

CONDUTORES NUS PARA LINHAS AÉREAS

Cabos de liga de alumínio

Características e ensaios

Elaboração: DTI

Homologação: conforme despacho do CA de 2013-11-04

Edição: 7ª. Substitui a edição de MAR 2013

ÍNDICE

0	INTRODUÇÃO.....	3
1	OBJETO	3
2	NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	3
3	TERMOS E DEFINIÇÕES.....	3
4	CARACTERÍSTICAS DOS FIOS DE LIGA DE ALUMÍNIO.....	4
4.1	Características elétricas e físicas (para efeitos de cálculo).....	4
4.2	Material	5
4.3	Ausência de defeitos.....	5
4.4	Diâmetros nominais e tolerâncias	5
4.5	Soldaduras	5
4.6	Ensaio s	5
5	CARACTERÍSTICAS DOS CABOS DE LIGA DE ALUMÍNIO	5
5.1	Secções e composições dos cabos.....	5
5.2	Sentido de cableagem	6
5.3	Relação de cableagem	6
5.4	Soldaduras	7
5.5	Comprimentos modulares de entrega e tolerâncias admitidas	7
6	PRODUTO DE PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO	7
7	ENSAIOS.....	8
7.1	Ensaio s de tipo.....	8
7.2	Ensaio s de série por amostra - Amostragem.....	8
7.3	Especificação dos ensaio s de tipo e de série por amostra	8
8	MARCAÇÃO.....	9
9	CONDIÇÕES RELATIVAS AO ACONDICIONAMENTO DOS CABOS.....	10
10	GUIA DE USO	10
	ANEXO A – INFORMAÇÃO RELATIVA AOS CABOS NUS DE LIGA DE ALUMÍNIO	11

0 INTRODUÇÃO

O presente documento anula e substitui a edição anterior, elaborada em março de 2013.

A principal alteração foi a seguinte: foi especificado novo comprimento modular de entrega do cabo de liga de alumínio de secção nominal 54,6 mm².

1 OBJETO

O presente documento destina-se a indicar as características e os ensaios de cabos nus de liga de alumínio do tipo alumínio-magnésio-silício para linhas aéreas da EDP Distribuição – Energia, SA.

Nota: todos os cabos especificados no presente documento cabem na designação AL4, da EN 50182.

2 NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

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

- EN 50182 (May 2001) - Conductors for overhead lines - Round wire concentric lay stranded conductors
- EN 50183 (January 2000) - Conductors for overhead lines - Aluminium-magnesium-silicon alloy wires
- EN 50326 (August 2002) - Conductors for overhead lines - Characteristics of greases
- IEC 60050-466 - International Electrotechnical Vocabulary (IEV) - Chapter 466: Overhead Lines

3 TERMOS E DEFINIÇÕES

Para efeitos do presente documento, são aplicáveis as seguintes definições, que estão de acordo com a EN 50182 e a IEC 60050-466.

3.1

condutor

material destinado a ser usado para transportar corrente elétrica e constituído por vários fios não isolados e cableados em conjunto.

3.2

condutor cableado em camadas concêntricas

condutor constituído por uma alma central rodeada por uma ou mais camadas sucessivas de fios enrolados em hélices de sentidos alternados.

3.3

cabo de liga de alumínio

condutor composto por fios de liga de alumínio, cableados em camadas concêntricas.

3.4

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.

3.5

passo de cableagem

comprimento axial de uma volta completa da hélice formada por um fio individual dum condutor cableado.

3.6

relação de cableagem (duma camada)

relação entre o passo de cableagem e o diâmetro exterior da camada correspondente dos fios do condutor cableado.

3.8

fio

filamento de metal trefilado com uma secção reta circular constante.

3.9

comprimento de cabo

é o comprimento modular de entrega, tal como especificado na secção 5.5 do presente documento.

Nota: para evitar dúvidas, o comprimento modular de entrega, nos casos das secções nominais de 54,6 mm² e de 117 mm² é, respetivamente, de 4000 m e 5000 m (ver quadro 4, secção 5.5 do presente documento).

3.10

fornecimento

por fornecimento, entende-se uma quantidade determinada de produtos, que pode ser constituída por um ou mais lotes de produção, colocados, de uma só vez, à disposição do cliente.

3.11

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).

3.12

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.

4 CARACTERÍSTICAS DOS FIOS DE LIGA DE ALUMÍNIO

Os fios de liga de alumínio serão do tipo AL4, devendo ter as seguintes características, de acordo com a norma EN 50183.

4.1 Características elétricas e físicas (para efeitos de cálculo)

— Massa volúmica, a 20 °C	2,70 kg/dm ³
— Coeficiente de dilatação linear	23 x 10 ⁻⁶ K ⁻¹
— Coeficiente de temperatura da resistência, a massa constante, a 20 °C	3,6 x 10 ⁻³ K ⁻¹
— Módulo de elasticidade	68000 N/mm ²
— Resistividade máxima, a 20 °C	32,9 nΩ.m
— Tensão de rotura mínima	325 N/mm ²
— Condutividade nominal	52,9 % IACS
— Alongamento mínimo após rotura (250 mm)	3,0 %

4.2 Material

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

4.3 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).

4.4 Diâmetros nominais e tolerâncias

Os fios de liga de alumínio devem ter os diâmetros nominais e respetivas tolerâncias indicados no quadro 1. Os valores dos diâmetros são expressos em milímetros, com duas casas decimais.

Quadro 1
Características dos fios de liga de alumínio

Diâmetros	
Valor nominal (mm)	Tolerâncias
2,50	± 0,03 mm
2,80	
3,15	± 1%

4.5 Soldaduras

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

4.6 Ensaios

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 norma EN 50183.

Os ensaios a realizar nos fios de liga de alumínio são os listados no quadro 6 do presente documento.

5 CARACTERÍSTICAS DOS CABOS DE LIGA DE ALUMÍNIO

Os cabos de liga de alumínio devem ter as seguintes características, de acordo com a norma EN 50182:

5.1 Secções e composições dos cabos

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

Quadro 2
Cabos de liga de alumínio

Código	Código antigo	Secção	Número de fios	Diâmetro		Massa por unidade de comprimento	Carga de rotura	Resistência elétrica em corrente contínua
				Fio	Cabo			
		(mm ²)		(mm)	(mm)			
34-AL4	Aster 34,4	34,36	7	2,50	7,5	93,8	11,17	0,9592
55-AL4	Aster 54,6	54,55	7	3,15	9,5	148,9	17,73	0,6042
117-AL4	Aster 117	116,99	19	2,80	14,0	321,2	38,02	0,2833
148-AL4	Aster 148,1	148,07	19	3,15	15,8	406,5	48,12	0,2239
288-AL4	Aster 288,3	288,35	37	3,15	22,1	794,3	93,71	0,1154

Nota: os valores da massa por unidade de comprimento dos cabos, indicados na coluna "Massa por unidade de comprimento", não incluem os valores correspondentes à massa do produto de proteção contra a corrosão, uma vez que esse valor depende do tipo de produto usado.

No quadro 5 são apresentados os valores dessa massa, para um caso de aplicação do produto: todo o condutor lubrificado, exceto a superfície exterior dos fios da camada exterior: Caso 4 (figura B.1(d), do anexo B, da EN 50182).

5.2 Sentido de cableagem

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

Os fios da última camada 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.

5.3 Relação de cableagem

As relações de cableagem dos fios nas diferentes camadas devem estar dentro dos limites abaixo fixados no quadro 3.

Quadro 3
Relações de cableagem dos fios das diversas camadas

Secção nominal do cabo (mm ²)	Número de fios	Número de camadas (a)	Relação de cableagem dos fios			
			Camada exterior		Camadas interiores	
			Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
34,4	7	1	10	14	—	—
54,6	7	1	10	14	—	—
117	19	2	10	14	10	16
148	19	2	10	14	10	16
288	37	3	10	14	10	16

(a) - número de camadas, excluindo o fio central.

Num condutor com diversas camadas, a relação de cableagem de qualquer camada não deve ser superior à relação de cableagem da camada imediatamente subjacente.

5.4 Soldaduras

Só são permitidas soldaduras nos fios de liga de alumínio nas condições expressas na cláusula 5.6 da EN 50182.

5.5 Comprimentos modulares de entrega e tolerâncias admitidas

Os cabos devem ser entregues em bobinas com os comprimentos modulares abaixo indicados no quadro 4, sobre os quais se admitem as tolerâncias nele referidas.

Quadro 4
Comprimentos modulares de entrega e tolerâncias admitidas

Secção nominal do cabo (mm ²)	Comprimentos modulares (m)	Tolerâncias
34,4	2 000	± 5%
54,6	4 000	
117	5 000	
148	4 500	
288	3 500	

6 PRODUTO DE PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO

Os cabos de liga de alumínio deverão ser protegidos contra a corrosão por meio da aplicação, antes da cableagem, de um produto obedecendo à norma EN 50326 e aprovado pela EDP Distribuição.

Os condutores são completamente lubrificados, exceto a superfície exterior dos fios da camada exterior: Caso 4 (figura B.1(d), do anexo B, da EN 50182). A massa do produto de proteção, para cada cabo deverá estar de acordo com os valores abaixo referidos no quadro 5.

Quadro 5
Massa do produto de proteção

Secção nominal do cabo (mm ²)	Massa do produto de proteção (kg/km)
34,4	0,9 a 1,3
54,6	1,4 a 2,0
117	11,2 a 16,8
148	14,2 a 21,3
288	35,9 a 53,8

7 ENSAIOS

7.1 Ensaio de tipo

Os ensaios de tipo destinam-se a verificar as características principais de um condutor, que dependem principalmente do seu projeto. Realizam-se apenas uma vez, para uma dada constituição do condutor.

Os ensaios referentes ao diagrama tensão-deformação, carga de rotura e de desenrolamento carecem de acordo entre as partes.

Os ensaios de tipo a realizar nos fios de liga de alumínio e nos cabos de liga de alumínio, assim como no produto de proteção contra a corrosão encontram-se listados e indexados às subcláusulas da EN 50182 no quadro 6, abaixo.

7.2 Ensaio de série por amostra - Amostragem

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 das 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.

No sentido de verificar o produto de proteção contra a corrosão, deve ser retirada uma amostra do condutor de uma das bobinas de cada lote a controlar.

Os ensaios de série por amostra a realizar nos fios de liga de alumínio e nos cabos de liga de alumínio, assim como no produto de proteção contra a corrosão encontram-se listados e indexados às subcláusulas da EN 50182 no quadro 6, abaixo.

7.3 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 e nos cabos de liga de alumínio, assim como no produto de proteção contra a corrosão, encontram-se listados e indexados às subcláusulas da EN 50182 no quadro 6, seguinte:

Quadro 6
Ensaio de tipo e de série por amostra

		Ensaio de tipo	Ensaio de série por amostra	Subcláusula da norma EN 50182
Condutor	Aspeto 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	(1)	-	6.4.7
	Carga de rotura	(1)	-	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	
	Alongamento	x	x	
	Resistividade	x	x	
	Ensaio de enrolamento	x	x	
	Soldaduras	x	-	6.5.3
Produto de proteção contra a corrosão	Massa por unidade de comprimento	x	x	6.6.1
	Ponto de gota	x	x	6.6.2

(1) Depois de acordado entre a EDP Distribuição e o fabricante.

8 MARCAÇÃO

As bobinas de cabo de liga de alumínio 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 de alumínio 54,6 mm²").
- Peso líquido e tara.
- Marca com a sigla EDP Distribuição.
- Semana e Ano de fabrico¹⁾.
- Número de bobina ou referência que permita a rastreabilidade do cabo.
- Identificação da encomenda da EDP Distribuição.
- Armazém da EDP Distribuição, de destino.

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.

1) Segundo a norma NP EN 28601 (1996) em representação truncada, na forma YYWww (por exemplo, 96W12 para a 12ª semana de 1996). Em alternativa, admite-se a forma de representação Ano – Mês – Dia.

9 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.

As bobinas devem ter, sobre, pelo menos, uma das abas, uma etiqueta não facilmente alterável e suficientemente resistente, contendo as marcações indicadas na anterior secção 8.

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 ou produto de proteção contra a corrosão.

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

10 GUIA DE USO

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

ANEXO A
INFORMAÇÃO RELATIVA AOS CABOS NUS DE LIGA DE ALUMÍNIO

Candidato:
Responsável pelo preenchimento:
Cargo ocupado:
Contacto telefónico:
e-mail:

Referências EDP dos cabos	
Fornecedor	
Fabricante / Nacionalidade do fabricante	/
Marca comercial	

Referência do condutor/Código	Secção	Número de fios	Diâmetro		Massa por unidade de comprimento	Carga de rotura estipulada	Resistência elétrica em corrente contínua
			Fio	Cabo			
	(mm ²)		(mm)	(mm)	(kg/km)	(kN)	(Ω/km)

Referência do condutor:					
		Subcláusula da norma EN 50182	Ensaio de tipo	Ensaio de série por amostra	Observações
Condutor	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	(1)	-	
	Carga de rotura	6.4.8	(1)	-	
	Ensaio de desenrolamento	6.4.9	(1)	-	

- Continua -

- Continuação anexo A -

Referência do condutor:					
		Subcláusula da norma EN 50182	Ensaio de tipo	Ensaio de série por amostra	Observações
Fios de alumínio	Diâmetro	6.5.2			
	Resistência à tração	6.5.2			
	Resistividade	6.5.2			
	Ensaio de enrolamento	6.5.2			
	Soldaduras	6.5.3			
Produto de proteção	Massa por unidade de comprimento	6.6.1			
	Ponto de gota	6.6.2			

(1) Depois de acordado entre a EDP Distribuição e o fabricante.