ABNT NBR NM IEC 60811-4-1 – Métodos de ensaios comuns para materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos – Parte 4: Métodos específicos para os compostos de polietileno e polipropileno – Capítulo 1: Resistência à fissuração por ação de tensões ambientais – Ensaio de enrolamento após envelhecimento térmico no ar – Medição do índice de fluidez – Determinação do teor de negro-de-fumo e/ou de carga mineral em polietileno

ASTM G-155 – Standard Practice for Operating Xenon Arc Light Apparatus for Exposure of Non-metallic Materials



7. ANEXOS

7.1. Ensaaios

7.2. Tabelas

7.3. Figuras

7.4. Correntes Máximas Admissíveis de Curto-Circuito

7.5. Controle de Revisões e Alterações

7.6. Histórico da Revisão

7.1. Ensaaios

Tabela 1 - Ensaaios de Tipo e Recebimento

ITEM	NOME DO ENSAIO	CONDUTOR FASE	ISOLAÇÃO	CABO MENSAG.	CABO	NORMA DE REFRÊNCIA
1	Verificação dimensional da construção do cabo e sua isolação	T/R	T/R	T/R	T/R	ABNT NBR NM 280/ABNT NBR 10298 ABNT NBR NM-IEC 60811-1-1 ABNT NBR 5118/ABNT NBR 5111 ABNT NBR 6524 e ABNT NBR 8182
2	Ensaio de resistência elétrica	T/R		T/R		ABNT NBR 6814/ABNT NBR 6815 ABNT NBR NM 280 ABNT NBR 10298/ABNT NBR 8182
3	Ensaio de tensão elétrica				T/R	ABNT NBR 6881/ABNT NBR 8182
4	Ensaio de resistência de isolamento à temperatura ambiente				T/R	ABNT NBR 6813/ABNT NBR 8182
5	Ensaio de resistência de isolamento à temperatura máxima em regime permanente				T	ABNT NBR 6813 - 8182
6	Ensaio de tensão elétrica de longa duração				T	ABNT NBR 6881/ABNT NBR 8182
7	Ensaio para determinação do fator de correção da resistência de isolamento				T*	ABNT NBR 6813
8	Ensaio de resistência à abrasão				T*	ITEM 7.4.8 ABNT NBR 11873
9	Ensaaios físicos do composto de isolação - tração do material da isolação - absorção de água - retração		T			Tabela 8 do Anexo 7.2.
	- alongamento a quente do material da isolação		T/R			
10	Ensaaios físicos nos compostos da isolação após envelhecimento artificial em câmara UV		T			ASTM G 155 (método A)
11	Ensaio para determinação do teor de negro de fumo		T			ABNT NBR NM IEC 60811-4-1
12	Ensaaios mecânicos e elétricos dos condutores	T		T		ABNT NBR 10298/ABNT NBR 5285

T - Ensaio de tipo

R - Ensaio de recebimento

* - Ensaio de tipo complementar

Antes da realização dos ensaios, deverá ser feita a inspeção visual.



7.2. Tabelas

As Tabelas a seguir se referem à seguinte construção do cabo multiplexado de baixa tensão - 0,6/1 kV - isolação XLPE.

Tabela 2 - Características Físicas do Condutor Fase Alumínio 0,6/1 kV

CONDUTOR FASE (CA)				CABO COMPLETO (CA/CAL)			
Seção nominal (mm ²)	Número de fios (mínimo)	Diâmetro do condutor (mm)		Espessura da isolação (mm)	Diâmetro externo do conjunto (aprox.) mm	Massa cabo completo neutro nu (aprox.) kg/km	Massa cabo completo neutro isolado (aprox.) kg/km
		min	max				
1x1x10 + 10	6	3,2	4,0	1,2	10	79	92
1x1x16 + 16	6	4,6	5,2	1,2	12	112	134
1x1x25 + 25	6	5,6	6,5	1,4	15	168	-
1x1x35 + 35	6	6,6	7,5	1,6	18	235	-
2x1x10 + 10	6	3,2	4,0	1,2	12	131	137
2x1x16 + 16	6	4,6	5,2	1,2	14	180	198
2x1x25 + 25	6	5,6	6,5	1,4	17	265	299
2x1x35 + 35	6	6,6	7,5	1,6	20	365	415
3x1x10 + 10	6	3,2	4,0	1,2	14	183	182
3x1x16 + 16	6	4,6	5,2	1,2	17	235	262
3x1x25 + 25	6	5,6	6,5	1,4	20	360	398
3x1x35 + 35	6	6,6	7,5	1,6	23	500	551
3x1x50 + 35	7	7,7	8,6	1,6	25	630	679
3x1x70 + 50	10	9,3	10,2	1,8	31	880	941
3x1x120 + 70	15	12,5	13,5	2,0	39	1450	1491

Tabela 3 – Características Físicas do Condutor Fase Cobre 0,6/1 kV

CONDUTOR FASE (CU)				CABO COMPLETO (CU/CU)			
Seção nominal (mm ²)	Número de fios (mínimo)	Diâmetro do condutor (mm)		Espessura da isolação (mm)	Diâmetro externo do conjunto (aprox.) mm	Massa cabo completo neutro nu (aprox.) kg/km	Massa cabo completo neutro isolado (aprox.) kg/km
		min	max				
1x1x10 + 10	6	3,7	4,1	1,2	12	209	231
2x1x10 + 10	6	3,7	4,1	1,2	18	325	346
2x1x16 + 16	6	4,6	5,2	1,2	21	463	486
3x1x10 + 10	6	3,7	4,1	1,2	18	440	461
3x1x16 + 16	6	4,6	5,2	1,2	21	621	644
3x1x25 + 25	6	5,6	6,5	1,4	25	966	998
3x1x35 + 35	6	6,6	7,5	1,6	29	1365	1410
3x1x50 + 35	6	7,7	8,6	1,6	33	1732	1777
3x1x70 + 50	12	9,3	10,2	1,8	38	2442	2495



Tabela 4 – Características Elétricas do Condutor Fase Alumínio 0,6/1 kV

Seção (mm ²)	Resistência elétrica temp. nominal no condutor 90°C (Ohm/km)	Reatância indutiva (Ohm/km)	Corrente admissível (A) temp. no condutor - 90°C	
			Amb. 30°C	Amb. 40°C
1x1x10 + 10	3,9489	0,1062	74	65
1x1x16 + 16	2,4489	0,1027	98	86
1x1x25 + 25	1,5387	0,1003	130	115
1x1x35 + 35	1,1131	0,0999	161	142
2x1x10 + 10	3,9489	0,1062	63	55
2x1x16 + 16	2,4489	0,1027	83	73
2x1x25 + 25	1,5387	0,1003	111	97
2x1x35 + 35	1,1131	0,0999	136	119
3x1x10 + 10	3,9489	0,1062	51	44
3x1x16 + 16	2,4489	0,1027	68	59
3x1x25 + 25	1,5387	0,1003	93	80
3x1x35 + 35	1,1131	0,0999	116	100
3x1x50 + 35	0,8223	0,0966	141	122
3x1x70 + 50	0,5687	0,0948	181	157
3x1x120 +70	0,3257	0,0916	265	229



Tabela 5 – Características Elétricas do Condutor Fase Cobre 0,6/1 kV

Seção (mm ²)	Resistência elétrica temp. nominal no condutor 90°C (Ohm/km)	Reatância indutiva (Ohm/km)	Corrente admissível (A) temp. no condutor - 90°C	
			Amb. 30°C	Amb. 40°C
1x1x10 + 10	2,334	0,1518	96	85
2x1x10 + 10	2,334	0,1518	81	71
2x1x16 + 16	1,467	0,1386	107	94
3x1x10 + 10	2,334	0,1518	66	58
3x1x16 + 16	1,467	0,1386	88	76
3x1x25 + 25	0,927	0,1309	119	103
3x1x35 + 35	0,669	0,1256	149	129
3x1x50 + 35	0,494	0,1240	182	157
3x1x70 + 50	0,343	0,1181	233	202



Tabela 6 – Cabo Mensageiro – Características Físicas/Elétricas

Tipo	Seção nominal (mm ²)	Número de fios/diâmetro nominal (mm)	Diâmetro cabo (mm)		Resistência elétrica máxima a 20°C CC (Ω/km)	Espessura da isolação (mm)	Massa nominal aproximada para o cabo nu (kg/km)	Carga de ruptura mínima (daN)	Coeficiente de dilatação linear (m/°C)	
			Nu	Com isol.						
CA	10	7 / 1,36	4,08	6,48	3,080	1,2	28	190	23 x 10 ⁻⁶	
	16	7 / 1,70	5,10	7,50	1,910	1,2	44	290		
	25	7 / 2,06	6,18	9,13	1,200	1,4	64	420		
CAL	35	7 / 2,50	7,50	10,70	0,968	1,6	94	1060		
	50	7 / 3,00	9,00	12,20	0,672	1,6	135	1520		
	70	7 / 3,45	10,35	14,10	0,508	1,8	179	2020		
CU	10	7 / 1,36	4,08	6,48	1,830	1,2	92	405		17 x 10 ⁻⁶
	16	7 / 1,70	5,10	7,50	1,180	1,2	143	630		
	25	7 / 2,06	6,18	9,13	0,799	1,4	211	925		
	35	7 / 2,50	7,50	10,70	0,541	1,6	310	1345		
	50	7 / 3,00	9,00	12,20	0,377	1,6	447	1900		

Tabela 7 – Temperatura Máxima do Condutor

Condições de operação	Temperatura máxima no condutor (°C)
Regime permanente	90
Regime de sobrecarga	130
Regime de curto-circuito	250



Tabela 8 – Requisitos Físicos do Composto de Isolação Polietileno Termofixo – XLPE

Item	Ensaio	Requisito	Unidade	Método de ensaio
1	Ensaio de tração			
1.1	Sem envelhecimento: - resistência à tração - mínimo - alongamento à ruptura	12,5 200	MPa %	
1.2	Após envelhecimento em estufa a ar sem o condutor: - temperatura - duração - variação máxima **	135±3°C 7 25	°C dias %	ABNT NBR NM-IEC 60811-1-2
1.3	Após envelhecimento em estufa a ar com o condutor: - temperatura - duração - variação máxima **	150± 3 7 30	°C dias %	
1.4	Após envelhecimento em estufa a ar com condutor, seguido de ensaio dobramento (somente se 1.3 não for exequível): - temperatura - duração	150± 3 10	°C dias	
2	Alongamento a quente: - temperatura - tempo sob carga - solicitação mecânica - máximo alongamento sob carga - máximo alongamento após resfriamento	200± 3 15 0,20 175 15	°C min. MPa % %	ABNT NBR NM-IEC 60811-2-1
3	Absorção de água Método gravimétrico: - duração da imersão - temperatura - variação máxima permissão de massa	14 85± 2° 1	Dias °C mg/cm ²	ABNT NBR NM-IEC 60811-1-3
4	Retração - temperatura - duração - retração máxima permitível	130± 3 1 4	°C hora %	
5	Teor de negro de fumo - porcentagem mínima	2	%	ABNT NBR 7104

Nota: **: variação máxima – é a diferença entre o valor mediano de resistência à tração e alongamento à ruptura, obtido após o envelhecimento e o valor mediano obtido sem envelhecimento, expressa como porcentagem deste último.

Tabela 9 – Planos de Amostragem para Ensaaios de Recebimento

Tamanho do lote	Amostra		Ac	Re
	Sequência	Tamanho		
Até 25	-	3	0	1
26 a 90	1º	8	0	2
	2º	8	1	2
91 a 150	1º	13	0	3
	2º	13	3	4
151 a 280	1º	20	1	4
	2º	20	4	5
281 a 500	1º	32	2	5
	2º	32	6	7
501 a 1200	1º	50	3	7
	2º	50	8	9

Notas:

1. Regime de inspeção normal – amostragem dupla

Nível de inspeção II – NQA = 4%

2. Ac = número de unidades defeituosas que ainda permite aceitar o lote

Re = número de unidades defeituosas que implica na rejeição do lote

3. Procedimentos para a amostragem dupla:

- inicialmente ensaiar um número de unidades igual ao da primeira amostra obtida na Tabela 9 do Anexo 7.2;
- se o número de unidades defeituosas encontradas estiver compreendido entre Ac e Re (excluídos esses valores), deve ser ensaiada a segunda amostra;
- o total de unidades defeituosas encontrado após ensaiadas as duas amostras deve ser menor ou igual ao maior Ac especificado.



Tabela 10 – Fatores para Correção da Resistência de Isolamento em Função da Temperatura

Temperatura °C	Coeficiente/°C								
	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14
5	0,42	0,36	0,32	0,27	0,24	0,21	0,18	0,16	0,14
6	0,44	0,39	0,34	0,30	0,26	0,23	0,20	0,18	0,16
7	0,47	0,41	0,37	0,33	0,29	0,26	0,23	0,20	0,18
8	0,50	0,44	0,40	0,36	0,32	0,29	0,26	0,23	0,21
9	0,53	0,48	0,43	0,39	0,35	0,32	0,29	0,26	0,24
10	0,56	0,51	0,46	0,42	0,39	0,35	0,32	0,29	0,27
11	0,59	0,54	0,50	0,46	0,42	0,39	0,36	0,33	0,31
12	0,63	0,58	0,54	0,50	0,47	0,43	0,40	0,38	0,35
13	0,67	0,62	0,58	0,55	0,51	0,48	0,45	0,43	0,40
14	0,70	0,67	0,63	0,60	0,56	0,53	0,51	0,48	0,46
15	0,75	0,71	0,68	0,65	0,62	0,59	0,57	0,54	0,52
16	0,79	0,76	0,74	0,71	0,68	0,66	0,64	0,61	0,59
17	0,84	0,82	0,79	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69	0,67
18	0,89	0,87	0,86	0,84	0,83	0,81	0,80	0,78	0,77
19	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,88
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
21	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14
22	1,12	1,14	1,17	1,19	1,21	1,23	1,25	1,28	1,30
23	1,19	1,23	1,26	1,30	1,33	1,37	1,40	1,44	1,48
24	1,26	1,31	1,36	1,41	1,46	1,52	1,57	1,63	1,69
25	1,34	1,40	1,47	1,54	1,61	1,69	1,76	1,84	1,93
26	1,42	1,50	1,59	1,68	1,77	1,87	1,97	2,08	2,19
27	1,50	1,61	1,71	1,83	1,95	2,08	2,21	2,35	2,50
28	1,59	1,72	1,85	1,99	2,14	2,30	2,48	2,66	2,85
29	1,69	1,84	2,00	2,17	2,36	2,56	2,77	3,00	3,25
30	1,79	1,97	2,16	2,37	2,59	2,84	3,11	3,39	3,71
31	1,90	2,10	2,33	2,58	2,85	3,15	3,48	3,84	4,23
32	2,01	2,25	2,52	2,81	3,14	3,50	3,90	4,33	4,82
33	2,13	2,41	2,72	3,07	3,45	3,88	4,36	4,90	5,49
34	2,26	2,58	2,94	3,34	3,80	4,31	4,89	5,53	6,26
35	2,40	2,76	3,17	3,64	4,18	4,78	5,47	6,25	7,14
36	2,54	2,95	3,43	3,97	4,59	5,31	6,13	7,07	8,14
37	2,69	3,16	3,70	4,33	5,05	5,90	6,87	7,99	9,28
38	2,85	3,38	4,00	4,72	5,56	6,54	7,69	9,02	10,58
39	3,03	3,62	4,32	5,14	6,12	7,26	8,61	10,20	12,06
40	3,21	3,87	4,66	5,60	6,73	8,06	9,65	11,52	13,74

Tabela 10 – Parte II

Temperatura °C	Coeficiente/°C								
	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23
5	0,12	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04
6	0,14	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06
7	0,16	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07
8	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
9	0,21	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10
10	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13
11	0,28	0,26	0,24	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16
12	0,33	0,31	0,28	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19
13	0,38	0,35	0,33	0,31	0,30	0,28	0,26	0,25	0,23
14	0,43	0,41	0,39	0,37	0,35	0,33	0,32	0,30	0,29
15	0,50	0,48	0,46	0,44	0,42	0,40	0,39	0,37	0,36
16	0,57	0,55	0,53	0,52	0,50	0,48	0,47	0,45	0,44
17	0,66	0,64	0,62	0,61	0,59	0,58	0,56	0,55	0,54
18	0,76	0,74	0,73	0,72	0,71	0,69	0,68	0,67	0,66
19	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,81
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
21	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23
22	1,32	1,35	1,37	1,39	1,42	1,44	1,46	1,49	1,51
23	1,52	1,56	1,60	1,64	1,69	1,73	1,77	1,82	1,86
24	1,75	1,81	1,87	1,94	2,01	2,07	2,14	2,22	2,29
25	2,01	2,10	2,19	2,29	2,39	2,49	2,59	2,70	2,82
26	2,31	2,44	2,57	2,70	2,84	2,99	3,14	3,30	3,46
27	2,66	2,83	3,00	3,19	3,38	3,58	3,80	4,02	4,26
28	3,06	3,28	3,51	3,76	4,02	4,30	4,59	4,91	5,24
29	3,52	3,80	4,11	4,44	4,79	5,16	5,56	5,99	6,44
30	4,05	4,41	4,81	5,23	5,69	6,19	6,73	7,30	7,93
31	4,65	5,12	5,62	6,18	6,78	7,43	8,14	8,91	9,75
32	5,35	5,94	6,58	7,29	8,06	8,92	9,85	10,87	11,99
33	6,15	6,89	7,70	8,60	9,60	10,70	11,92	13,26	14,75
34	7,08	7,99	9,01	10,15	11,42	12,84	14,42	16,18	18,14
35	8,14	9,27	10,54	11,97	13,59	15,41	17,45	19,74	22,31
36	9,36	10,75	12,33	14,13	16,17	18,49	21,11	24,09	27,45
37	10,76	12,47	14,43	16,67	19,24	22,19	25,55	29,38	33,76
38	12,38	14,46	16,88	19,67	22,90	26,62	30,91	35,85	41,52
39	14,23	16,78	19,75	23,21	27,25	31,95	37,40	43,74	51,07
40	16,37	19,46	23,11	27,39	32,43	38,34	45,26	53,36	62,82

Tabela 11 – Sistema Trifásico cabos alumínio – 380/220 V

Seção Al (mm ²)	Coeficiente de Queda de Tensão (% p/kVA x 100m) Temperatura a 90°C		
	COS φ = 1,00	COS φ = 0,90	COS φ = 0,80
	3x1x35+35	0,0773	0,0720
3x1x50+35	0,0535	0,0516	0,0475
3x1x70+50	0,0382	0,0373	0,0364
3x1x120+70	0,0223	0,0232	0,0217

Tabela 12 – Sistema Trifásico cabos cobre – 380/220 V

Seção Cu (mm ²)	Coeficiente de Queda de Tensão (% p/kVA x 100m) Temperatura a 90°C		
	COS φ = 1,00	COS φ = 0,95	COS φ = 0,80
	3x1x25+25	0,0642	0,0638
3x1x35+35	0,0463	0,0467	0,0423
3x1x50+35	0,0342	0,0352	0,0325
3x1x70+50	0,0238	0,0251	0,0239



Notas: referentes às Tabelas 11 e 12

1. Condutor de alumínio encordoamento classe 2, compactado circular para redes secundárias de distribuição.
2. Isolação – XLPE.
3. Temperatura normal de operação do condutor: 90°C.
4. Temperatura ambiente média: 30°C (máxima de 40°C).
5. Correntes admissíveis: ABNT NBR 5410/2004 – Tabela 33 métodos de instalação E e F.
6. Para o diâmetro externo do conjunto, foram adotados o diâmetro do mensageiro e o valor máximo do diâmetro do condutor fase.
7. Demais dados retirados de catálogos de fabricantes.

Tabela 13 – Embalagens, Utilização e Códigos de Suprimento para Cabos de Alumínio

Seção (mm ²)	Isolação do neutro	Utilização	Código Celesc		
			Rolo de 40 kg		Bobina nominal Fabricante
			Quantidade (m)	Código	Código
1x1x10 + 10	Isolado	Ramal de ligação	350	34171	-
1x1x16 + 16	Isolado	Ramal de ligação	250	34172	-
1x1x35 + 35	Nu	Ramal de ligação	-	-	17924
2x1x10 + 10	Isolado	Ramal de ligação	250	34173	-
2x1x16 + 16	Isolado	Ramal de ligação	150	34174	-
2x1x25 + 25	Isolado	Ramal de ligação	130	34175	-
2x1x35 + 35	Nu	Rede	-	-	21839
3x1x10 + 10	Isolado	Ramal de ligação	200	34176	-
3x1x16 + 16	Isolado	Ramal de ligação	130	34177	-
3x1x25 + 25	Isolado	Ramal de ligação	100	34178	-
3x1x35 + 35	Isolado	Ramal de ligação ⁽¹⁾	-	-	34179
3x1x35 + 35	Nu	Rede	-	-	15553
3x1x50 + 35	Isolado	Ramal de ligação ⁽¹⁾	-	-	33223
3x1x50 + 35	Nu	Rede	-	-	34254
3x1x70 + 50	Isolado	Ramal de ligação ⁽¹⁾	-	-	33224
3x1x70 + 50	Nu	Rede	-	-	34255
3x1x120 +70	Isolado	Ramal de ligação ⁽¹⁾	-	-	34180
3x1x120 +70	Nu	Rede	-	-	17928

Nota (1):

A utilização desses cabos em redes fica condicionada a áreas com alto índice de poluição, seja ela ambiental ou industrial.

Tabela 14 – Embalagens, Utilização e Códigos de Suprimento para Cabos de Cobre

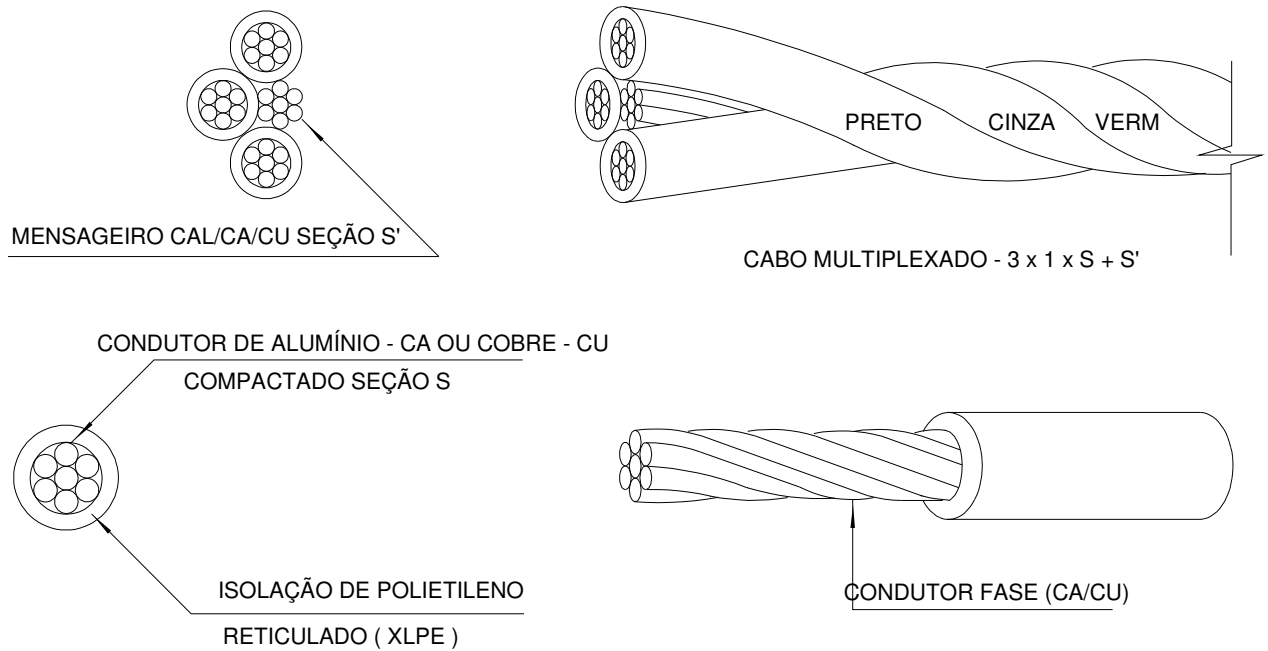
Seção (mm ²)	Isolação do neutro	Utilização	Código Celesc			
			Rolo de 40 kg		Bobina	
			Quantidade (m)	Código	Quantidade (m)	Código
1x1x10 + 10	Isolado	Ramal de ligação	200	35875		
2x1x10 + 10	Isolado	Ramal de ligação	150	38128		
2x1x16 + 16	Isolado	Ramal de ligação	-	-	200	39712
3x1x10 + 10	Isolado	Ramal de ligação			200	38129
3x1x16 + 16	Isolado	Ramal de ligação			200	39711
3x1x25 + 25	Isolado	Ramal de ligação			200	39713
3x1x35 + 35	Isolado	Ramal de ligação ⁽¹⁾			200	39714
3x1x35 + 35	Nu	Rede			200	15778
3x1x50 + 35	Isolado	Ramal de ligação ⁽¹⁾			350	39715
3x1x50 + 35	Nu	Rede			350	15776
3x1x70 + 50	Isolado	Ramal de ligação ⁽¹⁾			350	39716
3x1x70 + 50	Nu	Rede			350	15777

Nota (1):

A utilização desses cabos em redes fica condicionada a áreas com alto índice de poluição, seja ela ambiental ou industrial.

7.3. Figuras

Figura 1 – Características do Cabo

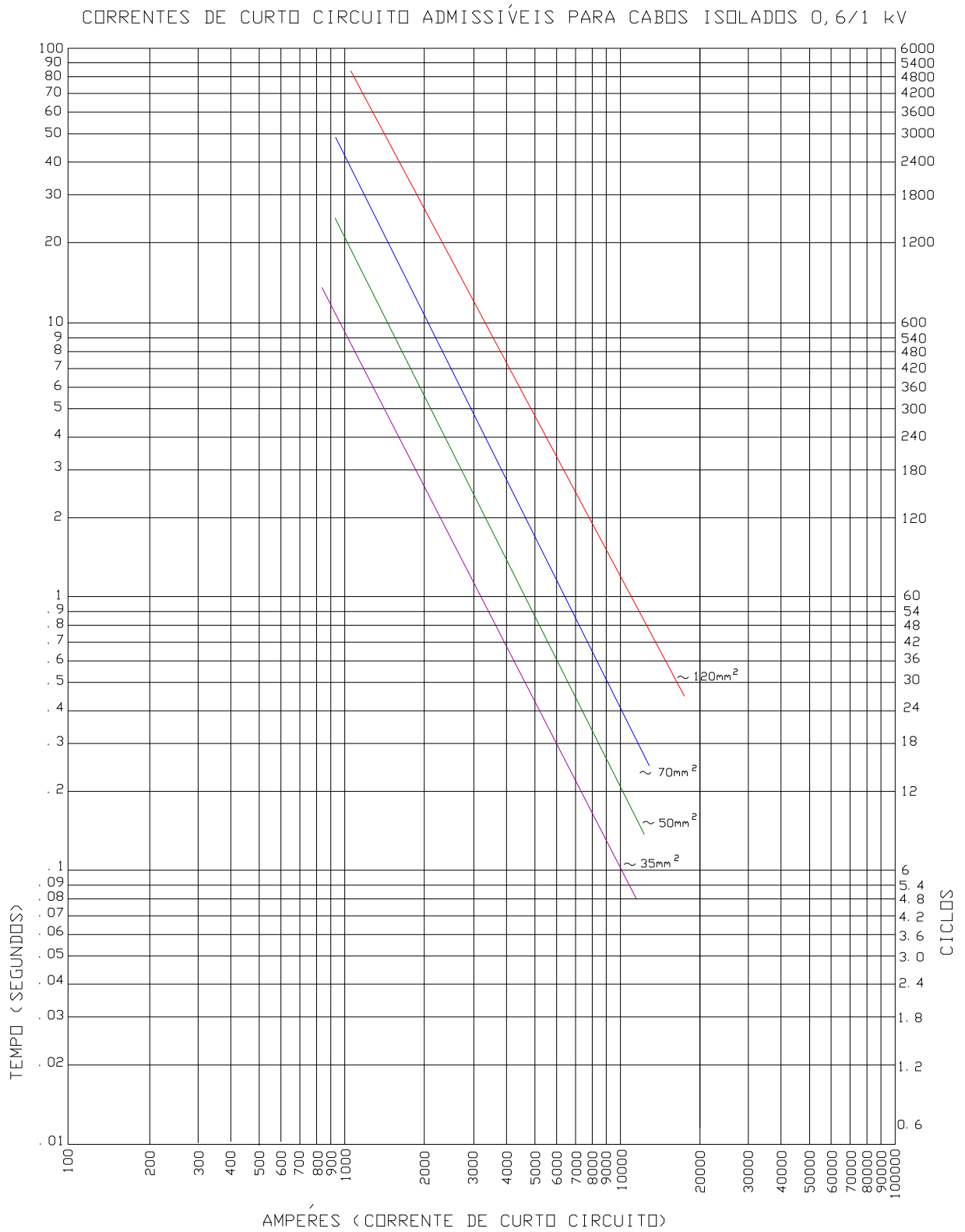


Nota:

Para os cabos com o neutro isolado, a isolação deve ser em XLPE e utilizar a cor azul-claro para identificação.



7.4. Corrente de Curto-Circuito Admissível





7.5. Controle de Revisões e Alterações

REVISÃO	RESOLUÇÃO – DATA	ELABORAÇÃO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO
0	DTE nº 349/2008 – 2/3/2008	APD	GMTK	PNA
1	DDI nº 144/2012 – 17/7/2012	APD	GMTK	PNA
2	DDI nº 084/2013 – 3/9/2013	APD	GMTK	VLG
3	DDI nº 011/2015 – 10/2/2015	APD	GMTK	SLR
4	DDI nº 013/2021 – 14/1/2021	APD	GNTK	ALK



7.6. Histórico da Revisão

REVISÃO	DATA	HISTÓRICO DAS ALTERAÇÕES	RESPONSÁVEL
4 ^a	Janeiro/2021	Geral – revisão de texto e de tópicos para atender o padrão atual de especificação. Atualização das normas técnicas Introdução dos cabos de rede e ramais multiplexados de cobre.	APD / GMTK / ALK