

SISTEMA DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO**SUBSISTEMA NORMAS E ESTUDOS DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS DE DISTRIBUIÇÃO**

CÓDIGO	TÍTULO	FOLHA
E-313.0032	ESPECIFICAÇÃO DE CONDUTORES DE COBRE NU	1/18

1. FINALIDADE

Definir os requisitos mínimos exigíveis para a qualificação e aceitação de fios e cabos de cobre nu para utilização nas redes de distribuição da Celesc Distribuição S.A. – Celesc D.

2. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

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

3. ASPECTOS LEGAIS

Norma Brasileira Registrada – NBR 5111 – Fios de cobre nus, de seção circular para fins elétricos.

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

4. CONCEITOS BÁSICOS

Os termos técnicos utilizados nesta Especificação estão de acordo com as Normas de Terminologia da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

4.1. Quantidade Efetiva

Massa ou comprimento efetivamente medido, em uma unidade ou lote de expedição, por meio de equipamento adequado que garanta a incerteza máxima especificada.



4.2. Quantidade Nominal

Massa ou comprimento padrão de fabricação e/ou massa de comprimento que conste na ordem de compra.

5. DISPOSIÇÕES GERAIS

5.1. Condições Gerais

Quanto às exigências para o material especificado prevalecerá, respectivamente, o estabelecido nesta Especificação e nas Normas Técnicas da ABNT.

Para fornecimento, o fabricante deve ser cadastrado no sistema de suprimentos da Celesc D, passar pela avaliação industrial e possuir certificado de homologação de produto da marca do produto ofertado conforme a Especificação E-313.0045 – Certificação de Homologação de Produtos.

5.1.1. Designação

Os fios de cobre nus devem ser designados por seu diâmetro em milímetros, com três casas decimais para diâmetro inferiores a 1 mm, duas casas decimais para diâmetro, iguais ou maiores que 1 mm e por sua têmpera.

5.1.2. Material

O material empregado na fabricação do fio deve ser cobre eletrolítico de qualidade e purezas tais que o produto acabado apresente as propriedades e características exigíveis nesta Especificação.

Os vergalhões de cobre a serem utilizados devem atender aos requisitos da NBR 14733.

5.1.3. Acabamento e Emendas

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

São permitidas emendas nos fios antes do último passe de trefilação, desde que a resistência à tração seja, no mínimo, 95% do valor especificado. O alongamento não deve ser considerado.



5.1.4. Classe de Encordoamento

Os cabos abrangidos por esta Especificação serão do tipo encordoamento simples, classes 1A (condutor singelo ou fio) e 2A (condutores nus não compactados), conforme definido na NBR 6524.

5.1.5. Acondicionamento e Fornecimento

Os condutores devem ser acondicionados de maneira a ficarem protegidos durante o manuseio, transporte e armazenagem, conforme a E-141.0001 e as condições descritas a seguir.

Os condutores devem ser acondicionados em rolos ou carretéis, conforme NBR 7312 e NBR 5314.

Quando os condutores forem acondicionados em rolos, devem ser paletizados em estrados padrões de 1100x1100 mm com altura útil máxima de 1500 mm, limitado a 2000 kg por palete, suficientemente amarrados de forma a evitar o tombamento, durante a sua movimentação. Os rolos devem ser acomodados de forma a não apresentarem bordas que excedam as dimensões do estrado.

Os carretéis de madeira devem atender aos requisitos da ABNT NBR 11137 e a madeira utilizada para a confecção e fechamento dos carretéis deve atender a ABNT NBR 6236, com durabilidade mínima de 24 meses.

O acondicionamento em rolos em forma de bobinas deve ser limitado à massa líquida máxima (condutor mais carretel) de 40 kg, para movimentação manual.

Para o acondicionamento em carretéis o comprimento deve ser correspondente à massa bruta máxima da bobina de 3500 kg.

É permitida uma variação de mais ou menos 5% no lance nominal de cabos, com seção superior a 35 mm² e mais ou menos 10% para o cabo com seção igual ou inferior a 35 mm².

É permitida a entrega de até 5% da massa da encomenda em lances não inferiores a 50% do comprimento nominal.

A quantidade em massa total da encomenda, solicitada através do Pedido de Compra, pode sofrer uma tolerância máxima de entrega de menos 2%.



Os carretéis devem ser marcados nas duas faces laterais externas diretamente sobre o disco ou através de plaqueta metálica inoxidável, com caracteres legíveis e indelévels e as seguintes indicações:

- a) nome e CNPJ do fabricante;
- b) indústria brasileira;
- c) Celesc Distribuição S.A.;
- d) tipo do condutor (cobre) e têmpera;
- e) bitola do condutor;
- f) massa líquida e bruta em quilogramas;
- g) número do documento de compra;
- h) número de série do carretel;
- i) Código SAPMM Celesc;
- j) seta indicadora do sentido de desenrolar o cabo.

Cada bobina deve ter amarrada na extremidade do condutor correspondente, na camada externa, uma etiqueta com as indicações acima, com exceção da alínea “i”.

Os rolos devem ter uma etiqueta com as indicações acima, com exceção das alíneas “h” e “i”.

Os fios devem ser fornecidos em unidades de expedição com quantidade nominal de fabricação.

Para cada unidade de expedição (rolo ou bobina), a incerteza máxima no método de medição da quantidade efetiva é de 1%.



5.1.6. Identificação do Cabo

Os cabos devem vir identificados através de uma fita polimérica aplicada entre o fio central e a primeira coroa. Esta deve atender as condições de temperatura de operação do cabo.

Na fita deve estar gravado no mínimo as seguintes informações:

- a) nome ou marca do fabricante;
- b) Celesc Distribuição S.A.;
- c) Norma ABNT correspondente: NBR 6524.

Podem ser adicionadas outras informações que o fabricante julgar necessária

As letras símbolos e algarismos utilizados para impressão na fita devem ter altura mínima de 3,0 mm e serem de cor escura e perfeitamente aderente a fita de forma que não saia com simples passar do dedo. As informações devem estar impressas na fita a cada intervalo máximo de 40 mm entre o final do bloco de informações e o início do próximo bloco.

A fita deve ser de poliéster transparente com densidade mínima de 1,389 g/cm³, com largura de 4,00±0,15 mm e espessura mínima de 22 µm (micrómetros), a resistência a ruptura da fita deve ser de no mínimo 20,0 kg/mm² e o alongamento a ruptura de no mínimo 100%. Esta deve ser uniforme e livre de impurezas que danifique o condutor e ou dificulte a leitura das informações impressas.

Esta identificação não é necessária para condutores classe 1 A (condutor singelo ou fio).

5.2. Condições Específicas

5.2.1. Material

Os fios devem ser de cobre eletrolítico com pureza mínima de 99,9%. A têmpera do cobre deve ser meio duro.

5.2.2. Massa Específica

A massa específica do cobre deverá ser considerada 8,890 g/cm³, a 20°C, para efeitos de



cálculo.

5.2.3. Características Elétricas

Para fios de diâmetro nominal de 1 a 8 mm, consideram-se os seguintes valores, a 20°C:

- a) resistividade - 0,017837 ohm.mm²/m;
- b) condutividade - 96,66%;
- c) resistência elétrica: ver Tabela 7.

5.2.4. Características Físicas e Mecânicas

Os diâmetros dos fios de cobre devem obedecer às tolerâncias indicadas na Tabela 4.

Para os fios trefilados moles e limpos antes de sofrerem outros processos de fabricação, o valor mínimo individual do alongamento na ruptura deve estar de acordo com a Tabela 5, e o valor médio do lote deve ser igual ou superior ao valor mínimo individual acrescido de 2,5%.

A resistência à tração e o alongamento na ruptura dos fios de cobre meio duro devem estar de acordo com o a Tabela 6.

Quando houver emenda no fio de cobre meio duro, feita antes do último passe de trefilação, a resistência à tração deve ser, no mínimo, 95% do valor especificado.

O alongamento não deve ser considerado quando se tratar de fios de cobre mole.

O comprador deve indicar, necessariamente, em sua consulta e posterior ordem de compra para aquisição do fio, os seguintes dados fundamentais:

- a) diâmetro nominal do fio ou seção do cabo, em milímetros ou milímetros quadrados, material (cobre) e têmpera;
- b) número desta Especificação;
- c) quantidade total a ser adquirida, em metros ou quilogramas, e respectiva tolerância;



d) quantidade das unidades de expedição e respectivas tolerâncias;

e) tipo de acondicionamento.

5.2.5. Propriedades Mecânicas

A resistência à tração e o alongamento dos fios estão na Tabela 6.

5.3. Inspeção – Ensaios e Requisitos

5.3.1. Generalidades

Para a inspeção podem ser adotados os procedimentos dos subincisos 5.3.1.1. e 5.3.1.2. desta Especificação.

No caso de reinspeção, todos os custos serão por conta do fabricante e os ensaios devem ser repetidos.

5.3.1.1. Inspeção Final nas Instalações do Fabricante

O fabricante deve proporcionar ao inspetor todos os meios que permitam verificar se o material está de acordo com esta Especificação.

5.3.1.2. Inspeção de Recebimento no Almoxarifado da Celesc D

A Celesc D deve realizar uma verificação visual do material e do acondicionamento e a análise dos relatórios de ensaios do referido lote, fornecidos pelo fabricante e realizar os ensaios no laboratório do DVCQ para comprovação dos resultados apresentados.

5.3.2. Relação dos Ensaios

Os ensaios e verificações de tipo e recebimento solicitados por esta Especificação são os indicados na Tabela 1:



Tabela 1 – Relação dos Ensaio de Tipo

Ensaio	Modalidade	Norma ABNT NBR
Inspeção Visual	T / R	-
Verificação do Diâmetro	T / R	NBR 6242
Resistência à Tração e Alongamento à Ruptura	T / R	NBR 6810
Resistividade Elétrica	T / R	NBR NM IEC 60811-1

T = Ensaio de tipo

R = Ensaio de recebimento

5.3.3. Amostragem

Para os ensaios e verificações previstos no inciso 5.3.2., o número de unidades da amostra requerido deve estar conforme a Tabela 2, a menos que outro critério, baseado na NBR 5426, seja estabelecido entre a Celesc D e o fabricante, por ocasião da consulta para aquisição do fio.

Tabela 2 – Plano de Amostragem Dupla Normal (NQA=2.5 e NI=II)

Quantidade de Unidades do Lote	Primeira Amostra			Segunda Amostra		
	Quantidade de Unidades a Ensaiair	Ac ₁	Re ₁	Quantidade de Unidades a Ensaiair	Ac ₂	Re ₂
02 a 08	2	0	1	-	-	-
09 a 15	3	0	1	-	-	-
16 a 25	5	0	1	-	-	-
26 a 50	8	0	1	-	-	-
51 a 90	8	0	2	8	1	2
91 a 150	13	0	2	13	1	2
151 a 280	20	0	3	20	3	4
281 a 500	32	1	4	32	4	5
501 a 1200	50	2	5	50	6	7
1201 a 3200	80	3	7	80	8	9
3201 a 10000	125	5	9	125	12	13



Notas:

1. Ac_1 – número de peças defeituosas que permite aceitar o lote na primeira amostra.
2. Rc_1 – número de peças defeituosas que implica na rejeição do lote na primeira amostra.
3. Se o número de peças defeituosas estiver entre Ac_1 e Re_1 , deve-se ensaiar a segunda amostra.
4. O total de unidades defeituosas encontradas após ensaiadas as duas amostras, deve ser igual ou inferior ao maior Ac especificado.
5. A quantidade de lotes está relacionada ao número de bobinas ou rolos, onde se deve retirar as amostras solicitadas de cabo ou fio.

5.3.3.1. Amostragem para os Fios Componentes dos Cabos

No caso dos ensaios serem efetuados após o encordoamento, deve ser aplicado o plano de amostragem definido no inciso 5.3.3., para as bobinas ou rolos de cabos.

A quantidade de fios de cada amostra de cabo que deve ser ensaiado é determinada conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Quantidade de Fios a Retirar para Ensaios do Cabo CA

Nº de fios	Coroas			
	Central	Coroa de 6 fios	Coroa de 12 fios	Coroa de 18 fios
7	1	3		
19	1	3	3	
37	1	2	3	3

De cada unidade da amostra devem ser retirados corpos de prova com comprimento suficiente para a realização dos ensaios, desprezando-se, no mínimo, o primeiro metro da extremidade.

5.3.4. Aceitação e Rejeição

A aceitação ou rejeição do lote deve obedecer, com relação ao número de unidades da amostra, aos critérios abaixo, conforme a Tabela 2.

Na primeira amostragem, se o resultado for menor ou igual a Ac_1 , aceitar o lote. Se o resultado for igual ou maior que Re_1 , rejeitar o lote. Com o resultado entre Ac_1 e Re_1 , efetuar a segunda amostragem.



Na segunda amostragem, se o resultado for menor ou igual a Ac_2 , o lote será aceito. Se o valor for igual ou maior que Re_2 , o lote será rejeitado.

O fabricante pode recompor um novo lote e submetê-lo à nova inspeção, após ter eliminado as unidades defeituosas. Em caso de nova rejeição, são aplicadas as cláusulas contratuais pertinentes.

Para os cabos em rolos ou bobinas, todos os fios ensaiados conforme a amostragem da Tabela 3 devem atender individualmente aos requisitos indicado em cada ensaio.

5.3.5. Descrição dos Ensaios

5.3.5.1. Inspeção Visual

A inspeção visual deve verificar o estabelecido no subitem 5.1. desta Especificação.

5.3.5.2. Verificação do Diâmetro

O diâmetro dos fios deve ser medido conforme a NBR 6242.

Tabela 4 – Tolerâncias dos Diâmetros dos Fios de Cobre

Diâmetro Nominal (mm)	Tolerância
< 0,250	$\pm 0,003$ mm
$0,250 \leq D \leq 0,400$	$\pm 0,004$ mm
> 0,400	$\pm 1\% D_{\text{nominal}}$

5.3.5.3. Ensaio de Resistência à Tração e Alongamento à Ruptura

Estes ensaios devem ser realizados conforme a NBR 6810, devendo atender os valores das Tabela 5 e 6. Abaixo:

Tabela 5 – Fios de Cobre Mole – Propriedades Mecânicas

Diâmetros nominais (mm)		Alongamento na Ruptura Mínimo individual (%) em 250 mm
≥	<	
0,080	0,280	15
0,280	0,560	20
0,560	3,000	25
3,000	8,50	30

Tabela 6 – Fios de Cobre Meio Duro – Propriedades Mecânicas

Diâmetros nominais (mm)		Resistência à Tração – Mpa (em 250 mm)		Alongamento na Ruptura Mínimo individual (%) em 1500 mm
≥	<	Mínima	Máxima	
1,90	2,12	352	421	1,00
2,12	2,36	349	418	1,02
2,36	2,65	347	416	1,04
2,65	3,00	345	413	1,06
3,00	3,35	340	409	1,08
3,35	3,75	338	405	1,11
3,75	4,25	336	401	1,15
4,25	4,75	333	397	1,20

5.3.5.4. Ensaio de Resistividade Elétrica

A resistividade elétrica deve ser determinada com o valor da resistência referida a 20°C, conforme a NBR 6815, atendendo o especificado no inciso 5.2.3. desta Especificação.

A resistência elétrica em corrente contínua do fio de cobre nu deve ser medida a uma temperatura entre 5°C e 40°C e corrigida para a temperatura de 20°C, utilizando a seguinte fórmula:



$$R_{20} = R_t / 1 + C_t (t - 20)$$

Onde:

t = temperatura na qual foi efetuada a medição (em °C)

R_t = resistência elétrica em corrente contínua a T°C (em ohms)

R₂₀ = resistência elétrica em corrente contínua a 20°C (em ohms)

C_t = coeficiente de temperatura da resistência elétrica = 0,00393°C⁻¹

Tabela 7 – Resistividade e Condutividade para Fios de Cobre Meio Duro

Diâmetros Nominais (mm)		Resistividade a 20 °C		Condutividade Mínima a 20 °C % IACS
≥ 1	< 8	Ω .mm ² / m	Ω . g / m ²	96,66
		0,017837	0,15857	

5.3.6. Garantia

A aceitação de um lote dentro dos critérios do sistema de amostragem utilizado, não isenta o fabricante da responsabilidade de substituição de qualquer unidade (rolo ou bobina) do cabo que não estiver de acordo com os requisitos desta Especificação, no período de 5 anos a contar da data de entrega.

A responsabilidade do fabricante limitar-se-á exclusivamente às deficiências oriundas da fabricação e do acondicionamento do cabo.

6. DISPOSIÇÕES FINAIS

Na aplicação desta Especificação é necessário consultar:

- E-141.0001 – Padrão de Embalagens;
- E-313.0045 – Certificação de Homologação de Produtos;
- NBR 5111 – Fios de cobre nus, de seção circular, para fins elétricos;



- d) NBR 5314 – Carretéis plásticos para acondicionamento de fios para enrolamentos – Especificação;
- e) NBR 5426 – Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos – Procedimentos;
- f) NBR 5456 – Eletrotécnica e eletrônica – Eletricidade geral – Terminologia;
- g) NBR 6236 – Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos;
- h) NBR 6524 – Fios e cabos de cobre duro e meio duro com ou sem cobertura protetora para instalações aéreas;
- i) NBR 6810 – Fios e cabos elétricos – Tração à ruptura em componentes metálicos – Método de Ensaio;
- j) NBR 6811 – Fios e cabos elétricos – Ensaio de aderência e continuidade em fios de cobre estanhados – Método de Ensaio;
- k) NBR 6815 – Fios e cabos elétricos – Ensaio de determinação da resistividade em componentes metálicos – Método de Ensaio;
- l) NBR 7312 – Rolos de fios e cabos elétricos – Características dimensionais – Padronização;
- m) NBR 11137 – Carretéis de madeira para o acondicionamento de fios e cabos elétricos – Dimensões estruturas – Padronização;
- n) NBR 14733 – Vergalhão de cobre para uso elétrico – Requisitos;
- o) NBR NM IEC 60811-1-1 – Métodos de ensaios comuns para os materiais de isolamento e de cobertura de cabos elétricos Parte 1: Métodos para aplicação geral – Capítulo 1: Medição de espessuras e dimensões externas – Ensaio para a determinação das propriedades mecânicas.



7. ANEXOS

7.1. Características Físicas e Elétricas dos Condutores de Cobre Meio Duro

7.2. Desenhos Padrões

7.3. Controle das Revisões

7.4. Histórico de Revisões

7.1. Características Físicas e Elétricas dos Condutores de Cobre Meio Duro

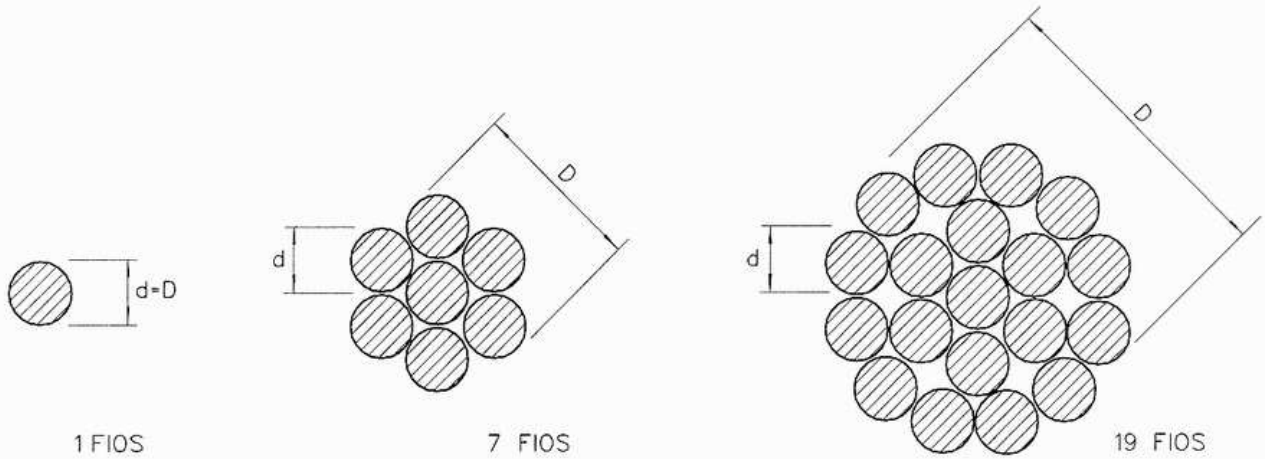
Seção Nominal (mm ²)	Nº de Fios	Diâmetro dos Fios (mm)	Diâmetro do Condutor (mm)	Massa Nominal (kg/km)	Seção Real (mm ²)	Carga de Ruptura Mínima (daN)	Resistência Elétrica máxima a 20°C 60 Hz (Ω/km)	Raio Médio Geométrico a 60Hz "G" (mm)	Capacidade Mínima de Condução de Corrente (A)*	Código SAPMM Celesc
16	1	4,50	4,15	141,5	15,90	545	1,14	1,76	143	5224
25	7	2,06	6,18	212	23,33	837	0,795	2,24	187	5230
35	7	2,50	7,50	312	34,36	1215	0,538	2,72	235	5231
50	7	3,00	9,00	449	49,48	1725	0,375	3,27	287	5241
70	7	3,45	10,35	593	65,44	2268	0,283	3,75	349	5233
95	7	4,12	12,36	846	93,32	3345	0,199	4,49	416	17167
120	19	2,90	14,50	1138	125,50	4414	0,148	5,51	535	5237

* Para a capacidade de condução de corrente, considera-se a temperatura ambiente de 30°C e no condutor de 75°C, com vento de 2,2km/h.



7.2. Desenhos-Padrão

C-07 FIO E CABO NU DE COBRE



REATÂNCIA INDUTIVA

$$X_L = 0,1736 \log_{10} \frac{D_{eq}}{G} \text{ (}\Omega / \text{km)}$$

$$D_{eq} = \sqrt[3]{d_{12} d_{13} d_{23}} \text{ (mm)}$$

G- RAO MÉDIO GEOMÉTRICO

$d_{12} d_{13} d_{23}$ = DISTÂNCIA ENTRE FASES

D= DIÂMETRO NOMINAL DO CONDUTOR

REATÂNCIA CAPACITIVA

$$X_C = 0,0424 \log_{10} \frac{2D_{eq}}{D} \text{ (M}\Omega / \text{km)}$$



7.3 Controle das Revisões

REVISÃO	RESOLUÇÃO – DATA	ELABORAÇÃO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO
Emissão	5.9.1990	–	–	–
1	RES. DD Nº 23/1993 – 5.2.1993	–	–	–
2	RES. DD Nº 123/2002 – 10.5.2002	–	–	–
3	RES. DDI Nº 2220/12 – 3.2.2012	APD	GMTK	PNA
4	RES. DDI Nº 153/2019 – 2.7.2019	APD	GMTK	MAG
5	RES. DDI Nº 071/2022 – 3.6.2022	APD	GMTK	ALK



7.4 Histórico de Revisões

REVISÃO	DATA	HISTÓRICO DAS ALTERAÇÕES	RESPONSÁVEL
5 ^a	Junho 2022	- Revisão do item 2 e inciso 5.1.5. - Introdução do inciso 5.1.6 Identificação do cabo.	DPEP/DVEN APD / GMTK / ALK