

## **CONDUTORES NUS PARA LINHAS AÉREAS**

### **Cabos de guarda com fibra ótica (OPGW)**

Características e ensaios

---

**Elaboração:** DTI/DAT

**Homologação:** conforme despacho do CA de 2013-05-13

**Edição:** 2ª. Anula e substitui a edição de ABR 2010

## ÍNDICE

0	OBJETO.....	5
1	CAMPO DE APLICAÇÃO .....	5
2	NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA .....	5
2.1	Normas EN.....	6
2.2	Normas IEC.....	6
2.3	Normas ISO.....	6
2.4	Normas ITU-T .....	6
3	TERMOS E DEFINIÇÕES .....	7
4	ABREVIATURAS .....	8
5	CONDIÇÕES NORMAIS DE SERVIÇO.....	8
5.1	Ações sobre as linhas .....	8
5.2	Requisitos elétricos .....	8
5.3	Requisitos mecânicos.....	8
5.4	Categoria de corrosividade atmosférica .....	8
5.5	Condições de instalação.....	9
6	CARACTERÍSTICAS DOS FIOS DE LIGA DE ALUMÍNIO-MAGNÉSIO-SILÍCIO (AA).....	9
6.1	Generalidades .....	9
6.2	Valores para os fios de liga de alumínio-magnésio-silício.....	9
6.3	Material.....	9
6.4	Ausência de defeitos .....	9
6.5	Diâmetros nominais e tolerâncias.....	9
6.6	Soldaduras.....	10
6.7	Características mecânicas .....	10
7	CARACTERÍSTICAS DOS FIOS DE AÇO REVESTIDOS DE ALUMÍNIO (ACS).....	10
7.1	Generalidades .....	10
7.2	Material.....	10
7.3	Ausência de defeitos .....	10
7.4	Massa volúmica.....	11
7.5	Tolerâncias sobre os diâmetros nominais.....	11
7.6	Espessura mínima de alumínio.....	11
7.7	Tensão de rotura à tração .....	11
7.8	Alongamento.....	11
7.9	Resistividade.....	12



7.10	Resistência à torção .....	12
7.11	Tensão a 1 % de alongamento .....	12
7.12	Soldaduras.....	12
8	CARACTERÍSTICAS DAS FIBRAS ÓTICAS.....	12
8.1	Generalidades .....	12
8.2	Requisitos das fibras óticas classe B1.3.....	13
8.2.1	Requisitos dimensionais.....	13
8.2.2	Requisitos mecânicos.....	13
8.2.3	Requisitos de transmissão .....	13
8.3	Características óticas do cabo .....	14
8.3.1	Atenuação .....	14
8.3.2	Comprimento da onda de corte das fibras no cabo .....	14
8.3.3	Dispersão do modo de polarização (PMD) .....	14
8.4	Identificação das fibras .....	15
9	CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO DOS CABOS OPGW.....	15
9.1	Generalidades .....	15
9.2	Número e tipo de fibras .....	15
9.3	Descrição detalhada da constituição do cabo.....	15
9.4	Diâmetro exterior.....	16
9.5	Secção reta calculada para determinar RTS.....	16
9.6	Massa calculada .....	17
9.7	Carga de rotura estipulada (RTS) .....	17
9.8	Módulo de elasticidade.....	17
9.9	Coefficiente de dilatação térmica .....	17
9.10	Resistência elétrica em corrente contínua.....	17
9.11	Corrente de defeito admissível .....	18
9.12	Tensão máxima admissível (MAT).....	18
9.13	Gamas de temperaturas admitidas.....	18
9.14	Margem de alongamento.....	18
9.15	Sentido de cableagem da camada exterior.....	18
9.16	Raio mínimo de curvatura durante a instalação.....	19
9.17	Raio mínimo de curvatura após instalação .....	19
9.18	Efeito do hidrogénio nas fibras óticas.....	19
9.19	Compatibilidade dos acessórios.....	19
9.20	Material de enchimento.....	19
9.21	Comprimento de cabo.....	19
9.22	Tração máxima admissível no estado EDS .....	19

---

10	MARCAÇÃO .....	20
11	ENSAIOS DE TIPO .....	20
11.1	Generalidades .....	20
11.2	Ensaio de coeficiente de atenuação.....	20
11.3	Ensaio de descontinuidades de atenuação.....	20
11.4	Ensaio de linearidade de atenuação .....	20
11.5	Ensaio de comprimento de onda de corte das fibras no cabo.....	20
11.6	Ensaio de dispersão do modo de polarização.....	21
11.7	Ensaio de resistência à força de tração.....	21
11.8	Ensaio de tensão-deformação.....	21
11.9	Ensaio de resistência à rotura .....	21
11.10	Ensaio de passagem sobre roldanas .....	21
11.11	Ensaio de vibrações eólicas.....	21
11.12	Ensaio de fluência.....	21
11.13	Ensaio de ciclos de temperatura .....	21
11.14	Ensaio de penetração de água .....	21
11.15	Ensaio de curto-circuito .....	22
11.16	Ensaio de descarga atmosférica.....	22
11.17	Ensaio de compatibilidade dos acessórios.....	22
11.18	Ensaio de adequação do material de enchimento.....	22
11.18.1	Ensaio de verificação da quantidade de óleo separado .....	22
11.18.2	Ensaio de deteção de matérias corrosivas.....	22
11.18.3	Ensaio de determinação do ponto de gota.....	22
11.18.4	Ensaio de verificação do aumento de massa.....	22
12	ENSAIOS DE RECEÇÃO.....	22
13	ENSAIOS DE SÉRIE .....	23
14	INFORMAÇÃO A APRESENTAR EM CONCURSOS E PROPOSTAS .....	23
15	REGRAS PARA O TRANSPORTE, ARMAZENAMENTO, INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO.....	23
	ANEXO A - ACESSÓRIOS PARA CABOS OPGW.....	24
	ANEXO B - PLANO DE ENSAIOS DE TIPO PARA OS ELEMENTOS DOS CABOS OPGW.....	28
	ANEXO C - PLANO DE ENSAIOS DE TIPO PARA CABOS OPGW.....	29
	ANEXO D - QUADROS PARA VERIFICAÇÃO DA CONFORMIDADE TÉCNICA .....	30
	ANEXO E - CÓDIGO DE CORES PARA IDENTIFICAÇÃO DAS FIBRAS ÓTICAS.....	33

## 0 OBJETO

O presente documento destina-se a definir as características e os ensaios a que devem obedecer os cabos de guarda com fibra ótica, internacionalmente conhecidos pela sigla OPGW, a adquirir pela EDP Distribuição.

Relativamente à versão anterior destacam-se as seguintes alterações:

- clarificação da não aceitação de cabos com núcleo ótico central;
- introdução do código de cores para identificação das fibras para as várias topologias de cabos;
- alteração da categoria das fibras óticas.

## 1 CAMPO DE APLICAÇÃO

O presente documento aplica-se aos cabos de guarda com fibra ótica (OPGW) indicados no quadro 1 seguinte, mais à frente designados por cabos OPGW, ou simplesmente cabos, para instalação em linhas elétricas aéreas de AT (60 kV) da EDP Distribuição<sup>1)</sup>.

**Quadro 1**  
**Cabos OPGW normalizados**

Designação EDP	Fibras [IEC 60793-2-50 B1.3]	AA [IEC 60104]	ACS [IEC 61232]	RTS [kN]	$\phi_{ext}$ [mm]	Massa [kg/km]	$I_{cc(0,5s)}$ [kA]
24FO-A3/SA1A-17,0kA	24	A	20SA-A	≥70	15,0-16,5	≤550	17
48FO-A3/SA1A-17,0kA	48	A	20SA-A	≥70	15,0-16,5	≤613	17
24FO-A3/SA1A-25,0kA	24	A	20SA-A	≥88	17,5-19,6	≤726	25
48FO-A3/SA1A-25,0kA	48	A	20SA-A	≥88	17,5-19,6	≤755	25
24FO-A3/SA1A-31,5kA	24	A	20SA-A	≥115	19,6-21,7	≤955	31,5
48FO-A3/SA1A-31,5kA	48	A	20SA-A	≥115	19,6-21,7	≤955	31,5

Os cabos OPGW normalizados são compostos pelos seguintes elementos: fios de liga de alumínio-magnésio-silício (AA), fios de aço revestidos de alumínio (ACS) e elementos óticos (elementos do cabo que contêm as fibras óticas).

**Nota:** o presente documento não contempla os acessórios para instalação de cabos OPGW em linhas elétricas aéreas de AT (60 kV). Contudo, no anexo B do presente documento, são apresentados a título informativo os acessórios normalizados<sup>2)</sup> na EDP Distribuição para instalação de cabos de guarda de alumínio-aço, e que poderão também ser utilizados para a instalação dos cabos OPGW. Adicionalmente, são também apresentados outros acessórios não normalizados na EDP Distribuição, mas que são utilizados na instalação dos cabos OPGW (pinças de amarração, guarda cabos para pinças de amarração e antivibradores). Em qualquer dos casos atrás referidos, será sempre da responsabilidade do fabricante a indicação e caracterização dos acessórios necessários para a instalação dos cabos OPGW propostos, de acordo com o disposto na secção 7 da norma IEC 60794-4-10.

## 2 NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

O presente documento inclui disposições de outros documentos, referenciados nos locais apropriados do seu texto, os quais se encontram a seguir listados, com indicação das respetivas datas de edição. Quaisquer alterações das referidas edições só serão aplicáveis, no âmbito do presente documento, se forem objeto de inclusão específica, por modificação ou aditamento ao mesmo.

1) Estabelecidas em Portugal Continental.

2) DMA-C66-901/E (1ª edição), de janeiro de 1994.

**2.1 Normas EN**

<b>Norma</b>	<b>Edição</b>	<b>Título</b>
EN 50341-1	2001	Overhead electrical lines exceeding AC 45 kV - Part 1: General requirements - Common specifications
EN 50341-3-17	2001	Overhead electrical lines exceeding AC 45 kV - Part 1: General requirements - National normative aspects (NNA) for Portugal

**2.2 Normas IEC**

<b>Norma</b>	<b>Edição</b>	<b>Título</b>
IEC 60794-1-1	2001	Optical fibre cables - Part 1-1: Generic specification - General
IEC 60794-1-2	2003	Optical fibre cables - Part 1-2: Generic specification - Basic optical cable test procedures
IEC 60794-4	2003	Optical fibre cables - Part 4: Sectional specification - Aerial optical cables along electrical power lines
IEC 60794-4-10	2006	Optical fibre cables - Part 4-10: Sectional specification - Aerial optical cables along electrical power lines - Family specification for OPGW (Optical Ground Wires)
IEC 60793-2-50	2004	Optical fibres - Part 2-50: Product specification - Sectional specification for class B single-mode fibres
IEC 60811-4-2	2004	Insulating and sheathing materials of electric and optical cables - Common test methods - Part 4-2: Methods specific to polyethylene and polypropylene compounds - Tensile strength and elongation at break after conditioning at elevated temperature - Wrapping test after conditioning at elevated temperature - Wrapping test after thermal ageing in air - Measurement of mass increase - Long-term stability test - Test method for copper-catalyzed oxidative degradation
IEC 60811-5-1	2004	Insulating and sheathing materials of electric and optical cables - Common test methods - Part 5-1: Methods specific to filling compounds - Drop-point - Separation of oil - Lower temperature brittleness - Total acid number - Absence of corrosive components - Permittivity at 23 °C - DC resistivity at 23 °C and 100 °C
IEC 60104	1987	Aluminium-magnesium-silicon alloy wire for overhead line conductors
IEC 60304	1982	Standard colours for insulation for low-frequency cables and wires
IEC 61089	1991	Round wire concentric lay overhead electrical stranded conductors
IEC 61232	1993	Aluminium-clad steel wires for electrical purposes
IEC TR 62263	2005	Live working - Guidelines for the installation and maintenance of optical fibre cables on overhead power lines

**2.3 Normas ISO**

<b>Norma</b>	<b>Edição</b>	<b>Título</b>
ISO 8601	1988	Data elements formats - Information interchange - Representation of dates and times
ISO 9223	1992	Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Classifications

**2.4 Normas ITU-T**

<b>Norma</b>	<b>Edição</b>	<b>Título</b>
ITU-T G.650.1	2004	Definitions and test methods for linear, deterministic attributes of single-mode fibre and cable
ITU-T G.652	2005	Characteristics of a single-mode optical fibre and cable

### 3 TERMOS E DEFINIÇÕES

Para efeitos do presente documento, são aplicáveis os termos e definições indicados nas normas supracitadas, transcrevendo-se apenas os considerados relevantes para a compreensão do presente documento.

#### 3.1

##### **Tensão máxima admitida (MAT)**

Carga de tração máxima que é admissível aplicar ao cabo sem derogar os requisitos de resistência à tração (desempenho ótico, alongamento da fibra) (secção 3.1.1 da norma IEC 60794-4).

#### 3.2

##### **Tensão Máxima de Instalação (MIT)**

Carga de tração máxima recomendada durante a instalação

#### 3.3

##### **Carga de rotura estipulada (RTS)**

Soma do produto da secção nominal, da resistência mínima à tração e do fator de cablagem para cada material que sofre uma tração na construção do cabo (secção 3.1.2 da norma IEC 60794-4).

#### 3.4

##### **Margem de alongamento**

Alongamento que o cabo ótico para utilização ao longo de linhas elétricas (OCEPL) pode suportar sem que se verifique o alongamento das fibras devido ao natural alongamento do cabo (secção 3.1.3 da norma IEC 60794-4).

#### 3.5

##### **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 4 da norma IEC 61089).

#### 3.6

##### **Condutor**

Material destinado a ser usado para transportar corrente elétrica e constituído por vários fios não isolados e cableados em conjunto (secção 4 da norma IEC 61089).

#### 3.7

##### **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 (secção 4 da norma IEC 61089).

#### 3.8

##### **Passo de cableagem**

Comprimento axial de uma volta completa da hélice formada por um fio individual dum condutor cableado (secção 4 da norma IEC 61089).

#### 3.9

##### **Ensaio de tipo**

Ensaio realizado sobre um tipo de cabo abrangido pela norma IEC 60794-4, antes do seu fornecimento, segundo uma base comercial, a fim de demonstrar que as suas características correspondem às aplicações previstas. Estes ensaios devem ser realizados sobre um comprimento de cabo que satisfaça os requisitos dos ensaios de série aplicáveis. Estes ensaios, após terem sido realizados, não necessitam de ser repetidos a menos que sejam introduzidas alterações significativas nos materiais constituintes, na conceção do cabo ou no tipo de processo de fabricação, suscetíveis de alterarem as suas características de funcionamento (secção 9.1.1 da norma IEC 60794-4).

### 3.10

#### Ensaio por amostra

Ensaio realizado sobre amostras completas do cabo ou componentes retirados de um cabo completo adequado para verificar que o produto acabado satisfaz os requisitos de conceção. O campo de aplicação e a frequência destes ensaios sobre as amostras, se requeridos, devem ser acordados entre o cliente e o fornecedor (secção 9.1.2 da norma IEC 60794-4).

### 3.11

#### Ensaio de série

Ensaio realizado sobre a totalidade de comprimento do cabo fabricado a fim de assegurar a sua conformidade (secção 9.1.3 da norma IEC 60794-4).

### 3.12

#### Tracção máxima admissível no estado EDS

Carga máxima de trabalho recomendada a aplicar ao cabo de forma permanente após instalação (considerando 15 °C, sem vento, sem gelo).

## 4 ABREVIATURAS

No presente documento são usadas as seguintes abreviaturas:

<b>DMA</b>	Documento normativo da EDP Distribuição (Materiais e Aparelhos - Características e ensaios).
<b>IEC</b>	Norma internacional emitida pela IEC (Comissão Eletrotécnica Internacional).
<b>ITU-T</b>	Recomendação internacional emitida pela ITU para o setor das telecomunicações (União Internacional de Telecomunicações).
<b>MAT</b>	Tensão máxima admitida.
<b>RTS</b>	Carga de rotura estipulada.
<b>OCEPL</b>	Cabo ótico para utilização ao longo de linhas eléctricas.
<b>OPGW</b>	Cabo de guarda com fibra ótica. Um cabo OPGW possui a função de cabo de terra convencional com capacidades de telecomunicações.

## 5 CONDIÇÕES NORMAIS DE SERVIÇO

### 5.1 Ações sobre as linhas

Os cabos OPGW são submetidos às ações sobre as linhas eléctricas aéreas definidas nas normas EN 50341-1 e EN 50341-3-17 (cargas permanentes, carga do vento, carga do gelo, cargas combinadas do vento e do gelo, efeitos da temperatura, cargas de instalação e de manutenção, cargas de segurança, ...).

### 5.2 Requisitos eléctricos

Os cabos OPGW são explorados nas condições eléctricas definidas na secção 9.2.2 da norma EN 50341-3-17.

### 5.3 Requisitos mecânicos

Os cabos OPGW são explorados nas condições mecânicas definidas na secção 9.2.4 da norma EN 50341-3-17.

### 5.4 Categoria de corrosividade atmosférica

Os cabos OPGW são utilizados em linhas eléctricas aéreas estabelecidas em atmosferas de categoria de corrosividade C3, de acordo com a norma ISO 9223.

## 5.5 Condições de instalação

Os cabos OPGW são instalados em linhas elétricas aéreas de AT (60 kV) com recurso ao método convencional de tensão mecânica, de acordo com o disposto na norma IEC TR 62263.

## 6 CARACTERÍSTICAS DOS FIOS DE LIGA DE ALUMÍNIO-MAGNÉSIO-SILÍCIO (AA)

### 6.1 Generalidades

Os fios de liga de alumínio-magnésio-silício, adiante também designados apenas por fios, fios de alumínio ou simplesmente abreviados pela sigla AA, devem ser do tipo A e estar de acordo com as características e ensaios especificados na norma IEC 60104.

### 6.2 Valores para os fios de liga de alumínio-magnésio-silício

Para efeitos de cálculo, os valores a considerar para os fios de liga de alumínio-magnésio-silício do tipo A devem ser os seguintes:

— resistividade máxima a 20 °C:	32,840 nΩ.m
— massa volúmica nominal a 20 °C:	2,703 kg/dm <sup>3</sup>
— coeficiente de dilatação linear:	23x10 <sup>-6</sup> (por °C)
— coeficiente da temperatura da resistência à massa constante a 20 °C:	0,0036 (por °C)

**Nota:** a resistividade máxima a 20 °C especificada corresponde a 52,5 % de IACS<sup>3)</sup>.

### 6.3 Material

Os fios devem ser de liga de alumínio-magnésio-silício tratada termicamente e devem possuir uma composição apropriada às propriedades mecânicas e elétricas definidas na norma IEC 60104 para os fios de liga de alumínio do tipo A.

### 6.4 Ausência de defeitos

Os fios de alumínio devem possuir uma superfície lisa e livre de todas as imperfeições incompatíveis com as boas práticas e com as prescrições do presente documento.

### 6.5 Diâmetros nominais e tolerâncias

O diâmetro nominal dos fios de alumínio deve ser expresso em milímetros, com duas casas decimais.

Cada medição do diâmetro do fio de alumínio não deve diferir do valor nominal do diâmetro mais do que as tolerâncias indicadas no quadro 2 seguinte.

**Quadro 2**  
**Diâmetros nominais e tolerâncias**

Diâmetro nominal [mm]		Tolerância
maior que	menor ou igual a	
-	3,00	±0,03 mm
3,00	-	±1 %

Para verificação da conformidade dos valores acima especificados, o diâmetro deve ser determinado por duas medições em ângulos retos na mesma secção reta.

3) Especificação Internacional de Cobre Recozido (International Annealed Cooper Standard).

## 6.6 Soldaduras

As soldaduras podem ser realizadas antes da trefilagem final. As soldaduras pode também ser realizadas em fio acabado, desde que:

- a bobina possua 500 kg ou mais;
- não exista mais de uma soldadura na referida bobina;
- não existam mais de 10 % de bobinas nas condições referidas nas alíneas anteriores;
- o fabricante evidencie que a soldadura possui uma resistência à rotura não inferior a 130 MPa<sup>4)</sup>.

As bobinas que possuam uma soldadura realizada em fio acabado devem ser claramente identificadas.

## 6.7 Características mecânicas

Os fios de liga de alumínio-magnésio-silício devem possuir uma tensão de rotura à tração e um alongamento à rotura não inferior aos valores indicados no quadro 3 seguinte.

**Quadro 3**  
**Tensão de rotura à tração e alongamento à rotura**

Diâmetro nominal		Tipo A	
maior que	menor ou igual a	Tensão de rotura à tração	Alongamento à rotura sobre 250 mm
mm	mm	MPa	%
-	3,5	325	3,0
3,5	-	315	3,0

## 7 CARACTERÍSTICAS DOS FIOS DE AÇO REVESTIDOS DE ALUMÍNIO (ACS)

### 7.1 Generalidades

Os fios de aço revestidos de alumínio, adiante também designados apenas por fios, fios de aço ou simplesmente abreviados pela sigla ACS, devem ser da classe 20SA, do tipo A, e devem estar de acordo com as características e ensaios especificados na norma IEC 61232.

### 7.2 Material

O metal base dos fios de aço revestidos de alumínio deve ser um aço e o seu revestimento deve apresentar uma composição que lhe permita obter as características e as propriedades definidas na norma IEC 61232 para fios da classe 20SA, do tipo A.

O alumínio utilizado como revestimento deve possuir uma pureza mínima igual a 99,5 % e uma qualidade suficiente para satisfazer os requisitos de espessura e de resistência elétrica estabelecidos na norma IEC 61232.

### 7.3 Ausência de defeitos

Os fios de aço revestidos de alumínio devem possuir uma superfície lisa e livre de todas as imperfeições, tais como, fissuras, asperezas, estria, inclusões ou outras imperfeições que possam comprometer o desempenho do produto.

4) *Equivalente a 130 N/mm<sup>2</sup>.*

#### 7.4 Massa volúmica

Os fios de aço revestidos de alumínio devem possuir uma massa volúmica nominal a 20 °C igual a 6,59 g/cm<sup>3</sup>.

#### 7.5 Tolerâncias sobre os diâmetros nominais

O diâmetro dos fios de aço revestidos de alumínio não deve afastar-se do diâmetro nominal de um valor superior ao seguinte:

- diâmetro nominal maior ou igual a 2,67 mm: ±1,5 %
- diâmetro nominal menor que 2,67 mm: ±0,04 mm

#### 7.6 Espessura mínima de alumínio

Em todos os pontos, a espessura mínima de alumínio cobrindo os fios de aço deve ser conforme as seguintes indicações:

- diâmetro nominal menor que 1,80 mm: 8 %
- diâmetro nominal maior ou igual a 1,80 mm: 10 %

#### 7.7 Tensão de rotura à tração

Os fios de aço devem possuir uma tensão de rotura à tração conforme os valores especificados no quadro 4 seguinte.

**Quadro 4**  
**Tensão mecânica e resistividade dos fios**

Diâmetro nominal		Tensão de rotura à tração	Tensão a 1 % de alongamento	Resistividade a 20 °C
maior que	menor ou igual a	min.	min.	máx.
mm	mm	MPa	MPa	nΩ.m
1,24	3,25	1340	1200	84,80 (corresponde a uma condutividade de 20,3 % IACS)
3,25	3,45	1310	1180	
3,45	3,65	1270	1140	
3,65	3,95	1250	1100	
3,95	4,10	1210	1100	
4,10	4,40	1180	1070	
4,40	4,60	1140	1030	
4,60	4,75	1100	1000	
4,75	5,50	1070	1000	

#### 7.8 Alongamento

O fio de aço deve responder, quer à exigência de um mínimo de 1 % de alongamento após rotura, quer à exigência de um mínimo de 1,5 % de alongamento total à ruptura sobre um comprimento de 250 mm. A medição deve ser realizada, quer sob carga nula após rotura, quer aquando da rotura com recurso a extensómetros adequados.

O ensaio de alongamento deve ser realizado pelo método de percentagem total de alongamento à rotura.

## 7.9 Resistividade

A resistividade máxima dos fios de aço deve estar conforme com os valores especificados no quadro 4 para uma temperatura de 20 °C.

## 7.10 Resistência à torção

O fio de aço deve suportar, sem rotura, pelo menos 20 voltas, num comprimento equivalente a 100 vezes o diâmetro nominal do fio.

A amostra, após o ensaio de torção até à destruição, não deve evidenciar separação do alumínio do aço, quando examinado a olho nu ou com óculos de correcção normais.

## 7.11 Tensão a 1 % de alongamento

A tensão a 1 % de alongamento dos fios de aço deve estar conforme com os valores especificados no quadro 4, secção 7.7 do presente documento. O ensaio de verificação desta característica deve ser realizado em fios retos não deformados.

## 7.12 Soldaduras

Os fios de aço acabados não devem possuir soldaduras de qualquer tipo. As soldaduras podem ser realizadas em varão antes da trefilagem do fio acabado. Ao nível das soldaduras, o fio de aço acabado deve satisfazer os requisitos definidos relativamente à espessura mínima de alumínio.

Os equipamentos para a realização das soldaduras e os respetivos procedimentos devem permitir demonstrar que a tensão à tração da amostra do fio de aço acabado que contem uma soldadura não é inferior a 80 % da parte normal, e que é maior que 90 % do valor mínimo especificado no quadro 4, secção 7.7 do presente documento.

# 8 CARACTERÍSTICAS DAS FIBRAS ÓTICAS

## 8.1 Generalidades

As fibras óticas devem ser do tipo monomodo da classe B1.3 sem dispersão deslocada, destinadas à transmissão de sinais a longas distâncias, utilizando gamas de potência de banda de 1310 nm em frações de banda acima dos 1360 nm e abaixo dos 1530 nm, de acordo com o disposto no anexo C da norma IEC 60793-2-50.

As fibras óticas devem possuir um núcleo, envolvido por uma bainha e um revestimento exterior de protecção colorido (ver figura 1) com as cores de referência definidas na norma IEC 60304.

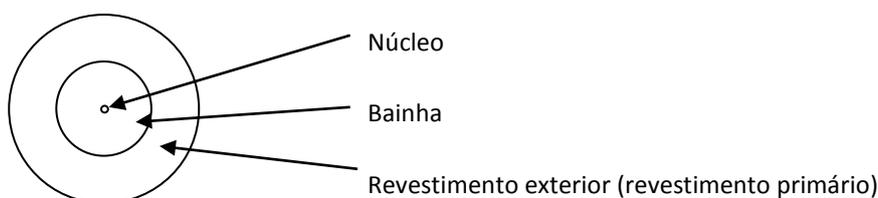


Figura 1 – Secção transversal da fibra ótica

## 8.2 Requisitos das fibras óticas classe B1.3

### 8.2.1 Requisitos dimensionais

As fibras B1.3 devem possuir as características dimensionais indicadas no quadro 5, de acordo com o disposto na tabela C.1 da norma IEC 60793-2-50.

**Quadro 5**  
**Requisitos dimensionais das fibras óticas B1.3**

Atributo	Unidade	Limites	Secção IEC 60793-2-50
Diâmetro da bainha	µm	125 ± 1	3.1
Não circularidade da bainha	%	≤ 2,0	3.1
Erro de concentricidade do núcleo	µm	≤ 0,8	3.1
Diâmetro do revestimento primário – não colorido	µm	245 ± 10	3.1
Diâmetro do revestimento primário – colorido	µm	250 ± 15	3.1
Erro de concentricidade do revestimento primário colorido	µm	≤ 12,5	3.1
Comprimento da fibra	km	(*)	3.1

(\*) De acordo com o disposto na secção 3.1 da norma IEC 60793-2-50.

### 8.2.2 Requisitos mecânicos

As fibras B1.3 devem possuir as características mecânicas indicadas no quadro 6, de acordo com o disposto na tabela C.2 da norma IEC 60793-2-50.

**Quadro 6**  
**Requisitos mecânicos das fibras óticas B1.3**

Atributo	Unidade	Limites	Secção IEC 60793-2-50
Nível de resistência do ensaio	GPa	≥ 0,69	3.2
Força de desnudar (média)	N	1,0 ≤ Fave.strip ≤ 5,0	3.2
Força de desnudar (pico)	N	1,0 ≤ Fpeak.strip ≤ 8,9	3.2
Raio de enrolamento da fibra	m	≥ 2	3.2

### 8.2.3 Requisitos de transmissão

As fibras B1.3 devem possuir as características de transmissão indicadas no quadro 7 seguinte, de acordo com o disposto na tabela C.3 da norma IEC 60793-2-50.

**Quadro 7**  
**Requisitos de transmissão das fibras óticas B1.3**

Atributo	Unidade	Limites	Secção IEC 60793-2-50
Coeficiente de atenuação entre 1310 nm e 1625 nm	dB/km	≤ 0,40	-
Coeficiente de atenuação a 1383 nm ± 3 nm	dB/km	≤ 0,40	-
Coeficiente de atenuação a 1550 nm	dB/km	≤ 0,30	-
Comprimento de onda de dispersão nula, λ <sub>0</sub>	Nm	1300 ≤ λ <sub>0</sub> ≤ 1324	-
Inclinação da dispersão nula	ps/nm <sup>2</sup> .km	≤ 0,093	-
Gama de MFD nominal a 1310 nm	µm	8,6 – 9,5	-
Tolerância MFD	µm	± 0,7	-
Comprimento de onda de corte do cabo	nm	≤ 1260	-
Perdas de curvatura a 1625 nm, 100 voltas sobre um mandril rotativo com 60 mm de diâmetro	dB	≤ 0,50	-
Coeficiente de dispersão do modo de polarização (PMD)	M	20 cabos	(*)
	Q	0,01 %	
	Máximo PMDQ	0,20 ps/√km	
(*) De acordo com a secção 6.2 da recomendação G.652, o valor máximo do PMDQ numa fibra não cableada é especificada para suportar os requisitos primários no cabo PMDQ.			

### 8.3 Características óticas do cabo

Os cabos OPGW, depois de cableados, devem possuir as características de transmissão indicadas no quadro seguinte:

**Quadro 8**  
**Características de transmissão das fibras óticas após cableamento**

Características óticas do cabo	Unidade	Valor
Coeficiente de atenuação máximo a 1310 nm	dB/km	0,40
Coeficiente de atenuação máximo a 1550 nm	dB/km	0,30
Descontinuidade de atenuação	dB/km	0,10
Comprimento de corte de onda da fibra cableada	nm	≤ 1260
Dispersão do modo de polarização (PMD)	ps/√km	0,20 (*)
(*) De acordo com a norma ITU G.652.D.		

A verificação da conformidade técnica das características óticas dos cabos OPGW deve ser efectuada através da realização dos ensaios de tipo indicados a seguir.

#### 8.3.1 Atenuação

O cabo deve ser sujeito ao ensaio de tipo disposto na secção 8.11 da presente especificação.

#### 8.3.2 Comprimento da onda de corte das fibras no cabo

O cabo deve ser sujeito ao ensaio de tipo disposto na secção 11.5 da presente especificação.

#### 8.3.3 Dispersão do modo de polarização (PMD)

O cabo deve ser sujeito ao ensaio de tipo disposto na secção 11.6 da presente especificação.

#### 8.4 Identificação das fibras

As fibras devem ser facilmente identificáveis pela coloração do seu revestimento primário.

As fibras óticas serão coloridas segundo o código especificado na CEI 60304.

A coloração e a marcação das fibras deverão ser identificadas sem ambiguidades. A identificação das fibras deverá ser possível numa secção de 30 cm, devendo também os tubos de proteção (*loose*) serem identificados.

A coloração deverá ser a indicada no anexo E do presente documento.

### 9 CONCEÇÃO E CONSTRUÇÃO DOS CABOS OPGW

#### 9.1 Generalidades

Os cabos OPGW devem ser concebidos e construídos de modo a satisfazerem as características e ensaios especificados no presente documento e a cumprirem, no aplicável, com o disposto nas normas IEC 60794-4, IEC 60794-4-10 e IEC 61089.

A construção dos cabos OPGW deve evitar a ocorrência do efeito negativo do alongamento excessivo das fibras óticas, devido às ações<sup>5)</sup> sobre as linhas e para um valor superior ao especificado para a tensão máxima admitida (MAT).

A superfície do cabo deve estar livre de todas as imperfeições visíveis a olho nu ou com óculos de correcção normais, tais como, cortes, entalhes, etc., não consistentes com as boas praticas comerciais.

Deve ser possível identificar individualmente cada fibra ótica ao longo de toda a extensão do cabo.

Os cabos OPGW devem ser concebidos e construídos de modo a possuírem um tempo de vida útil espectável não inferior a 25 anos.

#### 9.2 Número e tipo de fibras

Os cabos OPGW devem possuir 24 ou 48 fibras do tipo monomodo, com as características especificadas na secção 8 do presente documento.

**Nota:** *depois de construídos, os cabos OPGW devem possuir características óticas não inferiores às especificadas na secção 8.3 do presente documento.*

#### 9.3 Descrição detalhada da constituição do cabo

Os cabos OPGW devem ser constituídos por fios de liga de alumínio-magnésio-silício (AA), fios de aço revestido de alumínio (ACS) e elementos óticos<sup>6)</sup> (elementos do cabo que contêm as fibras óticas), dispostos em camadas concêntricas e desenvolvendo-se alternada e sucessivamente em sentidos contrários.

Os elementos do cabo devem ser dispostos de modo a que os fios de aço e os elementos óticos fiquem protegidos pelos fios de alumínio das camadas exteriores.

5) *Cargas permanentes, carga do vento, carga do gelo, cargas combinadas do vento e do gelo, efeitos da temperatura, cargas de instalação e de manutenção, cargas de segurança, ...*

6) *Os elementos óticos são do tipo tubos metálicos de proteção que proporcionam uma proteção secundária às fibras óticas, as quais, por sua vez, ficam soltas no seu interior.*

Os fios de liga de alumínio e de aço devem possuir as características especificadas nas secções 6 e 7 do presente documento, respetivamente, e uma secção nominal mínima igual a 3 mm<sup>2</sup>.

**Nota:** o número e a secção dos fios de liga de alumínio e de aço devem ser seleccionados, sempre que possível, da tabela D.26 da norma IEC 61089 e devem conferir aos cabos OPGW características elétricas e mecânicas que satisfaçam as prescrições técnicas do presente documento.

Os elementos óticos devem ser constituídos por 1 ou 2 tubos metálicos de proteção de aço inox, os quais devem possuir uma superfície interior lisa e desprovida de quaisquer imperfeições, serem herméticos e selados com as fibras diretamente inseridas no seu interior. Os tubos metálicos de proteção devem ser concebidos de modo a abrigarem e protegerem as fibras óticas contra danos devido ao ambiente ou a forças mecânicas, tais como, compressão longitudinal, esmagamento, dobragem, torção, tração e os efeitos do aquecimento de longa e curta duração.

Os tubos metálicos de proteção devem actuar em conjunto com a camada exterior de fios de liga de alumínio de forma a protegerem as fibras óticas de degradação devido a vibrações e ao efeito de galope, às cargas do vento e do gelo, às grandes variações de temperatura, às descargas atmosféricas e às correntes de defeito, assim como, aos efeitos ambientais que possam produzir halogéneos.

Os tubos metálicos de proteção devem possuir um diâmetro interior consideravelmente superior ao diâmetro exterior da fibra, ou do conjunto de fibras, e os espaços livres no interior dos tubos devem ser preenchidos, de forma contínua, com um material de enchimento que iniba a penetração de água ou qualquer migração de água ao longo das fibras óticas.

O material de enchimento aplicado deve ser compatível com todos os componentes com que esteja em contacto, deve absorver e/ou inibir a geração de hidrogénio no interior do cabo, e deve ser facilmente removível, sem utilizar materiais considerados como perigosos.

O número de soldaduras permitido, por comprimento modular de cabo, para os fios de liga de alumínio e de aço deve estar de acordo com o disposto na secção 5.5 da norma IEC 61089. No relativo às fibras óticas não são admitidas uniões.

Não serão aceites cabos com tubo ótico central.

As fibras óticas incorporadas nos cabos OPGW devem poder ser identificadas individualmente ao longo de toda a sua extensão de acordo com o código de cores indicado no anexo E do presente documento.

#### **9.4 Diâmetro exterior**

O diâmetro exterior do cabo OPGW deve ser declarado pelo fabricante na respetiva ficha técnica, e deve estar compreendido entre a gama de valores especificados no quadro 1 do presente documento.

O cálculo do diâmetro exterior do cabo OPGW deve ser apresentado e deve ser efectuado com base no disposto na secção 5.2 da norma IEC 61089.

A verificação da conformidade técnica deste requisito deve ser efectuada através da realização do ensaio de tipo definido na secção 6.6.2 da norma IEC 61089.

#### **9.5 Secção reta calculada para determinar RTS**

A secção reta calculada para determinar a carga de rotura estipulada (RTS) do cabo OPGW deve ser declarada pelo fabricante na respetiva ficha técnica.

O cálculo da secção reta deve ser apresentado e deve ser efectuado com base no disposto na secção A.2 do anexo A da norma IEC 60794-4.

A verificação da conformidade técnica deste requisito deve ser efectuada através da realização do ensaio de tipo definido na secção 6.6.1 da norma IEC 61089.

### **9.6 Massa calculada**

A massa calculada do cabo OPGW deve ser declarado pelo fabricante na respetiva ficha técnica e não deve ser superior aos valores especificados no quadro 1 do presente documento.

O cálculo da massa do cabo OPGW deve ser apresentado e deve ser efectuado com base no disposto na secção 5.6 da norma IEC 61089.

A verificação da conformidade técnica deste requisito deve ser efectuada através da realização do ensaio de tipo definido na secção 6.6.3 da norma IEC 61089.

### **9.7 Carga de rotura estipulada (RTS)**

A carga de rotura estipulada (RTS) do cabo OPGW deve ser declarada pelo fabricante na respetiva ficha técnica e não deve ser inferior aos valores especificados no quadro 1 do presente documento.

O cálculo da carga de rotura estipulada deve ser apresentado e deve ser efectuado com base no disposto na secção A.1 do anexo A da norma IEC 60794-4.

A verificação da conformidade técnica deste requisito deve ser efectuada através da realização do ensaio de tipo definido na secção 11.9 do presente documento.

### **9.8 Módulo de elasticidade**

O módulo de elasticidade do cabo OPGW deve ser declarado pelo fabricante na respetiva ficha técnica e não deve ser superior a  $98 \text{ kN/mm}^2$ .

O cálculo do módulo de elasticidade deve ser apresentado e deve ser calculado com base no disposto na secção A.3 do anexo A da norma IEC 60794-4.

A verificação da conformidade técnica deste requisito deve ser efectuada através da realização do ensaio de tipo definido na secção 11.8 do presente documento.

### **9.9 Coeficiente de dilatação térmica**

O coeficiente de dilatação térmica do cabo OPGW deve ser declarado pelo fabricante na respetiva ficha técnica e não deve ser superior a  $21 \times 10^{-6}$  por °C.

O cálculo do módulo de elasticidade deve ser apresentado e deve ser calculado com base no disposto na secção A.4 do anexo A da norma IEC 60794-4.

### **9.10 Resistência elétrica em corrente contínua**

A resistência elétrica em corrente contínua do cabo OPGW deve ser declarada pelo fabricante na respetiva ficha técnica e não deve ser superior a  $0,32 \text{ } \Omega/\text{km}$ .

O cálculo da resistência elétrica em corrente contínua deve ser apresentado e deve ser calculada com base no disposto na secção A.5 do anexo A da norma IEC 60794-4.

### 9.11 Corrente de defeito admissível

A corrente de defeito admissível do cabo OPGW deve ser declarada pelo fabricante na respetiva ficha técnica e não deve inferior aos valores especificados no quadro 1 do presente documento, com uma duração mínima de 0,5 s.

A verificação da conformidade deste requisito deve ser efectuada através da realização do ensaio de tipo definido na secção 11.15 do presente documento.

**Nota 1:** a corrente de defeito admissível pelos cabos OPGW deve considerar para o efeito uma temperatura inicial do cabo igual a  $\leq 30$  °C, e assumindo que toda a corrente passa pela secção total de alumínio.

**Nota 2:** o fabricante deve indicar a temperatura máxima admissível de cada elemento constituinte do cabo (fios AA, fios ACS, tubos e fibras).

### 9.12 Tensão máxima admissível (MAT)

A tensão máxima admissível (MAT) do cabo OPGW deve ser declarada pelo fabricante na respetiva ficha técnica e não deve ser inferior ao quociente entre os valores de RTS, especificados no quadro 1 do presente documento, e o fator de 2,5.

O fabricante deve apresentar as curvas de tensão-deformação dos cabos OPGW com base no disposto no anexo B da norma IEC 61089.

A verificação da conformidade técnica deste requisito deve ser efectuada através da realização do ensaio indicado na secção 11.9 do presente documento.

### 9.13 Gamas de temperaturas admitidas

As gamas de temperaturas admitidas para o armazenamento, instalação e funcionamento do cabo OPGW devem estar compreendidas de acordo com o disposto nas alíneas seguintes:

- a) armazenamento: entre -20 °C a +65 °C;
- b) instalação: entre -5 °C a +50 °C;
- c) funcionamento: entre -10 °C a +60 °C.

A verificação da conformidade deste requisito técnico deve ser efectuada através da realização do ensaio indicado na secção 11.13 do presente documento.

### 9.14 Margem de alongamento

A margem de alongamento do cabo OPGW deve ser declarada pelo fabricante na respetiva ficha técnica e não deve provocar nas fibras óticas uma atenuação e um alongamento superior aos valores especificados.

A atenuação e o alongamento das fibras óticas devem ser apresentados em função da carga aplicada ao cabo e ao seu alongamento.

A verificação da conformidade técnica deste requisito deve ser efectuada através da realização do ensaio indicado na secção 11.7 do presente documento.

### 9.15 Sentido de cableagem da camada exterior

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 serem igualmente e firmemente cableados sobre as camadas subjacentes.

As relações de cableagem para os fios de liga de alumínio (alumínio-magnésio-silício) e para os fios de aço (revestidos de alumínio) devem estar de acordo com o disposto na norma IEC 61089.

Todos os fios de aço devem permanecer na sua posição natural depois de cableados e, quando são cortados, as suas extremidades devem manter a sua posição ou serem facilmente reposicionados à mão e então permanecerem na sua posição natural. Este requisito aplica-se também às camadas exteriores de fios de liga de alumínio.

A verificação da conformidade técnica deste requisito deve ser efectuada através da realização do ensaio de tipo definido na secção 6.6.6 da norma IEC 61089.

#### **9.16 Raio mínimo de curvatura durante a instalação**

O raio mínimo de curvatura a que os cabos OPGW podem ser submetidos durante a instalação deve ser pelo menos igual a 20 vezes o seu diâmetro exterior.

A verificação da conformidade deste requisito técnico deve ser efectuada através da realização do ensaio indicado na secção 11.10 do presente documento.

#### **9.17 Raio mínimo de curvatura após instalação**

O raio mínimo de curvatura a que os cabos OPGW podem ficar permanentemente submetidos após instalação deve ser pelo menos igual a 15 vezes o seu diâmetro exterior.

A verificação da conformidade deste requisito técnico deve ser efectuada através da realização do ensaio indicado na secção 11.10 do presente documento.

#### **9.18 Efeito do hidrogénio nas fibras óticas**

O efeito do hidrogénio no aumento da atenuação das fibras óticas deve ser apresentado pelo fabricante tendo em conta o disposto no anexo B da norma IEC 60794-1-1.

#### **9.19 Compatibilidade dos acessórios**

A compatibilidade dos acessórios para condições de instalação e de funcionamento dos cabos deve ser aprovada entre a EDP e o fabricante tendo em conta o disposto no anexo A do presente documento.

A verificação da conformidade deste requisito técnico deve ser efectuada através da realização do ensaio indicado na secção 11.17 do presente documento.

#### **9.20 Material de enchimento**

O material de enchimento deve apresentar o desempenho definido através da realização dos ensaios indicados na secção 11.18 do presente documento.

#### **9.21 Comprimento de cabo**

Os cabos OPGW devem possuir comprimento modular de acordo com o estabelecido no concurso ou consulta com uma tolerância de  $-0\%$  a  $+2\%$ .

#### **9.22 Tracção máxima admissível no estado EDS**

O fabricante deverá indicar a carga máxima de trabalho recomendada a aplicar ao cabo de forma permanente após instalação.

## 10 MARCAÇÃO

Os cabos OPGW devem ser acondicionados em bobinas com uma etiqueta onde conste pelo menos a seguinte informação:

- nome do fabricante e marca de fabrico;
- designação e/ou referência do cabo;
- número de fibras óticas do cabo;
- corrente de defeito admissível para  $t=0,5$  s (kA);
- carga de rotura estipulada – RTS (daN);
- tensão máxima admissível – MAT (daN);
- comprimento do cabo (m);
- peso liquido e tara (kg);
- semana e ano de fabrico do cabo de acordo com a norma ISO 8601;
- número da bobina ou referência que permita a rastreabilidade do cabo.

A marcação deve ser durável e facilmente legível.

Cada bobina deve ser marcada, na face exterior das abas, com a indicação do sentido de rolamento da bobina, de acordo com o disposto no anexo A da norma IEC 60794-4-10.

## 11 ENSAIOS DE TIPO

### 11.1 Generalidades

Todos os elementos constituintes dos cabos OPGW, nomeadamente, os fios de liga de alumínio, os fios de aço e as fibras óticas, devem evidenciar conformidade técnica das características declaradas com as características especificadas nas secções 6, 7 e 8 do presente documento através da realização dos respetivos ensaios de tipo especificados nas respetivas normas de referência.

A conceção e construção dos cabos OPGW devem, por sua vez, evidenciar conformidade técnica das características declaradas com as características especificadas através da realização dos ensaios de tipo indicados nas secções seguintes, de acordo com o disposto na secção 9 das normas IEC 60794-4 e IEC 60794-4-10.

### 11.2 Ensaio de coeficiente de atenuação

O ensaio de atenuação do cabo deve ser realizado de acordo com o disposto na secção 4.2.1 da norma IEC 60794-4-10.

### 11.3 Ensaio de descontinuidades de atenuação

O ensaio de descontinuidade de atenuação do cabo deve ser realizado de acordo com o disposto na secção 4.2.2.1 da norma IEC 60794-4-10.

### 11.4 Ensaio de linearidade de atenuação

Em estudo.

### 11.5 Ensaio de comprimento de onda de corte das fibras no cabo

O ensaio de comprimento de onda de corte das fibras no cabo deve ser realizado de acordo com o disposto na secção 4.3 da norma IEC 60794-4-10.

### **11.6 Ensaio de dispersão do modo de polarização**

O ensaio de dispersão do modo de polarização do cabo deve ser realizado de acordo com o disposto na secção 4.5 da norma IEC 60794-4-10.

### **11.7 Ensaio de resistência à força de tração**

O ensaio de resistência à força de tração do cabo deve ser realizado de acordo com o disposto na secção 9.1 da norma IEC 60794-4-10.

### **11.8 Ensaio de tensão-deformação**

O ensaio de tensão-deformação do cabo deve ser realizado de acordo com o disposto na secção 9.2 da norma IEC 60794-4-10.

### **11.9 Ensaio de resistência à rotura**

O ensaio de resistência à rotura do cabo deve ser realizado de acordo com o disposto na secção 9.3 da norma IEC 60794-4-10.

### **11.10 Ensaio de passagem sobre roldanas**

O ensaio de passagem sobre roldanas do cabo deve ser realizado de acordo com o disposto na secção 9.4 da norma IEC 60794-4-10.

Para a realização do ensaio devem ser considerados os seguintes requisitos:

- procedimento a utilizar: procedimento 1 (método E18 da norma IEC 60794-1-2);
- tracção de ensaio: MAT ou outra que venha a ser acordada entre fornecedor e EDP;
- velocidade de movimento: 22 m/minuto.

### **11.11 Ensaio de vibrações eólicas**

O ensaio de vibrações eólicas do cabo deve ser realizado de acordo com o disposto na secção 9.5 da norma IEC 60794-4-10.

### **11.12 Ensaio de fluência**

O ensaio de fluência<sup>7)</sup> do cabo deve ser realizado de acordo com o disposto na secção 9.6 da norma IEC 60794-4-10.

### **11.13 Ensaio de ciclos de temperatura**

O ensaio de ciclos de temperatura do cabo deve ser realizado de acordo com o disposto na secção 9.7 da norma IEC 60794-4-10.

### **11.14 Ensaio de penetração de água**

O ensaio de penetração de água no cabo deve ser realizado de acordo com o disposto na secção 9.8 da norma IEC 60794-4-10.

---

7) O limite de fluência é a zona máxima na qual o módulo de Young (ou modo de elasticidade) é constante e a partir da qual o material apresenta uma deformação plástica. Também denominado de limite elástico aparente, indica a tensão suportada por uma amostra no ensaio de tração e verifica-se no momento em que se produz o fenómeno de cedência ou de fluência. Este fenómeno tem lugar na zona de transição entre as deformações elásticas e plásticas e caracteriza-se por um aumento rápido da deformação sem que se verifique um aumento apreciável da carga aplicada.

### 11.15 Ensaio de curto-circuito

O ensaio de cabo a curto-circuito do cabo deve ser realizado de acordo com o disposto na secção 9.9 da norma IEC 60794-4-10.

### 11.16 Ensaio de descarga atmosférica

O ensaio de choques de descarga atmosférica do cabo deve ser realizado de acordo com o disposto na secção 9.10 da norma IEC 60794-4-10.

### 11.17 Ensaio de compatibilidade dos acessórios

O ensaio de verificação da compatibilidade dos acessórios do cabo deve ser realizado de acordo com o disposto na secção 9.12 da norma IEC 60794-4.

### 11.18 Ensaio de adequação do material de enchimento

#### 11.18.1 Ensaio de verificação da quantidade de óleo separado

O ensaio de verificação da quantidade de óleo separado do material de enchimento deve verificar os requisitos da secção 5 da norma IEC 60811-5-1. Em alternativa, a substância de enchimento deve ser ensaiada de acordo com o método E15 da norma IEC 60794-1-2, de acordo com o disposto na secção 9.14 da norma IEC 60794-4.

#### 11.18.2 Ensaio de deteção de matérias corrosivas

Para os cabos que possuam elementos metálicos, a substância de enchimento deve ser ensaiada para a detectar a presença de matérias corrosivas de acordo com o disposto na secção 8 da norma IEC 60811-5-1.

#### 11.18.3 Ensaio de determinação do ponto de gota

O ensaio de determinação do ponto de gota deve ser realizado de acordo com o disposto na secção 4 da norma IEC 60811-5-1. A substância de enchimento não deve passar ao estado líquido a temperaturas inferiores a 100 °C.

#### 11.18.4 Ensaio de verificação do aumento de massa

O ensaio de verificação do aumento de massa deve ser ensaiado de acordo com o disposto na secção 11 da norma IEC 60811-4-2. O aumento de massa não deve exceder o valor declarado pelo fabricante.

## 12 ENSAIOS DE RECEÇÃO

Os cabos OPGW devem ser submetidos, em fábrica, aos seguintes ensaios de receção, de acordo com o disposto na secção 10 da norma IEC 60794-4-10:

- a) inspeção visual da conceção do cabo;
- b) inspeção visual dos elementos do cabo;
- c) verificação do passo de cableagem da armadura (camada exterior);
- d) verificação do diâmetro do cabo;
- e) verificação do peso do cabo;
- f) verificação da resistência em corrente contínua do cabo;
- g) ensaio de resistência à rotura (uma amostra);
- h) verificação do coeficiente de atenuação da fibra ótica ao comprimento de onda de funcionamento;
- i) verificação da marcação.

### **13 ENSAIOS DE SÉRIE**

Os cabos OPGW devem ser submetidos aos seguintes ensaios de série, de acordo com o disposto na secção 11 da norma IEC 60794-4-10:

- a) verificação dos materiais no seu estado bruto de acordo com o plano de qualidade do fabricante;
- b) verificação do coeficiente de atenuação da fibra ótica à comprimento de onda de funcionamento;
- c) verificação da conceção do cabo;
- d) inspeção visual da qualidade da superfície do cabo;
- e) verificação do passo de cableagem da armadura (camada exterior);
- f) verificação do diâmetro do cabo;
- g) verificação do diâmetro dos componentes do cabo;
- h) verificação das características mecânicas e elétricas dos componentes do cabo.

### **14 INFORMAÇÃO A APRESENTAR EM CONCURSOS E PROPOSTAS**

O fabricante do cabo deve apresentar em concursos e propostas, informação técnica de acordo com o definido no anexo A da norma IEC 61089. O fabricante deve ainda preencher para cada cabo proposto os quadros apresentados no anexo D do presente documento.

### **15 REGRAS PARA O TRANSPORTE, ARMAZENAMENTO, INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO**

O fabricante do cabo deve apresentar em concursos e propostas as regras para o transporte, armazenamento, instalação e manutenção tendo em conta o disposto na secção 11 da norma IEC 60794-4 e o disposto no anexo A da norma IEC 60794-4-10.

**ANEXO A**  
**ACESSÓRIOS PARA CABOS OPGW**  
(Informativo)

Os acessórios para instalação dos cabos OPGW em linhas elétricas aéreas de AT (60 kV) devem ser indicados e caracterizados pelo fabricante. No entanto, no que for aplicável e sempre que possível, os acessórios indicados pelo fabricante devem estar de acordo com as fichas técnica n.ºs 1, 2, 10, 11, 24 e 41 do DMA-C66-901/E (1.ª edição) Janeiro 1994 (estribo, manilha direita, elo-olhal cruzado, olhal duplo, pinça de suspensão antivibratória e ligador para um cabo de guarda).

**Nota:** as características mecânicas (dimensões e força de rotura) especificadas no DMA-C66-901/E devem ser consideradas como indicativas.

Nas figuras seguintes, são apresentados os acessórios anteriormente referidos, juntamente com referência a pinças de amarração, guarda cabos para pinças de amarração e antivibrador, também estes utilizados para a instalação de cabos OPGW.

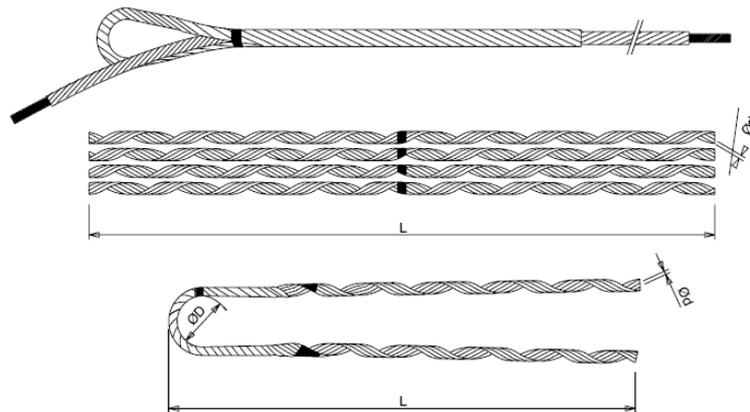


Figura A1 – Pinça de amarração para cabos OPGW

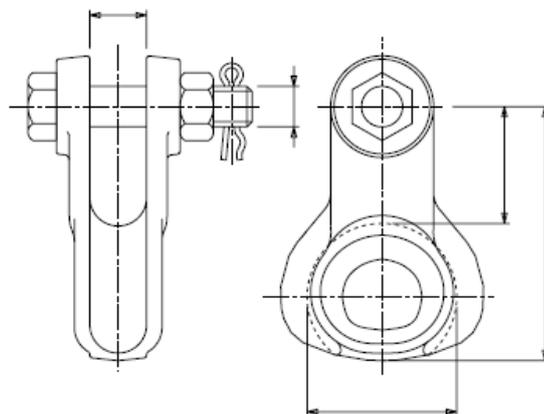


Figura A2 – Guarda cabos para pinça de amarração

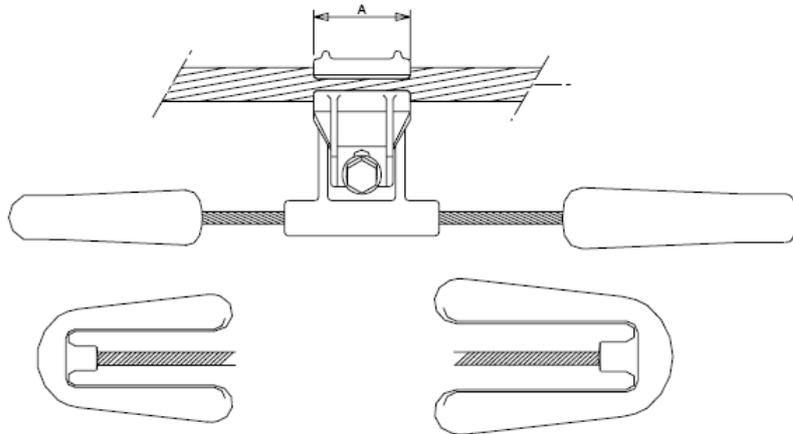


Figura A3 – Antivibrador para cabos OPGW

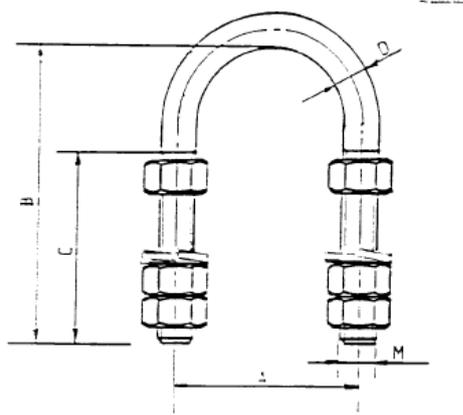


Figura A4 – Estribo (ficha 1 do DMA-C66-901/E)

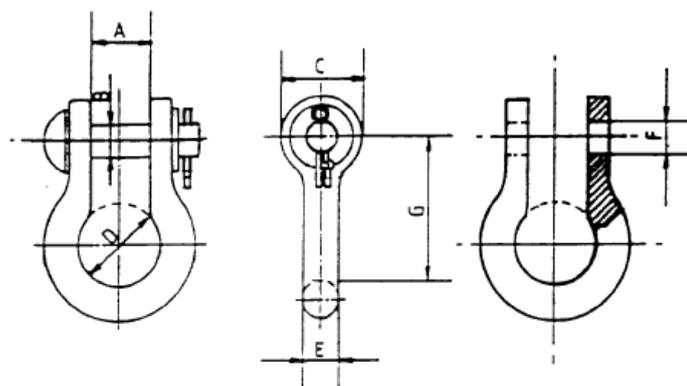


Figura A5 – Manilha direita (ficha 2 do DMA-C66-901/E)

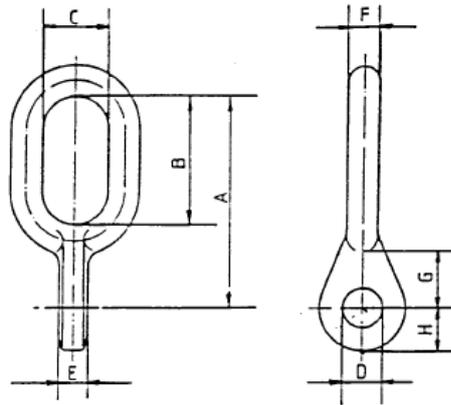


Figura A6 – Elo-olhal cruzado (ficha 10 do DMA-C66-901/E)

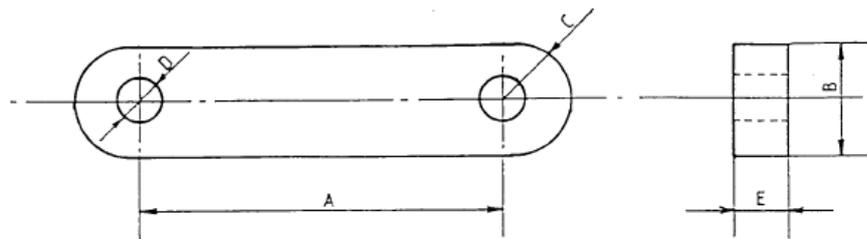


Figura A7 – Olhal duplo (ficha 11 do DMA-C66-901/E)

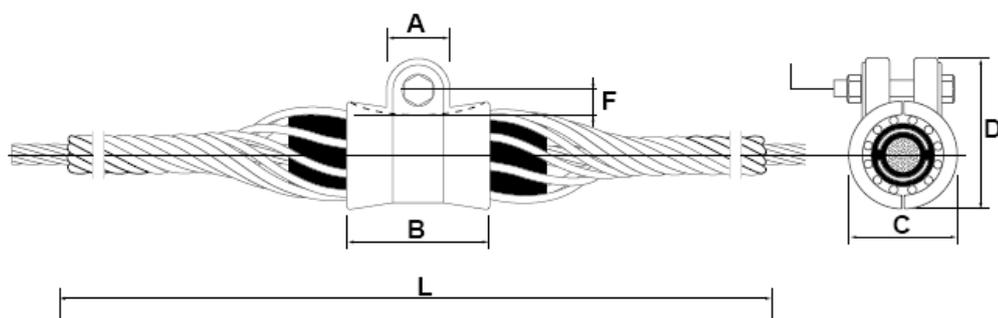


Figura A8 – Pinça de suspensão antivibratória (ficha 24 do DMA-C66-901/E)

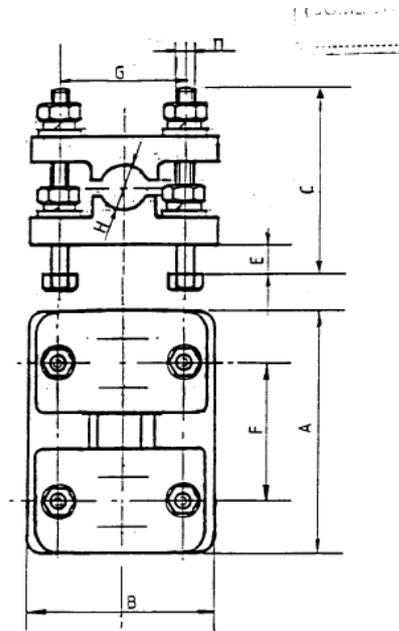


Figura A9 – Ligador para um cabo de guarda (ficha 41 do DMA-C66-901/E)

**ANEXO B****PLANO DE ENSAIOS DE TIPO PARA OS ELEMENTOS DOS CABOS OPGW**

(Informativo)

**B1 FIOS DE LIGA DE ALUMÍNIO-MAGNÉSIO-SILÍCIO**

A norma IEC 60104 especifica os seguintes ensaios de tipo para fios de liga de alumínio-magnésio-silício:

N.º	Ensaio de tipo	IEC 60104	Observações
1	Ensaio de tração e de alongamento	10.1	
2	Ensaio de enrolamento	10.2	
3	Ensaio de resistividade	11	

**B2 FIOS DE AÇO REVESTIDOS DE ALUMÍNIO**

A norma IEC 61232 especifica os seguintes ensaios de tipo para fios de aço revestidos de alumínio:

N.º	Ensaio de tipo	IEC 61232	Observações
1	Ensaio de alongamento	6.3.1	
2	Ensaio de percentagem de alongamento total à rotura	6.3.2	
3	Ensaio de torção	6.3.3	
4	Ensaio de espessura do alumínio	6.3.4	
5	Ensaio de resistividade	6.3.5	
6	Ensaio de tensão a 1 % de alongamento	6.3.6	

**B3 FIBRAS ÓTICAS**

A recomendação G.650.1 da ITU-T especifica os seguintes métodos de ensaio para fibras óticas monomodo:

N.º	Ensaio de tipo	ITU-T G.650.1	Observações
1	Ensaio de diâmetro do campo modal	5.1	
2	Ensaio de diâmetro da bainha erro de concentricidade do núcleo e não circularidade da bainha	5.2	
3	Ensaio de comprimento de onda de corte	5.3	
4	Ensaio de atenuação	5.4	
5	Ensaio de dispersão cromática	5.5	
6	Ensaio de prova	5.6	
7	Ensaio de dispersão cromática dos acessórios	Anexo A	

**ANEXO C**
**PLANO DE ENSAIOS DE TIPO PARA CABOS OPGW**

(Informativo)

**Quadro C1**
**Ensaio de tipo para cabos OPGW**

DMA	Ensaio	Método de ensaio		Observações
		Norma	Secção	
11.2	Ensaio de coeficiente de atenuação	IEC 60794-4-10	4.2.1	Verifica o coeficiente máximo de atenuação especificado.
11.3	Ensaio de descontinuidade da atenuação	IEC 60794-4-10	4.2.2.1	Verifica se o cabo possui pontos de descontinuidade.
11.4	Ensaio de linearidade da atenuação	IEC 60794-4-10	4.2.2.2	Em estudo.
11.5	Ensaio de comprimento de onda de corte das fibras no cabo	IEC 60794-4-10	4.3	Verifica se o comprimento de onda de corte das fibras do cabo é menor que o comprimento de onda de funcionamento.
11.6	Ensaio de dispersão do modo de polarização	IEC 60794-4-10	4.5	Verifica o coeficiente PMD especificado.
11.7	Ensaio de resistência à força de tração	IEC 60794-4-10	9.1	Verifica o comportamento da atenuação e/ou do alongamento das fibras óticas em função da carga aplicada ao cabo durante a sua instalação. Determina MAT e RTS.
11.8	Ensaio de tensão-deformação	IEC 60794-4-10	9.2	Determina o comportamento do cabo nas condições de carga definidas no anexo B da norma IEC 61089. Determina o módulo de elasticidade.
11.9	Ensaio de resistência à rotura	IEC 60794-4-10	9.3	Verifica a resistência à rotura do cabo para um valor não inferior a 95 % da RTS.
11.10	Ensaio de passagem sobre roldanas	IEC 60794-4-10	9.4	Verifica que a instalação do cabo não danifica e degrada o seu desempenho. Determina a MAOC.
11.11	Ensaio de vibrações eólicas	IEC 60794-4-10	9.5	Verifica o comportamento do cabo às vibrações eólicas.
11.12	Ensaio de fluência	IEC 60794-4-10	9.6	Determina a fluência para todas as aplicações do cabo e compara a fluência de cabos de conceção diferente.
11.13	Ensaio de ciclos de temperatura	IEC 60794-4-10	9.7	Determina a estabilidade de atenuação das fibras óticas do cabo quando submetidas a alterações de temperatura.
11.14	Ensaio de penetração de água	IEC 60794-4-10	9.8	Determina a capacidade do cabo em bloquear a migração de água num comprimento específico.
11.15	Ensaio de curto-circuito	IEC 60794-4-10	9.9	Avalia o desempenho do cabo e as características óticas em situação de curto-circuito.
11.16	Ensaio de descarga atmosférica	IEC 60794-4-10	9.10	Avalia o desempenho do cabo e as características óticas em situação de descarga atmosférica.
11.17	Ensaio de compatibilidade dos acessórios	IEC 60794-4	9.12	Avalia a compatibilidade dos acessórios indicados pelo fabricante.
11.18	Ensaio de adequação do material de enchimento:	IEC 60794-4	6.3	Avalia a boa adaptação do material de enchimento aos diversos elementos do cabo.
11.18.1	Ensaio de verificação da quantidade de óleo separado	IEC 60811-5-1	5	
11.18.2	Ensaio de deteção de matérias corrosivas	IEC 60794-1-2 IEC 60811-5-1	E15 8	
11.18.3	Ensaio de determinação do ponto de gota	IEC 60811-5-1	4	
11.18.4	Ensaio de verificação do aumento de massa	IEC 60811-4-2	11	

**ANEXO D**  
**QUADROS PARA VERIFICAÇÃO DA CONFORMIDADE TÉCNICA**

<b>FORNECEDOR:</b>
<b>FABRICANTE:</b>
<b>REFERÊNCIA DO CABO:</b>

DMA	Características	Un.	Valor		Avaliação <sup>3)</sup>	Observações <sup>4)</sup>
			DMA <sup>1)</sup>	Fab. <sup>2)</sup>		
1	Acessórios	--	Anexo A			
9.1	Generalidades	--	§9.1			
9.2	Número e tipo de fibras	--	24/48			
9.3	Descrição detalhada da constituição do cabo	--	§9.3			
9.4	Diâmetro exterior	mm	22			
9.5	Secção reta calculada para determinação da RTS	mm <sup>2</sup>	§9.5			
9.6	Massa calculada	Kg/km	1 000			
9.7	Carga de rotura estipulada – RTS	kN	70			
9.8	Módulo de elasticidade	N/mm <sup>2</sup>	98			
9.9	Coeficiente de dilatação térmica	K <sup>-1</sup>	21x10 <sup>-6</sup>			
9.10	Resistência em corrente contínua a 20 °C	Ω/km	0,32			
9.11	Corrente de defeito admissível (0,5 s – θ <sub>i</sub> =30°C)	kA	17/25/3 1,5			
9.12	Tensão máxima admissível – MAT	kN	28			
9.13	Gama de temperaturas admitidas para:					
	armazenamento	°C	-20/+60			
	instalação	°C	-5/+50			
	funcionamento	°C	-10/+60			
9.14	Margem de alongamento	%	§9.14			
9.15	Sentido de cableagem da camada exterior	--	Z			
9.16	Raio mínimo de curvatura durante a instalação	mm	§9.16			
9.17	Raio mínimo de curvatura após a instalação	mm	§9.17			
9.18	Efeito do hidrogénio	--	§9.18			
9.19	Compatibilidade dos acessórios	--	§9.19			
9.20	Material de enchimento	--	§9.20			
9.21	Comprimento do cabo	--	§9.21			

- Continua -



- Continuação do anexo D -

DMA	Características	Un.	Valor		Avaliação <sup>3)</sup>	Observações <sup>4)</sup>
			DMA <sup>1)</sup>	Fab. <sup>2)</sup>		
9.22	Tração máxima admissível no estado EDS	kN	§9.22			
10	Marcação	--	§10			
15	Regras para o transporte, armazenamento, instalação e manutenção	--	§15			

- 1) Valor especificado pela EDP. No caso em que não é especificado um valor, é indicada a secção da especificação onde está descrita a característica analisada.
- 2) Valor declarado pelo fabricante. O fabricante ou fornecedor deve indicar o valor estipulado do produto que propõe. Caso a característica analisada não possua um valor estipulado descrever a característica no campo observações.
- 3) Campo de avaliação da conformidade da característica do produto proposto com a especificação. Preencher com as siglas C – CONFORME – ou NC – NÃO CONFORME –
- 4) Campo de observações a utilizar pelo fabricante ou fornecedor para prestação de quaisquer esclarecimentos adicionais.

<b>DATA:</b>	
<b>RESPONSÁVEL PELO PREENCHIMENTO:</b>	<b>NOME:</b>
	<b>CONTACTO:</b>
	<b>E-MAIL:</b>
	<b>ASSINATURA:</b>

- Continua -

- Continuação do anexo D -

<b>FORNECEDOR:</b>
<b>FABRICANTE:</b>
<b>REFERÊNCIA DO CABO:</b>

DMA	Ensaio de tipo	Laboratório <sup>1)</sup>	Referência <sup>2)</sup>	Avaliação <sup>3)</sup>	Observações <sup>4)</sup>
11.2	Ensaio de coeficiente de atenuação				
11.3	Ensaio de descontinuidade da atenuação				
11.4	Ensaio de linearidade da atenuação				
11.5	Ensaio de comprimento de onda de corte das fibras no cabo				
11.6	Ensaio de dispersão do modo de polarização				
11.7	Ensaio de resistência à força de tração				
11.8	Ensaio de tensão-deformação				
11.9	Ensaio de resistência à rotura				
11.10	Ensaio de passagem sobre roldanas				
11.11	Ensaio de vibrações eólicas				
11.12	Ensaio de fluência				
11.13	Ensaio de ciclos de temperatura				
11.14	Ensaio de penetração de água				
11.15	Ensaio de curto-circuito				
11.16	Ensaio de descarga atmosférica				
11.17	Ensaio de compatibilidade dos acessórios				
11.18	Ensaio de adequação do material de enchimento:				
11.18.1	Ensaio de verificação da quantidade de óleo separado				
11.18.2	Ensaio de deteção de matérias corrosivas				
11.18.3	Ensaio de determinação do ponto de gota				
11.18.4	Ensaio de verificação do aumento de massa				

1) Valor especificado pela EDP. No caso em que não é especificado um valor, é indicada a secção da especificação onde está descrita a característica analisada.

2) Valor declarado pelo fabricante. O fabricante ou fornecedor deve indicar o valor estipulado do produto que propõe. Caso a característica analisada não possua um valor estipulado descrever a característica no campo observações.

3) Campo de avaliação da conformidade da característica do produto proposto com a especificação. Preencher com as siglas C- CONFORME – ou NC – NÃO CONFORME –

4) Campo de observações a utilizar pelo fabricante ou fornecedor para prestação de quaisquer esclarecimentos adicionais.

<b>DATA:</b>	
<b>RESPONSÁVEL PELO PREENCHIMENTO:</b>	<b>NOME:</b>
	<b>CONTACTO:</b>
	<b>E-MAIL:</b>
	<b>ASSINATURA:</b>

**ANEXO E**
**CÓDIGO DE CORES PARA IDENTIFICAÇÃO DAS FIBRAS ÓTICAS**

(Normativo)

As cores de referência indicadas nos quadros A1 e A2 para identificação das fibras óticas nos cabos OPGW devem estar de acordo com a norma IEC 60304.

**Quadro E1**  
**OPGW com 24 fibras**

Número da fibra	Cor da fibra	Identificação do tubo
1	Branco	Tubo sem marcação
2	Vermelho	
3	Verde	
4	Azul	
5	Preto	
6	Amarelo	
7	Laranja	
8	Cinzento	
9	Castanho	
10	Violeta	
11	Rosa	
12	Turquesa	
13	Branco/Preto	
14	Vermelho/Preto	
15	Verde/Preto	
16	Azul /Preto	
17	Amarelo/Preto	
18	Laranja/Preto	
19	Cinzento/Preto	
20	Castanho/Preto	
21	Violeta/Preto	
22	Rosa/Preto	
23	Turquesa/Preto	
24	Vermelho/Preto/Preto	

A identificação das fibras com mais de uma cor deve ser realizada com recurso a anéis de cor preto espaçados de 30 mm, de acordo com o disposto na secção 6.3 da norma IEC 60793-2.

**Quadro E2**  
**OPGW com 48 fibras (1 tubo)**

Número da fibra	Cor da fibra	Identificação do tubo
1	Branco	Tubo sem marcação
2	Vermelho	
3	Verde	
4	Azul	
5	Incolor	
6	Amarelo	
7	Laranja	
8	Cinzeno	
9	Castanho	
10	Violeta	
11	Rosa	
12	Turquesa	
13	Branco/Preto	
14	Vermelho/Preto	
15	Verde/Preto	
16	Azul /Preto	
17	Incolor/Preto	
18	Amarelo/Preto	
19	Laranja/Preto	
20	Cinzeno/Preto	
21	Castanho/Preto	
22	Violeta/Preto	
23	Rosa/Preto	
24	Turquesa/Preto	
25	Branco/Preto/Preto	
26	Vermelho/Preto/Preto	
27	Verde/Preto/Preto	
28	Azul /Preto/Preto	
29	Incolor/Preto/Preto	
30	Amarelo/Preto/Preto	
31	Laranja/Preto/Preto	
32	Cinzeno/Preto/Preto	
33	Castanho/Preto/Preto	
34	Violeta/Preto/Preto	
35	Rosa/Preto/Preto	
36	Turquesa/Preto/Preto	
37	Branco/Preto/Preto/Preto	
38	Vermelho/Preto/Preto/Preto	
39	Verde/Preto/Preto/Preto	
40	Azul /Preto/Preto/Preto	
41	Incolor/Preto/Preto/Preto	
42	Amarelo/Preto/Preto/Preto	
43	Laranja/Preto/Preto/Preto	
44	Cinzeno/Preto/Preto/Preto	
45	Castanho/Preto/Preto/Preto	
46	Violeta/Preto/Preto/Preto	
47	Rosa/Preto/Preto/Preto	
48	Turquesa/Preto/Preto/Preto	

**Quadro E3**  
**OPGW com 48 fibras (2 tubos)**

Número da fibra	Cor da fibra	Identificação do tubo
1	Branco	Tubo sem marcação
2	Vermelho	
3	Verde	
4	Azul	
5	Preto	
6	Amarelo	
7	Laranja	
8	Cinzento	
9	Castanho	
10	Violeta	
11	Rosa	
12	Turquesa	
13	Branco/Preto	
14	Vermelho/Preto	
15	Verde/Preto	
16	Azul /Preto	
17	Amarelo/Preto	
18	Laranja/Preto	
19	Cinzento/Preto	
20	Castanho/Preto	
21	Violeta/Preto	
22	Rosa/Preto	
23	Turquesa/Preto	
24	Vermelho/Preto/Preto	
25	Branco	Tubo marcado com anel preto
26	Vermelho	
27	Verde	
28	Azul	
29	Preto	
30	Amarelo	
31	Laranja	
32	Cinzento	
33	Castanho	
34	Violeta	
35	Rosa	
36	Turquesa	
37	Branco/Preto	
38	Vermelho/Preto	
39	Verde/Preto	
40	Azul /Preto	
41	Amarelo/Preto	
42	Laranja/Preto	
43	Cinzento/Preto	
44	Castanho/Preto	
45	Violeta/Preto	
46	Rosa/Preto	
47	Turquesa/Preto	
48	Vermelho/Preto/Preto	

A identificação dos tubos deve ser realizada com recurso à marcação de um anel de cor preto ao longo de todo o cabo e que deve ser durável para toda a vida útil do mesmo.