

## CONDUTORES NUS PARA LINHAS AÉREAS

### Cabos de liga de alumínio com alma de aço

Características e ensaios

---

**Elaboração:** DTI

**Homologação:** conforme despacho do CA de 2017-05-25

**Edição:** 1

**Acesso:** X Livre

Restrito

Confidencial

**ÍNDICE**

<b>0</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>OBJECTO .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CAMPO DE APLICAÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA .....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>TERMOS E DEFINIÇÕES .....</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>CONSTITUIÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DOS CABOS DE LIGA DE ALUMÍNIO COM ALMA DE AÇO .....</b>	<b>5</b>
6.1	Secções e composições dos cabos.....	5
6.2	Diâmetro dos condutores.....	6
6.3	Sentido de cableagem .....	6
6.4	Relações de cableagem .....	6
6.5	Soldaduras .....	6
6.6	Massa do condutor por unidade de comprimento.....	6
6.7	Resistência elétrica .....	7
6.8	Produto de proteção contra a corrosão .....	7
6.9	Carga de rotura estipulada .....	7
6.10	Comprimentos modulares de entrega e tolerâncias admitidas .....	7
<b>7</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DOS FIOS DE LIGA DE ALUMÍNIO .....</b>	<b>7</b>
7.1	Características físicas (para efeitos de cálculo) .....	7
7.2	Material .....	8
7.3	Ausência de defeitos.....	8
7.4	Diâmetros nominais e tolerâncias .....	8
7.5	Soldaduras .....	8
7.6	Ensaios .....	8
<b>8</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DOS FIOS DE AÇO ZINCADO.....</b>	<b>8</b>
8.1	Características físicas (para efeitos de cálculo) .....	8
8.2	Material .....	8
8.3	Ausência de defeitos.....	9
8.4	Diâmetros nominais e tolerâncias .....	9
8.5	Soldaduras .....	9
8.6	Ensaios.....	9
<b>9</b>	<b>ENSAIOS.....</b>	<b>9</b>
9.1	Generalidades.....	9
9.2	Ensaios de tipo.....	9
9.3	Ensaios de série por amostra.....	9
9.4	Especificação dos ensaios de tipo e de série por amostra .....	10
<b>10</b>	<b>MARCAÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>11</b>	<b>CONDIÇÕES RELATIVAS AO ACONDICIONAMENTO DOS CABOS .....</b>	<b>11</b>
<b>12</b>	<b>GUIA DE USO.....</b>	<b>12</b>
<b>13</b>	<b>APRESENTAÇÃO DAS PROPOSTAS .....</b>	<b>12</b>
	<b>ANEXO A – LISTA DE CABOS ESPECIFICADOS.....</b>	<b>13</b>
	<b>ANEXO B – FICHAS DE CARACTERÍSTICAS.....</b>	<b>14</b>
	<b>ANEXO C – QUADRO DE ENSAIOS .....</b>	<b>16</b>

## 0 INTRODUÇÃO

A elaboração deste documento, resultou da necessidade de a EDP Distribuição dispor de uma especificação, baseada na mais recente normalização internacional, relativa a cabos nus para linhas aéreas a utilizar em zonas de gelo.

## 1 OBJECTO

O presente documento destina-se a indicar as características, os ensaios e as condições para verificação da qualidade de cabos nus de liga alumínio, magnésio e silício (doravante designado apenas por liga de alumínio) com alma de aço zincado a utilizar em linhas aéreas da EDP Distribuição.

**Nota:** todos os cabos especificados neste documento cabem na designação AL3/ST1A, da norma EN 50182.

## 2 CAMPO DE APLICAÇÃO

O presente documento aplica-se a cabos nus de liga alumínio com alma de aço zincado a utilizar na rede de distribuição. Em particular estes cabos estão previstos para serem instalados em zonas de gelo.

As características da rede de distribuição são indicadas no quadro 1.

**Quadro 1**  
**Características da rede de distribuição**

<b>Tensão nominal <math>U_n</math></b>	60 kV		30 kV	15 kV	10 kV
<b>Tensão mais elevada (da rede trifásica) <math>U_s</math></b>	72,5 kV		36 kV	17,5 kV	12 kV
<b>Regime de neutro</b>	Neutro direto à terra ou neutro impedante através de impedância limitadora de corrente de defeito (25 kA).		Neutro impedante através de impedância limitadora de corrente de defeito (300 A ou 1000 A), seja por ligação direta do ponto de neutro (resistência de neutro), seja por criação de ponto artificial de neutro (reatância de neutro)		
<b>Corrente máxima de curto-circuito fase terra (3s)</b>	25 kA	31,5 kA <sup>1)</sup>	1 000 A	1 000 A	1 000 A
<b>Corrente máxima de curto-circuito trifásico (3s)</b>	25 kA		12,5 kA	16 kA	16 kA
<i>1) Para instalações próximas de pontos injetores da Rede Nacional de Transporte (RNT).</i>					

Os cabos especificados pelo presente documento encontram-se indicados no anexo A do presente documento.

## 3 NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

No presente documento são mencionadas as seguintes normas e documentos de referência:

D00-C10-001/N	-	Instalações elétricas. Condições de serviço e características gerais da rede de Distribuição AT, MT e BT. Generalidades
EN 50182	2001	Conductors for overhead lines – Round wire concentric lay stranded conductors
EN 50183	2000	Conductors for overhead lines – Aluminium-magnesium-silicon alloy wires
EN 50189	2000	Conductors for overhead lines – Zinc coated steel wires
ET/5038	-	Condutores Desnudos de Alumínio Acero para Líneas Eléctricas Aéreas
IEC 60050-466	-	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) - Chapter 466: Overhead Lines

## 4 TERMOS E DEFINIÇÕES

Para efeitos do presente documento, são aplicáveis as definições das normas EN 50182 e IEC 60050-466. Além disso, aplicam-se também as definições seguintes:

### 4.1

#### **condutor (de uma linha aérea)**

material destinado a ser usado para transportar corrente elétrica e constituído por vários fios não isolados e cableados em conjunto (VEI 466-01-15).

### 4.2

#### **condutor cableado**

condutor constituído por uma alma central rodeada por uma ou mais camadas sucessivas de fios enrolados em hélices de sentidos alternados (VEI 466-10-03).

### 4.3

#### **cabo de liga de alumínio com alma de aço**

condutor composto por fios de liga de alumínio e de aço zincado, cableados em camadas concêntricas, sendo a ou as camadas centrais de aço zincado, e as camadas exteriores de liga de alumínio.

### 4.4

#### **sentido de cableagem**

o sentido de cableagem é definido a partir de um troço de condutor colocado verticalmente. Ele diz-se à esquerda, se o enrolamento dos fios seguir a direção da parte central da letra S, e diz-se à direita, se seguir a direção da parte central da letra Z (secção 3.2 da norma EN 50182).

### 4.5

#### **passo de cableagem**

comprimento axial de uma volta completa da hélice formada por um fio individual dum condutor cableado (VEI 466-10-05).

### 4.6

#### **relação de cableagem**

relação entre o passo de cableagem e o diâmetro exterior da camada correspondente dos fios do condutor cableado (VEI 466-10-06).

### 4.7

#### **fio**

filamento de metal trefilado com uma secção reta circular constante (secção 3.6 da norma EN 50182).

### 4.8

#### **fator de incremento**

fator de incremento numa característica (a massa, ou a resistência elétrica) é o fator pelo qual se deve multiplicar o valor dessa característica relativa a um fio direito dum determinado comprimento para se obter o valor da mesma característica da parte dum cabo com o mesmo comprimento, e constituída por fios iguais ao anterior.

### 4.9

#### **ensaios de tipo**

ensaios realizados sobre um pequeno número de produtos, representativos de uma produção industrial, com o objetivo de verificar a conformidade com a especificação técnica, de um certo número de características supostamente independentes das variações previsíveis de uma produção industrial continuada, sem alteração das condições de produção (nomeadamente matérias primas, métodos e processo tecnológicos).

#### 4.10

##### ensaios de série por amostra

ensaios realizados durante um ciclo de realização do produto, em qualquer das suas fases, na forma de ensaios sobre amostras, com o objetivo de verificar a conformidade com a especificação técnica respetiva, das características do produto supostas dependentes das variações de uma produção industrial continuada.

## 5 CONSTITUIÇÃO

Os cabos nus objeto do presente documento são constituídos pelos seguintes componentes, que se encontram ilustrados na figura 1:

1. Fios de liga de alumínio (AL3);
2. Fios de aço zincado (ST1A).

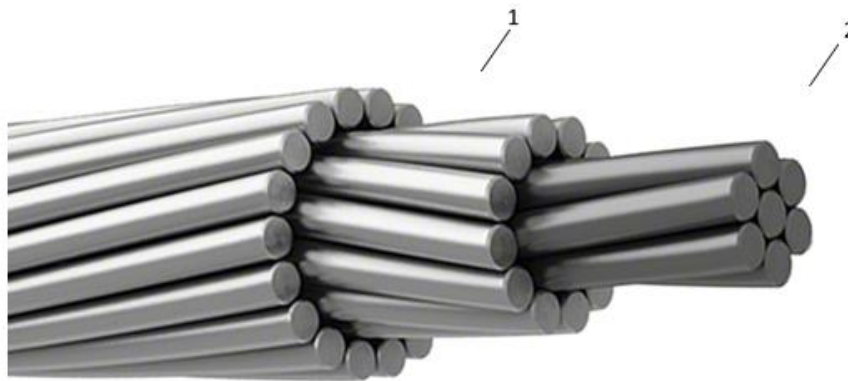


Figura 1 – Constituição dos cabos de liga de alumínio-aço.

## 6 CARACTERÍSTICAS DOS CABOS DE LIGA DE ALUMÍNIO COM ALMA DE AÇO

### 6.1 Secções e composições dos cabos

Os cabos devem ter as secções e composições indicadas no quadro 2 abaixo.

**Quadro 2**  
Cabos de liga de alumínio com alma de aço

Designação EN 50182		47-AL3/8-ST1A	94-AL3/22-ST1A	
Designação EDP		DA56	DA110	
<b>Constituição</b>	(número de fios x diâmetro dos fios em mm)	Liga de alumínio	6x3,15	30x2,00
		Aço	1x3,15	7x2,00
<b>Secção real (mm<sup>2</sup>)</b>	Liga de alumínio	46,8	94,2	
	Aço	7,8	22	
	Total	54,6	116,2	
<b>Diâmetro (mm)</b>	Aço	3,15	6	
	Cabo	9,45	14	
<b>Massa por unidade de comprimento (kg/km)</b>		188,6	432,2	
<b>Carga de rotura estipulada (kN)</b>		22,37	53,53	
<b>Resistência elétrica, a 20°C, em corrente contínua (Ω/km)</b>		0,7054	0,353	
<b>Módulo de elasticidade (N/mm<sup>2</sup>)</b>		81000	82000	
<b>Coefficiente de dilatação linear (K<sup>-1</sup>)</b>		19,1x10 <sup>-6</sup>	17,8x10 <sup>-6</sup>	

**Nota 1:** os valores da resistência elétrica apresentados são os valores máximos permitidos com referência à respetiva secção real da liga de alumínio. Como se admite para a área da secção reta da parte da liga de alumínio uma tolerância de  $\pm 2\%$  para cada amostra, os valores da resistência elétrica medida devem respeitar, para cada secção nominal de cabo, o respetivo valor máximo afetado da mesma tolerância de  $\pm 2\%$ .

**Nota 2:** quando não se refere no cabeçalho duma coluna se os valores dessa coluna são mínimos ou máximos, entende-se que são valores nominais.

## 6.2 Diâmetro dos condutores

Os diâmetros dos condutores devem estar dentro dos limites fixados no quadro 3, abaixo.

**Quadro 3**  
Diâmetros dos condutores

Secção nominal (mm <sup>2</sup> )	Diâmetro nominal (mm)	Tolerância
54,6	9,45	$\pm 0,1$ mm
116,2	14	$\pm 1\%$

## 6.3 Sentido de cableagem

Os fios de liga de alumínio ou de aço zincado devem ser dispostos em camadas concêntricas, desenvolvendo-se alternada e sucessivamente em sentidos contrários.

Os fios da camada exterior devem ser enrolados sempre à direita (sentido de cableagem Z), devendo os fios de liga de alumínio das diversas camadas ser igual e firmemente cableados sobre as camadas subjacentes.

## 6.4 Relações de cableagem

As relações de cableagem dos fios nas diferentes camadas devem estar dentro dos limites fixados no quadro 4, seguinte.

**Quadro 4**  
Relações de cableagem dos fios das diversas camadas

Secção nominal do cabo (mm <sup>2</sup> )	Número de fios		Relação de cableagem dos fios de aço		Relação de cableagem dos fios de liga de alumínio				
			Camada de 6 fios		Camada exterior		Camadas interiores		
	Liga de alumínio	Aço	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	n <sup>1)</sup>
54,6	6	1	—	—	10	14	—	—	—
116,2	30	7	16	26	10	14	10	16	1

1) n - nº de camadas interiores de liga de alumínio.

**Nota:** num condutor com diversas camadas de fios de liga de alumínio, a relação de cableagem de qualquer camada de liga de alumínio não deve ser superior à relação de cableagem da camada imediatamente subjacente.

## 6.5 Soldaduras

Só são permitidas soldaduras nas condições expressas na cláusula 5.6 da norma EN 50182.

## 6.6 Massa do condutor por unidade de comprimento

A massa do condutor por unidade de comprimento foi calculada com base nas densidades da liga de alumínio e do aço zincado, tendo sido aplicados os fatores de incremento da massa indicados no quadro 4 da EN 50182.

Os valores da massa por unidade de comprimento estão indicados no quadro 2 deste documento.

## 6.7 Resistência elétrica

A resistência elétrica foi calculada com base na resistividade da liga de alumínio, tendo sido aplicados os fatores de incremento da resistência indicados no quadro 4 da EN 50182.

Os valores da resistência por unidade de comprimento estão indicados no quadro 2 deste documento.

## 6.8 Produto de proteção contra a corrosão

Os cabos de liga de alumínio-aço não devem incluir produto de proteção contra a corrosão.

## 6.9 Carga de rotura estipulada

A carga de rotura estipulada de um cabo de liga de alumínio com alma de aço é igual à soma da carga mínima da parte de liga de alumínio adicionada à soma da carga mínima dos fios de aço zincado correspondente a um alongamento compatível com o dos fios de liga de alumínio no momento da rotura. A carga relativa aos fios de aço é tomada como igual à carga, antes do cableamento, correspondente a um alongamento de 1 %, num provete de 250 mm de comprimento, entre marcas.

Os valores das cargas de rotura estipuladas dos cabos de liga de alumínio com alma de aço estão indicados no quadro 2 deste documento.

## 6.10 Comprimentos modulares de entrega e tolerâncias admitidas

Os cabos devem ser entregues em bobinas com os comprimentos modulares seguidamente indicados no quadro 5, sobre os quais se admitem as tolerâncias nele referidas.

**Quadro 5**  
**Comprimentos modulares de entrega e tolerâncias admitidas**

Secção nominal do cabo (mm <sup>2</sup> )	Comprimentos modulares (m)	Tolerâncias
54,6	1 x 4000	± 5 %
116,2	1 x 2000	± 5 %

## 7 CARACTERÍSTICAS DOS FIOS DE LIGA DE ALUMÍNIO

Os fios de liga de alumínio serão do tipo AL3, devendo ter as seguintes características, de acordo com a EN 50183.

### 7.1 Características físicas (para efeitos de cálculo)

Os fios de liga de alumínio devem apresentar as características físicas (para efeitos de cálculo), indicadas no quadro 6.

**Quadro 6**  
**Características físicas dos fios de liga de alumínio AL3**

Massa volúmica a 20°C	2,70 kg/dm <sup>3</sup>
Coefficiente de dilatação linear	23 x 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>
Coefficiente de temperatura da resistência, a massa constante, a 20 °C	3,6 x 10 <sup>-3</sup> K <sup>-1</sup>
Módulo de elasticidade	68 000 N/mm <sup>2</sup>
Resistividade máxima, a 20 °C	32,53 nΩ.m
Tensão de rotura mínima	295 N/mm <sup>2</sup>
Condutividade nominal	53,0 % IACS
Alongamento mínimo após rotura (250 mm)	3,5 %

## 7.2 Material

Os fios devem ser de liga de alumínio-magnésio-silício tratado termicamente, tendo uma composição adequada às características especificadas.

## 7.3 Ausência de defeitos

A superfície exterior dos fios de liga de alumínio deve ser lisa e não deve apresentar asperezas, escamas, rebarbas, inclusões ou quaisquer outros defeitos semelhantes, que possam diminuir a sua eficácia funcional para o fim a que se destina (condutor elétrico).

## 7.4 Diâmetros nominais e tolerâncias

Os fios de liga de alumínio devem ter os diâmetros nominais e respetivas tolerâncias indicadas no quadro 7. Os valores dos diâmetros são expressos em milímetros, com duas casas decimais.

**Quadro 7**  
**Diâmetros dos fios de liga de alumínio**

Valor nominal (mm)	Tolerância
2,00	$\pm 0,03$ mm
3,15	$\pm 1\%$

## 7.5 Soldaduras

Só são permitidas soldaduras nos fios de liga de alumínio nas condições expressas na cláusula 9 da EN 50183.

## 7.6 Ensaio

As amostras destinadas aos ensaios dos fios de liga de alumínio são recolhidas antes da cableagem e ensaiadas de acordo com o estabelecido na cláusula 11 da EN 50183.

Os ensaios a realizar nos fios de liga de alumínio são os listados no quadro 10.

## 8 CARACTERÍSTICAS DOS FIOS DE AÇO ZINCADO

Os fios de aço devem ser zincados, do tipo ST1A, só se admitindo a operação de zincagem após a trefilagem dos fios.

As suas características devem ser as seguintes, de acordo com a norma EN 50189.

### 8.1 Características físicas (para efeitos de cálculo)

Os fios de aço zincado devem apresentar as características físicas (para efeitos de cálculo), indicadas no quadro 8.

**Quadro 8**  
**Características físicas dos fios de aço zincado ST1A**

Massa volúmica a 20°C	7,78 kg/dm <sup>3</sup>
Coefficiente de dilatação linear	$11,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Módulo de elasticidade	207 000 N/mm <sup>2</sup>
Resistividade a 20 °C	192 nΩ.m

### 8.2 Material

O aço usado no fabrico dos fios deve ser isento de impurezas suscetíveis de virem a comprometer o comportamento mecânico do cabo.

Os lingotes de zinco devem conter, pelo menos, 99,85 % de zinco.



Como processos de zincagem, admitem-se a zincagem por imersão a quente e a electro zincagem.

### 8.3 Ausência de defeitos

A superfície exterior dos fios de aço zincado deve ser lisa e livre de todos os defeitos que sejam incompatíveis com as prescrições do presente documento.

### 8.4 Diâmetros nominais e tolerâncias

Os fios de aço zincado devem ter os diâmetros nominais e respetivas tolerâncias indicadas no quadro 9.

Os valores dos diâmetros são expressos em milímetros, com duas casas decimais.

A determinação de um diâmetro faz-se com duas medições na mesma secção reta, segundo duas direções perpendiculares entre si.

**Quadro 9**  
**Diâmetros dos fios de aço zincado**

Valor nominal (mm)	Tolerância (mm)
2,00	± 0,03
3,15	± 0,05

### 8.5 Soldaduras

Só são permitidas soldaduras nos fios de liga de alumínio nas condições expressas na cláusula 9 da norma EN 50189.

### 8.6 Ensaaios

As amostras destinadas aos ensaios dos fios de aço zincado são recolhidas antes da cableagem e ensaiadas de acordo com o estabelecido na cláusula 11 da norma EN 50189.

Os ensaios a realizar nos fios de aço zincado são os listados no quadro 10.

## 9 ENSAIOS

### 9.1 Generalidades

Os cabos objeto da presente especificação devem ser sujeitos aos ensaios de tipo e de série por amostra especificados nas secções 9.2 e 9.3.

No anexo C do presente documento encontram-se os quadros com a indicação dos referidos ensaios.

Os ensaios de receção devem corresponder aos ensaios de série por amostra, exceto quando exista outro plano de ensaios que tenha sido objeto de acordo entre a EDP Distribuição e o fornecedor.

### 9.2 Ensaaios de tipo

Os ensaios de tipo a realizar nos fios de liga de alumínio, nos fios de aço zincado e nos cabos de liga de alumínio-aço encontram-se especificados na secção 9.4 do presente documento.

### 9.3 Ensaaios de série por amostra

Os ensaios de série por amostra destinam-se a garantir a qualidade dos condutores e a sua conformidade com as exigências da presente especificação, sendo realizados sobre pelo menos 10 % das bobinas fabricadas para a EDP

Distribuição, devendo cada fio ser ensaiado. Desde que acordado entre a EDP Distribuição e o fabricante, o número de amostras pode ser reduzido.

As bobinas para amostra deverão ser selecionadas aleatoriamente e as amostras retiradas ao nível da extremidade exterior das bobinas. O comprimento da amostra de condutor deve ser suficiente para permitir realizar todos os ensaios num único comprimento de fio.

Os ensaios de série por amostra a realizar nos fios de liga de alumínio, nos fios de aço zincado e nos cabos de liga de alumínio-aço encontram-se especificados na secção 9.4 do presente documento.

#### 9.4 Especificação dos ensaios de tipo e de série por amostra

Os ensaios de tipo e de série por amostra a realizar nos fios de liga de alumínio, nos fios de aço zincado e nos cabos de liga de alumínio-aço encontram-se listados e indexados às subcláusulas da norma EN 50182 no quadro 10.

**Quadro 10**  
**Ensaio de tipo e de série por amostra**

Ensaio		Ensaio de tipo	Ensaio de série por amostra	Subcláusula da norma EN 50182
Condutor	Aspetto exterior / Estado superficial	X	X	6.4.1
	Diâmetro	X	X	6.4.2
	Verificação do estado inerte	X	X	6.4.3
	Relação e sentido de cableamento	X	X	6.4.4
	Número de fios	X	X	6.4.5
	Massa por unidade de comprimento	X	X	6.4.6
	Diagrama tensão-deformação	X	-	6.4.7
	Carga de rotura	X	-	6.4.8
	Ensaio de desenrolamento	(1)	-	6.4.9
Fios de liga de alumínio	Diâmetro	X	X	6.5.2
	Resistência à tração	X	X	
	Resistividade	X	X	
	Ensaio de enrolamento	X	X	
	Soldaduras	X	-	6.5.3
Fios de aço zincado	Diâmetro	X	X	6.5.2
	Resistência à tração	X	X	
	Tensão mecânica a 1% de alongamento	X	X	
	Teste de alongamento ou de torsão	X	X	
	Ensaio de enrolamento	X	X	
	Massa do revestimento de zinco	X	X	
	Continuidade do revestimento de zinco	X	X	
Aderência do revestimento de zinco	X	X		
(1) Ensaio a realizar por acordo entre a EDP Distribuição e o fornecedor.				

## 10 MARCAÇÃO

As bobinas de cabo de liga de alumínio-aço devem ter uma etiqueta, onde constem, de forma legível e indelével, no mínimo, as seguintes indicações:

- Nome do fabricante ou marca de fabrico;
- Materiais e secção nominal do cabo (exemplo: "Cabo liga Al-aço 55 mm<sup>2</sup>");
- Comprimento do cabo;
- Peso líquido e tara;
- Marca com a sigla EDP Distribuição;

- Data de fabrico<sup>1)</sup>;
- Número de bobina ou referência que permita a rastreabilidade do cabo.

Em ambas as abas da bobina deve ser indicado o sentido de desenrolamento.

**Nota:** *o sentido de desenrolamento é o sentido em que se deve desenrolar o cabo da bobina.*

## 11 CONDIÇÕES RELATIVAS AO ACONDICIONAMENTO DOS CABOS

Os cabos devem ser entregues em bobinas de madeira, em bom estado, de construção suficientemente sólida para resistirem às operações normais de carga, transporte e descarga, com as abas reforçadas por meio de placas de ferro na zona do eixo.

As abas das bobinas devem ter um diâmetro suficiente para impedir quaisquer riscos de contacto do condutor com o solo durante as operações normais de transporte e desenrolamento.

O cabo deve ser enrolado nas bobinas em espiras o mais apertadas possível, sem que haja encavalitamento de espiras de uma mesma camada.

Além disso, a ponta do cabo da camada exterior deve ser fixada sobre a parte interna de uma das abas da bobina, de forma a evitar o deslocamento das últimas espiras durante as operações de carga, transporte e descarga e o seu ponto de fixação deve ser assinalado no exterior da bobina por meio de marca indelével.

As placas de ferro atrás referidas, destinadas ao reforço das abas, devem ter um furo central redondo com cerca de 90 mm de diâmetro. O diâmetro do furo central da aba será, no mínimo, de 80 mm.

Deve existir uma proteção do cabo contra a intempérie e as agressões mecânicas provocadas por eventuais rugosidades da madeira constituinte da bobina, por meio de folhas de papel impregnado, de dimensões adequadas.

Este material deve ser aplicado no núcleo das bobinas com pontas suficientemente compridas para envolver o cabo após o seu enrolamento na bobina, completado com uma folha do mesmo papel, enrolada sobre a última camada de cabo, devidamente cintada com fitas que não danifiquem o cabo.

Em alternativa, o núcleo das bobinas pode ser revestido, em toda a sua extensão, por meio de uma folha de papel impregnado; em seguida, cobrem-se as partes interiores das abas com uma proteção de matéria plástica (tipo Cartonplast), completando-se este procedimento com uma folha do mesmo papel, devidamente cintada.

Para consolidação da embalagem, o cabo deve ser protegido por meio de ripas de madeira pregadas, de forma contínua (justapostas) na periferia das abas das bobinas. Em alternativa às ripas de madeira, podem usar-se esteiras de produto celulósico prensado, resultante da reciclagem de produtos secundários da indústria das madeiras.

Os cabos nas bobinas devem apresentar-se isentos de quaisquer sujidades, partículas e demais depósitos estranhos, devendo ainda estar livres de quaisquer excessos de óleo.

As extremidades do cabo na bobina devem ser convenientemente apertadas, de modo a garantir-se a não descableagem de qualquer fio.

---

1) Segundo a norma NP EN 28601 (1996) em representação truncada, na forma YYWww (por exemplo, 15W12 para a 12ª semana de 2015). Admite-se a substituição desta marca por outra equivalente, desde que devidamente justificada.

## **12 GUIA DE USO**

Os fabricantes devem apresentar um Guia de Uso onde constem recomendações sobre acondicionamento, transporte, armazenamento, manuseamento e instalação dos cabos.

## **13 APRESENTAÇÃO DAS PROPOSTAS**

Os proponentes devem preencher, para cada cabo proposto, a ficha de características e o quadro de ensaios que constam, respetivamente, nos anexos B e C do presente documento.

Para além disso, os proponentes devem apresentar toda a informação que evidencie a conformidade dos produtos propostos com a presente especificação, assim como informação suficiente para que os cabos possam ser desfeitos ou reciclados de acordo com a legislação internacional e nacional em vigor.

## ANEXO A

## LISTA DE CABOS ESPECIFICADOS

## Quadro A.1

## Cabos nus liga de alumínio-aço especificados

Família	Designação EDP	Código SAP	Texto breve EDP do material
Cabos nus de liga de alumínio-aço	DA56	319745	CABO NU LIGA ALUMINIO-ACO 55 DA56
	DA110	337253	CABO NU LIGA ALUMINIO-ACO 116 DA110

**ANEXO B**
**FICHAS DE CARACTERÍSTICAS**
**Quadro B.1**
**Identificação do candidato, fabricante e produto**

Candidato	
Responsável pelo preenchimento	
Contacto telefónico	
E-mail	
Fabricante / Nacionalidade do fabricante	
Marca comercial	
Designação EDP	
Referência de Fabrico	

**Quadro B.2**
**Constituição e características do cabo proposto**

Designação EDP	Constituição (número de fios x diâmetro dos fios em mm)		Secção real (mm <sup>2</sup> )			Diâmetro (mm)		Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de rotura estipulada (kN)	Resistência elétrica a 20 °C em corrente contínua (Ω/km)
	Liga de alumínio	Aço	Liga de alumínio	Aço	Total	Aço	Cabo			

**Quadro B.3**
**Relações de cableagem e sentido de cableagem do cabo proposto**

Designação EDP	Número de fios		Relação de cableagem dos fios de aço		Relação de cableagem dos fios de liga de alumínio					Sentido de cableagem da camada exterior
			Camada de 6 fios		Camada exterior		Camadas interiores			
	Liga de alumínio	Aço	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	n <sup>1)</sup>	

1) n - nº de camadas interiores de liga de alumínio.

**Quadro B.4**  
**Características dos fios de liga de alumínio**

Característica	Característica Especificada	Característica Proposta
Tipo	AL3	
Massa volúmica a 20°C	2,70 kg/dm <sup>3</sup>	
Coeficiente de dilatação linear	23 x 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	
Coeficiente de temperatura da resistência, a massa constante, a 20 °C	3,6 x 10 <sup>-3</sup> K <sup>-1</sup>	
Módulo de elasticidade	68 000 N/mm <sup>2</sup>	
Resistividade a 20 °C	32,53 nΩ.m (máx)	
Tensão de rotura	295 N/mm <sup>2</sup> (min)	
Condutividade nominal	53,0 % IACS	
Alongamento após rotura (250 mm)	3,5 % (min)	

**Quadro B.5**  
**Características dos fios de aço zincado**

Característica	Característica Especificada	Característica Proposta
Tipo	ST1A	
Massa volúmica a 20°C	7,78 kg/dm <sup>3</sup>	
Coeficiente de dilatação linear	11,5 x 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	
Módulo de elasticidade	207 000 N/mm <sup>2</sup>	
Resistividade a 20 °C	192 nΩ.m	
Processo de zincagem	Imersão a quente/Electro zincagem	
Percentagem de zinco dos lingotes	99,85% (min)	

## ANEXO C

## QUADRO DE ENSAIOS

## Quadro C.1

## Quadro de ensaios de tipo e série por amostra

Referência do Cabo		Subcláusula da norma EN 50 182	Ensaio de tipo	Ensaio de série por amostra	Observações
<b>Condutor</b>	Aspeto exterior / Estado superficial	6.4.1			
	Diâmetro	6.4.2			
	Verificação do estado inerte	6.4.3			
	Relação e sentido de cableamento	6.4.4			
	Número de fios	6.4.5			
	Massa por unidade de comprimento	6.4.6			
	Diagrama tensão-deformação	6.4.7		-	
	Carga de rotura	6.4.8		-	
	Ensaio de desenrolamento	6.4.9	(1)	-	
<b>Fios de liga de alumínio</b>	Diâmetro	6.5.2			
	Resistência à tração				
	Resistividade				
	Ensaio de enrolamento				
	Soldaduras	6.5.3		-	
<b>Fios de aço zincado</b>	Diâmetro	6.5.2			
	Resistência à tração				
	Tensão mecânica a 1 % de alongamento				
	Teste de alongamento ou de torsão				
	Ensaio de enrolamento				
	Massa do revestimento de zinco				
	Continuidade do revestimento de zinco				
	Aderência do revestimento de zinco				
(1) Ensaio a realizar por acordo entre a EDP Distribuição e o fornecedor.					