



**Cabos cobertos com material polimérico, classe de tensão de 15 kV, 25 kV e 35 kV, para redes de distribuição aérea de energia elétrica**

**APRESENTAÇÃO**

1) Este Projeto de Revisão foi elaborado pela Comissão de Estudo de Cabos Isolados (CE-003:020.003) do Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-003), nas reuniões de:

06.02.2019	20.03.2019	17.04.2019
15.05.2019	11.06.2019	10.09.2019
08.10.2019	10.03.2020	27.05.2020
23.06.2020	14.07.2020	04.08.2020

a) é previsto para cancelar e substituir a ABNT NBR 11873:2011, a qual foi tecnicamente revisada, quando aprovado, sendo que, nesse ínterim, a referida norma continua em vigor;

b) não tem valor normativo.

2) Aqueles que tiverem conhecimento de qualquer direito de patente devem apresentar esta informação em seus comentários, com documentação comprobatória.

3) Analista ABNT – Newton Ferraz.



## **Cabos cobertos com material polimérico, classe de tensão de 15 kV, 25 kV e 35 kV, para redes de distribuição aérea de energia elétrica**

*Covered cables with polymeric material, voltage class 15 kV, 25 kV and 35 kV, for electrical overhead distribution lines*

### **Prefácio**

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas pelas partes interessadas no tema objeto da normalização.

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da ABNT Diretiva 2.

A ABNT chama a atenção para que, apesar de ter sido solicitada manifestação sobre eventuais direitos de patentes durante a Consulta Nacional, estes podem ocorrer e devem ser comunicados à ABNT a qualquer momento (Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996).

Os Documentos Técnicos ABNT, assim como as Normas Internacionais (ISO e IEC), são voluntários e não incluem requisitos contratuais, legais ou estatutários. Os Documentos Técnicos ABNT não substituem Leis, Decretos ou Regulamentos, aos quais os usuários devem atender, tendo precedência sobre qualquer Documento Técnico ABNT.

Ressalta-se que os Documentos Técnicos ABNT podem ser objeto de citação em Regulamentos Técnicos. Nestes casos, os órgãos responsáveis pelos Regulamentos Técnicos podem determinar as datas para exigência dos requisitos de quaisquer Documentos Técnicos ABNT.

A ABNT NBR 11873 foi elaborada no no Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-003), pela Comissão de Estudo de Cabos Isolados (CE-003:020.003). O Projeto de Revisão circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº XX, de XX.XX.XXXX a XX.XX.XXXX.

A ABNT NBR 11873:2021 cancela e substitui a ABNT NBR 11873:2011, a qual foi tecnicamente revisada.

O Escopo em inglês da ABNT NBR 11873 é o seguinte:

### **Scope**

*This Standard specifies the requirements on qualification and acceptance of the covered cables with electrical tracking and UV degradation resistant materials used as electrical conductors in overhead distribution lines, for voltages up to 34,5 kV. These cables do not have insulated screen, however they are not considered insulated cables.*



## **Cabos cobertos com material polimérico, classe de tensão de 15 kV, 25 kV e 35 kV, para redes de distribuição aérea de energia elétrica**

### **1 Escopo**

Esta Norma especifica os requisitos para a qualificação e aceitação dos cabos cobertos com material polimérico, resistentes ao trilhamento elétrico e às intempéries, utilizados como condutores-fase de redes de distribuição aéreas, nas tensões até 34,5 kV. Estes cabos não possuem blindagem da isolação, portanto, não são considerados cabos isolados.

### **2 Referências normativas**

Os documentos a seguir são citados no texto de tal forma que seus conteúdos, totais ou parciais, constituem requisitos para este Documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

ABNT NBR 5456, *Eletricidade geral*

ABNT NBR 5471, *Condutores elétricos*

ABNT NBR 6251:2018, *Cabos de potência com isolação extrudada para tensões de 1 kV a 35 kV – Requisitos construtivos*

ABNT NBR 6813, *Fios e cabos elétricos – Ensaio de resistência de isolamento*

ABNT NBR 6814, *Fios e cabos elétricos – Ensaio de resistência elétrica*

ABNT NBR 6881, *Fios e cabos elétricos de potência ou controle – Ensaio de tensão elétrica*

ABNT NBR 7270, *Cabos de alumínio nus com alma de aço zincado para linhas aéreas – Especificação*

ABNT NBR 7271, *Cabos de alumínio para linhas aéreas – Especificação*

ABNT NBR 7272, *Condutor elétrico de alumínio – Ruptura e característica dimensional*

ABNT NBR 7295, *Fios e cabos elétricos – Ensaio de capacitância e fator de dissipação – Método de ensaio*

ABNT NBR 7300, *Fios e cabos elétricos – Ensaio de resistividade volumétrica*

ABNT NBR 7307, *Fios e cabos elétricos – Ensaio de fragilização*

ABNT NBR 7310, *Transporte, armazenamento e utilização de bobinas com fios, cabos elétricos ou cordoalha de aço*

ABNT NBR 9512, *Fios e cabos elétricos – Intemperismo artificial sob condensação de água, temperatura e radiação ultravioleta-B proveniente de lâmpadas fluorescentes*

ABNT NBR 10296:2014, *Material isolante elétrico – Avaliação de sua resistência ao trilhamento elétrico e erosão sob severas condições ambientais*



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

ABNT NBR 10841, *Cabos de alumínio reforçados por fios de aço revestidos de alumínio para linhas aéreas – Especificação*

ABNT NBR 11137, *Carretel de madeira para o acondicionamento de fios e cabos elétricos – Dimensões e estruturas*

ABNT NBR 11788, *Conectores de alumínio para ligações aéreas de condutores elétricos em sistemas de potência*

ABNT NBR NM 280, *Condutores de cabos isolados (IEC 600228, MOD)*

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 – Ensaios 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 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 determinação da densidade de massa – Ensaio de absorção de água – Ensaio de retração*

ABNT NBR NM IEC 60811-1-4, *Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos e ópticos Parte 1: Métodos para aplicação geral – Capítulo 4: Ensaios a baixas temperaturas*

ABNT NBR NM IEC 60811-2-1, *Métodos de ensaio comuns para 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*

ABNT NBR NM IEC 60811-3-1, *Métodos de ensaios comuns para materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos e ópticos – Parte 3: Métodos específicos para os compostos de PVC - Capítulo 1: Ensaio de pressão a altas temperaturas - Ensaios de resistência à fissuração*

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*

IEC TR 61597:1995, *Overhead electrical conductors – Calculation methods for stranded conductors*

ASTM E 2009, *Test method for oxidation onset temperature of hydrocarbons by differential scanning calorimetry*

ASTM D 3418, *Test method for transition temperatures of polymers by thermal analysis*

ASTM G 155:2013, *Practice for operating xenon arc light apparatus for exposure of non-metallic materials*

BS 2782-8:1992, *Methods for the assessment of carbon black dispersion in polyethylene using a microscope*



### 3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os termos e definições das ABNT NBR 5456, ABNT NBR 5471 e ABNT NBR 6251, e os seguintes.

#### 3.1

##### **cabo coberto**

cabo com cobertura protetora extrudada de material polimérico, que visa a redução da corrente de fuga em caso de contato acidental do cabo com objetos aterrados e a diminuição do espaçamento entre os condutores

NOTA Esta definição complementa aquela descrita na ABNT NBR 5471.

#### 3.2

##### **comprimento nominal**

quantidade-padrão de fabricação e/ou quantidade que conste na ordem de compra, para cada unidade de expedição

#### 3.3

##### **lance**

uma unidade de expedição de comprimento contínuo

#### 3.4

##### **quantidade efetiva**

quantidade contida em uma unidade de expedição, determinada por meio de equipamento adequado, que garanta a incerteza máxima especificada

#### 3.5

##### **rede compacta**

redes de distribuição aérea de energia elétrica, com cabos cobertos, fixados em espaçadores e sustentados por um cabo-mensageiro, apresentando uma configuração compacta

#### 3.6

##### **rede convencional em cruzeta ou pilar**

redes de distribuição aérea de energia elétrica com cabos nus ou cobertos, fixados em isoladores, sustentados por cruzetas ou isoladores tipo pilar diretamente no poste

#### 3.7

##### **relação de encordoamento**

razão entre o comprimento axial de uma hélice completa de fio encordoado e o diâmetro externo da hélice

#### 3.8

##### **unidade de expedição**

unidade constituída de uma bobina ou outra forma de acondicionamento acordada

### 4 Requisitos

#### 4.1 Designação

Os cabos de potência previstos nesta Norma devem ser designados por:

- a) tipo do condutor: alumínio 1 350, classe de encordoamento 2 compactado, CAA, CAA-RA, CAL, liga alumínio-magnésio-silício, ou cobre, classe de encordoamento 2 compactado;



- b) seção nominal do condutor, expressa em milímetros quadrados ( $\text{mm}^2$ ); no caso de cabos CAA e CAA-RA, a seção do condutor pode ser expressa em AWG ou kcmil;
- c) condutor bloqueado ou não;
- d) classe de tensão da cobertura do cabo (U): 15 kV, 25 kV ou 35 kV;
- e) material da cobertura: LDPE/HDPE, XLPE/HDPE ou XLPE.

## 4.2 Condições de instalação e serviço

### 4.2.1 Instalação

**4.2.1.1** Os cabos cobertos com condutor de alumínio de seção circular compacta são previstos para instalações em redes compactas de distribuição de energia, e os cabos com condutores de cobre, alumínio com alma de aço zincado ou alma de aço revestido de alumínio (CAA ou CAA-RA) e liga alumínio-magnésio-silício (CAL) são previstos para instalações em redes convencionais (cruzeta ou pilar) de distribuição de energia. Os cabos cobertos devem ser considerados cabos não isolados, não podendo ser instalados em regiões altamente poluídas ou com alto índice de salinidade.

**4.2.1.2** Durante a instalação, deve-se preservar a integridade da superfície da cobertura. Danos na cobertura podem comprometer o desempenho do material durante a sua vida útil.

### 4.2.2 Condições ambientais

Os cabos cobertos devem ser adequados para operar em clima tropical, com temperatura ambiente de  $-5\text{ }^\circ\text{C}$  a  $45\text{ }^\circ\text{C}$ .

### 4.2.3 Condições de operação em regime permanente

**4.2.3.1** A temperatura no condutor em regime permanente não pode ultrapassar  $70\text{ }^\circ\text{C}$ , para cobertura de material polimérico LDPE/HDPE, ou  $90\text{ }^\circ\text{C}$ , para cobertura de material polimérico termofixo XLPE ou XLPE/HDPE.

**4.2.3.2** Durante a operação, os cabos cobertos podem ter contatos eventuais com a arborização. Estes cabos não podem estar em contato permanente com a arborização por nenhum espaço de tempo determinado.

### 4.2.4 Condições de operação em regime de sobrecarga

**4.2.4.1** Para atender a eventuais sobrecargas, admite-se uma temperatura maior no condutor, conforme 4.2.4.2, mas cuja duração não pode ultrapassar 100 h em qualquer período de 12 meses consecutivos, nem 500 h ao longo de toda a vida do cabo.

**4.2.4.2** A temperatura no condutor em regime de sobrecarga não pode ultrapassar  $90\text{ }^\circ\text{C}$ , para cobertura de material polimérico LDPE/HDPE, ou  $100\text{ }^\circ\text{C}$ , para cobertura de material polimérico termofixo XLPE ou XLPE/HDPE.

### 4.2.5 Condições de operação em regime de curto-circuito

**4.2.5.1** A duração em regime de curto-circuito não pode ser superior a 5 s.

**4.2.5.2** A temperatura no condutor em regime de curto-circuito não pode ultrapassar  $160\text{ }^\circ\text{C}$ , para cobertura de material polimérico LDPE/HDPE, ou  $250\text{ }^\circ\text{C}$ , para cobertura de material polimérico termofixo XLPE ou XLPE/HDPE.



### 4.3 Condutor

4.3.1 O condutor deve ser constituído por:

- alumínio, classe 2 de encordoamento, de seção circular compactada, conforme a ABNT NBR NM 280. A resistência mínima à tração dos fios de alumínio, antes do encordoamento, deve ser adequada, a fim de atender à carga de ruptura mínima do condutor indicada na Tabela 1; ou
- cobre mole, com ou sem revestimento, classe 2 de encordoamento, de seção circular compactada, conforme a ABNT NBR NM 280, nas seções padronizadas de 16 mm<sup>2</sup>, 25 mm<sup>2</sup>, 35 mm<sup>2</sup>, 50 mm<sup>2</sup> e 70 mm<sup>2</sup>; ou
- alumínio com alma de aço zincado (classe 1) ou com alma de aço revestido de alumínio (CAA ou CAA-RA), conforme a ABNT NBR 7270 ou ABNT NBR 10841, nas seções padronizadas (al/aço) de 21,18/3,53; 33,59/5,60; 53,52/8,92; 67,33/11,22; 107,22/17,27; 134,87/21,99; 170,55/27,83; 201,34/32,73 e 241,65/39,49 mm<sup>2</sup>; ou
- liga alumínio-magnésio-silício (CAL), conforme a ABNT NBR 10298, com características especificadas na Tabela 2, nas seções padronizadas de 35mm<sup>2</sup> a 240 mm<sup>2</sup>.

NOTA Outros tipos de condutores também podem ser utilizados, desde que suas características e requisitos sejam acordados entre o fabricante e o comprador.

4.3.2 A superfície dos fios componentes dos condutores não pode apresentar fissuras, escamas, rebarbas, asperezas, estrias ou inclusões que comprometam o seu desempenho. Os condutores prontos não podem apresentar falhas de encordoamento.

4.3.3 Para os condutores de alumínio, classe 2 de encordoamento, de seção circular compactada, o sentido de encordoamento da coroa externa deve ser à direita (sentido horário). Para os cabos com coroas múltiplas, os sentidos de encordoamento das coroas internas podem ser alternados ou no mesmo sentido (*unilay*).

4.3.4 É permitida a realização emendas nos fios durante o processo de encordoamento. As emendas devem atender aos requisitos previstos nas ABNT NBR 7271, para os condutores de alumínio; ABNT NBR NM 280, para os condutores de cobre; ABNT NBR 7270, para os cabos de alumínio com alma de aço zincado (CAA); ABNT NBR 10841, para os cabos de alumínio com alma de aço revestido de alumínio (CAA-RA); e ABNT NBR 10298, para os cabos de liga alumínio-magnésio-silício nu (CAL).

**Tabela 1 – Características físicas do condutor de alumínio, classe 2 de seção circular compactada (continua)**

Seção nominal mm <sup>2</sup>	Carga de ruptura mínima (RMC) <sup>a</sup> daN
35	455
50	650
70	910
95	1 235
120	1 560
150	1 950



Tabela 1 (conclusão)

Seção nominal mm <sup>2</sup>	Carga de ruptura mínima (RMC) <sup>a</sup> daN
185	2 405
240	3 120
300	3 900

<sup>a</sup> Valores obtidos a partir de valor de resistência mínima de 130 MPa.

Tabela 2 – Características físicas do condutor de liga alumínio-magnésio-silícico nu (CAL)

Seção nominal mm <sup>2</sup>	Número de fios	Diâmetro nominal do fio mm	Carga de ruptura mínima (RMC) daN	Resistência elétrica c.c. a 20 °C máxima Ω/km
35	7	2,50	1 092	0,994 4
50	7	3,00	1 572	0,690 5
70	7	3,45	1 991	0,522 1
95	19	2,50	2 840	0,366 3
120	19	2,90	2 871	0,272 2
150	19	3,25	3 863	0,216 8
185	19	3,55	4 852	0,181 7
240	19	4,00	5 544	0,143 1

#### 4.4 Bloqueio do condutor

**4.4.1** O bloqueio do condutor é opcional. Se existir, ele deve preencher os interstícios entre os fios componentes, de modo a atender ao ensaio de bloqueio, com material compatível química e termicamente com os componentes do cabo. O material empregado como bloqueio deve ter cor diferenciada, para ser distinguido do condutor. Não são aceitos compostos pegajosos de difícil remoção da superfície do condutor.

**4.4.2** O bloqueio do condutor não é aplicável aos condutores de alumínio com alma de aço composta por mais de um fio.

**4.4.3** O fabricante deve garantir a compatibilidade e informar a descrição do material utilizado no bloqueio do condutor. O material de bloqueio também não pode causar prejuízo elétrico, térmico ou mecânico às conexões de compressão ou de aperto, normalmente utilizadas em redes aéreas com cabos de alumínio.

#### 4.5 Blindagem semicondutora do condutor

**4.5.1** A blindagem do condutor, quando existente, deve ser constituída por camada semicondutora extrudada, de material polimérico compatível com o material da cobertura, sendo termoplástico para a temperatura de operação de 70 °C e termofixo para a temperatura de operação de 90 °C.

**4.5.2** A blindagem deve estar justaposta e aderida sobre o condutor, porém deve ser removível a frio.

**4.5.3** Nos cabos de 15 kV e 25 kV, a blindagem semicondutora é opcional, a critério do comprador. Nos cabos de 35 kV, a blindagem semicondutora é obrigatória.

**4.5.4** A blindagem semicondutora do condutor (se houver) deve ser de composto polimérico, com requisitos físicos conforme a Tabela 3.

**4.5.5** A espessura nominal da camada de blindagem semicondutora do condutor (se houver) deve ser igual ou superior a 0,40 mm e a espessura mínima, em qualquer ponto de uma seção transversal, deve ser igual ou superior a 0,32 mm.

**Tabela 3 – Características físicas do composto da blindagem semicondutora**

Seção	Método de ensaio	Característica	Unidade	Requisito	
				Termoplástico	Termofixo
1	ABNT NBR NM IEC 60811-1-2	Ensaio de tração (alongamento à ruptura)			
1.1		Após envelhecimento em estufa a ar:			
		— temperatura	°C	100 ± 2	135 ± 3
		— duração	h	48	168
		— alongamento à ruptura, mínimo	%	100	100
2	ABNT NBR 7307	Temperatura de fragilização, máxima	°C	-10	-15
3	ABNT NBR 7300	Resistividade volumétrica a 80 °C, máxima	$\Omega \times \text{cm}$	10 000	10 000

## 4.6 Cobertura

**4.6.1** A cobertura pode ser constituída por uma ou duas camadas de composto extrudado de material polimérico termofixo XLPE (90 °C) ou por duas camadas de material polimérico LDPE/HDPE (70 °C) ou XLPE/HDPE (90 °C). A espessura deve garantir o nível de suportabilidade dielétrica do cabo, e a superfície externa da cobertura deve prover o cabo de resistência às intempéries, trilhamento elétrico, radiação ultravioleta e abrasão mecânica.

NOTA O polietileno de baixa densidade (LDPE) pode ser substituído pelo polietileno linear de baixa densidade (LLDPE), desde que sejam atendidos os requisitos previstos nesta Norma.

**4.6.2** A cobertura deve ser contínua e uniforme ao longo de todo o seu comprimento. A(s) camada(s) da cobertura e a camada semicondutora (se houver) devem ser aplicadas na mesma operação.

**4.6.3** No caso de haver blindagem semicondutora, a cobertura deve ser aderente a ela, de modo a não permitir a existência de vazios entre ambas ao longo de todo o comprimento do cabo. O mesmo requisito é aplicável às camadas da cobertura.

NOTA No caso de não haver blindagem semicondutora do condutor, recomenda-se que a cobertura fique perfeitamente justaposta e concêntrica em relação ao condutor, porém removível a frio, e que não haja vazios entre o condutor e a cobertura ao longo de todo o seu comprimento.



4.6.4 Caso permaneçam resíduos após a remoção da blindagem semicondutora ou da cobertura sobre o condutor, eles devem ser facilmente removíveis a frio.

4.6.5 A(s) camada(s) de cobertura deve(m) ser constituída(s) por compostos poliméricos com requisitos físicos conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Características físicas dos compostos da cobertura

Seção	Método de ensaio	Característica	Unidade	Requisito		
				Termoplástico	Termofixo	
1		Ensaio de tração				
1.1	ABNT NBR NM IEC 60811-1-1	Sem envelhecimento: — resistência à tração, mínima	MPa	10	19,3	12,5
		— alongamento à ruptura, mínimo	%	300	300	200
1.2	ABNT NBR NM IEC 60811-1-1	Após envelhecimento em estufa a ar: — temperatura	°C	110 ± 2	110 ± 2	135 ± 3
		— duração	h	168	168	168
		— variação máxima da resistência à tração e do alongamento à ruptura <sup>a</sup>	%	± 25	± 25	± 25
2	ABNT NBR NM IEC 60811-3-1	Ensaio de pressão a altas temperaturas: — temperatura	°C	90 ± 3	110 ± 3	—
		— máxima profundidade de penetração	%	10	10	—
3	ABNT NBR NM IEC 60811-2-1	Alongamento a quente: — temperatura	°C	—	—	200 ± 3
		— tempo sob carga	min.	—	—	12,5
		— solitação mecânica	MPa	—	—	200
		— máximo alongamento sob carga	%	—	—	135 ± 1
		— máximo alongamento após resfriamento	%	—	—	± 25

**Tabela 4 (conclusão)**

Seção	Método de ensaio	Característica	Unidade	Requisito		
				Termoplástico	Termofixo	
4	ABNT NBR NM IEC 60811-1-3	Retração ao calor:				
		— temperatura	°C	100 ± 2	100 ± 2	130 ± 3
		— duração	h	1	1	1
		— retração máxima permissível	%	4	4	4
		— L = 200 (constante para o cálculo do comprimento da amostra)	—	—	—	—
5	ABNT NBR NM IEC 60811-1-4	Dobramento a frio:				
		— temperatura	°C	—	-25 ± 2	—
		— duração	h	—		—
		— resultado	%	—	Sem rachadura	—
6	ABNT NBR NM IEC 60811-1-3	Absorção de água (método gravimétrico):				
		— duração da imersão	dias	14	14	14
		— temperatura	°C	85 ± 2	85 ± 2	85 ± 2
		— variação máxima da massa	%	0,75	0,75	0,75
7	ABNT NBR 7295	Permissividade relativa, máxima	—	3,0	3,0	3,0

<sup>a</sup> Variação: 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.

**4.6.6** A espessura nominal da cobertura, declarada pelo fabricante em sua proposta, deve ser igual ou superior ao valor indicado nas Tabela 5 a 8, desde que atenda ao estabelecido em 4.6.1.

**4.6.7** A espessura média da cobertura, em qualquer seção transversal, não pode ser inferior ao valor nominal declarado pelo fabricante.

**4.6.8** A espessura mínima da cobertura, em um ponto qualquer de uma seção transversal, não pode diferir do valor nominal declarado pelo fabricante em mais do que 0,1 mm + 10 % do valor nominal.



**4.6.9** No caso de cobertura em camada dupla, a camada externa (resistente a intempéries, trilhamento elétrico, radiação ultravioleta e abrasão mecânica) deve ter espessura média mínima igual à metade da espessura nominal da cobertura declarada pelo fabricante.

**4.6.10** O fabricante deve informar o teor de negro de fumo do material da cobertura, obtido conforme 7.17, bem como o padrão de dispersão adotado, conforme a BS 2782:1992, Parte 8, Método B. É recomendável que o padrão de dispersão se apresente conforme a BS 2782:1992, Parte 8, Figuras 1, 3 ou 4. Este requisito é aplicável apenas à(s) camada(s) de cobertura que contenha(m) negro de fumo em sua composição com a finalidade de proteção U.V.

#### 4.7 Características físicas do cabo completo

O diâmetro externo do cabo pronto deve estar contido nos limites indicados na Tabelas 5 a 8.

**Tabela 5 – Características físicas do cabo completo para condutor de alumínio, classe 2, de seção circular compactada (continua)**

Tensão nominal do cabo kV	Seção nominal mm <sup>2</sup>	Espessura nominal da cobertura <sup>a</sup> mm	Diâmetro externo <sup>b</sup> mm	
			Mínimo	Máximo
15	35	3,0	12,6	15,3
	50		13,7	16,5
	70		15,3	18,0
	95		17,0	19,7
	120		18,5	21,3
	150		19,9	22,5
	185		21,5	24,3
	240		23,8	27,0
	300		26,0	29,4
25	35	4,0	14,6	17,4
	50		15,7	18,6
	70		17,3	20,1
	95		19,0	21,8
	120		20,5	23,4
	150		21,9	24,6
	185		23,5	26,4
	240		25,8	29,1
	300		28,0	31,5



Tabela 5 (conclusão)

Tensão nominal do cabo kV	Seção nominal mm <sup>2</sup>	Espessura nominal da cobertura <sup>a</sup> mm	Diâmetro externo <sup>b</sup> mm	
			Mínimo	Máximo
35	70	7,6	25,3	28,6
	95		27,0	30,3
	120		28,5	31,9
	150		29,9	33,1
	185		31,5	34,9
	240		33,8	37,6
	300		36,0	40,0

<sup>a</sup> O valor da espessura nominal deve ser entendido como média mínima. Para cobertura em dupla camada, observar o estabelecido em 4.6.9. Para tolerâncias, ver 4.6.8.

<sup>b</sup> Caso o comprador especifique, para os cabos de 15 kV e 25 kV, a blindagem semicondutora do condutor, os diâmetros externos mínimos e máximos devem ser acrescidos de duas vezes o valor da espessura média da blindagem semicondutora.

Tabela 6 – Características físicas do cabo completo para condutor de cobre, classe 2, de seção circular compactada

Tensão nominal do cabo kV	Seção nominal mm <sup>2</sup>	Espessura nominal da cobertura mm	Diâmetro externo mm	
			Mínimo	Máximo
15	16	3,0	10,6	13,1
	25		11,6	14,1
	35		12,6	15,3
	50		13,7	16,4
	70		15,3	18,0

NOTA Ver notas de rodapé da Tabela 5.



Tabela 7 – Características físicas do cabo completo para condutor de alumínio com alma de aço zincado ou com alma de aço revestido de alumínio (CAA ou CAA-RA)

Tensão nominal do cabo kV	Seção nominal mm <sup>2</sup>	Espessura nominal da cobertura mm	Diâmetro externo mm	
			Mínimo	Máximo
15	21,18/3,53	3,0	12,2	14,7
	33,59/5,60		13,8	16,5
	53,52/8,92		15,8	18,5
	67,33/11,22		17,0	19,7
	107,22/17,87		19,9	22,6
	134,87/21,99		21,8	24,5
	170,55/27,83		23,8	26,5
	201,34/32,73		25,3	28,5
	241,65/39,49		27,1	30,5
25	33,59/5,60	4,0	15,8	18,6
	53,52/8,92		17,8	20,6
	67,33/11,22		19,0	21,8
	107,22/17,87		21,9	24,7
	134,87/21,99		23,8	26,6
	170,55/27,83		25,8	28,6
	201,34/32,73		27,3	30,6
	241,65/39,49		29,1	32,6
35	67,33/11,22	7,6	27,0	30,3
	107,22/17,87		29,9	33,3
	134,87/21,99		31,8	35,2
	170,55/27,83		33,8	37,2
	201,34/32,73		35,3	39,1
	241,65/39,49		37,1	41,1

NOTA Ver notas de rodapé da Tabela 5.



Tabela 8 – Características físicas do cabo completo para condutor de liga alumínio-magnésio-silício (CAL)

Tensão nominal do cabo kV	Seção nominal mm <sup>2</sup>	Espessura nominal da cobertura mm	Diâmetro externo mm	
			Mínimo	Máximo
15	35	3,0	13,3	15,8
	50		14,7	17,4
	70		16,0	18,7
	95		18,1	20,8
	120		20,1	22,8
	150		21,8	24,5
	185		23,2	26,4
	240		25,4	28,8
25	35	4,0	15,3	18,1
	50		16,7	19,5
	70		18,0	20,8
	95		20,1	22,9
	120		22,1	24,9
	150		23,8	26,6
	185		25,2	28,5
	240		27,4	30,9
35	70	7,6	26,0	29,3
	95		28,1	31,5
	120		30,1	33,5
	150		31,8	35,2
	185		33,2	37,0
	240		35,4	39,4

NOTA Ver notas de rodapé da Tabela 5.

#### 4.8 Marcação na cobertura

**4.8.1** A superfície externa da cobertura do cabo deve ser marcada a intervalos regulares de até 500 mm, com caracteres permanentes que não favoreçam o trilhamento elétrico na cobertura, com dimensões e legibilidade adequadas, contendo no mínimo as seguintes informações:

- marca de origem (nome, marca ou logotipo do fabricante);



- b) seção nominal do condutor, expressa em milímetros quadrados (mm<sup>2</sup>). No caso de cabos CAA ou CAA-RA, a seção do condutor pode ser expressa em AWG ou kcmil;
- c) classe de tensão (15 kV, 25 kV e 35 kV), expressa em quilovolts (kV);
- d) material do condutor (alumínio, cobre, CAA, CAA-RA ou CAL);
- e) material da cobertura (LDPE/HDPE, XLPE/HDPE ou XLPE);
- f) inscrição: “Cabo não isolado – Não tocar”;
- g) ano de fabricação;
- h) inscrição: “Bloqueado” (se for o caso);
- i) número desta Norma.

**4.8.2** Outras formas de identificação do cabo podem eventualmente ser aceitas, desde que previamente aprovadas pelo comprador.

#### **4.9 Informações de engenharia**

O Anexo F apresenta informações de engenharia.

### **5 Inspeção e amostragem**

#### **5.1 Condições gerais de inspeção**

**5.1.1** Os ensaios previstos nesta Norma são classificados em:

- a) ensaios de recebimento (R e E);
- b) ensaios de tipo (T);
- c) ensaios de controle.

**5.1.2** Antes de qualquer ensaio, deve ser realizada uma inspeção visual sobre todas as unidades de expedição, para verificação das condições estabelecidas em 4.8 e 8.1.

#### **5.2 Ensaios de recebimento (R e E)**

**5.2.1** Os ensaios de recebimento constituem-se em:

- a) ensaios de rotina (R);
- b) ensaios especiais (E).

**5.2.2** Os ensaios de rotina (R) solicitados nesta Norma são:

- a) medição da resistência elétrica do condutor, conforme 7.1;
- b) tensão elétrica aplicada ao cabo, conforme 7.2;
- c) resistência de isolamento à temperatura ambiente, conforme 7.5.



**5.2.3** As verificações e os ensaios especiais (E) solicitados nesta Norma são:

- a) verificação da construção do cabo, conforme 4.3 a 4.6;
- b) tensão elétrica aplicada na superfície da cobertura, conforme 7.3;
- c) resistência ao trilhamento elétrico, conforme 7.4;
- d) verificação dimensional, conforme 7.8;
- e) temperatura de fusão e de oxidação do(s) material(is) da cobertura, conforme 7.10;
- f) ensaios mecânicos, antes e após o envelhecimento artificial em estufa a ar, conforme 7.13.1-a);
- g) alongamento a quente, conforme 7.13.1-b) 2) (aplicável somente ao material termofixo).

Os ensaios especiais (E) são realizados em amostras de cabo completo, ou em componentes retirados destas, conforme critério de amostragem estabelecido em 5.6.2, com a finalidade de verificar se o cabo atende às especificações do projeto.

### **5.3 Ensaios de tipo (T)**

**5.3.1** Os ensaios de tipo (T) elétricos solicitados nesta Norma são:

- a) medição da resistência elétrica do condutor, conforme 7.1;
- b) tensão elétrica aplicada ao cabo, conforme 7.2;
- c) resistência de isolamento à temperatura ambiente, conforme 7.5;
- d) tensão elétrica aplicada na superfície da cobertura, conforme 7.3;
- e) resistência ao trilhamento elétrico, conforme 7.4.

**5.3.2** O corpo de prova utilizado para aprovação dos ensaios de tipo deve ter um comprimento suficiente de cabo completo. A seção recomendada do condutor é de 120 mm<sup>2</sup>, ou outra seção em comum acordo entre as partes interessadas, devendo os ensaios ser efetuados para cada tipo de construção.

**5.3.3** Estes ensaios devem ser realizados conforme a sequência de 5.3.1, no mesmo corpo de prova.

**5.3.4** As verificações e os ensaios de tipo (T) não elétricos solicitados nesta Norma são:

- a) resistência à abrasão, conforme 7.6;
- b) tração à ruptura do condutor, conforme 7.7;
- c) verificação dimensional, conforme 7.8;
- d) resistência à penetração longitudinal de água, conforme 7.9;
- e) temperatura de fusão e de oxidação do material ou materiais da cobertura, conforme 7.10;
- f) aderência da cobertura, conforme 7.11;



- g) ensaios mecânicos antes e depois do envelhecimento artificial em câmara de UV, conforme 7.12.1;
- h) verificação dos requisitos físicos do(s) material(is) da cobertura e da blindagem semicondutora, conforme 7.13;
- i) permissividade relativa, conforme 7.14;
- j) verificação da compatibilidade do material de bloqueio com conexões elétricas, conforme 7.15;
- k) determinação do teor de negro de fumo, conforme 7.17 (aplicável somente aos materiais de cobertura que contenham negro de fumo com a finalidade de proteção UV).

**5.3.5** Deve-se utilizar um comprimento suficiente de cabo completo, retirado previamente da amostra colhida para os ensaios elétricos de tipo.

**5.3.6** Os ensaios de tipo devem ser realizados, de modo geral, uma única vez, com a finalidade de demonstrar o comportamento satisfatório do projeto do cabo para atender à aplicação prevista. São, por isso mesmo, de natureza tal que não precisam ser repetidos, independentemente do material do condutor, a menos que haja modificação do projeto do cabo que possa alterar o seu desempenho.

**5.3.7** Entende-se por modificação do projeto do cabo, para os objetivos desta Norma, qualquer variação construtiva ou de tecnologia que possa influir diretamente no desempenho elétrico e/ou mecânico do cabo, como, por exemplo:

- a) modificação do composto da cobertura;
- b) adoção de tecnologia diferente para a blindagem do condutor, em função da tensão de isolamento;
- c) modificação no processo de produção.

**5.3.8** Estes ensaios devem ser realizados para cada projeto de cabo.

NOTA O Anexo G apresenta informações complementares.

## **5.4 Ensaio de tipo (T) complementar**

O ensaio de tipo (T) complementar previsto nesta Norma é o ensaio para determinação do coeficiente por graus Celsius, para correção da resistência de isolamento. Este ensaio deve ser previamente realizado pelo fabricante, conforme 7.16.

## **5.5 Ensaios de controle**

Todos os ensaios elétricos e não elétricos previstos nesta Norma compreendem o elenco de ensaios de controle disponíveis ao fabricante, que, a seu critério e necessidade, os utiliza para determinada ordem de compra ou lote de produção, com o objetivo de assegurar que os materiais e processos utilizados atendam aos requisitos desta Norma.

NOTA O Anexo G apresenta informações complementares.

## **5.6 Critérios de amostragem**

**5.6.1** Todas as unidades de expedição devem ser submetidas a todos os ensaios de rotina.

**5.6.2** Os ensaios especiais (E) são realizados em amostras de cabo completo, ou em componentes retirados destas, conforme critério de amostragem estabelecido na Tabela 9.

**Tabela 9 – Determinação do número de amostras**

Tamanho do lote (nº de bobinas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Verificação da construção do cabo</li> <li>— Verificação dimensional</li> <li>— Tensão elétrica aplicada à superfície da cobertura</li> <li>— Ensaios mecânicos, antes e após o envelhecimento artificial em estufa a ar</li> <li>— Alongamento a quente</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>— Trilhamento elétrico</li> <li>— Temperatura de fusão e oxidação do material da cobertura</li> </ul>	
	Amostra <sup>a</sup>				Quantidade de conjuntos de corpos de prova <sup>b</sup>	
	Sequência	Tamanho	Ac <sup>c</sup>	Re <sup>d</sup>		
Até 30	—	3	0	1	—	
31 a 50	—	5	0	1	1	
51 a 150	1 <sup>a</sup>	13	0	2	2	
	2 <sup>a</sup>	13	1	2		
151 a 200	1 <sup>a</sup>	20	0	3	3	
	2 <sup>a</sup>	20	3	4		
201 a 500	1 <sup>a</sup>	32	1	4	4	
	2 <sup>a</sup>	32	4	5		
501 a 1 200	1 <sup>a</sup>	50	2	5	5	
	2 <sup>a</sup>	50	6	7		

<sup>a</sup> Regime de inspeção normal; amostragem dupla; nível de inspeção II; NQA = 2,5 %.  
 Procedimento para a amostragem dupla:  
 — inicialmente, ensaiar um número de unidades igual ao da primeira amostra, obtido nesta Tabela;  
 — 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 encontradas após ensaiadas as duas amostras deve ser igual ou inferior ao maior “Ac” especificado.

<sup>b</sup> Conjuntos formados por cinco ou três corpos de prova, conforme 7.4 e 7.10. Critério de aceitação e rejeição conforme 6.3.4.

<sup>c</sup> Ac – Número de unidades defeituosas que ainda permite a aceitação do lote.

<sup>d</sup> Re – Número de unidades defeituosas que implica a rejeição do lote.

**5.6.3** De cada amostra (bobina) devem ser retirados corpos de prova do cabo, em quantidade e comprimento adequados para a realização de todos os ensaios previstos em 5.2.3, desprezando-se sempre o primeiro metro da extremidade.

NOTA O Anexo G apresenta informações complementares.



## 6 Aceitação e rejeição

### 6.1 Inspeção visual

Podem ser rejeitadas, de forma individual, a critério do comprador, as unidades de expedição que não cumprirem as condições estabelecidas em 4.8 e 8.1.

NOTA O Anexo G apresenta informações complementares.

### 6.2 Ensaios de rotina

Podem ser rejeitadas, de forma individual, as unidades de expedição que não cumprirem os requisitos especificados nesta Norma.

### 6.3 Ensaios especiais

**6.3.1** As amostras devem ser obtidas conforme o critério estabelecido em 5.6.2. Devem ser aceitos os lotes que satisfizerem os requisitos especificados nesta Norma.

**6.3.2** Se dos ensaios especiais, com exceção do previsto em 5.2.3-a), resultarem valores que não satisfaçam os requisitos especificados, o lote do qual foi retirada a amostra pode ser rejeitado.

**6.3.3** Se dos ensaios de verificação da construção do cabo, previstos em 5.2.3-a), resultarem valores que não satisfaçam os requisitos especificados, dois novos comprimentos suficientes de cabo devem ser retirados das mesmas unidades de expedição e novamente efetuados os ensaios para os quais a amostra precedente foi insatisfatória. Os resultados obtidos devem ser satisfatórios em ambos os comprimentos de cabo; caso contrário, o lote do qual foi retirada a amostra pode ser rejeitado, a critério do comprador.

**6.3.4** Para os ensaios de trilhamento elétrico e temperatura de fusão e oxidação do material da cobertura, caso apenas um corpo de prova seja reprovado em qualquer ensaio, este ensaio pode ser repetido em dois outros corpos de prova retirados da mesma amostra (bobina). Ocorrendo nova falha, o lote é considerado defeituoso. O fabricante pode recompor um novo lote, uma única vez, submetendo-o a uma nova inspeção, após terem sido eliminadas as unidades de expedição defeituosas.

NOTA O Anexo G apresenta informações complementares.

## 7 Ensaios

### 7.1 Resistência elétrica do condutor (R e T)

**7.1.1** A resistência elétrica medida em corrente contínua a 20 °C, por unidade de comprimento, não pode ser superior ao valor máximo especificado na ABNT NBR NM 280, para condutores de cobre ou alumínio; na ABNT NBR 7270, para condutores de alumínio com alma de aço; na ABNT NBR 10841, para os cabos de alumínio com alma de aço revestido de alumínio (CAA-RA); ou na Tabela 2, para os condutores de liga alumínio-magnésio-silício (CAL).

**7.1.2** A resistência elétrica do condutor de cada bobina do lote sob inspeção deve ser medida conforme a ABNT NBR 6814, e o resultado deve ser convertido em ohms por quilômetro ( $\Omega/\text{km}$ ), com base no comprimento registrado na bobina.



## 7.2 Tensão elétrica aplicada ao cabo (R e T)

**7.2.1** O cabo, quando submetido à tensão elétrica alternada com frequência entre 48 Hz e 62 Hz, de valor eficaz equivalente a 6 kV por milímetro de cobertura (calculada com a espessura nominal declarada pelo fabricante), durante 5 min, não pode apresentar perfuração.

**7.2.2** Alternativamente, este requisito pode ser verificado com tensão elétrica contínua constante, durante 5 min, com valor equivalente a 14,4 kV por milímetro de cobertura (calculada com a espessura nominal declarada pelo fabricante).

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

## 7.3 Tensão elétrica aplicada na superfície da cobertura (R e T)

**7.3.1** A resistividade da superfície da cobertura deve ser tal que suporte uma tensão de valor eficaz de 15 kV, com frequência entre 48 Hz e 62 Hz, durante 1 min, sem resultar em arco elétrico, nem queima do material da cobertura, nem emissão de fumaça.

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

**7.3.3** Em seguida, os corpos de prova devem ser retirados da água e enxugados, sendo então enrolados fios de cobre com 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 devem ser usados como eletrodos para aplicação da tensão especificada em 7.3.1.

**7.3.4** Constitui falha o não atendimento ao descrito em 7.3.1.

## 7.4 Resistência ao trilhamento elétrico (R e T)

**7.4.1** O cabo deve suportar a tensão de trilhamento de 2,75 kV, quando novo, e de 2,50 kV, após envelhecimento por 2 000 h em câmara de intemperismo artificial.

**7.4.2** O ensaio deve ser realizado conforme o Anexo B.

## 7.5 Resistência de isolamento à temperatura ambiente (R e T)

**7.5.1** A resistência de isolamento ( $R_i$ ) do cabo, referente ao comprimento de 1 km, não pode ser inferior à resistência de isolamento, calculada pela equação seguinte, considerando-se a constante de isolamento  $k_i = 3\,700\text{ M}\Omega\cdot\text{km}$ , para a temperatura de 20 °C:

$$R_i = k_i \times \log \left( \frac{D}{d} \right)$$

onde

$D$  é o diâmetro sobre a cobertura, expresso em milímetros (mm);

$d$  é o diâmetro sob a cobertura, expresso em milímetros (mm).

**7.5.2** Quando a medição for realizada em temperatura diferente de 20 °C, devem ser utilizados os fatores de correção de temperatura dados na Tabela A.1, em função do coeficiente por graus Celsius fornecido pelo fabricante.



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

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

**7.5.5** Constitui falha o não atendimento ao estabelecido em 7.5.1.

## **7.6 Resistência à abrasão (T)**

**7.6.1** Os cabos devem suportar no mínimo 1 000 ciclos de abrasão sem que a lâmina de abrasão chegue a desbastar mais de 0,25 mm da espessura da cobertura.

**7.6.2** Os corpos de prova, retirados da amostra do cabo completo, devem ter comprimento suficiente para serem montados no dispositivo de ensaio, que deve ser conforme a Figura B.2. A distância entre os pontos de fixação do corpo de prova deve ser de  $(100 \pm 5)$  mm, de centro a centro.

**7.6.3** O dispositivo de ensaio deve ter um gume de atrito, cujo comprimento deve corresponder pelo menos ao diâmetro externo do cabo a ser ensaiado. Os pesos a serem usados nos ensaios devem ser conforme a Tabela 10, onde a massa indicada é a total, incluindo-se o dispositivo de sustentação do peso de ensaio.

**Tabela 10 – Pesos a serem usados no ensaio de abrasão**

<b>Diâmetro externo do cabo mm</b>	<b>Massa total do peso de ensaio <math>\pm 5\%</math> g</b>
Até 13, inclusive	400
Acima de 13 até 16	500
Acima de 16 até 19	600
Acima de 19 até 22	700
Acima de 22	800

**7.6.4** A cobertura do cabo deve ser friccionada lateralmente pelo gume de atrito, promovendo-se um movimento horizontal de ida e volta do mandril ou da própria unidade de ensaio. A amplitude do movimento de oscilação deve ser de no mínimo 20 mm.

**7.6.5** Em cada corpo de prova devem ser executados dois ensaios. Para cada ensaio, o corpo de prova deve ser girado  $90^\circ$  em torno do seu eixo, mas sem ser movido para frente ou para trás. Cada ensaio deve ter a duração de 1 000 ciclos, sendo que devem ser realizados 20 a 30 ciclos por minuto (cada ciclo corresponde a uma oscilação de ida e volta).

**7.6.6** Após a realização de cada ensaio, o corpo de prova deve ser medido, com o auxílio de um instrumento adequado, para determinar a profundidade raspada pelo gume de atrito na cobertura.

**7.6.7** Constitui falha o não atendimento ao estabelecido em 7.6.1.

## **7.7 Tração à ruptura do condutor (T)**

**7.7.1** A carga de tração à ruptura dos condutores dos cabos cobertos deve atender aos valores mínimos especificados nas Tabelas 1 e 2, e na ABNT NBR 7270 ou ABNT NBR 10841. Este ensaio não é aplicável aos condutores de cobre mole, com ou sem revestimento, classe 2 de encordoamento.



**7.7.2** Deve ser ensaiado um corpo de prova com comprimento adequado, retirado da amostra de cabo completo.

**7.7.3** O ensaio deve ser executado conforme a ABNT NBR 7272. As características de redução de dimensional e irregularidade na superfície não são aplicáveis aos condutores utilizados nesta Norma.

**7.7.4** Constitui falha o não atendimento ao especificado em 7.7.1.

## **7.8 Verificação dimensional (R e T)**

**7.8.1** A verificação dimensional deve ser realizada em amostras de cabo pronto (produto final), retirando-se um corpo de prova de cada bobina amostrada.

**7.8.2** O diâmetro do condutor encordoado deve ser determinado conforme a ABNT NBR NM IEC 60811-1-1. Constitui falha o não atendimento ao especificado nas ABNT NBR NM 280, ABNT NBR 7270, ABNT NBR 10841 e ABNT NBR 10298.

**7.8.3** A espessura da camada semicondutora (se houver) deve ser determinada conforme a ABNT NBR NM IEC 60811-1-1. Constitui falha o não atendimento ao especificado em 4.5.5.

**7.8.4** A espessura da cobertura isolante deve ser determinada conforme a ABNT NBR NM IEC 60811-1-1. Constitui falha o não atendimento ao especificado em 4.6.6 a 4.6.9.

**7.8.5** O diâmetro externo do cabo completo deve ser determinado conforme a ABNT NBR NM IEC 60811-1-1. Constitui falha o não atendimento ao especificado nas Tabelas 5 a 8.

## **7.9 Resistência à penetração longitudinal de água (para condutor bloqueado) (T)**

**7.9.1** Este ensaio é aplicável apenas aos cabos com condutor bloqueado.

**7.9.2** O cabo deve resistir à penetração longitudinal de água.

**7.9.3** Durante a execução do ensaio, não pode ocorrer vazamento de água pelas extremidades do corpo de prova, através dos interstícios do condutor.

**7.9.4** O ensaio deve ser realizado conforme a metodologia e as condições descritas no Anexo D.

**7.9.5** Constitui falha o não atendimento ao estabelecido em 7.9.3.

## **7.10 Temperatura de fusão e de oxidação do(s) material(is) da cobertura (R e T)**

**7.10.1** Este requisito é aplicável apenas à(s) camada(s) de cobertura do cabo pronto.

**7.10.2** A temperatura de fusão do material da cobertura deve ser de no mínimo 105 °C e não pode haver pontos de transição em temperaturas abaixo desta (na faixa de temperaturas do ensaio).

**7.10.3** A temperatura de início de degradação do material da cobertura não pode ser inferior a 245 °C.

**7.10.4** O ensaio deve ser realizado por calorimetria diferencial de varredura (DSC), cobrindo-se a faixa de temperaturas desde a ambiente (em torno de 20 °C) até + 300 °C, com taxa de aquecimento de 10 °C/min, em atmosfera de O<sub>2</sub>. A análise deve ser realizada conforme a ASTM D 3418, para a temperatura de fusão, e conforme a ASTM E 2009, para a temperatura de oxidação.



**7.10.5** Os corpos de prova devem ser preparados a partir da cobertura retirada da amostra de cabo completo. Devem ser obtidos três corpos de prova, preferencialmente a partir de três diferentes bobinas componentes do lote produzido. Os corpos de prova devem ser retirados com vazador de 4 mm de diâmetro, a partir da superfície externa da cobertura, e devem possuir cerca de 0,5 mm de espessura e massa de cerca de 3 mg.

**7.10.6** Como ensaio de tipo, constitui falha o não atendimento por qualquer dos corpos de prova ao descrito em 7.10.2, bem como variação superior a 2 °C entre os valores extremos obtidos.

**7.10.7** Como ensaio de recebimento, constitui falha a ocorrência de qualquer das seguintes condições:

- média dos valores obtidos para a temperatura de fusão dos corpos de prova fora da faixa compreendida pela média dos respectivos valores obtidos no ensaio de tipo  $\pm 2$  °C;
- variação superior a 2 °C entre os valores extremos obtidos para a temperatura de fusão dos corpos de prova;
- ocorrência de picos de transição abaixo da temperatura de fusão, na faixa de temperaturas do ensaio, com qualquer dos corpos de prova, inferiores a 105 °C;
- ocorrência de oxidação ou degradação do material em temperatura inferior a 245 /C.

## **7.11 Aderência da cobertura (T)**

**7.11.1** A aderência da cobertura deve ser tal que, segurando-se firmemente a parte coberta de um corpo de prova igual ao mostrado na Figura B.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.

**7.11.2** A força necessária para a retirada da cobertura do condutor deve ser determinada, não podendo ser inferior a:

- 10 daN, para os cabos de seção até 25 mm<sup>2</sup>;
- 20 daN, para os cabos de seção de 35 mm<sup>2</sup> a 50 mm<sup>2</sup>;
- 30 daN, para os cabos de seção de 70 mm<sup>2</sup> a 120 mm<sup>2</sup>;
- 50 daN, para os cabos de seção maior ou igual a 150 mm<sup>2</sup>.

**7.11.3** Este ensaio deve ser realizado apenas como ensaio de tipo, ou então para dirimir dúvidas surgidas na inspeção visual de recebimento.

**7.11.4** Os ensaios devem ser realizados em ambiente à temperatura de  $(22 \pm 2)$  °C e umidade relativa de  $(60 \pm 10)$  %.

**7.11.5** Devem ser preparados cinco corpos de prova da seguinte maneira:

- o comprimento de cada corpo de prova deve ser de 150 mm, desprezando-se 300 mm da(s) ponta(s) do cabo a ser ensaiado;
- devem ser retirados 50 mm da cobertura do cabo, a partir da extremidade do corpo de prova, para que a amostra seja fixada ao conector e este ao equipamento de ensaio, conforme a Figura B.3. Os 100 mm restantes do condutor devem permanecer protegidos. O corte deve ser reto nas duas extremidades e no ponto onde vai ser desencapado o condutor.

**7.11.6** Para a realização deste ensaio, deve ser utilizada uma máquina de tração universal, adaptada com um conector na parte fixa e um engate para a retirada da proteção no travessão, conforme a Figura B.3. O conector deve estar adequado ao diâmetro do condutor. O procedimento deve ser o seguinte:

- a) calibrar a máquina, zerando-a;
- b) iniciar o deslocamento com velocidade de 50 mm/min, observar a variação de carga durante 60 s e anotar o valor de carga máxima obtido;
- c) repetir o mesmo procedimento para os outros quatro corpos de prova;
- d) anotar o maior valor obtido para cada ensaio.

**7.11.7** Constitui falha a média aritmética dos cinco resultados obtidos ser inferior aos valores descritos em 7.11.2.

## **7.12 Ensaio mecânicos do material da cobertura antes e após o envelhecimento artificial em câmara UV (T)**

**7.12.1** Os ensaios mecânicos antes e após o envelhecimento artificial em câmara UV são os seguintes:

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

**7.12.2** Este requisito é aplicável à cobertura de cabos de camada única e à camada externa da cobertura de cabos de dupla camada.

**7.12.3** Os corpos de prova devem ser submetidos às condições de ensaio por 2 000 h.

**7.12.4** Após o tempo de exposição especificado em 7.12.3, os corpos de prova não podem apresentar variação de alongamento à ruptura e de tração à ruptura superior a 25 %, em relação aos seus respectivos valores originais.

**7.12.5** O ensaio deve ser realizado conforme a metodologia e as condições descritas na ASTM G155 (Ciclo 1) ou na ABNT NBR 9512, com exceção das amostras, que devem ser constituídas por cinco 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 a ABNT NBR NM IEC 60811-1-1.

**7.12.6** A aplicação e a duração do ensaio devem ser aquelas especificadas em 7.12.2 e 7.12.3.

**7.12.7** Constitui falha o não atendimento ao descrito em 7.12.4.

**7.12.8** Devem ser previstos também corpos de prova em forma de cabo completo, para o ensaio de tipo de resistência ao trilhamento elétrico, conforme 7.4.



### 7.13 Verificação dos requisitos físicos do(s) material(is) da cobertura e da blindagem semicondutora

7.13.1 Devem ser verificados todos os requisitos físicos na cobertura:

- a) ensaios mecânicos antes e após o envelhecimento artificial em estufa a ar:
  - tração à ruptura;
  - alongamento à ruptura;
- b) ensaios físicos:
  - deformação por calor;
  - alongamento a quente;
  - retração ao calor;
  - dobramento a frio;
  - absorção de água.

7.13.2 Devem ser verificados todos os requisitos físicos na blindagem semicondutora (quando existir):

- a) alongamento à ruptura após o envelhecimento artificial em estufa a ar;
- b) ensaios físicos e elétricos:
  - temperatura de fragilização;
  - resistividade volumétrica.

7.13.3 Os ensaios devem ser executados conforme os parâmetros e normas indicados nas Tabelas 2 e 3.

7.13.4 Os corpos de prova devem ser preparados conforme indicado na norma de cada ensaio, a partir da blindagem semicondutora e da cobertura retiradas da amostra de cabo completo. Devem ser preparados cinco corpos de prova para cada ensaio, preferencialmente a partir de cinco diferentes bobinas componentes do lote produzido.

NOTA Na impossibilidade de se preparar o corpo de prova da semicondutora do cabo completo, em comum acordo entre as partes interessadas, pode ser utilizado outro método.

7.13.5 No ensaio de envelhecimento em estufa a ar, devem ser determinadas as variações dos valores de resistência à tração e de alongamento à ruptura, calculadas conforme indicado na Tabela 3.

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

7.13.7 Nos demais ensaios, constitui falha o não atendimento por algum dos corpos de prova aos requisitos indicados nas Tabelas 2 e 3 (ou aos requisitos correspondentes ao material em questão, conforme indicado em 7.13.2).



## 7.14 Permissividade relativa

7.14.1 Este ensaio deve ser realizado em corpo de prova de cabo completo e à temperatura ambiente.

7.14.2 Um corpo de prova de pelo menos 3 m de comprimento deve ser imerso em água, no mínimo por 1 h antes do ensaio. Após este período, a capacitância deve ser medida em microfarad ( $\mu\text{F}$ ) e convertida para microfarad por quilômetro ( $\mu\text{F}/\text{km}$ ),

7.14.3 O cálculo da permissividade relativa e a realização do ensaio devem estar conforme a ABNT NBR 7295.

## 7.15 Verificação da compatibilidade do material de bloqueio com as conexões elétricas

7.15.1 Essa verificação deve ser feita por meio de pelo menos quatro conexões, com tipo de conector estabelecido em comum acordo entre as partes interessadas.

7.15.2 Os conectores utilizados nos ensaios, bem como a preparação dos corpos de prova, devem atender aos requisitos da ABNT NBR 11788 e ser adequados ao cabo sob ensaio. A cobertura do cabo e a blindagem semicondutora (se houver) devem ser totalmente removidas.

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

- a) resistência elétrica, conforme a ABNT NBR 11788;
- b) ciclos térmicos, conforme a ABNT NBR 11788. Mediante acordo entre as partes interessadas, em função dos conectores escolhidos, pode ser dispensada a aplicação de curtos-circuitos neste ensaio.

7.15.4 Constitui falha a ocorrência de qualquer uma das seguintes condições:

- a) não atendimento ao estabelecido na ABNT NBR 11788 quanto ao ensaio de resistência elétrica;
- b) não atendimento ao estabelecido na ABNT 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 entre os fios formadores do condutor.

7.15.5 A critério do fabricante, pode ser realizado o mesmo ensaio com condutor nu de mesma seção, para fins de comparação de resultados.

## 7.16 Ensaio para determinação do coeficiente por graus Celsius para correção da resistência de isolamento (T)

7.16.1 O corpo de prova deve ser preparado e ensaiado conforme a ABNT NBR 6813, e o coeficiente por graus Celsius obtido deve ser aproximadamente igual ao previamente fornecido pelo fabricante.

7.16.2 Certos compostos apresentam elevada constante de isolamento, o que pode dificultar a determinação de seu coeficiente por graus Celsius. Nestes casos, deve ser aceito o menor coeficiente dado na Tabela A.1.



## 7.17 Determinação do teor de negro de fumo

O ensaio deve ser executado conforme a ABNT NBR NM IEC 60811-4-1.

## 8 Marcação, rotulagem e embalagem

### 8.1 Acondicionamento e fornecimento

**8.1.1** Os cabos devem ser acondicionados de maneira a ficarem protegidos durante o manuseio, transporte, armazenagem e utilização, conforme a ABNT NBR 7310. O acondicionamento pode ser em carretel ou em rolo.

**8.1.2** O acondicionamento normal em carretéis deve ser limitado à massa bruta de 5 000 kg.

**8.1.3** Os cabos devem ser fornecidos em unidades de expedição com comprimento equivalente à quantidade nominal. Cada unidade de expedição deve conter um comprimento contínuo de cabo.

**8.1.4** Para cada unidade de expedição, a incerteza máxima exigida na quantidade efetiva é de  $\pm 1\%$  em comprimento.

**8.1.5** O fabricante deve garantir, durante o processo de fabricação, que os materiais acondicionados em rolos apresentem uma média de comprimento no mínimo igual ao comprimento nominal declarado.

**8.1.6** Admite-se, quando não especificado diferentemente pelo comprador, para cabos acondicionados em carretéis, que:

a) a quantidade efetiva em cada unidade de expedição seja diferente do comprimento nominal de  $+ 3\%$  em comprimento. Para efeitos comerciais, o fabricante deve declarar a quantidade efetiva;

b) a entrega de até  $5\%$  da encomenda seja feita em lances não inferiores a  $50\%$  do comprimento nominal.

**8.1.7** Os carretéis de madeira devem atender aos requisitos da ABNT NBR 11137.

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

**8.1.9** O Anexo E fornece os dados para as informações de encomenda dos cabos.

### 8.2 Marcação

**8.2.1** Externamente, os carretéis devem ser marcados, nas duas faces laterais, diretamente sobre o disco e/ou por meio de etiquetas, com caracteres legíveis e indelévels, com no mínimo as seguintes indicações:

a) nome e identificação do fabricante e país de origem;

b) material do condutor (alumínio) e cobertura (LDPE/HDPE, XLPE/HDPE ou XLPE) e a inscrição "Bloqueado" (se for o caso);

c) seção nominal, expressa em milímetros quadrados ( $\text{mm}^2$ );



- d) classe de tensão, expressa em quilovolts (kV);
- e) número desta Norma;
- f) comprimento de cada unidade de expedição, expresso em metros (m);
- g) massa bruta aproximada, expressa em quilogramas (kg);
- h) número da ordem de compra;
- i) identificação para fins de rastreabilidade;
- j) ano de fabricação do cabo;
- k) seta no sentido de rotação para desenrolar e a frase “Desenrole neste sentido”.

**8.2.2** As condições exigíveis para o acondicionamento, transporte, armazenagem e movimentação de bobinas de condutores elétricos constam na ABNT NBR 7310.

**8.2.3** Outras formas de acondicionamento do cabo podem eventualmente ser aceitas, desde que previamente aprovadas pelo comprador.



## Anexo A (normativo)

### Tabela de fatores para correção da resistência de isolamento

Tabela A.1 – Fatores para correção da resistência de isolamento em função da temperatura (XLPE, HDPE E LDPE)

Temperatura °C	Coeficiente °C													
	1,06	1,08	1,10	1,11	1,13	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23
5	0,42	0,32	0,24	0,21	0,16	0,12	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04
6	0,44	0,34	0,25	0,23	0,18	0,14	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06
7	0,47	0,37	0,29	0,25	0,20	0,16	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07
8	0,50	0,40	0,32	0,29	0,23	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
9	0,53	0,43	0,35	0,32	0,26	0,21	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10
10	0,56	0,46	0,39	0,35	0,29	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13
11	0,59	0,50	0,42	0,39	0,33	0,28	0,26	0,24	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16
12	0,63	0,54	0,47	0,43	0,38	0,33	0,31	0,28	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	0,17
13	0,67	0,58	0,51	0,48	0,43	0,38	0,35	0,33	0,31	0,30	0,28	0,26	0,25	0,28
14	0,70	0,63	0,56	0,53	0,48	0,43	0,41	0,39	0,37	0,35	0,33	0,32	0,30	0,29
15	0,75	0,68	0,62	0,59	0,54	0,50	0,48	0,46	0,44	0,42	0,40	0,39	0,37	0,36
16	0,79	0,74	0,68	0,66	0,61	0,57	0,55	0,53	0,52	0,50	0,48	0,47	0,45	0,44
17	0,84	0,79	0,75	0,73	0,69	0,66	0,64	0,62	0,61	0,59	0,58	0,56	0,55	0,54
18	0,89	0,86	0,86	0,81	0,78	0,76	0,74	0,73	0,72	0,71	0,69	0,68	0,67	0,66
19	0,94	0,93	0,91	0,90	0,88	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	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
21	1,06	1,08	1,10	1,11	1,13	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23
22	1,12	1,17	1,20	1,23	1,28	1,32	1,35	1,37	1,39	1,42	1,44	1,46	1,49	1,51
23	1,19	1,26	1,33	1,37	1,44	1,52	1,56	1,60	1,64	1,69	1,73	1,77	1,82	1,86
24	1,26	1,36	1,46	1,52	1,63	1,75	1,81	1,87	1,94	2,01	2,07	2,14	2,22	2,29
25	1,34	1,47	1,61	1,69	1,84	2,01	2,10	2,19	2,29	2,39	2,49	2,59	2,70	2,82
26	1,42	1,59	1,77	1,88	2,08	2,31	2,44	2,57	2,70	2,84	2,99	3,14	3,30	3,46
27	1,50	1,71	1,95	2,08	2,35	2,66	2,83	3,00	3,19	3,38	3,53	3,80	4,02	4,26
28	1,59	1,85	2,14	2,30	2,66	3,06	3,28	3,51	3,76	4,02	4,30	4,59	4,91	5,24
29	1,69	2,00	2,36	2,56	3,00	3,52	3,80	4,11	4,44	4,79	5,16	5,56	5,99	6,44
30	1,79	2,16	2,59	2,84	3,39	4,05	4,41	4,81	5,23	5,69	6,19	6,73	7,30	7,93



Tabela A.1 (conclusão)

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



## Anexo B (normativo)

### Ensaio de resistência ao trilhamento elétrico de cabos cobertos

#### B.1 Instruções gerais

**B.1.1** O envelhecimento de 2 000 h em câmara de intemperismo artificial deve ser realizado conforme a metodologia e as condições descritas na ASTM G 155:2013 (Ciclo 1) ou na ABNT NBR 9512, com exceção de que a amostra é constituída por cinco corpos de prova de cabo completo, com comprimentos de 18 cm cada.

**B.1.2** Como ensaio de recebimento, o ensaio de resistência ao trilhamento elétrico deve ser realizado em cinco 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, caso esse lote seja composto por cinco ou mais bobinas. Caso contrário, os corpos de prova devem ser tomados das bobinas existentes. O ensaio é realizado nos corpos de prova sem envelhecimento.

**B.1.3** Como ensaio de tipo, devem ser ensaiados cinco corpos de prova sem envelhecimento e outros cinco após serem submetidos a 2 000 h de envelhecimento.

#### B.2 Preparação dos corpos de prova

**B.2.1** Deve-se cortar a amostra de cabo em cinco corpos de prova com comprimento de  $(180 \pm 5)$  mm cada. O processo de corte dos corpos de prova deve garantir a preservação do acabamento superficial do cabo. Após o corte dos corpos de prova, devem-se lavar as mãos cuidadosamente, principalmente em caso de contato com o bloqueio do condutor.

**B.2.2** A preparação dos corpos de prova a seguir só deve ser feita 24 h após a extrusão, ou 24 h após a reticulação no caso de a camada externa ser em XLPE, nas seguintes condições:

- a) os corpos de prova a serem submetidos ao ensaio de trilhamento após o envelhecimento em câmara de intemperismo artificial não podem ser lixados, nem antes nem após o envelhecimento;
- b) os corpos de prova a serem submetidos ao ensaio de trilhamento sem envelhecimento em câmara de intemperismo artificial devem ser lixados, conforme a seguir:
  - para o lixamento, selecionar o lado sem gravação, se esta existir no corpo de prova;
  - a superfície dos corpos de prova deve ser lixada levemente, apenas no sentido longitudinal do corpo de prova, com lixa fina (com granulação 600) de carvão de silício ou de óxido de alumínio, sob água destilada ou deionizada borrifada sobre a superfície, para retirar oleosidade, brilho, resíduos metálicos e repelência à água. Uma mesma lixa não pode ser usada em mais que um grupo de cinco corpos de prova;
  - após o lixamento, secar com papel-toalha ou lenço de papel;
  - limpar com gaze (ou outro material que não deixe resíduos) umedecida em álcool isopropílico, para retirar gordura e/ou resíduos;



- c) isolar as extremidades do corpo de prova com fita autoaglomerante ou isolante, de modo que o condutor não fique visível;
- d) manter os corpos de prova à temperatura ambiente de  $(23 \pm 2)$  °C durante ao menos 2 h antes do ensaio

### B.3 Solução contaminante

**B.3.1** Usar  $(0,100 \pm 0,002)$  % em massa de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (cloreto de amônio) para fins analíticos e  $(0,020 \pm 0,002)$  % em massa de iso-octil fenoxipolietoxietanol (um agente umidificante não iônico) em água destilada ou deionizada com condutividade máxima de  $5 \mu\text{S.cm}$ .

**B.3.2** Manter a solução à temperatura ambiente de  $(23 \pm 2)$  °C durante ao menos 2 h antes de ser utilizada.

**B.3.3** A solução contaminante deve ter resistividade elétrica máxima de  $(3,95 + 0,05) \Omega.m$ , a  $(23 \pm 2)$  °C. A medição da resistividade elétrica da solução à temperatura de  $(23 \pm 2)$  °C deve ser realizada conforme a ABNT NBR 10296:2014, Anexo B.

**B.3.4** A vida útil da solução é de quatro semanas, devendo sua resistividade ser verificada antes de cada série de ensaios. Não é permitida a correção na solução após a sua preparação.

**B.3.5** A alimentação da solução contaminante com fluxo controlado ocorre pelo uso de uma bomba peristáltica (fluxo constante) com cinco canais (cinco saídas), e cada canal deve ser calibrado conforme a seguir:

- a) dispor de cinco béqueres pequenos com tara conhecida e bem identificada;
- b) ajustar a bomba peristáltica e coletar solução por um tempo mínimo de 10 min, em todos os cinco canais simultaneamente;
- c) pesar cada um dos béqueres com solução;
- d) calcular o fluxo, para cada canal, com a equação a seguir, que pressupõe densidade da solução igual a  $1 \text{ g/cm}^3$ :

$$F = (m_1 - m_2)/t$$

onde

$F$  é o fluxo, expresso em mililitros por minuto (mL/min);

$m_1$  é a massa do béquer com solução coletada, expressa em gramas (g);

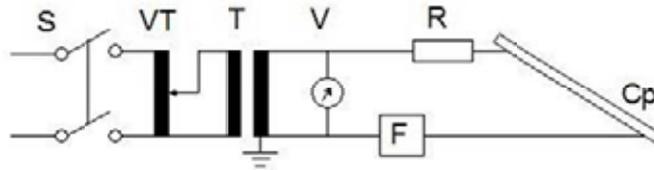
$m_2$  é a tara do béquer, expressa em gramas (g);

$t$  é o tempo de coleta da solução, expresso em minutos (min);

- e) reajustar, repetindo os passos de b) a d), até que todos os canais apresentem uma diferença menor que 5 % em relação ao valor prescrito para o fluxo.

## B.4 Equipamento elétrico

B.4.1 O circuito esquemático é determinado conforme a Figura B.1.



### Legenda

- CP Corpo de prova
- F Dispositivo de sobrecorrente, fusível ou relé
- S Contator de alimentação
- VT Variador de tensão
- T Transformador de alta-tensão
- R Resistores em série
- V Voltímetro

**Figura B.1 – Circuito esquemático**

B.4.2 É necessário utilizar um sistema de segurança aterrado.

B.4.3 O circuito compreende:

- a) uma fonte de energia (48 Hz a 62 Hz), com tensão estabilizada em  $\pm 5\%$ , variável até aproximadamente 6 kV, com uma corrente nominal não menor que 0,1 A para cada corpo de prova;

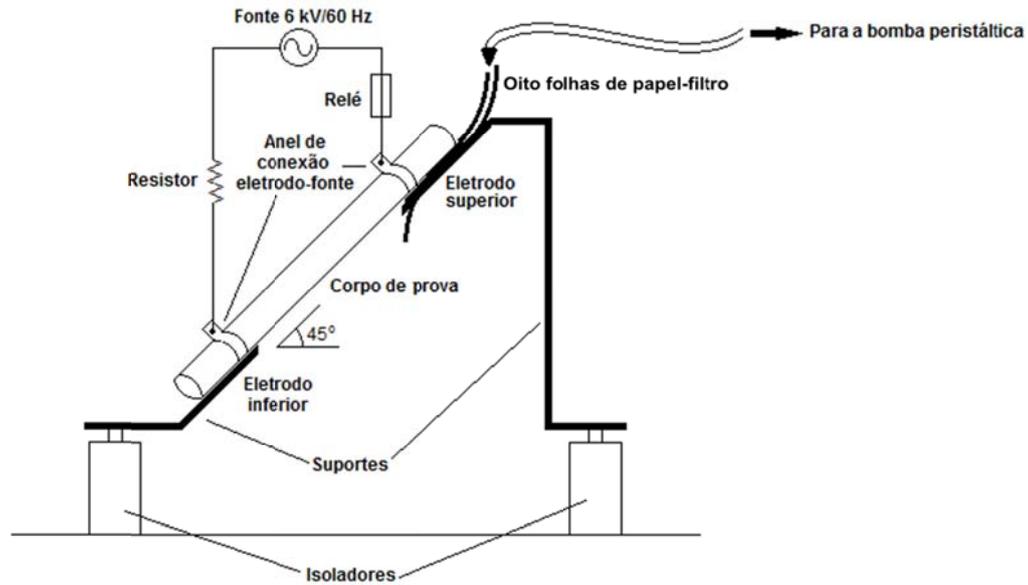
NOTA Se for usada uma única fonte de tensão para vários corpos de prova, recomenda-se que cada corpo de prova tenha um disjuntor ou dispositivo similar [ver d)];

- b) um resistor de 200 W, com tolerância de  $\pm 10\%$  em série com cada corpo de prova do lado da fase de alta-tensão da fonte;
- c) um voltímetro com precisão de leitura de  $\pm 1,5\%$ ;
- d) um relé de retardamento por sobrecorrente ou qualquer outro dispositivo que opere quando uma corrente igual ou superior a 60 mA persistir no circuito de alta-tensão por 2 s.

B.4.4 Todos os eletrodos e elementos de montagem a eles associados, como parafusos, devem ser confeccionados em aço inoxidável.

## B.5 Montagem

B.5.1 A montagem de cada um dos cinco corpos de prova deve ser conforme a Figura B.2.

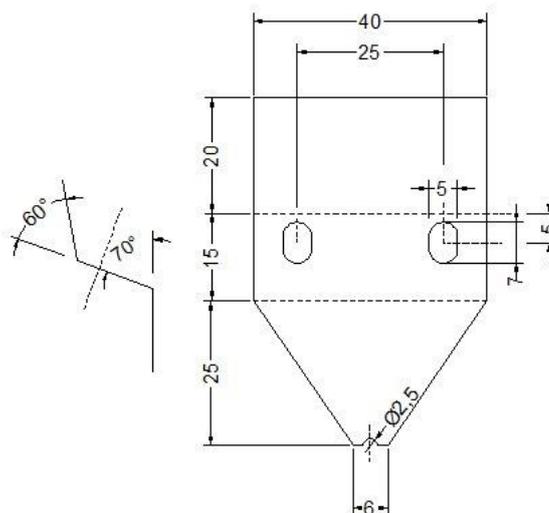


**Figura B.2 – Esquema de montagem do corpo de prova**

**B.5.2** O corpo de prova deve ser montado em um ângulo de 45° com a horizontal e com os eletrodos separados em  $(50 \pm 0,5)$  mm. Esta distância é medida entre as extremidades mais próximas dos eletrodos superior e inferior.

**B.5.3** Os eletrodos devem ser conforme as Figuras B.3 e B.4, e devem ser presos aos suportes e conectados em cada amostra por meio dos anéis metálicos de conexão eletrodo-fonte.

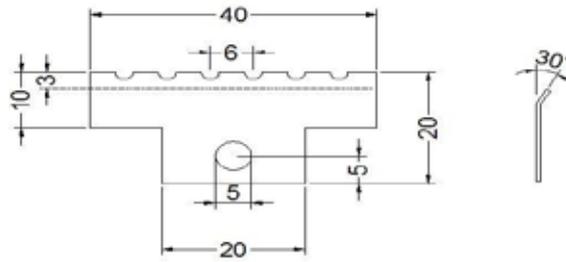
Dimensões em milímetros



0,5 mm de espessura

**Figura B.3 – Eletrodo superior em aço inoxidável**

Dimensões em milímetros



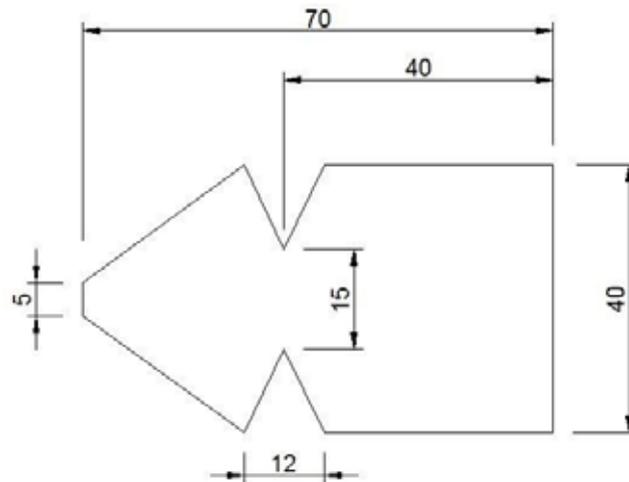
0,5 mm de espessura

**Figura B.4 – Eletrodo inferior em aço inoxidável**

**B.5.4** Devem ser fixadas oito camadas de papel-filtro tipo analítico ou similar entre o eletrodo superior e o corpo de prova, para que atuem como reservatório da solução.

**B.5.5** O papel-filtro deve ter formato e dimensões conforme a Figura B.5, e a sua extremidade mais estreita, de 5 mm, deve estar alinhada com a canícula do eletrodo superior.

Dimensões em milímetros



**Figura B.5 – Papel-filtro**

**B.5.6** Um conjunto de papéis-filtro só deve ser usado em um ensaio, devendo ser utilizado novo conjunto em ensaios posteriores.

**B.5.7** O conjunto de papéis-filtro deve ser preso entre o eletrodo superior e o seu suporte.

**B.5.8** O eletrodo superior deve ter a sua extremidade mais estreita voltada para baixo e o eletrodo inferior deve ter a sua extremidade com os cortes semicirculares voltada para cima.

**B.5.9** Os suportes podem ser metálicos ou isolantes.

**B.5.10** As extremidades dos eletrodos superior e inferior devem tocar o corpo de prova.



## B.6 Execução do ensaio

**B.6.1** O ensaio deve ser realizado em local fechado, sem vento (embora haja troca de ar com o exterior) e à temperatura de  $(23 \pm 2)$  °C. A exaustão não pode influenciar na circulação de ar sobre as amostras.

**B.6.2** Posicionar os cinco corpos de prova conforme o esquema de montagem dado em B.5.

**B.6.3** No caso de ensaio de tipo de corpos de prova envelhecidos em câmara de intemperismo artificial, a superfície que sofreu a incidência direta de radiação deve estar voltada para baixo, de modo que o contaminante flua sobre essa superfície da cobertura.

**B.6.4** Colocar um resistor com resistência de 10 k $\Omega$  em série com cada corpo de prova.

**B.6.5** Umedecer as folhas de papel-filtro usando a própria solução.

**B.6.6** Ligar a bomba peristáltica com fluxo de 0,11 mL/min de contaminante em cada canal. Observar o fluxo por no mínimo 10 min, de modo a garantir que o contaminante escoe de maneira estável pela superfície do corpo de prova delimitado pelos eletrodos.

**B.6.7** O contaminante deve escoar da cavidade da anilha do topo do eletrodo, e não pelos lados ou pelo topo do papel-filtro.

**B.6.8** Aplicar a tensão inicial durante 1 h, sendo 2,50 kV para os corpos de prova não envelhecidos e 2,25 kV para os corpos de prova envelhecidos.

**B.6.9** Constitui falha no ensaio a ocorrência de qualquer das seguintes situações:

- a) interrupção do circuito de ensaio de algum dos corpos de prova por atuação automática do dispositivo de proteção;
- b) erosão do material da cobertura com comprimento superior a 25 mm de algum dos corpos de prova;
- c) acendimento de chama no material de algum dos corpos de prova.

**B.6.10** Se não houver falha no ensaio, aumentar a tensão em 0,25 kV, ou seja, passar para 2,75 kV para os corpos de prova não envelhecidos ou para 2,50 kV para os corpos de prova envelhecidos, mantendo o mesmo resistor e o mesmo fluxo, por mais 1 h.

**B.6.11** Se não houver falha, conforme B.6.10, o produto ensaiado está aprovado.

**B.6.12** Como informação de engenharia, a tensão pode ser aumentada em mais 0,25 kV, ou seja, passar para 3,00 kV para os corpos de prova não envelhecidos ou para 2,75 kV para os corpos de prova envelhecidos; no caso de ensaio em corpos de prova não envelhecidos, o fluxo de contaminante deve ser alterado para 0,22 mL/min em todos os canais e o resistor deve ser substituído por outro com resistência de 22 k $\Omega$ . A substituição do resistor deve ser feita em no máximo 5 min após o término do degrau de tensão anterior.

**B.6.13** Se ainda não houver falha, ainda como informação de engenharia, a tensão pode ser aumentada em mais 0,25 kV, ou seja, passar para 3,25 kV para os corpos de prova não envelhecidos ou para 3,00 kV para os corpos de prova envelhecidos, em ambos os casos utilizando fluxo de contaminante de 0,22 mL/min em todos os canais e resistor de resistência de 22 k $\Omega$ ; a substituição do



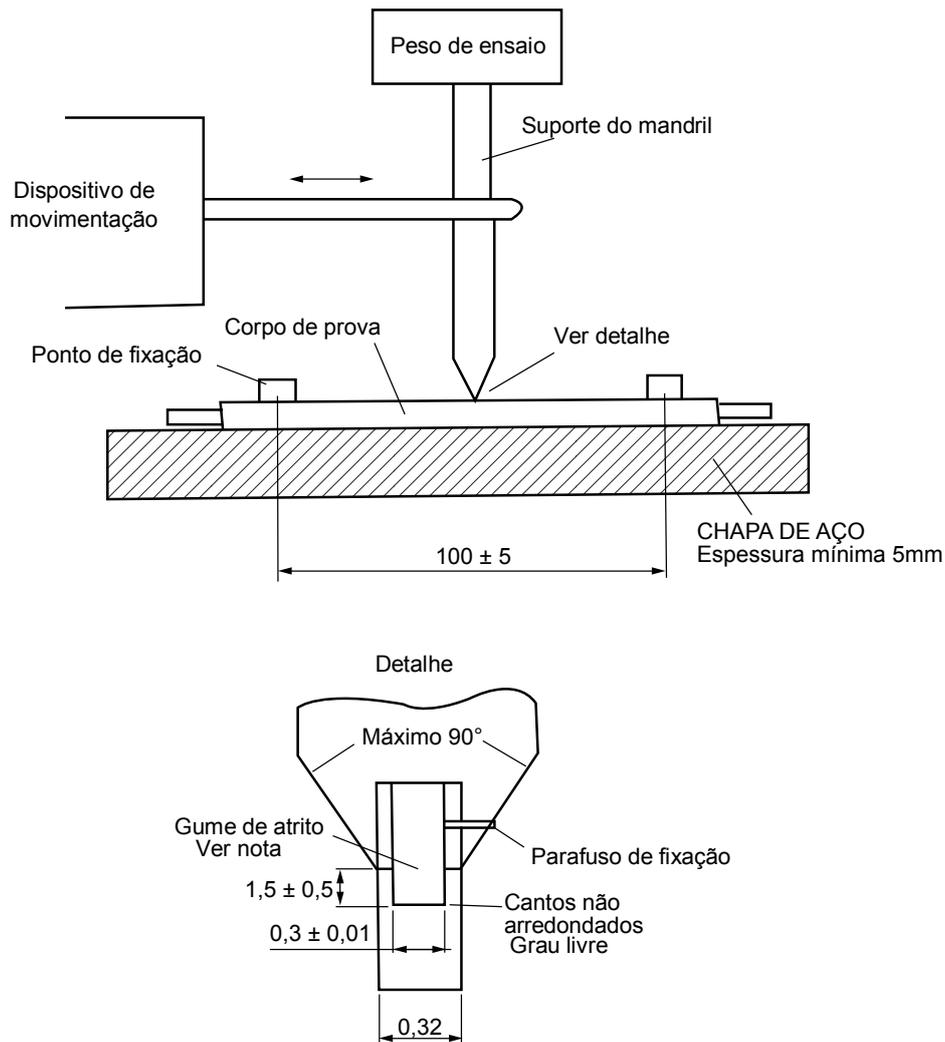
resistor de 10 k $\Omega$  pelo de 22 k $\Omega$  para os copos de prova envelhecidos deve ser feita em no máximo 5 min após o término do degrau de tensão anterior.

**B.6.14** Com o mesmo fluxo de contaminante de 0,22 mL/min em todos os canais e resistor de resistência 22 k $\Omega$ , o processo pode ser repetido, como informação de engenharia, de 0,25 kV em 0,25 kV, até que a tensão atinja 3,75 kV.

**Anexo C**  
 (normativo)

**Figuras**

Dimensões em milímetros



NOTA Gume de tira de aço de material L2002 (cromo), dureza Rockwell  $61 \pm 1$ .

**Figura C.1 – Dispositivo para ensaio de abrasão**

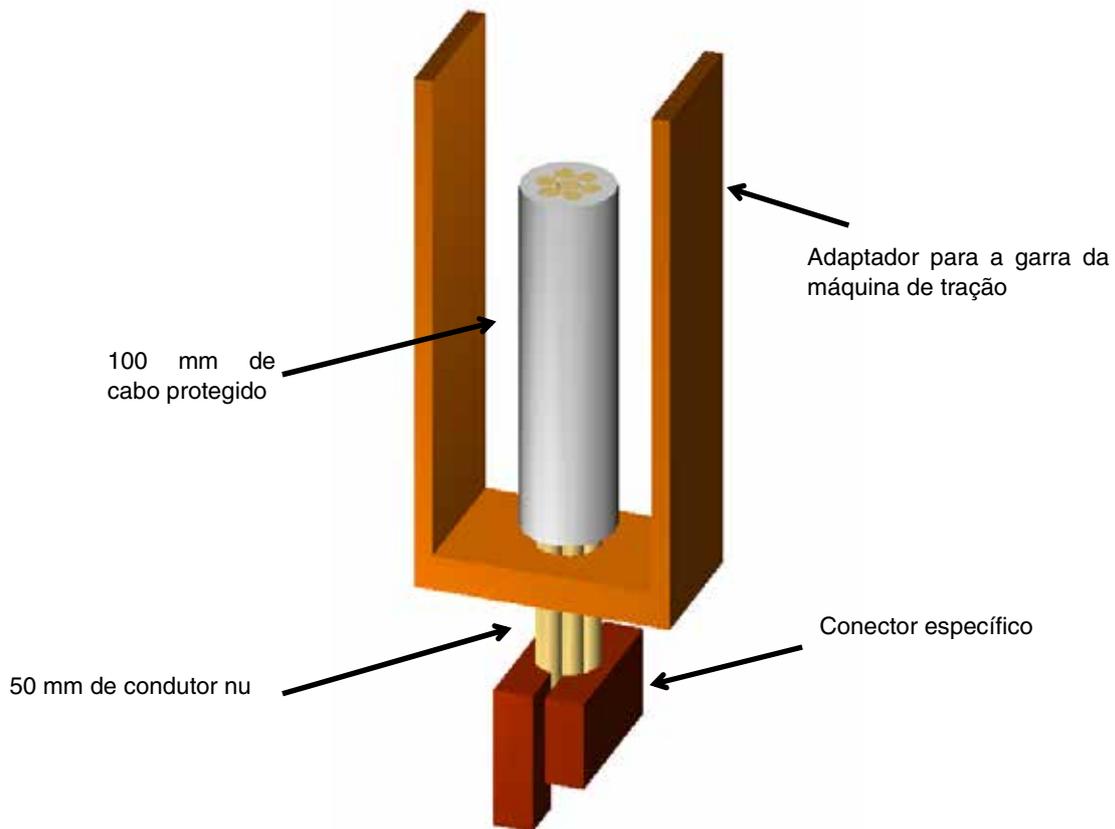
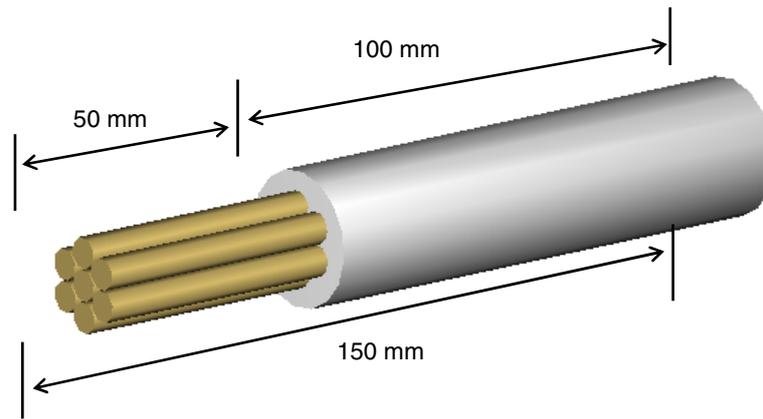


Figura C.2 – Corpo de prova e dispositivo para o ensaio de aderência da cobertura

## Anexo D (normativo)

### Ensaio de penetração longitudinal de água pelo condutor

#### D.1 Objetivo

Este Anexo especifica o método de ensaio de verificação do comportamento do bloqueio do condutor quanto à penetração longitudinal de água em cabos cobertos com condutor bloqueado.

#### D.2 Aparelhagem

Para a realização do ensaio, é necessária a utilização da seguinte aparelhagem:

- tubo com bocais, conforme a Figura D.1;
- equipamento de pressurização de ar/N<sub>2</sub> ou coluna de água;
- solução de água (potável) a 0,01 % de fluoresceína ou Rhodamin;
- fonte variável de corrente alternada, para aquecimento do condutor;
- amperímetro de corrente alternada;
- medidor de temperatura e seus acessórios.

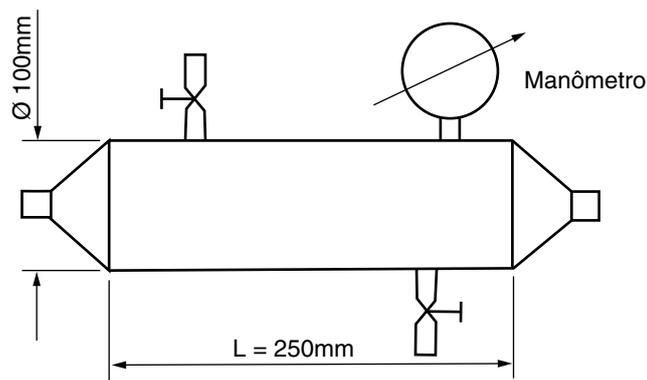


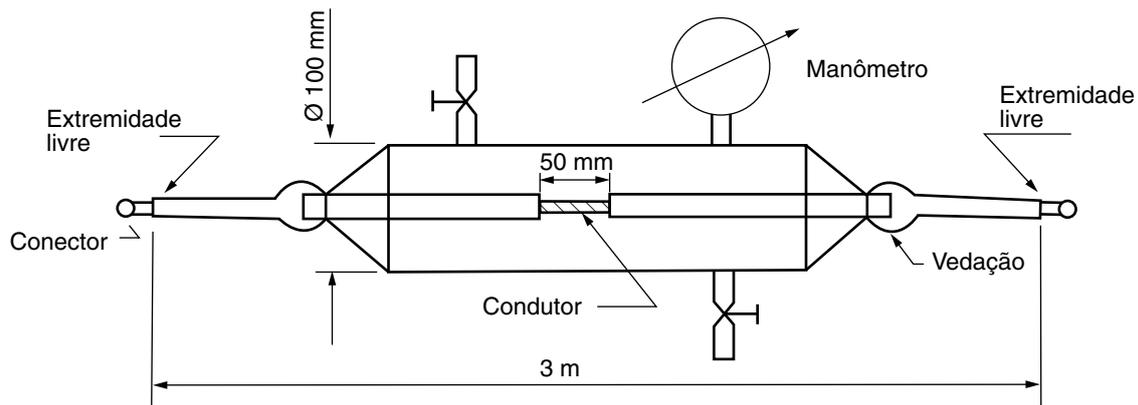
Figura D.1 – Tubo com bocais

#### D.3 Procedimento do ensaio

**D.3.1** O corpo de prova deve ser constituído por um comprimento de 3 m de cabo completo.

**D.3.2** Da parte central do corpo de prova, deve ser removido um anel de 50 mm da cobertura e da blindagem do condutor (caso exista), de modo que o condutor fique exposto.

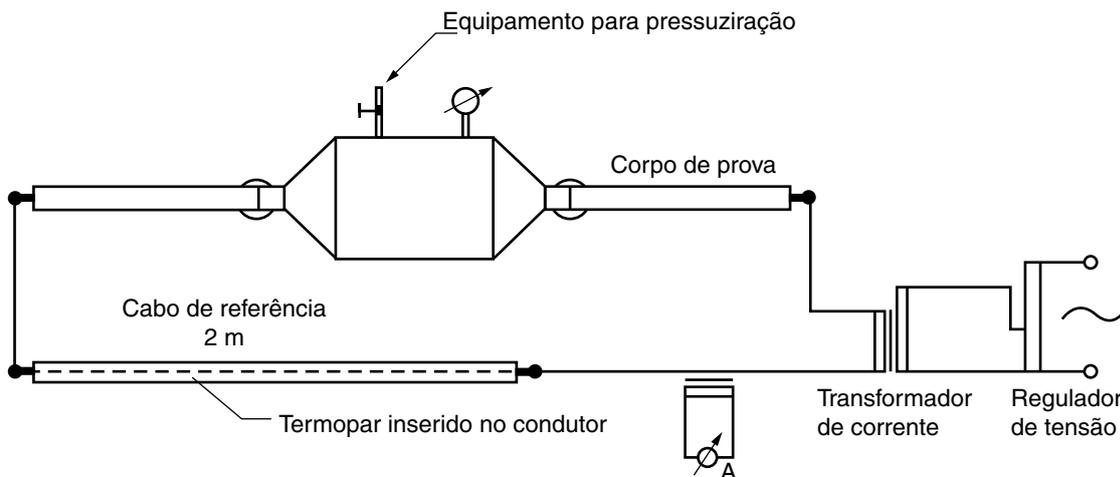
**D.3.3** Nas extremidades do condutor, devem ser montados conectores para a aplicação da corrente de aquecimento (ver Figura D.2).



**Figura D.2 – Montagem do corpo de prova**

**D.3.4** Um comprimento de 2 m do mesmo cabo deve ser usado como referência para medição e controle da temperatura no condutor. O sensor de temperatura deve ser inserido no condutor de referência, por meio de perfuração, por broca com diâmetro aproximadamente igual ao do sensor.

**D.3.5** O corpo de prova a ser submetido ao ensaio de penetração de água deve ser colocado no tubo e as vedações devem ser efetuadas com fita autoaglomerante ou equivalente. O conjunto deve ser disposto conforme a Figura D.3.



**Figura D.3 – Esquema do circuito de ensaio**

**D.3.6** Inicialmente, o corpo de prova deve ser submetido a três ciclos térmicos de 2 h, à temperatura estabilizada equivalente à temperatura de operação do cabo de  $(70 \pm 2)^\circ\text{C}$  ou  $(90 \pm 2)^\circ\text{C}$ , e 4 h sob resfriamento natural.

**D.3.7** Após a aplicação dos ciclos térmicos, a temperatura no condutor deve ser elevada à temperatura equivalente à temperatura de operação do cabo de  $(70 \pm 2)^\circ\text{C}$  ou  $(90 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Esta temperatura deve ser mantida durante 2 h ininterruptas.

**D.3.8** No momento em que o aquecimento for desligado, o tubo deve ser preenchido com água e pressurizado a 10 kPa (1 m de coluna de água), mantendo essa condição durante 24 h, drenando a água em seguida.



#### D.4 Expressão dos resultados

Caso ocorra vazamento de água pela(s) extremidade(s) do corpo de prova durante o ensaio, este deve ser interrompido, devendo-se anotar o tempo de ensaio decorrido até a ocorrência do vazamento.



## **Anexo E** (normativo)

### **Dados para as informações de encomenda dos cabos**

As informações a seguir devem ser indicadas quando da encomenda dos cabos:

- a) designação do cabo, conforme 4.1;
- b) para os cabos classe de tensão 15 kV ou 25 kV, especificar se a blindagem semicondutora do condutor é requerida ou não;
- c) número desta Norma;
- d) comprimento do lance, expresso em metros (m);
- e) comprimento total a ser adquirido, expresso em metros (m).



## Anexo F (normativo)

### Informações de engenharia

#### F.1 Capacidade de condução de corrente

**F.1.1** O critério de cálculo da capacidade de condução de corrente das Tabelas F.1 a F.5 foi calculado para as seguintes condições básicas:

- a) temperatura ambiente: 30 °C e 40 °C;
- b) temperatura do condutor: 70 °C e 90 °C;
- c) velocidade do vento: 2,2 km/h;
- d) intensidade da radiação solar: 1 000 W/m<sup>2</sup>;
- e) coeficiente de emissividade da cobertura: 0,8;
- f) coeficiente de absorção solar da cobertura: 0,4;
- g) resistência elétrica em corrente alternada afetada apenas pelo efeito pelicular;
- h) frequência: 60 Hz;
- i) diâmetro do cabo considerado: mínimo;
- j) coeficientes de variação da resistência elétrica com a temperatura:
  - cabos com condutor de alumínio: 0,004 03 °C<sup>-1</sup>;
  - cabos com condutor de cobre: 0,003 93 °C<sup>-1</sup>;
  - cabos com condutor de liga de alumínio 6 201: 0,004 03 °C<sup>-1</sup>;
  - cabos com condutor de alumínio com alma de aço: 0,004 03 °C<sup>-1</sup>.

NOTA A resistência elétrica do condutor de alumínio com alma de aço somente considera os fios de alumínio.

**F.1.2** O IEC TR 61597:1995, ver Seção 3, trata de cálculos referentes aos condutores para linhas aéreas e, em particular, do cálculo da capacidade de condução de corrente de cabos nus; portanto, a sua metodologia não se aplica diretamente aos cabos cobertos. Entretanto, é possível uma modelagem coerente, considerando uma queda de 5 C de temperatura entre o condutor e a superfície externa da cobertura, como é feito na ABNT NBR 6251:2018, Anexo E, para a diferença de temperatura entre o condutor e a superfície da isolação de cabos de média tensão isolados. Utilizando esse resultado de temperatura e o diâmetro sobre a cobertura, deve ser seguida a metodologia do IEC TR 61597:1995.



Tabela F.1 – Resistência elétrica máxima do condutor em corrente alternada – CA, cobre e CAL

Seção nominal mm <sup>2</sup>	Condutor					
	CA		Cobre		CAL	
	Temperatura do condutor					
	70 °C	90 °C	70 °C	90 °C	70 °C	90 °C
	Resistência elétrica máxima em corrente alternada Ω/km					
16	–	–	1,38	1,47	–	–
25	–	–	0,870	0,927	–	–
35	1,04	1,11	0,627	0,668	1,17	1,24
50	0,770	0,822	0,463	0,494	0,810	0,858
70	0,532	0,568	0,321	0,342	0,613	0,649
95	0,385	0,411	–	–	0,430	0,456
120	0,304	0,325	–	–	0,320	0,339
150	0,248	0,265	–	–	0,255	0,270
185	0,198	0,211	–	–	0,214	0,226
240	0,151	0,161	–	–	0,169	0,179
300	0,121	0,129	–	–	–	–

Tabela F.2 – Resistência elétrica máxima do condutor em corrente alternada – CAA e CAA-RA

Seção nominal mm <sup>2</sup>	Temperatura do condutor	
	70 °C	90 °C
	Resistência elétrica máxima em corrente alternada Ω/km	
21,18/3,53	1,63	1,74
33,59/5,60	1,03	1,10
53,52/8,92	0,644	0,687
67,33/11,22	0,512	0,547
107,22/17,87	0,322	0,343
134,87/21,99	0,259	0,276
170,55/27,83	0,205	0,218
201,34/32,73	0,174	0,185
241,65/39,49	0,145	0,154



Tabela F.3 – Capacidade de condução de corrente para temperatura ambiente de 30 °C e temperaturas no condutor em regime permanente de 70 °C e 90 °C – CA, cobre e CAL

Tensão nominal do cabo	Seção nominal mm <sup>2</sup>	Temperatura ambiente de 30 °C					
		Condutor					
		CA		Cobre		CAL	
		Temperatura do condutor					
		70 °C	90 °C	70 °C	90 °C	70 °C	90 °C
		Capacidade de corrente A					
15 kV	16	–	–	154	191	–	–
	25	–	–	198	246	–	–
	35	186	231	239	298	178	222
	50	221	275	285	355	220	275
	70	275	342	354	441	259	325
	95	333	416	–	–	321	402
	120	384	480	–	–	384	483
	150	435	544	–	–	441	555
	185	498	625	–	–	490	618
	240	588	738	–	–	567	716
300	674	848	–	–	–	–	
25 kV	35	194	241	–	–	186	222
	50	230	287	–	–	228	275
	70	285	356	–	–	269	325
	95	344	431	–	–	331	402
	120	396	496	–	–	395	483
	150	447	561	–	–	452	555
	185	512	643	–	–	503	618
	240	602	758	–	–	580	716
300	689	869	–	–	–	–	
35 kV	70	319	401	–	–	300	378
	95	383	481	–	–	366	462
	120	437	551	–	–	434	549
	150	491	620	–	–	494	626
	185	559	706	–	–	547	693
	240	654	827	–	–	628	797
	300	744	943	–	–	–	–



Tabela F.4 – Capacidade de condução de corrente para temperatura ambiente de 40 °C e temperaturas no condutor em regime permanente de 70 °C e 90 °C – CA, cobre e CAL

Tensão nominal do cabo	Seção nominal mm <sup>2</sup>	Temperatura ambiente de 40 °C					
		Condutor					
		CA		Cobre		CAL	
		Temperatura do condutor					
		70 °C	90 °C	70 °C	90 °C	70 °C	90 °C
		Capacidade de corrente A					
15 kV	16	–	–	126	171	–	–
	25	–	–	163	221	–	–
	35	152	206	196	266	146	199
	50	181	246	234	318	180	246
	70	225	306	289	395	212	291
	95	272	372	–	–	262	360
	120	314	430	–	–	313	432
	150	355	487	–	–	359	496
	185	406	559	–	–	399	553
	240	479	660	–	–	461	640
300	548	759	–	–	–	–	
25 kV	35	159	216	–	–	152	208
	50	188	257	–	–	187	256
	70	233	318	–	–	219	301
	95	281	385	–	–	270	372
	120	323	444	–	–	322	445
	150	365	502	–	–	368	510
	185	417	575	–	–	409	567
	240	490	678	–	–	472	656
300	560	777	–	–	–	–	
35 kV	70	259	358	–	–	244	338
	95	311	431	–	–	297	414
	120	355	493	–	–	352	491
	150	399	554	–	–	401	560
	185	454	631	–	–	443	620
	240	530	739	–	–	508	713
	300	603	843	–	–	–	–



Tabela F.5 – Capacidade de condução de corrente para temperaturas no condutor em regime permanente de 70 °C e 90 °C – CAA e CAA-RA

Tensão nominal do cabo	Seção nominal mm <sup>2</sup>	Temperatura ambiente de 30 °C		Temperatura ambiente de 40 °C	
		Temperatura do condutor			
		70 °C	90 °C	70 °C	90 °C
		Capacidade de corrente A			
15 kV	21,18/3,53	147	183	121	164
	33,59/5,60	192	239	157	214
	53,52/8,92	252	314	206	281
	67,33/11,22	289	361	236	323
	107,22/17,87	382	478	311	427
	134,87/21,99	438	549	357	491
	170,55/27,83	505	634	411	567
	201,34/32,73	558	702	454	628
	241,65/39,49	624	786	507	703
25 kV	33,59/5,60	200	249	163	223
	53,52/8,92	261	326	213	292
	67,33/11,22	298	373	244	334
	107,22/17,87	393	492	320	440
	134,87/21,99	449	564	366	505
	170,55/27,83	517	651	421	582
	201,34/32,73	571	720	464	643
	241,65/39,49	638	804	518	719
35 kV	67,33/11,22	332	417	269	373
	107,22/17,87	431	544	350	486
	134,87/21,99	491	619	398	554
	170,55/27,83	562	710	455	635
	201,34/32,73	618	782	501	699
	241,65/39,49	687	870	556	778



## Anexo G (normativo)

### Recomendações complementares

#### G.1 Objetivo

Este Anexo apresenta algumas informações complementares a esta Norma para ensaios, inspeção e garantias.

#### G.2 Ensaios de tipo

**G.2.1** Os ensaios de tipo, efetuados para os cabos de tensão máxima de isolamento produzidos pelo fabricante e/ou utilizados pelo comprador, são válidos para os cabos de tensões inferiores, desde que o fabricante assegure que sejam empregados a mesma construção e os mesmos materiais. É facultado ao comprador solicitar os ensaios de tipo para cada nível de tensão de isolamento dos cabos adquiridos por ele.

**G.2.2** Após a realização dos ensaios de tipo, recomenda-se que seja emitido um certificado pelo fabricante ou por entidade reconhecida pelas partes interessadas.

NOTA Recomenda-se que a validade do certificado seja condicionada à sua aprovação, com a emissão de um documento de aprovação por parte do comprador.

#### G.3 Ensaios de controle

**G.3.1** Estes ensaios são realizados normalmente pelo fabricante, com periodicidade adequada, em matérias-primas e em semielaborados, bem como durante a produção do cabo e após a sua fabricação.

**G.3.2** Após a realização dos ensaios de controle, convém que os resultados sejam registrados adequadamente pelo fabricante. Recomenda-se que estes registros estejam disponíveis para o comprador.

NOTA Caso o fabricante possua um Sistema de Gestão da Qualidade, recomenda-se que os registros de G.3.2 façam parte integrante da documentação.

**G.3.3** Os ensaios de controle podem substituir os ensaios de recebimento, desde que previamente acordado entre as partes interessadas.

NOTA Caso o fabricante possua um Sistema de Gestão da Qualidade, este pode ser certificado pelo comprador ou por um organismo de certificação credenciado.

#### G.4 Recuperação de lotes para inspeção

O fabricante pode recompor um novo lote, submetendo-o a uma nova inspeção, após terem sido eliminadas as unidades de expedição defeituosas. Em caso de nova rejeição, são aplicáveis as cláusulas contratuais pertinentes.



## **G.5 Garantias**

**G.5.1** Convém que o período de garantia seja estabelecido em comum acordo entre as partes interessadas, para o produto considerado defeituoso, devido a eventuais deficiências de projeto, matérias-primas ou fabricação.

**G.5.2** As condições são válidas para os cabos instalados por pessoa qualificada e utilizados nas condições previstas nesta Norma.