
SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO

SUBSISTEMA NORMAS E ESTUDOS DE MATERIAISE EQUIPAMENTOS DE DISTRIBUIÇÃO

CÓDIGO	TÍTULO	FOLHA
E-313.0075	CABOS COBERTOS PARA REDES DE DISTRIBUIÇÃO AÉREA COMPACTA EM ESPAÇADORES	1/39

1. FINALIDADE

Definir a padronização e os requisitos mínimos exigíveis para a qualificação, aceitação, fabricação e recebimento de cabo coberto com material polimérico, resistente ao trilhamento elétrico e às intempéries, utilizados como condutor fase na Rede de Distribuição Aérea Primária Compacta em Espaçadores nas tensões de 13,8; 23,1 e 34,5 kV a serem utilizados pela Celesc Distribuição S.A. – Celesc D.

2. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

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

3. ASPECTOS LEGAIS

Esta Especificação tem como base as recomendações contidas na NBR-11873 – Cabos Cobertos com material polimérico para redes aéreas compactas de distribuição em tensões de 13,8 kV a 34,5 kV.

Esta Especificação poderá, a 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 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, complementados pelos termos abaixo:

PADRONIZAÇÃO
DVG D

APROVAÇÃO
RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO
DVEN
Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN

VISTO
DPEP
Engº André Leonardo König
Gerente do DPEP

4.1. Cabo Coberto

Cabo dotado de cobertura protetora extrudada de material polimérico com base em polietileno. Esta cobertura pode ser em camada única de polietileno reticulado – XLPE, ou dupla camada, sendo a interna de XLPE natural isolante e a externa de polietileno de alta densidade – HDPE com características de resistência ao trilhamento e a intempéries (XLPE/HDPE), que visa reduzir a corrente de fuga em caso de contato acidental do cabo com objetos aterrados e diminuir o espaçamento entre condutores.

4.2. Condutor Bloqueado

Condutor cujos interstícios são preenchidos ao longo do seu comprimento com a finalidade de conter o ingresso longitudinal de água no seu interior.

5. DISPOSIÇÕES GERAIS

5.1. Exigências

Quanto às exigências para o material especificado, prevalecerão esta Especificação, os relatórios técnicos da ABRADÉE, bem como as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT e normas internacionais.

Para fornecimento direto ou indireto, o fabricante deve ser cadastrado e o cabo coberto a ser fornecido, conforme esta Especificação, deve sofrer homologação conforme a E-313.0045 – Certificação de Homologação de Produto para a obtenção do certificado de homologação do produto – CHP e estará sujeito à inspeção e ensaios pela Celesc D.

5.2. Condições Gerais

5.2.1. Identificação do Cabo

A superfície externa da cobertura do cabo deve ser marcada em intervalos regulares de até 500 mm entre os blocos das identificações, com caracteres legíveis e permanentes, que não favoreçam o trilhamento elétrico na cobertura, contendo no mínimo as seguintes informações:

- a) nome ou marca do fabricante;

- b) material e seção nominal em mm²;
- c) classe de tensão em kV;
- d) inscrição de segurança: “CABO NÃO ISOLADO – NÃO TOCAR”;
- e) material da cobertura, XLPE ou para cobertura dupla, XLPE/HDPE;
- f) Material de constituição do condutor: Cobre – “Cu”; Alumínio – “CA”;
- g) mês e ano de fabricação;
- h) BLOQUEADO;
- i) norma ABNT de referência para o cabo;
- j) COM SEMICONDUCTORA (quando a possuir);
- k) Código de rastreabilidade.

Notas:

Outras formas de identificação no cabo podem eventualmente ser aceitas, desde que previamente aprovadas pela Celesc D.

A gravação da identificação no cabo deve ser realizada através de uma impressora jato de tinta ou outro método, sem contato com a cobertura do cabo.

O nome comercial do produto é facultativo.

Os caracteres de identificação do cabo devem ser permanentes de tal forma que não possa ser retirado com o atrito do polegar, munido de uma esponja de lã de aço nova e sem uso. O inspetor deve realizar o teste esfregando o polegar com a esponja de lã de aço longitudinalmente sobre a inscrição, com força mediana, no mínimo 10 vezes, em um espaçamento mínimo de 150 mm. Serão considerados permanentes os caracteres que mantiverem até aproximadamente 50% da

PADRONIZAÇÃO

DVGD

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN

VISTO

DPEP

Engº André Leonardo König
Gerente do DPEP

nitidez original, podendo ainda o cabo ser identificado.

A inscrição da palavra “COM SEMICONDUCTORA”, alínea “j”, deve ser realizada somente para os cabos que a possuem.

5.2.2. Acondicionamento

Os cabos devem ser acondicionados em carretéis de madeira conforme a E-141.0001, complementada com as informações a seguir:

Devem ficar protegidos durante as operações usuais de manuseio, transporte e armazenagem, para tanto, as bobinas devem ser fechadas com ripas transversais.

A madeira e os processos preservativos utilizados na confecção dos carretéis e no fechamento das bobinas devem ser conforme NBR 6236, com durabilidade mínima de 24 meses, isentos de defeitos que possam vir a danificar mecânica e quimicamente os cabos e ter resistência adequada quando expostos às intempéries.

O carretel deve possuir dimensões de acordo com a NBR 11137, com diâmetro de tambor, respeitando o diâmetro mínimo calculado conforme NBR 9511.

Os cabos devem ser fornecidos em lances conforme especificados no Pedido de Compra “PC” ou documento equivalente emitido pela Celesc D e, quando não especificados, devem ter comprimento de 500 m ou 1.000 m, permitindo-se uma tolerância de até $\pm 3\%$ no comprimento sobre o lance nominal. Em lance irregular, o comprimento não deve ser inferior a 70% do lance nominal e estes não podem suplantam a quantidade máxima de 5% do total de bobinas.

Da quantidade total a ser fornecida, estipulada no Pedido de Compras, admite-se uma variação máxima de -2%; variações a maior não serão aceitas.

Cada carretel deve conter apenas um lance de cabo.

O acondicionamento normal em carretéis deve ser limitado à massa bruta de 3000 kg.

As extremidades dos cabos devem ser convenientemente seladas com capuzes de vedação, resistentes às intempéries, a fim de evitar a penetração de umidade durante o manuseio, transporte e armazenamento.

As cintas de aço para embalagem e envolvimento final das bobinas devem ser conforme a NBR 6653. Cintas de outro material devem ser previamente aprovadas pela Celesc D.

A identificação deve ser feita com placas de aço inoxidável, alumínio anodizado ou de material polimérico resistente a intempéries, gravadas de forma legível e permanente, fixadas em ambos os discos do carretel de forma adequada.

Externamente, as bobinas devem ser identificadas nas duas faces laterais, de forma legível e indelével com as seguintes indicações:

- a) nome ou marca do fabricante;
- b) país de origem;
- c) material do condutor, seção nominal em mm², têmpera e a palavra BLOQUEADO;
- d) diâmetro em “mm” e massa em kg/km do cabo completo;
- e) raio mínimo para dobramento em mm;
- f) material da cobertura e do condutor;
- g) se possui ou não a camada semicondutora;
- h) classe de tensão em kV;
- i) comprimento do lance em metros;
- j) massa bruta em kg;
- k) massa líquida em kg;
- l) nome da Celesc Distribuição S.A.;
- m) número de série da bobina;

PADRONIZAÇÃO

DVG D

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN**VISTO**

DPEP

Engº André Leonardo König
Gerente do DPEP

- n) número do pedido de compra – PC;
- o) código Celesc D de suprimento do material;
- p) mês e ano de fabricação;
- q) seta no sentido de rotação para desenrolar e a frase **DESENROLE NESTE SENTIDO**.

Para as condições de acondicionamento, transporte, armazenamento e movimentação de bobinas, deve-se consultar a norma NBR 7310.

Outros carretéis ou formas de acondicionamento do cabo poderão eventualmente ser fornecidos mediante prévia aprovação da Celesc D.

A seta indicativa do sentido de rotação para desenrolar e a frase indicada na alínea “p” devem ser aplicadas nos discos do carretel, através de uma impressão direta ou com a aplicação de placas metálicas com as informações gravadas de forma legível e indelével.

O fornecedor brasileiro deve numerar os diversos carretéis das bobinas 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 empresa, cópia da relação mencionada anteriormente.

5.2.3. Condições de Serviço

5.2.3.1. Condições Ambientais

Os cabos cobertos devem ser adequados para operar a uma altitude de até 1500 m, em clima tropical e subtropical com temperatura ambiente de -10°C até 45°C, média diária não superior a 35°C, umidade relativa do ar de até 100%, precipitação pluviométrica média anual de 1500 a 3000 milímetros, sendo que ficarão expostos ao sol, à chuva, à poeira, locais úmidos e eventualmente precipitação de granizo.

Locais com arborização intensa, com poda limitada sujeita a toque eventual.

PADRONIZAÇÃO

DVGD

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN

VISTO

DPEP

Engº André Leonardo Konig
Gerente do DPEP

O fornecedor deve garantir que o material utilizado na cobertura do cabo não favoreça a proliferação de fungos e a impregnação de liquens e musgo.

5.2.3.2. Condições de Operação em Regime Permanente

A temperatura no condutor em regime permanente não deve ultrapassar 90°C, para cobertura de material polimérico termofixo, XLPE e para a cobertura com dupla camada de materiais distintos, interna de XLPE e externa de HDPE.

5.2.3.3. Condições de Operação em Regime de Sobrecarga

A temperatura no condutor em regime de sobrecarga não deve ultrapassar 100°C, para cobertura de material polimérico termofixo, XLPE.

As sobrecargas não devem ultrapassar 100 horas em qualquer período de 12 meses consecutivos, nem 500 horas ao longo de toda a vida do cabo.

5.2.3.4. Condições de Operação em Regime de Curto-Circuito

A temperatura no condutor em regime de curto-circuito não deve ultrapassar 250°C, para cobertura de material polimérico termofixo, XLPE.

A duração em regime de curto-circuito não deve ser superior a 5 segundos.

5.2.4. Certificação Técnica dos Cabos

Para o fornecimento direto ou indireto à Celesc D, os cabos especificados por esta Especificação devem ser homologados e certificados conforme a E-313.0045.

A Celesc D recomenda que os ensaios de tipo sejam realizados com amostras do cabo de seção igual ou maior a 70 mm² para o condutor de cobre e de 150 mm² para o condutor de alumínio, satisfazendo a NBR 11873 para a aprovação de uma faixa de seções nominais de mesmo tipo construtivo de cabos. Os ensaios poderão ser realizados para outras seções de condutores, mediante acordo entre o fabricante e a Celesc D.

Os ensaios de tipo devem ser realizados com a maior classe de tensão de isolamento produzida pelo fabricante e/ou prevista nesta Especificação, ficando as exigências para classes de tensão

PADRONIZAÇÃO

DVGD

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN

VISTO

DPEP

Engº André Leonardo Konig
Gerente do DPEP

inferiores às apresentadas nos ensaios automaticamente satisfeitas.

O certificado não garante 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.

5.2.5. Capacidade de Condução de Corrente

As correntes dos cabos abrangidos por esta Especificação são mostradas na Tabela 6 do Anexo 7.2. O cálculo está baseado na norma NBR 11873, adotando-se as seguintes condições:

- a) material da cobertura: XLPE;
- b) temperatura ambiente: 30°C;
- c) velocidade do vento: 2,2 km/h;
- d) intensidade de radiação solar: 1000 W/m²;
- e) temperatura máxima do condutor: 90°C;
- f) resistividade da cobertura: 3,5 mK/W;
- g) coeficiente de absorção do material da cobertura: 0,4;
- h) emissividade térmica do material da cobertura: 0,8.

5.2.6. Recomposição da Cobertura

Sempre que a cobertura do cabo for retirada, em emendas, conexões, pontas, terminais etc., esta deve ser recomposta com material adequado conforme a NE-106E.

Os cabos de 35 kV possuem camada semicondutora e esta deve ser recomposta através de uma fita semicondutora ou outro material adequado.

PADRONIZAÇÃO

DVG D

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Eng^o Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN**VISTO**

DPEP

Eng^o André Leonardo König
Gerente do DPEP

5.3. Aspectos Construtivos Gerais do Cabo

5.3.1. Condutor

5.3.1.1. Características Físicas dos Fios

O condutor pode ser formado por fios de alumínio ou cobre.

Os fios de alumínio devem possuir resistência mecânica mínima à ruptura de 130 MPa e ter condutividade mínima de 61% IACS a 20°C, conforme NBR 5118.

Os fios de cobre devem ser de têmpera mole, ter resistividade elétrica máxima de 0,017241 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ a 20°C. O condutor do cabo pronto deve ser conforme NBR NM-280, com resistência mecânica à ruptura mínima, conforme Tabela 7 do Anexo 7.2. Opcionalmente, a critério do fornecedor, os fios de cobre podem ser fornecidos revestidos de estanho.

A superfície dos fios componentes do condutor não deve apresentar fissuras, escamas, rebarbas, asperezas, estrias ou inclusões que comprometam seu desempenho. O condutor pronto não deve apresentar falhas de encordoamento.

São permitidas emendas nos fios, feitas durante o encordoamento, desde que fiquem separadas em mais de 15 m de qualquer outra emenda, em qualquer coroa. As emendas devem ser feitas por pressão a frio ou solda elétrica de topo. Não são estabelecidos requisitos especiais mecânicos nos fios com emendas, porém, estas devem atender as normas NBR 5111, 5118 e 7271.

Nos fios com emendas feitas por solda elétrica de topo, deve ser efetuado tratamento térmico de recozimento até uma distância mínima de 200 mm de cada lado da emenda.

5.3.1.2. Características Físicas do Condutor Encordado

O condutor deve ser de seção circular compactada (*compacted*), com no mínimo 10% de redução de diâmetro relativo ao diâmetro de um condutor formado com os mesmos fios não compactado, isto é, redondo normal. Após a compactação, os interstícios entre os fios das coroas devem ser praticamente invisíveis. Os condutores não podem ser do tipo redondo normal e/ou comprimidos (*compressed*).

O número de fios formadores do condutor encordado e o diâmetro externo final do condutor

PADRONIZAÇÃO

DVG D

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN**VISTO**

DPEP

Engº André Leonardo König
Gerente do DPEP

encordoado deve atender ao indicado na Tabela 3 do Anexo 7.2.

A relação de encordoamento para a coroa externa e para a coroa interna (se existir) deve estar compreendida entre 10 e 23 vezes o diâmetro externo da respectiva coroa. Os sentidos de encordoamento das coroas sucessivas devem ser alternados e a coroa externa sempre com sentido à direita (sentido horário). A relação de encordoamento da coroa externa deve ser menor ou igual ao da coroa interna (se esta existir).

O bloqueio do condutor deve preencher totalmente os interstícios entre os fios componentes, ser de material compatível química e termicamente com os componentes do cabo. O material empregado como bloqueio deve ser facilmente visível em relação ao condutor e deve ser de classe térmica superior às condições de serviço do cabo.

O condutor não pode ser bloqueado com compostos asfálticos, betuminosos ou outros similares de qualquer tipo, o bloqueio deve ser realizado com fita ou fio de material que bloqueie a penetração longitudinal da água, não aderente aos fios.

O fabricante deve garantir a compatibilidade e informar a descrição do material utilizado no bloqueio do condutor. O material de bloqueio também não deve causar prejuízo elétrico (resistência de contato), térmico ou mecânico às conexões normalmente utilizadas em redes aéreas com cabos de alumínio ou cobre.

5.3.2. Blindagem Semicondutora

A blindagem do condutor deve ser constituída por camada semicondutora extrudada de material polimérico, compatível com o material da cobertura isolante termofixo ou termoplástico. Para cobertura de polietileno reticulado, a camada semicondutora deve ser termofixa.

A blindagem deve estar justaposta e aderente sobre o condutor, porém removível a frio. Esta deve estar aderente à camada da cobertura de forma a evitar a formação de vazios.

A blindagem semicondutora é opcional nas classes de tensões de 15 e 25 kV, ficando a utilização de acordo com o projeto de cada fabricante.

A blindagem semicondutora é obrigatória na classe de tensão de 35 kV.

A blindagem semicondutora do condutor deve ser de composto polimérico com requisitos físicos, conforme Tabela 8 do Anexo 7.2.

A espessura máxima da camada de blindagem semicondutora do condutor deve ser igual ou inferior a 0,60 mm e a espessura mínima, em qualquer ponto de uma seção transversal, deve ser igual ou superior a 0,30 mm.

5.3.3. Cobertura

A cobertura poderá ser constituída por uma camada de composto extrudado de material polimérico termofixo, polietileno reticulado – XLPE ou por uma camada interna de XLPE natural isolante e uma camada externa de XLPE com proteções contra o trilhamento elétrico, contra a degradação promovida por agentes ambientais e resistência à radiação ultravioleta.

A espessura de cada camada deve garantir o nível de suportabilidade dielétrica do cabo e a camada externa da cobertura deve prover o cabo de resistência a intempéries, trilhamento elétrico, radiação ultravioleta e abrasão mecânica.

A cobertura deve ser contínua e uniforme ao longo de todo o seu comprimento. As camadas da cobertura e a blindagem semicondutora deverão ser aplicadas simultaneamente, de modo a preservar o bloqueio contra penetração de água.

A cobertura deve ser aderente à blindagem semicondutora, de modo a não permitir a existência de vazios entre ambas ao longo de todo o seu comprimento, e prover o preenchimento total da área estelar residual.

Caso permaneçam resíduos, após a remoção da semicondutora sobre o condutor, estes devem ser facilmente removíveis a frio.

Os requisitos físicos para o XLPE, polietileno reticulado, devem ser conforme a Tabela 9 do Anexo 7.2.

A espessura nominal da cobertura isolante deve ser igual ou superior aos valores indicados na Tabela 4 do Anexo 7.2.

A espessura média da cobertura isolante, em qualquer seção transversal, não deve ser inferior ao valor nominal.

A espessura mínima da cobertura isolante, em um ponto qualquer de uma seção transversal, não pode diferir do valor nominal indicado nas Tabela 4 em mais do que 0,1 mm + 10% do valor nominal.

Tendo a cobertura camada dupla, a camada externa deve ter espessura mínima igual à metade da espessura nominal da cobertura.

Para o cabo de 16 mm² de Cu classe 15 kV, o valor mínimo da espessura é de 2,5 mm, independentemente das demais condições.

Quando a cobertura for constituída por duas camadas de XLPE, uma interna natural e a externa resistente às intempéries e ao trilhamento elétrico, esta será considerada de uma camada de XLPE.

5.3.4. Características Físicas do Cabo Completo

O diâmetro externo do cabo pronto deve ter os limites indicados na Tabela 4 do Anexo 7.2.

5.3.5. Massa Total do Cabo Completo

A massa total do cabo coberto está indicada em valores aproximados na Tabela 4 do Anexo 7.2.

O fabricante deve fornecer a massa total real de seus cabos cobertos com erro máximo de 5%.

5.3.6. Teor e Dispersão de Negro de Fumo

Este requisito de informação aplica-se apenas às camadas de cobertura isolante que contenham negro de fumo em sua composição.

O fabricante deve informar o teor de negro de fumo do material da cobertura, obtido conforme NBRNM-IEC 60811-4-1, bem como o padrão de dispersão adotado, conforme BS-2782 *Part* 8, método B.

O padrão de dispersão deve ser conforme as ilustrações 1, 3 ou 4 da BS-2782 *Part* 8.

5.3.7. Raio Médio Geométrico do Cabo (RMG)

O raio médio geométrico do cabo pode ser calculado pela seguinte fórmula:

PADRONIZAÇÃO

DVG D

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Eng^o Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN**VISTO**

DPEP

Eng^o André Leonardo Konig
Gerente do DPEP

$$RMG = 0,7788.r$$

Onde:

r = raio da envoltória do condutor.

O fabricante deve fornecer o raio médio geométrico do condutor, caso seja diferente do valor calculado pela fórmula acima (expresso em milímetros com aproximação de duas casas decimais).

5.4. Inspeção, Ensaios e Requisitos

5.4.1. Condições Gerais

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 coberto. Deverão ser repetidos quando houver modificação do projeto do cabo que possa alterar o seu desempenho, ou quando solicitado pela Celesc D.

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 Distribuição, os ensaios de tipo poderão ser realizados em laboratórios rastreados pela Rede Brasileira de Calibração – RBC, conforme a E-313.0045, ou nos laboratórios das instalações do fornecedor, desde que, neste 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.

PADRONIZAÇÃO

DVG D

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN**VISTO**

DPEP

Engº André Leonardo König
Gerente do DPEP

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 de 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. Esses relatórios deverão ser de ensaios realizados em laboratório reconhecido pela Celesc D.

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, às 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 à data em que o lote referente ao Pedido de Compra – PC estiver pronto para a inspeção.

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 de a 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 cobertos, bem como acompanhar os ensaios de rotina, devendo o fornecedor garantir ao inspetor da Celesc D o livre acesso a laboratórios e locais de fabricação, ensaios e de acondicionamento.

PADRONIZAÇÃO

DVG D

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN**VISTO**

DPEP

Engº André Leonardo Konig
Gerente do DPEP

Os ensaios de tipo e recebimento estipulados 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:

- a) características gerais do cabo;
- b) identificação, conforme inciso 5.2.1.;
- c) acondicionamento, conforme inciso 5.2.2.;
- d) aspectos construtivos, conforme subitem 5.3. seus incisos e subincisos.

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

A rejeição aos itens descritos acima pode, a critério da Celesc D, ser realizada de forma individual para cada item de expedição.

5.4.3. Relação dos Ensaios para o Material da Blindagem Semicondutora

Ensaio mecânicos antes e após o envelhecimento artificial em estufa a ar:

- a) tração à ruptura;
- b) alongamento à ruptura.

Ensaio físicos:

- a) temperatura de fragilização;
- b) resistividade volumétrica.

5.4.4. Relação dos Ensaios para o Material da Cobertura

Ensaio mecânicos antes e após envelhecimento artificial em câmara de UV:

- a) tração à ruptura;
- b) alongamento à ruptura;
- c) temperatura de fusão e de oxidação dos materiais da cobertura.

Ensaio mecânicos antes e após o envelhecimento artificial em estufa a ar:

- a) tração à ruptura;
- b) alongamento à ruptura.

Ensaio físicos:

- a) alongamento a quente;
- b) retração ao calor;
- c) absorção de água;
- d) determinação do teor de negro de fumo (quando aplicável);
- e) determinação da dispersão dos pigmentos de negro de fumo (quando aplicável).

5.4.5. Relação dos Ensaios para o Cabo Coberto Completo

São eles:

- a) inspeção geral;

PADRONIZAÇÃO

DVGD

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN

VISTO

DPEP

Engº André Leonardo Konig
Gerente do DPEP

- b) verificação dimensional, cabo completo, condutor, semicondutora e cobertura;
- c) tensão elétrica aplicada na superfície da cobertura;
- d) verificação da aderência da cobertura;
- e) tração e alongamento à ruptura do condutor;
- f) medição da resistência elétrica do condutor;
- g) tensão elétrica aplicada no cabo;
- h) resistência ao trilhamento elétrico;
- i) resistência à abrasão;
- j) resistência à penetração longitudinal de água;
- k) verificação da compatibilidade do material de bloqueio com conexões elétricas;
- l) resistência de isolamento à temperatura ambiente;
- m) permissividade relativa;
- n) corrente de fuga.

5.4.6. Ensaio de Tipo e de Recebimento

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

5.4.6.1. Amostragem para Ensaio de Aprovação do Tipo

Os corpos de prova devem ser retirados, pelo inspetor, das primeiras bobinas construídas de cada tipo construtivo de cabo, em quantidade e comprimento adequados à realização de todos

PADRONIZAÇÃO

DVGD

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN

VISTO

DPEP

Engº André Leonardo König
Gerente do DPEP

os ensaios previstos nesta Especificação.

Se os resultados de todos os ensaios forem satisfatórios, o tipo será aceito para futuros fornecimentos.

5.4.6.2. Amostragem para Ensaios de Recebimento

A quantidade de bobinas a serem retiradas de cada lote completo deve estar de acordo com as Tabelas 2 e 3 do Anexo 7.1. As bobinas devem ser colhidas pelo inspetor da Celesc D nos lotes prontos para embarque.

Cada lote sujeito à amostragem, conforme a Tabelas 2 e 3, deve ser formado por cabos de mesmo tipo construtivo e mesma bitola. Foi considerado um comprimento de em torno de 500 m de cabo em cada bobina. Para comprimentos muito diferentes deste, uma amostragem equivalente poderá ser definida mediante acordo entre fabricante e Celesc D.

De cada bobina devem ser retirados corpos de prova do cabo completo, em quantidade e comprimento adequados à realização de todos os ensaios previstos, desprezando-se sempre o primeiro metro da extremidade.

A critério da Celesc D, caso apenas um corpo de prova seja reprovado em qualquer ensaio, esse ensaio poderá ser repetido em dois outros corpos de prova retirados da mesma amostra (bobina). Ocorrendo nova falha, a amostra (bobina) será considerada defeituosa.

Nos ensaios realizados em 100% das bobinas do lote, as bobinas que falharem em algum ensaio deverão ser substituídas por outras idênticas, de modo que todas as bobinas entregues à Celesc D tenham sido aprovadas nesses ensaios.

Para o ensaio de tensão elétrica aplicada no cabo, resistência de isolamento e resistência elétrica do condutor, é possível a utilização da amostragem conforme estabelecido pela Tabela 3 do Anexo 7.1. e suas notas.

A critério da Celesc D, poderão ser solicitadas cópias das fichas técnicas de controle de recebimento das matérias primas e controle do processo de fabricação referente ao cabo em questão.

PADRONIZAÇÃO

DVGD

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN**VISTO**

DPEP

Engº André Leonardo König
Gerente do DPEP

5.4.6.3. Relatórios de Ensaios de Tipo

O fornecedor deve remeter à Celesc D 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 A-4 da ABNT. Todos os desenhos e tabelas devem ser confeccionados nos formatos padronizados pela ABNT.

O relatório de ensaios de tipo deve conter as indicações necessárias à sua perfeita compreensão e interpretação.

Além dos requisitos mínimos indicados no subinciso 5.4.6.4., com exceção das alíneas “c” e “d”, nos relatórios de ensaio de tipo deve constar:

- a) descrição da amostra a ser ensaiada, como nome comercial, classificação segundo a norma correspondente ABNT, materiais do condutor e isolamento, características gerais e dimensões;
- b) nos ensaios onde há uso de fórmulas matemáticas e determinação de parâmetros em função de características do projeto do cabo, devem constar o memorial de cálculos e os parâmetros escolhidos que se fizerem necessário para a apresentação dos resultados e parâmetros de ensaios;
- c) anexo com o catálogo do fabricante referente à família de cabos a que se está pleiteando a homologação;
- d) quando os ensaios de tipo não forem realizados na presença de um inspetor da Celesc D, anexar uma declaração do fabricante, indicando que o projeto do cabo não foi alterado desde a data da realização dos ensaios deve acompanhar os relatórios de ensaio;
- e) data de fabricação da amostra número da ordem de fabricação ou documento equivalente emitido pelo fornecedor;
- f) memorial de cálculo indicando os valores de capacidade de condução de corrente, indutância, queda de tensão, gráficos das correntes de curto-circuito admissíveis e outros parâmetros elétricos para a família de cabos referentes a esta Especificação;

PADRONIZAÇÃO

DVGD

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Eng^o *Guilherme M. T. Kobayashi*
Gerente da DVEN**VISTO**

DPEP

Eng^o *André Leonardo König*
Gerente do DPEP

- g) quando solicitado, devem ser juntadas ao relatório de ensaios declarações de fornecimentos a outras concessionárias de transmissão e/ou distribuição de energia elétrica.

5.4.6.4. Relatórios de Ensaio de Recebimento

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

Os relatórios de ensaios devem ser apresentados em formulários de tamanho A-4 da ABNT. Todos os desenhos e tabelas devem ser confeccionados nos formatos padronizados pela ABNT.

Os relatórios dos ensaios de recebimento devem conter as indicações necessárias à sua perfeita compreensão e interpretação, além dos requisitos mínimos relacionados a seguir:

- a) nome do ensaio;
- b) nomes da Celesc D e do fornecedor;
- c) número e item do pedido de compra – PC, emitido pela Celesc D;
- d) número da ordem de fabricação ou documento equivalente emitido pelo fornecedor;
- e) identificação do laboratório onde os ensaios foram executados;
- f) data de início e término dos ensaios;
- g) identificação e quantidade dos cabos submetidos a ensaio (tamanho do lote, número de identificação das unidades, carretéis, amostrados e ensaiados);
- h) desenho do cabo indicando as suas partes construtivas;
- i) descrição sumária do processo de ensaio, com constantes, métodos, normas técnicas e instrumentos empregados;

PADRONIZAÇÃO

DVGD

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN**VISTO**

DPEP

Engº André Leonardo König
Gerente do DPEP

- j) memória de cálculo com resultados e eventuais observações;
- k) valores obtidos no ensaio (em cada corpo de prova ensaiado);
- l) quando necessário, deve ser apresentada a análise estatística do ensaio;
- m) atestado dos resultados, informando de forma clara e explícita se o cabo ensaiado passou ou não no referido ensaio;
- n) nomes legíveis e assinaturas do inspetor da Celesc D e dos responsáveis pelos ensaios.

5.4.7. Aceitação e Rejeição do Lote sob Inspeção

O número total de bobinas defeituosas deve ser levado à Tabela 2 do Anexo 7.1., que definirá a aceitação ou rejeição do lote.

Mudanças no regime de inspeção, ou quaisquer outras considerações adicionais, devem ser feitas de acordo com a NBR-5426.

As bobinas defeituosas constantes de amostras aprovadas nos ensaios devem ser substituídas por novas a fim de recompor um novo lote, o que poderá ser realizada por uma única vez, submetendo-o a uma nova inspeção. Em caso de nova rejeição, são aplicáveis as cláusulas contratuais pertinentes.

5.4.8. Descrição dos Ensaio

5.4.8.1. Verificação Dimensional

A verificação dimensional deve ser feita em amostras de cabo pronto retirando-se um corpo de prova de cada bobina amostrada.

O diâmetro do condutor encordoado, a espessura da camada semicondutora, a espessura da cobertura isolante e o diâmetro externo do cabo completo devem ser determinados conforme a NBR NM-IEC 60811-1-1.

Requisito: constitui falha o não atendimento aos valores estabelecidos nas Tabelas 3 e 4 do

PADRONIZAÇÃO

DVGD

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN

VISTO

DPEP

Engº André Leonardo König
Gerente do DPEP

Anexo 7.2. e o especificado em 5.4.2.

5.4.8.2. Ensaio Físicos para a Blindagem Semicondutora

Os ensaios devem ser executados conforme os parâmetros e normas citados na Tabela 8 do Anexo 7.2., obedecendo aos requisitos ali estabelecidos.

Os corpos de prova devem ser preparados conforme indicado na norma de cada ensaio a partir da blindagem semicondutora. Devem ser preparados 5 corpos de prova para cada ensaio, preferencialmente a partir de cinco diferentes bobinas componentes do lote produzido.

Requisito: após o envelhecimento em estufa a ar, constitui falha a ocorrência de variação de resistência à tração e do alongamento à ruptura maior ou menor que 25% do valor obtido anterior ao envelhecimento.

5.4.8.3. Ensaio Mecânicos antes e após Envelhecimento Artificial em Câmara UV do Material da Cobertura

O ensaio deve ser realizado conforme a metodologia e as condições descritas na ASTM-G-155 (Método A) ou na NBR 9512, com exceção das amostras, que devem ser constituídas de 5 segmentos de cabo completo.

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 NBR NM-IEC 60811-1-1.

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

Requisito: após o tempo de exposição acima mencionado, os corpos de prova não devem apresentar variação de alongamento à ruptura e de tração à ruptura relação aos valores originais, superior ou inferior a 25%.

5.4.8.4. Ensaio Físicos para os Materiais da Cobertura

Os ensaios devem ser executados de acordo com os parâmetros e normas citados na Tabela 9 do Anexo 7.2.

PADRONIZAÇÃO

DVGD

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN

VISTO

DPEP

Engº André Leonardo König
Gerente do DPEP

Os corpos de prova devem ser preparados conforme indicado na norma de cada ensaio, a partir da cobertura retirada de amostra de cabo completo. Devem ser preparados 5 corpos de prova para cada ensaio, a partir de cinco diferentes bobinas componentes do lote produzido.

No ensaio de envelhecimento em estufa a ar, devem ser determinadas as variações dos valores de resistência à tração e alongamento à ruptura, calculadas conforme Tabela 9 do Anexo 7.2.

No ensaio de envelhecimento em estufa a ar, constitui falha a ocorrência de variação de resistência à tração ou de alongamento à ruptura maior ou menor que 25%.

Requisito: nos demais ensaios, constitui falha o não atendimento por algum dos corpos de prova aos requisitos indicados na Tabela 9 do Anexo 7.2.

5.4.8.5. Temperatura de Fusão e de Oxidação dos Materiais da Cobertura

Para a temperatura de fusão, deverá ser obedecida a Norma ASTM-D-3418 e, para a temperatura de oxidação, a Norma ASTM-E-2009.

O ensaio deve ser realizado por calorimetria diferencial de varredura (DSC), cobrindo a faixa de temperaturas desde a ambiente (ao redor 20°C) até +300°C, com taxa de aquecimento de 10°C/minuto, em amostra de O₂.

Os corpos de prova devem ser preparados a partir da cobertura retirada de amostra de cabo completo. Devem ser obtidos 3 corpos de prova, preferencialmente a partir de 3 diferentes bobinas componentes do lote produzido. Os corpos de prova devem possuir cerca de 0,5 mm de espessura e massa em torno de 3 mg retirados da superfície externa da cobertura.

Como ensaio de tipo, constitui falha o não atendimento da temperatura de fusão de algum dos corpos de prova, de no mínimo 120°C, não devendo haver pontos de transição em temperaturas abaixo desta (na faixa de temperaturas do ensaio), bem como variação superior a 2°C entre os valores extremos obtidos.

Requisitos: como ensaio de recebimento, constitui falha a ocorrência de qualquer das seguintes condições:

- a) média dos valores obtidos para a temperatura de fusão dos corpos de prova fora da faixa compreendida pela média dos respectivos valores do ensaio de tipo $\pm 2^\circ\text{C}$;

- b) variação superior a 2°C entre os valores extremos obtidos para a temperatura de fusão dos corpos de prova;
- c) ocorrência de pontos de transição abaixo da temperatura de fusão, na faixa de temperaturas do ensaio, com qualquer dos corpos de prova, inferiores a 105°C;
- d) ocorrência de oxidação ou degradação do material em temperatura inferior a 245°C.

5.4.8.6. Verificação da Aderência da Cobertura

O ensaio deve ser realizado conforme a NBR-11873. O ensaio deve ser realizado com 5 amostras do cabo completo de bobinas distintas, as quais devem ter comprimento suficiente para serem montadas no dispositivo de teste, que deverá ser conforme a Figura 2 do Anexo 7.3.

Requisitos:

- a) a aderência da cobertura deve ser tal que, segurando-se firmemente a parte coberta de um corpo de prova igual ao mostrado na Figura 2 do Anexo 7.3., não se consiga deslizar o condutor ao longo da cobertura, pressionando-o com os dedos ou batendo-o contra uma superfície plana e rígida;
- b) a força necessária para a retirada da cobertura do condutor não deve ser inferior a 20 daN para os cabos de seção até 50 mm², 30 daN para cabos de seção de 70 mm² até 120 mm² e 50 daN para cabos de seção maior ou igual a 150 mm²;
- c) constitui falha se a média aritmética dos 5 resultados obtidos no ensaio for inferior aos valores mencionados acima.

5.4.8.7. Tração e Alongamento à Ruptura do Condutor

Para o ensaio de tipo, devem ser ensaiados 3 corpos de prova de comprimento adequado, retirados de amostra de cabo completo.

As coberturas dos corpos de prova devem ser removidas e a superfície do condutor deve ser limpa, de modo a permitir sua avaliação durante o ensaio.

O ensaio deve ser executado conforme NBR-7272, considerando-se como a RMC (ruptura

PADRONIZAÇÃO

DVGD

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN**VISTO**

DPEP

Engº André Leonardo König
Gerente do DPEP

mínima) o valor da carga mínima de ruptura indicado na Tabela 3 do Anexo 7.2.

Requisito: a carga de tração à ruptura dos condutores dos cabos cobertos deve atender os valores mínimos especificados na Tabela 3 dos Anexo 7.2.

5.4.8.8. Medição da Resistência Elétrica do Condutor

A resistência elétrica do condutor de cada bobina do lote sob inspeção deve ser medida conforme NBR-6814, sendo referida a 20°C e o resultado convertido em Ω/km com base no comprimento registrado na bobina.

Requisito: a resistência elétrica medida em corrente contínua a 20°C, por unidade de comprimento, não deve ser superior aos valores máximos especificados na Tabela 3 do Anexo 7.2.

5.4.8.9. Tensão Elétrica Aplicada na Superfície da Cobertura

Os corpos de prova devem ter comprimento de pelo menos 300 mm e devem ser imersos em água a temperatura ambiente durante pelo menos 30 minutos, sendo um corpo de prova de cada bobina amostrada.

A seguir, os corpos de prova devem ser retirados da água e enxugados, sendo então enrolados fios de cobre de diâmetro aproximado de 1 mm em torno dos corpos de prova, em dois pontos equidistantes das extremidades e separados entre si por uma distância de 150 mm, que serão usados como eletrodos para aplicação da tensão especificada a seguir.

Requisito: a resistividade superficial da cobertura deve ser tal que suporte uma tensão de 15 kV, valor eficaz com frequência entre 48 e 62 Hz durante 1 minuto, sem resultar em arco elétrico, nem queima do material da cobertura e emissão de fumaça.

5.4.8.10. Tensão Elétrica Aplicada no Cabo

O ensaio deve ser realizado em todas as bobinas do lote, conforme a metodologia e as condições descritas na NBR-6881.

Requisitos:

PADRONIZAÇÃO

DVGD

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN**VISTO**

DPEP

Engº André Leonardo König
Gerente do DPEP

- a) o cabo, quando submetido à tensão elétrica alternada com frequência entre 48 e 62 Hz, de valor eficaz equivalente a 6 kV por milímetro de cobertura (calculada com a espessura nominal declarada pelo fornecedor), durante 5 minutos, não deve apresentar perfuração;
- b) este requisito pode ser verificado com tensão elétrica contínua constante, durante 5 minutos, com valor equivalente a 14,4 kV por milímetro de cobertura (espessura nominal declarada pelo fornecedor), e não deve apresentar perfuração.

5.4.8.11. Resistência ao Trilhamento Elétrico

O ensaio deve ser executado conforme especificado na NBR-10296, método 2, critério A, com as informações complementares de acordo com a NBR-11873.

O ensaio deve ser realizado em 5 corpos de prova, retirados de amostra de cabo completo. Preferencialmente, deve-se retirar um corpo de prova de cada uma de cinco diferentes bobinas componentes do lote produzido. O trecho escolhido deve ter sua superfície inspecionada visualmente, para garantir que se trata de material sem caroços, raspados ou outros defeitos que possam invalidar o ensaio. A preparação dos corpos de prova deve ser realizada conforme especificado na NBR-10296, complementada pelas instruções contidas na NBR-11873.

Como ensaio de tipo, devem ser ensaiados 5 corpos de prova no estado de novo e outros 5 após submetidos a 2.000 horas de envelhecimento em câmara de intemperismo artificial. Como ensaio de recebimento, todos os corpos de prova são ensaiados no estado de novo.

O degrau inicial de tensão deve ser de 2,50 kV para corpos de prova não envelhecidos e de 2,25 kV para corpos de prova envelhecidos. Os incrementos devem ser de 0,25 kV e o tempo de cada patamar deve ser de 1 hora.

Constitui falha no ensaio a ocorrência de qualquer das seguintes situações, com tensão de trilhamento para o XLPE de até 3,00 kV (inclusive) para cabo novo, ou de até 2,75 kV (inclusive) para cabo envelhecido em UV:

- a) interrupção do circuito de teste de algum dos corpos de prova, por atuação automática de seu disjuntor;
- b) erosão do material de algum dos corpos de prova que descaracterize o circuito de teste;

PADRONIZAÇÃO

DVGD

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN**VISTO**

DPEP

Engº André Leonardo König
Gerente do DPEP

- c) acendimento de chama no material de algum dos corpos de prova.

5.4.8.12. Resistência à Abrasão

O ensaio deve ser realizado conforme a NBR-11873. O ensaio deve ser realizado com amostra do cabo completo. Os cabos devem ter comprimento suficiente para serem montados no dispositivo de teste, que deverá ser conforme a Figura 1 do Anexo 7.3.

Após a realização de cada ensaio, o corpo de prova deverá ser medido, por meio de um instrumento adequado, para determinar a profundidade raspada pelo gume de atrito na cobertura.

Requisito: os cabos devem suportar no mínimo 1000 ciclos de abrasão, sem que a lâmina de abrasão chegue a cortar mais de 0,25 mm da espessura da cobertura.

5.4.8.13. Resistência à Penetração Longitudinal de Água

O ensaio deve ser realizado conforme a metodologia e as condições descritas no Anexo C da NBR-11873, porém com pressão de água de 10 kPa (1m de coluna de água).

Requisito: durante a execução do ensaio, não deve ocorrer vazamento de água pelas extremidades do corpo de prova e através dos interstícios do condutor num período mínimo de 24 horas.

5.4.8.14. Verificação da Compatibilidade do Material de Bloqueio com Conexões Elétricas

Essa verificação deve ser feita por meio de pelo menos 4 conexões, com tipo de conector definido de comum acordo entre a Celesc D e fabricante, preferencialmente como o conector cunha.

Os conectores utilizados nos ensaios, bem como a preparação dos corpos de prova, devem atender as prescrições da NBR-11788 e ser adequados ao cabo sob ensaio. No local da conexão, a cobertura do cabo, bem como a blindagem semicondutora, devem ser totalmente removidas, no restante do condutor devem ser mantidas.

Em todos os tipos de conexão sob ensaio devem ser aplicados os seguintes ensaios:

PADRONIZAÇÃO

DVG D

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN**VISTO**

DPEP

Engº André Leonardo König
Gerente do DPEP

- a) resistência elétrica, conforme item 6.6.4 da NBR-11788;
- b) ciclos térmicos, conforme item 6.6.5 da NBR-11788.

Constitui falha a ocorrência de qualquer uma das seguintes condições:

- a) não atendimento ao item 5.1.1 da NBR-11788, quanto ao ensaio de resistência elétrica;
- b) não atendimento ao item 5.2 da NBR-11788, quanto ao ensaio de ciclos térmicos;
- c) acendimento de chama no material de bloqueio;
- d) gotejamento ou vazamento de material de bloqueio pelas bordas das conexões ou por entre os fios formadores do condutor.

Para fins de comparação de resultados, o fabricante pode realizar o mesmo ensaio utilizando condutor nu de mesma seção.

5.4.8.15. Resistência de Isolamento à Temperatura Ambiente

O ensaio deve ser realizado de acordo com a NBR 6813.

A medição da resistência de isolamento deve ser feita com tensão elétrica contínua de valor entre 300 e 500 Vcc, aplicada por um tempo mínimo de 1 minuto e máximo de 5 minutos após o ensaio de tensão elétrica, com o cabo ainda imerso em água.

Requisito: a resistência de isolamento do cabo, referida ao comprimento de 1 km, não deve ser inferior à resistência de isolamento calculada pela fórmula seguinte, considerando $k_i = 3700 \text{ M}\Omega \cdot \text{km}$ para temperatura de 20°C :

$$R_i = k_i \log (D/d),$$

Onde:

D = diâmetro sobre a cobertura em mm

PADRONIZAÇÃO

DVGD

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN

VISTO

DPEP

Engº André Leonardo König
Gerente do DPEP

d = diâmetro sob a cobertura em mm

Quando a medição for realizada em temperatura diferente de 20°C, devem ser utilizados os fatores de correção para temperatura, dados na Tabela 11 do Anexo 7.2. fornecidos pelos fabricantes.

5.4.8.16. Permissividade Relativa

A permissividade relativa deverá ser calculada e o ensaio realizado segundo a Norma NBR 7295. Este ensaio deve ser realizado em corpo de prova de cabo completo e à temperatura ambiente.

Um corpo de prova de pelo menos 3 m de comprimento deve ser imerso em água, pelo menos 1h antes do ensaio. Após esse tempo, é medida a capacitância em $\mu\text{F}/\text{km}$, não havendo a necessidade de se utilizar o eletrodo de guarda.

5.4.8.17. Ensaio de Flexibilidade para o Cabo 16 mm² de Cobre

O ensaio visa verificar a flexibilidade do cabo de cobre 16 mm². Esse cabo é utilizado para ligações de Grampo de Linha Viva (GLV- E-313.0036 / O-10) a 29 para-raios, chaves fusíveis e outros equipamentos. O GLV pode ser utilizado para abrir o circuito, sendo necessária a flexibilidade do cabo para evitar quebra de tentos.

O ensaio de recebimento deve ser realizado em cinco amostras de cabo. Cada amostra deve ser cortada com 80 cm, tirando-se a cobertura em uma das pontas em um comprimento de 5 cm, no sistema ponta-de-lápis.

Prender os 3 cm finais dessa ponta a uma morsa ou conector, fixado à altura de aproximadamente 1 metro do solo. O cabo deve ficar na horizontal, constituindo o nível zero – referência.

O operador do ensaio deve segurar a outra ponta do cabo e elevá-lo a 40 cm acima da referência, e abaixá-lo a 40 cm abaixo da referência, retornando ao nível zero. Esse processo constitui um ciclo.

Esse ciclo completo deve ser repetido **30 vezes** de maneira contínua, em um tempo uniforme de aproximadamente 1 minuto para cada amostra.

Constitui falha se:

- a) houver quebra de 1 ou mais tentos em, no mínimo, 2 cabos até o ciclo 10;
- b) houver quebra de 3 ou mais tentos em, no mínimo, 2 cabos até o ciclo 20;
- c) houver quebra de 5 ou mais tentos em no, mínimo, 2 cabos até o ciclo 30.

O croqui da montagem deve estar de acordo com o Anexo 7.3., Figura 3.

5.4.8.18. Determinação do Tempo de Indução Oxidativa (OIT) da Cobertura

O ensaio deve ser realizado conforme a NBR-13977, para amostras retidas da cobertura do cabo. Se o cabo possuir mais de uma camada, deve ser retirado da camada mais externa.

Requisito: constitui falha a amostra que não suportar um mínimo de 60 minutos.

5.4.8.19. Ensaio de Determinação da Corrente de Fuga

O ensaio deve ser realizado conforme a Norma EN50397-1.

Utilizar os seguintes materiais e equipamentos:

- a) fonte de alimentação de corrente alternada a frequência industrial de 48 Hz a 62 Hz, com tensão de saída de U_{AC} e corrente de saída de no mínimo 5 mA;
- b) resistência ($1 \pm 0,05$) k Ω ;
- c) fio mole de cobre com diâmetro de ($2,0 \pm 0,05$) mm;
- d) álcool isopropílico;
- e) tanque de água.

A amostra para ensaio deve ser distante no mínimo 5 metros de qualquer extremidade da bobina. O comprimento desta deve ser de (1000 ± 10) mm

A superfície da cobertura da amostra deve ser limpa de qualquer contaminação esfregando álcool isopropílico sobre a superfície. Após esse procedimento, a amostra deve ser mergulhada em água a uma temperatura de $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ durante um tempo mínimo de 24 horas.

As demais preparações da amostra para o ensaio devem ser realizadas somente após a imersão. Para o ensaio, a amostra deve ser seca para que não exista nenhuma conexão por humidade entre o eletrodo e o condutor.

Em uma das extremidades, retirar (5 ± 1) milímetros da cobertura e limpar a superfície do condutor. A uma distância de (450 ± 5) milímetros da extremidade, enrolar sobre a cobertura um fio mole de cobre com diâmetro de $(2,0 \pm 0,05)$ milímetros, para formar uma hélice fechada com um comprimento de (100 ± 2) milímetros, como eletrodo de medida. Essa medida da hélice deve ser realizada na amostra.

Esse enrolamento do fio de cobre deve ser realizado de forma que não provoque qualquer dano ou deformação da cobertura.

O Anexo 7.3. apresenta uma figura esquemática, com as dimensões, a forma de montagem do enrolamento de fio de cobre no corpo de prova e o circuito elétrico de teste.

Aplicar a tensão em corrente alternada, U_{AC} , entre o condutor e o eletrodo de medida. O valor de U_{AC} deve ser a tensão nominal para a qual o cabo foi projetado (15, 25 ou 35 kV). O valor da corrente deve ser medida após, no mínimo, 1 minuto da aplicação da tensão.

Requisito: constitui falha do cabo quando a corrente medida for maior que 1 mA

5.5. Garantia

O fabricante deve garantir a qualidade e robustez de todos os materiais usados, de acordo com os requisitos desta Especificação, durante 8 anos e a reposição, livre de despesas, de qualquer cabo considerado defeituoso devido a eventuais deficiências de projeto, matéria-prima ou de fabricação.

6. DISPOSIÇÕES FINAIS

Na aplicação desta Especificação, pode ser necessário consultar:

- E-141.0001 Padrão de embalagens
- E-313.0045 Certificação de Homologação de Produto
- NBR-5111 Fios de cobre nus, de seção circular para fios elétricos – Especificação
- NBR-5118 Fios de alumínio nus, de seção circular para fios elétricos – Especificação
- NBR-5426 Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos – Procedimentos
- NBR-5456 Eletricidade geral – Terminologia
- NBR-5471 Condutores elétricos – Terminologia
- NBR-6236 Madeiras para carretéis para fios, cordoalhas e cabos – Especificação
- NBR-6239 Fios e cabos elétricos – Deformação a quente – Método de Ensaio
- NBR-6246 Fios e cabos elétricos – Dobramento a frio – Método de Ensaio
- NBR-6653 Fitas de aço para embalagem – Especificação
- NBR-6756 Fios de aço zincado para alma de cabos de alumínio e alumínio-liga – Especificação
- NBR-6813 Fios e cabos elétricos – Resistência de isolamento – Método de Ensaio
- NBR-6814 Fios e cabos elétricos – Resistência elétrica – Método de Ensaio

PADRONIZAÇÃO

DVG D

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN**VISTO**

DPEP

Engº André Leonardo König
Gerente do DPEP

- NBR-7271 Cabos de alumínio para linhas aéreas – Especificação
- NBR-7272 Condutor elétrico de alumínio – Ruptura e característica dimensional – Método de Ensaio
- NBR-7295 Fios e cabos elétricos – Ensaio de capacitância e fator de dissipação
- NBR-7300 Fios e cabos elétricos – Ensaio de resistividade volumétrica – Método de Ensaio
- NBR-7307 Fios e cabos elétricos – Ensaio de fragilização – Método de Ensaio
- NBR-7309 Armazenamento, transporte e movimentação dos elementos componentes dos carretéis de madeira para condutores elétricos – Procedimento
- NBR-7310 Transporte, Armazenamento e Utilização de Bobinas de Condutores Elétricos em Madeira – Procedimento
- NBR-9511 Cabos elétricos – Raio mínimo de curvatura para instalação e diâmetro mínimos de núcleos de carretéis para acondicionamento – Padronização
- NBR-9512 Fios e cabos elétricos – Intemperismo artificial sob condensação de água, temperatura e radiação ultravioleta-B proveniente de lâmpadas fluorescentes – Método de Ensaio
- NBR-10296 Material isolante elétrico – Avaliação da resistência ao trilhamento elétrico e erosão sob severas condições ambientais – Método de Ensaio
- NBR-11137 Carretéis de madeira para o acondicionamento de fios e cabos elétricos – Padronização
- NBR-11301 Cálculo da capacidade de condução de corrente de cabos isolados em regime permanente (Fator de Carga 100%) – Procedimento
- NBR-11788 Conectores de alumínio para ligações aéreas de condutores elétricos em sistemas de potência – Especificação

PADRONIZAÇÃO

DVGD

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN**VISTO**

DPEP

Engº André Leonardo König
Gerente do DPEP

- 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
- NBR-13977 Cabos ópticos – Determinação do tempo de indução oxidativa (OIT) – Método de Ensaio
- NBR-15957 Fios de aço revestido de alumínio, para alma e reforço de caos de alumínio – Especificação
- NBR-NM-280 Condutores de cabos isolados
- NBRNM-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 – Ensaios para a determinação das propriedades mecânicas
- NBRNM-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
- NBRNM-IEC 60811-1-3 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 – Ensaios de absorção de água – Ensaio de retração
- NBRNM-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: Ensaios de resistência ao ozônio, de alongamento a quente e de imersão em óleo mineral
- NBRNM-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-D-150 Test Methods A-C Loss Characteristics and permittivity (Dielectric Constant) of Solid Electrical Insulating Materials

PADRONIZAÇÃO

DVGD

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN

VISTO

DPEP

Engº André Leonardo König
Gerente do DPEP

- ASTM-D-3418 Standard Test Method for Transition Temperatures of Polymers by Thermal Analysis
- ASTM-G-155 Standard Practice for Operating Xenon Arc Light Apparatus for Exposure of Non-Metallic Materials
- BS-2782-Part-8 Methods for the Assessment of Carbon Black Dispersion in Polyethylene Using a Microscope
- IEC-61597 Overhead Electrical Conductors – Calculation Methods for Strand Conductor
- EN 50397-1 Covered conductors for overhead lines and the related accessories for rated voltages above 1 kV a. c. – *Part 1: Covered Conductors*

7. ANEXOS

7.1. Ensaio e Amostragem

7.2. Características Físicas do Cabo

7.3. Figuras dos Ensaio

7.4. Gráfico da Corrente de Curto

7.5. Padronização

7.6. Controle de Revisões

7.7. Histórico de Revisões

PADRONIZAÇÃO

DVGD

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN

VISTO

DPEP

Engº André Leonardo König
Gerente do DPEP

7.1. Ensaio e Amostragem

Tabela 1 – Tipo e Recebimento

ÍTEM	RELAÇÃO DOS ENSAIOS	BLINDAGEM SEMICONDUTORA	COBERTURA	CABO COMPLETO	NORMA DE REFERÊNCIA
1	INSPEÇÃO GERAL			T/R	-
2	VERIFICAÇÃO DIMENSIONAL			T/R	NBR-NM-IEC 60811-1-1
3	ENSAIOS FÍSICOS DA BLINDAGEM SEMICONDUTORA - ALONGAMENTO À RUPTURA (ESTUFA A AR) - TEMPERATURA DE FRAGILIZAÇÃO - RESISTIVIDADE VOLUMÉTRICA	T			Anexo 7.2. Tabela A2-6
4	ENSAIOS MECÂNICOS ANTES E APÓS ENVELHECIMENTO ARTIFICIAL EM CÂMARA DE ULTRAVIOLETA (UV) - COBERTURA - TRAÇÃO À RUPTURA - ALONGAMENTO À RUPTURA		T		ASTM-G-155 ou NBR-9512
5	ENSAIOS FÍSICOS DA COBERTURA -(ESTUFA A AR) - TRAÇÃO À RUPTURA - ALONGAMENTO À RUPTURA - RETRAÇÃO AO CALOR - ABSORÇÃO DE ÁGUA		T		Anexo 7.2. Tabela A2-7
6	TEMPERATURA DE FUSÃO E DE OXIDAÇÃO DOS MATERIAIS DA COBERTURA		T/R		ASTM D-3418 ASTM E-2009
7	ALONGAMENTO A QUENTE		T/R		Anexo 7.2. Tabela A2-7
8	TEMPO DE INDUÇÃO OXIDATIVA (OIT)		T		Anexo 7.2. Tabela A2-7
9	TENSÃO ELÉTRICA APLICADA NA SUPERFÍCIE DA COBERTURA			T/R	Item 5.4.8.9.
10	VERIFICAÇÃO DA ADERÊNCIA DA COBERTURA			T	Item 5.4.8.6. e NBR 11873
11	TRAÇÃO E ALONGAMENTO À RUPTURA DO CONDUTOR			T	NBR-7272
12	MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA ELÉTRICA DO CONDUTOR			T/R	NBR-6814
13	TENSÃO ELÉTRICA APLICADA NO CABO			T/R	NBR-6881
14	RESISTÊNCIA AO TRILHAMENTO ELÉTRICO			T/R	NBR-10296
15	RESISTÊNCIA À ABRASÃO			T	Item 5.4.8.12

PADRONIZAÇÃO

DVG D

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

 Engº Guilherme M. T. Kobayashi
 Gerente da DVEN

VISTO

DPEP

 Engº André Leonardo Konig
 Gerente do DPEP

ÍTEM	RELAÇÃO DOS ENSAIOS	BLINDAGEM SEMICONDU TORA	COBERTURA	CABO COMPLETO	NORMA DE REFERÊNCIA
16	RESISTENCIA A PENETRAÇÃO LONGITUDINAL DE ÁGUA			T	NBR-11873
17	VERIFICAÇÃO DA COMPATIBILIDADE DO MATERIAL DE BLOQUEIO COM CONEXÕES ELÉTRICAS			T	NBR-11788
18	RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO À TEMPERATURA AMBIENTE			T/R	NBR-6813
19	PERMISSIVIDADE RELATIVA			T	NBR-7295
20	TEOR DE NEGRO DE FUMO		T/R		NBR-NM-IEC 60811-4-1
21	DISPERSÃO DOS PIGMENTOS DE NEGRO DE FUMO		T		BS 2782 Parte 8 método B
22	FLEXIBILIDADE CABO 16 mm ² Cu			T/R	Item 5.4.8.17
23	DETERMINAÇÃO DA CORRENTE DE FUGA			T/R	Item 5.4.8.19

OBS: a inspeção geral deverá ser feita antes da execução dos ensaios.

T – Ensaio de Tipo; R – Ensaio de Recebimento

Tabela 2 – Plano de Amostragem para os Ensaios de Recebimento

Tamanho do lote (nº de bobinas de +/- 500 m de cabo)	- Inspeção geral - Verificação dimensional - Alongamento a quente				- Temperatura de fusão do material da cobertura - Teor de negro de fumo - Flexibilidade do cabo 16 mm ² - Tensão elétrica na superfície da cobertura		- Trilhamento Elétrico - Corrente de fuga
	Amostra (1)				Quantidade de conjuntos de corpos de prova (2)		
	Sequência	Tamanho	Ac	Re			
até 30	-	3	0	1	1	2	
31 a 50	-	5	0	1	1	2	
51 a 150	1 ^a	13	0	2	2	3	
	2 ^a	13	1	2			
151 a 200	1 ^a	20	0	3	3	4	
	2 ^a	20	3	4			
201 a 500	1 ^a	32	1	4	4	5	
	2 ^a	32	4	5			
501 a 1200	1 ^a	50	2	5	5	5	
	2 ^a	50	6	7			

PADRONIZAÇÃO

DVG D

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

 Engº Guilherme M. T. Kobayashi
 Gerente da DVEN

VISTO

DPEP

 Engº André Leonardo König
 Gerente do DPEP

Notas: referentes a Tabela 2.

- 1) Regime de inspeção normal; amostragem dupla; nível de inspeção II; NQA = 2,5%.
 - 1.a) Ac – Número de unidades defeituosas que ainda permite aceitar o lote
 - 1.b) Re – Número de unidades defeituosas que implica a rejeição do lote

- 2) Procedimento para a amostragem dupla:
 - 2.a) Inicialmente, ensaiar um número de unidades igual ao da primeira amostra obtido na tabela;
 - 2.b) Se o número de unidades defeituosas encontradas estiver compreendido entre “Ac” e “Re” (excluídos esses valores), deverá ser ensaiada a segunda amostra;
 - 2.c) O total de unidades defeituosas encontradas após ensaiadas as duas amostras deverá ser igual ou inferior ao maior “AC” especificado.

Tabela 3 – Plano de Amostragem para os Ensaios de Recebimento

Tamanho do lote (nº de bobinas de +/- 500 m de cabo)	- Medição da resistência elétrica do condutor - Ensaio de tensão elétrica aplicada no cabo - Resistência de isolamento		
	Amostra		
	Tamanho	Ac	Re
até 32	100%	0	1
33 a 280	32	0	1
281 a 1200	125	1	2

Notas: referentes a

Tabela 3 – Plano de Amostragem para os Ensaios de Recebimento

3.
 - 1) Regime de inspeção Severa; amostragem simples; nível de inspeção II; NQA = 0,65%.
 - 1.c) Ac - Número de unidades defeituosas que ainda permite aceitar o lote
 - 1.d) Re - Número de unidades defeituosas que implica na rejeição do lote
 - 2) Para o uso desta tabela de amostragem o fabricante deve apresentar o relatório com o resultado da realização dos ensaios indicados em 100% das bobinas que compõe o lote e atestar a garantia dos produtos relacionados ao lote em questão No relatório deve constar o resultado individual para cada bobina e também indicado o número do lote de produção da mesma. Caso contrário para o recebimento devem ser realizados os ensaios em 100% das bobinas que compõe o lote.
 - 3) As unidades com defeito devem ser substituídas por novas após a realização do ensaio.
 - 4) Critério de aceitação e rejeição conforme 5.4.6.

7.2. Características Físicas do Cabo

Tabela 3 – Características Físicas do Condutor

SEÇÃO mm ²	MATERIAL DO CONDUTOR	NÚMERO DE FIOS FORMADORES (mínimo)	DIÂMETRO DO CONDUTOR mm		CARGA DE RUPTURA MÍNIMA daN	RESISTÊNCIA ELÉTRICA c.c. a 20°C máxima Ω/km
			MÍNIMO	MÁXIMO		
16	Cobre mole (Cu)	6 - C ⁽¹⁾	4,6	4,9	Ligação de equipamentos	1,150
70		12 - C	9,3	10,2	Ligação de Ramais	0,268
50	Alumínio (Al)	6 - C	8,0	8,5	650	0,641
150		15 - C	14,0	14,5	1950	0,206
185		30 - C	15,8	16,3	2405	0,164

(1) C: compactado

Tabela 4 – Características Físicas do Cabo Completo

SEÇÃO mm ²	TENSÃO NOMINAL kV	ESPESSURA BLINDAGEM SEMICONDUTORA mm	ESPESSURA NOMINAL DA COBERTURA mm	DIÂMETRO EXTERNO mm		MASSA APROXIMADA Kg/km
				MÍNIMO	MÁXIMO	
16 (Cu)	15	0,30 a 0,60	2,5 (mínimo)	9,6	11,6	220
70 (Cu)			3,0	15,3	18,0	720
50 (Al)				13,7	16,5	235
185 (Al)			21,5	24,3	695	
50 (Al)	25	0,30 a 0,60	4,0	15,7	18,6	285
150 (Al)				21,9	24,6	650
185 (AL)	35	0,30 a 0,60	7,6	31,5	34,9	1150

PADRONIZAÇÃO

DVGD

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

 Engº Guilherme M. T. Kobayashi
 Gerente da DVEN

VISTO

DPEP

 Engº André Leonardo König
 Gerente do DPEP

Tabela 5 – Características Elétricas do Cabo Completo

SEÇÃO mm ²	TENSÃO NOMINAL kV	RESISTÊNCIA	REATÂNCIA INDUTIVA Ω/km	IMPEDÂNCIAS DE SEQUÊNCIAS		COEFICIENTE DE QUEDA DE TENSÃO			
		90°C Ω/km		XLPE (90 °C)		90°C			
				Z0	Z1 = Z2	COS φ = 1,0	COS φ = 0,9	COS φ = 0,85	COS φ = 0,80
				Ω/km		%MVA x km			
50 (Al)	15	0,822	0,3065	0,9995+j2,4082	0,8218+j0,3065	0,4320	0,4592	0,4527	0,4424
185 (Al)		0,210	0,2575	0,3879+j2,3589	0,2102+j0,2575	0,1102	0,1586	0,1652	0,1692
50 (Al)	25	0,822	0,3354	0,9995+j2,4368	0,8218+j0,3354	0,1538	0,1660	0,1640	0,1607
150 (Al)		0,264	0,2952	0,4418+j2,3966	0,2641+j0,2952	0,0494	0,0687	0,0712	0,0726
185 (AL)	35	0,210	0,2864	0,3879+j2,3878	0,2102+j0,2864	0,0176	0,0264	0,0277	0,0285

Notas:

Referentes às Tabelas de 1 a 7

- 1) Os valores de ruptura mínima do condutor foram obtidos a partir de um valor de resistência mínima de 130 MPa.
- 2) O valor da espessura nominal da cobertura é o valor mínimo. No caso de cabos de dupla camada, a camada externa deve ter espessura mínima igual à metade da espessura nominal da cobertura.
- 3) Cabos projetados para operação à temperatura ambiente entre -5°C e 45°C (média diária não superior a 35°C).
- 4) Temperatura de operação em regime permanente de 90°C para cobertura de material termofixo, XLPE.
- 5) Reatâncias indutivas calculadas para espaçamento equivalente de 194 mm (15 kV) e de 285 mm (25/35 kV).
- 6) Os valores de coeficiente de queda de tensão são referidos à tensão fase-terra de 7,97 (classe 15 kV); 13,34 (classe 25 kV) e 19,92 (classe 35 kV)

PADRONIZAÇÃO

DVG D

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi

Gerente da DVEN

VISTO

DPEP

Engº André Leonardo Konig

Gerente do DPEP

Tabela 6 – Capacidade de Condução de Corrente

Seção nominal mm ²	Tensão Nominal kV	CORRENTE NOMINAL (A)	
		Temperatura do condutor: 90°C	
		Temperatura ambiente	
		30°C	40°C
16 (Cu)	15	110	100
70 (Cu)		378	343
50 (Al)		248	225
185 (Al)		581	525
50 (Al)	25	247	224
150 (Al)		493	450
185 (Al)	35	549	497

Tabela 7 – Características Resumidas do Cabo Coberto

SEÇÃO (mm ²)	Material do condutor	Tensão Nominal kV	Número de fios (mínimo)	Diâmetro Externo "D" Máximo (mm)	Massa Nominal Aproximada (kg / km)	Carga de Ruptura Mínima (daN)	Uso	Espessura Mínima da Cobertura (mm)	Código Celesc
16	Cu	15	6	11,6	220	n/a ⁽¹⁾	Equipamentos	2,50	30377
70			12	18,0	720	n/a ⁽²⁾	Ramais	3,00	31577
50	Al		6	17,3	235	650	Rede		15750
185			30	25,1	695	2405	Rede	15748	
50	Al	25	6	19,4	385	650	Rede		15752
150			15	25,4	650	1950	Rede		15753
185	Al	35	30	34,5	1150	2405	Rede	7,60	15758

(1): Cabo utilizado somente para a ligação de equipamentos.

(2): Cabo utilizado somente para a ligação de ramais

PADRONIZAÇÃO

DVGD

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

 Engº Guilherme M. T. Kobayashi
 Gerente da DVEN

VISTO

DPEP

 Engº André Leonardo Konig
 Gerente do DPEP

Tabela 8 – Características Físicas do Composto da Blindagem Semicondutora

ITEM	CARACTERÍSTICA	REQUISITO		UNIDADE	MÉTODO DE ENSAIO
		Termofixo	Termoplástico		
1	- Ensaio de tração (alongamento à ruptura)				
1.1	Sem envelhecimento				NBR NM-IEC 60811-1-1
	- resistência à tração mínima	12,5		MPa	
	- alongamento à ruptura mínimo	200		%	
1.1	Após envelhecimento em estufa a ar:				NBR NM – IEC 60811-1-2
	- temperatura	135±3	100±2	°C	
	- duração	168	48	h	
	- variação máxima da resistência à tração e do alongamento à ruptura	± 25		%	
2	- temperatura de fragilização (máxima)	-15	-10	°C	NBR 7307
3	- resistividade volumétrica máxima a 80°C	10.000	10.000	Ω x cm	NBR 7300

Tabela 9 – Características Físicas do Composto da Cobertura

ITEM	CARACTERÍSTICA	REQUISITO		UNIDADE	MÉTODO DE ENSAIO
		XLPE	HDPE		
1	Ensaio de tração				
1.1	Sem envelhecimento				NBR NM-IEC 60811-1-1
	- resistência à tração mínima	12,5	21,5	MPa	
	- alongamento à ruptura mínimo	200	300	%	
1.2	Após envelhecimento em estufa a ar				NBR NM-IEC 60811-1-2
	- temperatura	135±3	110±1	°C	
	- duração	168	168	h	
	- variação máxima da resistência à tração e do alongamento à ruptura	± 25	± 25	%	
2	Alongamento a quente:				
	- temperatura	200±3	-	°C	
	- tempo sob carga	15	-	min.	
	- solicitação mecânica	0,20	-	MPa	
	- máximo alongamento sob carga	175	-	%	NBR NM-IEC 60811-2-1
	- máximo alongamento após resfriamento	15	-	%	
3	Retração ao calor:				
	- temperatura	130±3	100±2	°C	
	- duração	1	1	h	
	- retração máxima permissível	4	4	%	NBR NM-IEC 60811-1-3
4	Absorção de água (método gravimétrico)				
	- duração da imersão	14	14	dias	
	- temperatura	85±3	85±3	°C	
	- variação máxima da massa	0,75	0,75	%	

PADRONIZAÇÃO

DVGD

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

 Engº Guilherme M. T. Kobayashi
 Gerente da DVEN

VISTO

DPEP

 Engº André Leonardo Konig
 Gerente do DPEP

ITEM	CARACTERÍSTICA	REQUISITO		UNIDADE	MÉTODO DE ENSAIO
		XLPE	HDPE		
5	Permissividade relativa máxima	≤ 3,0	≤ 3,0	-	NBR 7295
6	Temperatura de fusão	>120		°C	ASTM-D-3418
	Temperatura de Oxidação	>245		°C	ASTM-E-2009
7	Teor de Negro de fumo	>2		%	NBR NM-IEC 60811-4-1
	Dispersão do pigmento de negro de fumo	Figuras: 1, 3 e 4		Semelhança ao padrão	BS 2782 Parte 8
8	Tempo de indução oxidativa (OIT)	>60		min.	NBR-13977
9	Trilhamento elétrico Sem envelhecimento	3,0	5,5	kV	NBR 10296
	Envelhecido UV	2,75	5,0	kV	e NBR 11873
10	Dobramento a frio				
	Temperatura	-	-25±2	°C	NBR NM-IEC 60811-4-1
	Duração	-	1	h	
	Resultado	-	Sem Rachaduras	-	

Tabela 10 – Massas a serem utilizadas no Ensaio de Abrasão

Diâmetro Externo do Cabo (mm)	Massa Total do Peso de Teste ± 5% - (g)
Até 13	400
Acima de 13 até 16	500
Acima de 16 até 19	600
Acima de 19 até 22	700
Acima de 22	800

Tabela 11 – Fatores para a Correção da Resistência de Isolamento em Função da Temperatura – XLPE

Temperatura °C	Coeficiente/° C			
	1,06	1,08	1,10	1,11
5	0,42	0,32	0,24	0,21
6	0,44	0,34	0,25	0,23
7	0,47	0,37	0,29	0,25
8	0,50	0,40	0,32	0,29
9	0,53	0,43	0,35	0,32
10	0,56	0,46	0,39	0,35
11	0,59	0,50	0,42	0,39
12	0,63	0,54	0,47	0,43
13	0,67	0,58	0,51	0,48
14	0,70	0,63	0,56	0,53
15	0,75	0,68	0,62	0,59
16	0,79	0,74	0,68	0,66

Temperatura °C	Coeficiente/° C			
	1,06	1,08	1,10	1,11
17	0,84	0,79	0,75	0,73
18	0,89	0,86	0,86	0,81
19	0,94	0,93	0,91	0,90
20	1,00	1,00	1,00	1,00
21	1,06	1,08	1,10	1,11
22	1,12	1,17	1,20	1,23
23	1,19	1,26	1,33	1,37
24	1,26	1,36	1,46	1,52
25	1,34	1,47	1,61	1,69
26	1,42	1,59	1,77	1,88
27	1,50	1,71	1,95	2,08
28	1,59	1,85	2,14	2,30
29	1,69	2,00	2,36	2,56
30	1,79	2,16	2,59	2,84
31	1,90	2,33	2,85	3,15
32	2,01	2,52	3,14	3,50
33	2,13	2,72	3,45	3,88
34	2,26	2,94	3,80	4,31
35	2,40	3,16	4,18	4,78
36	2,54	3,43	4,59	5,31
37	2,69	3,70	5,05	5,90
38	2,85	4,00	5,56	6,54
39	3,03	4,32	6,12	7,26
40	3,21	4,66	6,73	8,06

PADRONIZAÇÃO

DVGD

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN**VISTO**

DPEP

Engº André Leonardo König
Gerente do DPEP

7.3. Figuras dos Ensaio

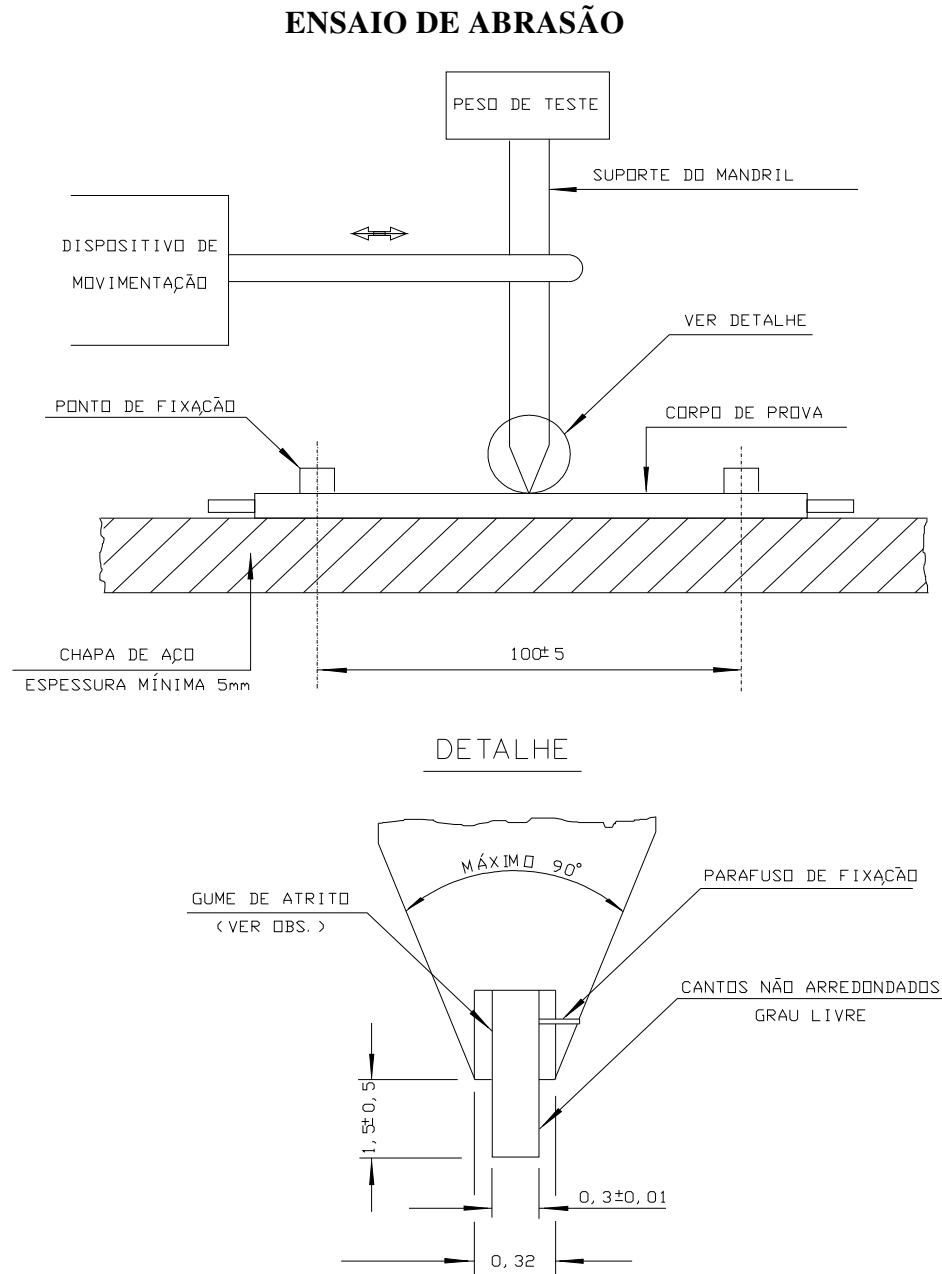


Figura 1 – Dispositivo para Ensaio de Abrasão

Notas:

- 1) Gume de tira de aço material “L2002” (cromo) dureza *rockwell* 61±1.
- 2) Dimensões em milímetros.

ENSAIO DE ADERÊNCIA DA COBERTURA

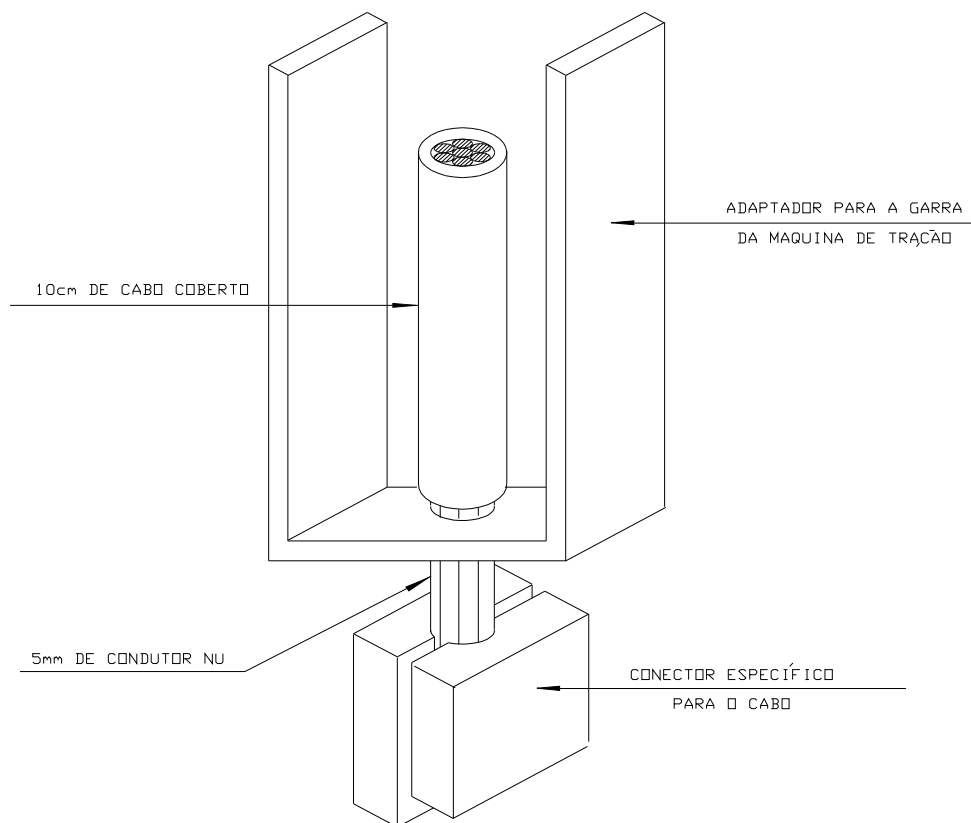


Figura 2 – Corpo de Prova e Dispositivo de para Ensaio de Aderência da Cobertura

PADRONIZAÇÃO

DVGD

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

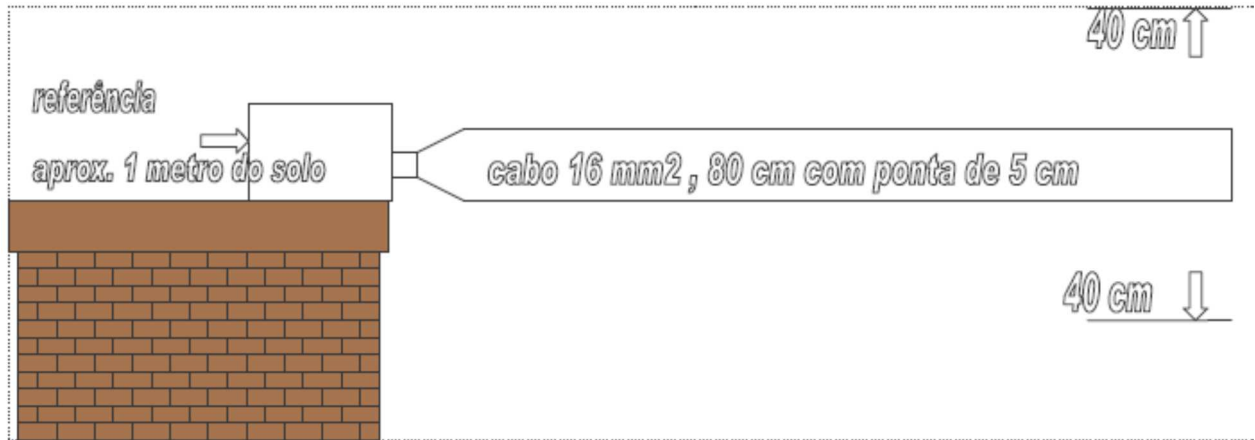
Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN

VISTO

DPEP

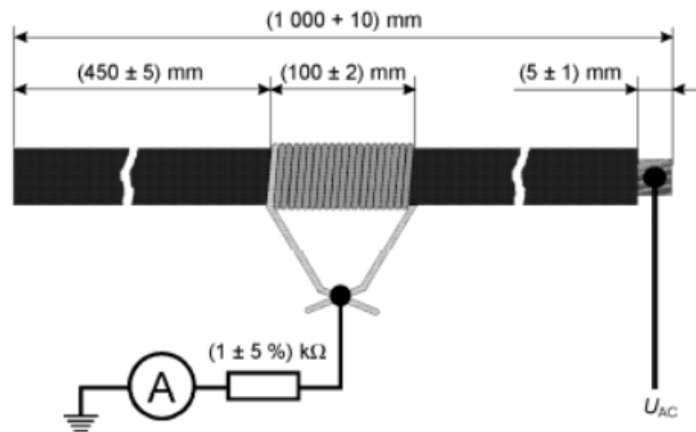
Engº André Leonardo König
Gerente do DPEP

ENSAIO DE FLEXIBILIDADE PARA O CABO DE 16 mm² DE COBRE



CORPO DE PROVA E DISPOSITIVO PARA ENSAIO DE FLEXIBILIDADE

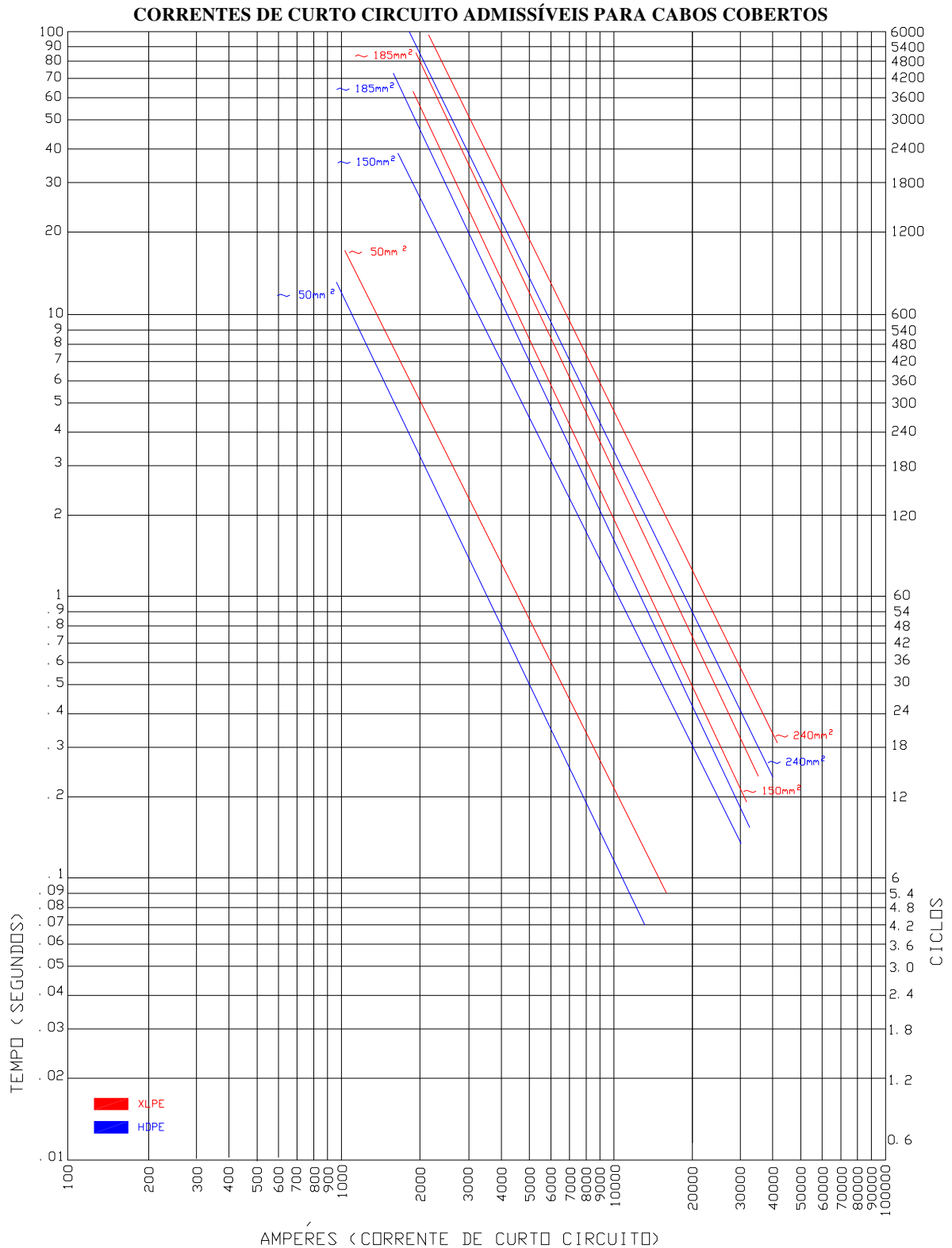
ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DE CORRENTE DE FUGA



MONTAGEM PARA ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DE CORRENTE DE FUGA

Figura 3

7.4. Gráfico da Corrente de Curto



PADRONIZAÇÃO
DVG D

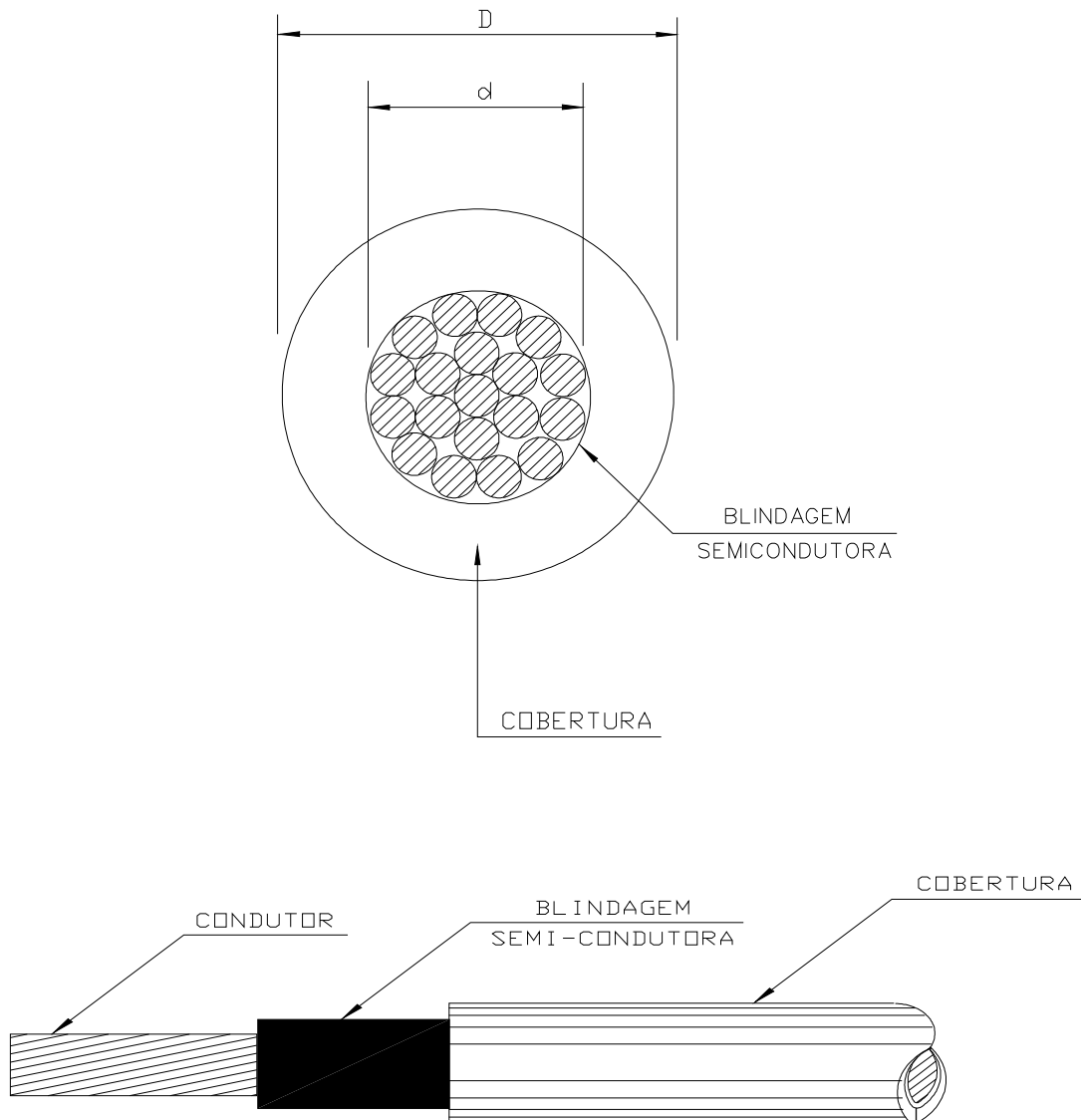
APROVAÇÃO
RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO
DVEN
Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN

VISTO
DPEP
Engº André Leonardo Konig
Gerente do DPEP

7.5. Padronização

C-16: CABO COBERTO PARA REDE COMPACTA



Notas:

- 1) A blindagem semicondutora é opcional para os cabos nas classes de tensão de 15 e 25 kV, e obrigatória na classe de tensão de 35 kV.
- 2) É obrigatório o uso do bloqueio contra a penetração longitudinal de água no condutor.

7.6. Controle de Revisões

Tabela 12 – Histórico das Revisões

REVISÃO	RESOLUÇÃO – DATA	ELABORAÇÃO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO
0	DDI Nº 131/2012 – 27/06/2012	APD	GMTK	PNA
1	DDI Nº 070/2018 – 30/10/2018	APD	GMTK	MAG
2	DDI Nº 037/2021 – 12/02/2021	APD	GMTK	ALK
3	DDI Nº 143/2023 – 21/08/2023	APD	GMTK	ALK

PADRONIZAÇÃO

DVGD

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN**VISTO**

DPEP

Engº André Leonardo König
Gerente do DPEP

7.7. Histórico de Revisões

REVISÃO	DATA	HISTÓRICO DAS ALTERAÇÕES	RESPONSÁVEL
3 ^a	Agosto de 2023	Atualização dos incisos 5.2.1., identificação, com a obrigatoriedade do código de rastreabilidade; 5.3.1. cobertura, quanto a espessura nominal; subincisos 5.3.1.2. referente ao bloqueio do condutor e subinciso 5.4.6.2. referente a amostragem para os ensaios de tensão aplicada, resistência de isolamento e resistência elétrica do condutor; Anexos: 7.1 tabelas 2 e 3 amostragem dos ensaios de recebimento 7.2. características do XLPE, Tabela 9, trilhamento superficial e temperatura de fusão.	APD / GMTK / ALK

PADRONIZAÇÃO

DVGD

APROVAÇÃO

RES. DDI Nº 143/2023 - 21/08/2023

ELABORAÇÃO

DVEN

Engº Guilherme M. T. Kobayashi
Gerente da DVEN**VISTO**

DPEP

Engº André Leonardo König
Gerente do DPEP