

# TERMINAIS DE APERTO MECÂNICO PARA LINHAS AÉREAS NUAS

Características e ensaios

---

**Elaboração:** GBNT

**Homologação:** conforme despacho do CA de 2002-06-07

**Edição:** 1ª

---

**Emissão:** GBNT – Gabinete de Normalização e Tecnologia  
Rua do Brasil nº 1 • 3030-175 Coimbra • Tel.: 239002000 • Fax: 239837552 • E-mail: gbnt@edis.edp.pt

**Divulgação:** GBCI – Gabinete de Comunicação e Imagem  
Rua Camilo Castelo Branco nº 43 • 1050-044 Lisboa • Tel.: 210021684 • Fax: 210021635

## ÍNDICE

1	OBJECTIVO E CAMPO DE APLICAÇÃO.....	3
2	NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	3
3	Características.....	3
3.1	Características construtivas.....	3
3.2	Materiais.....	3
3.2.1	Materiais metálicos.....	4
3.2.2	Materiais não metálicos.....	4
3.3	Dimensões e tolerâncias.....	4
3.3.1	Ligação Al-Cu.....	4
3.3.2	Ligação Cu-Cu.....	4
3.3.3	Ligação Al-Al.....	4
3.4	Protecção contra a corrosão.....	4
3.5	Marcação.....	5
3.6	Instruções de montagem.....	5
3.7	Características específicas.....	5
4	Ensaio de tipo.....	5
4.1	Controlo visual.....	5
4.2	Controlo dimensional e verificação dos materiais.....	6
4.3	Galvanização por imersão a quente.....	6
4.4	Ensaio mecânicos.....	6
4.4.1	Ensaio de tensão mecânica.....	6
4.4.2	Ensaio mecânico de deterioração e de rotura.....	7
4.4.3	Ensaio mecânico de deterioração e de rotura do ponto de ligação utilizado durante a montagem.....	7
4.5	Ensaio de ciclos térmicos.....	7
4.6	Ensaio de resistência à corrosão.....	7
5	Ensaio de identidade ao tipo.....	7
6	Embalagem.....	7
	ANEXO A ENSAIO DE RESISTÊNCIA À CORROSÃO.....	8
A1	PRINCÍPIO.....	8
A2	APARELHAGEM DE ENSAIO.....	8
A2.1	Aparelhagem utilizada no ensaio de nevoeiro salino.....	8
A2.2	Aparelhagem utilizada no ensaio em atmosfera húmida saturada de SO <sub>2</sub> .....	8
A3	AMOSTRAS.....	8
A4	MODALIDADES DO ENSAIO.....	8
A4.1	Exposição em atmosfera de nevoeiro salino.....	9
A4.2	Exposição em atmosfera sulfurosa húmida saturada.....	9
A5	EXEMPLO DE REACÇÃO ESPECÍFICA PARA SE OBTER SO <sub>2</sub> .....	9

## 1 OBJECTIVO E CAMPO DE APLICAÇÃO

A presente especificação trata das características a que devem obedecer os terminais de aperto mecânico para linhas aéreas nuas, a adquirir pela EDP Distribuição, e dos ensaios a que devem ser submetidos de modo a serem comprovadas essas características.

## 2 NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

A concepção, ensaios e utilização deste material devem obedecer, naquilo que lhe for aplicável, às normas e documentos seguintes:

DMA-C34-110/E (MAI 87)	Condutores nus para linhas aéreas – cabos de cobre – características, ensaios e condições para verificação da qualidade
DMA-C34-120/N (AGO 01)	Condutores nus para linhas aéreas – cabos de alumínio com alma de aço – características e ensaios
DMA-C34-125/E (MAI 87)	Condutores nus para linhas aéreas – cabos de liga de alumínio – características, ensaios e condições para verificação da qualidade
IEC 61284 (1997-09)	Overhead lines – Requirements and tests for fittings
NFC 33-003 (1996)	Matériels de réseaux aériens en conducteurs nus ou isolés - essai de corrosion
NP EN 28601 (1996)	Elementos das datas e formatos de intercâmbio – intercâmbio da informação – representação das datas e dos tempos

## 3 CARACTERÍSTICAS

### 3.1 Características construtivas

Os terminais de aperto mecânico devem ser construídos de modo a:

- evitarem danificar o condutor em condições de serviço;
- suportarem os esforços mecânicos relevantes na instalação, manutenção e em serviço, assim como a corrente nominal, a corrente de curto-circuito, as temperaturas de serviço e as condições ambientais;
- garantirem que os componentes individuais estão suficientemente seguros, de modo a evitarem qualquer possibilidade de se soltarem em serviço.

A fragilidade dos acabamentos deve ser evitada por adopção de adequados materiais e processos de fabrico.

### 3.2 Materiais

Os terminais de aperto mecânico devem ser fabricados por materiais apropriados para esses fins.

### 3.2.1 Materiais metálicos

Os materiais devem ser escolhidos em função das exigências do tempo de vida em serviço. Eles não devem causar corrosão nos próprios terminais de aperto mecânico nem em nenhuma parte do condutor.

### 3.2.2 Materiais não metálicos

Os materiais não metálicos eventualmente utilizados devem ter uma boa resistência ao envelhecimento e devem ser capazes de suportar temperaturas de serviço sem detrimento de alterações das propriedades. Estes materiais devem ter uma adequada resistência aos efeitos de ozono, às radiações ultravioletas e à poluição do ar, em toda a gama de temperaturas de serviço.

Eles não devem induzir corrosão nos materiais que estão directamente em contacto.

## 3.3 Dimensões e tolerâncias

As tolerâncias aplicadas às dimensões devem assegurar que os terminais de aperto mecânico respeitam as exigências mecânicas e eléctricas especificadas neste documento.

### 3.3.1 Ligação Al-Cu

As secções dos cabos nus para os terminais que fazem a ligação Al-Cu são:

- cabos de alumínio-aço (mm<sup>2</sup>): 30, 50, 90, 130, 160, 235, 325;
- cabos de liga de alumínio (mm<sup>2</sup>): 22, 34,4, 42, 54,6, 75,5, 117.

Estes materiais devem ter apenas uma furação de Ø13 mm.

### 3.3.2 Ligação Cu-Cu

As secções dos cabos nus de cobre a abranger pelos terminais que fazem a ligação Cu-Cu (mm<sup>2</sup>) são:

- 16, 25, 35, 50, 70, 95.

Estes materiais devem ter apenas uma furação de Ø13 mm.

### 3.3.3 Ligação Al-Al

As secções dos cabos nus para os terminais que fazem a ligação Al-Al são:

- cabos de alumínio-aço (mm<sup>2</sup>): 30, 50, 90, 130, 160;
- cabos de liga de alumínio (mm<sup>2</sup>): 22, 34,4, 42, 54,6, 75,5, 117.

Estes materiais devem ter apenas uma furação, existindo ambas as versões com Ø13 mm e com Ø17 mm.

## 3.4 Protecção contra a corrosão

Os terminais de aperto mecânico devem ser convenientemente protegidos contra a corrosão que possa ocorrer tanto no transporte, no armazenamento como ainda em serviço.

Em possíveis componentes ferrosos utilizados, a protecção contra a corrosão deve ser de acordo com a cláusula 4.1.4 da IEC 61284, em que a galvanização por imersão a quente, realizada conforme a ISO 1461, deve ter a espessura mínima de 70 µm.

### 3.5 Marcação

Os terminais objecto deste documento devem ser marcados claramente e de modo indelével da seguinte maneira:

- designação comercial (de catálogo) do respectivo modelo;
- nome do fabricante;
- referência de rastreabilidade;
- força de rotura mínima especificada;
- ano e semana de fabrico de acordo com a norma NP EN 28601, em representação truncada na forma YYWww (por exemplo: 01W08, para a 8ª semana de 2001);
- secções do cabo.

### 3.6 Instruções de montagem

Os fornecedores devem providenciar as instruções de montagem dos terminais de aperto mecânico a que se propõem fornecer, em cada embalagem, em português, evidenciando também quais são as ferramentas e os respectivos binários de aperto necessários à sua instalação.

### 3.7 Características específicas

Os terminais objecto deste documento devem respeitar as exigências da cláusula 13 da norma IEC 61284.

Os terminais de aperto mecânico devem ser concebidos de modo a que, após a instalação, a área de contacto inicial entre o terminal e o condutor não aumente os esforços que poderão conduzir a uma avaria, devido às vibrações eólicas ou a outras condições de oscilação dos condutores.

Os terminais de aperto mecânico destinados a ligar materiais condutores diferentes, nomeadamente Al-Cu, devem ser concebidos de modo a evitar a corrosão bimetálica.

## 4 ENSAIOS DE TIPO

Os terminais objecto deste documento devem ser sujeitos aos seguintes ensaios de tipo:

- controlo visual;
- controlo dimensional e verificação dos materiais;
- galvanização por imersão a quente;
- ensaios mecânicos (incluem o ensaio de tensão mecânica, o ensaio mecânico de deterioração e de rotura e o ensaio mecânico de deterioração e de rotura do ponto de ligação utilizado durante a montagem);
- ensaio de ciclos térmicos;
- ensaio de resistência à corrosão.

Os ensaios de ciclos térmicos e de resistência à corrosão devem ser realizados sobre quatro amostras de terminais de aperto mecânico. Todos os restantes ensaios de tipo devem ser realizados sobre três amostras de terminais de aperto mecânico. Todas as amostras devem passar com sucesso os ensaios de tipo.

### 4.1 Controlo visual

O controlo visual deve ser realizado de acordo com a cláusula 7 da IEC 61284.

## 4.2 Controlo dimensional e verificação dos materiais

O controlo dimensional e verificação dos materiais deve ser realizado de acordo com a cláusula 8 da IEC 61284.

## 4.3 Galvanização por imersão a quente

O ensaio da galvanização por imersão a quente em materiais que estão abrangidos pela cláusula 3.4 deste documento, deve ser realizado de acordo com a cláusula 9 da IEC 61284.

## 4.4 Ensaio mecânicos

Os ensaios mecânicos devem ser realizados de acordo com a cláusula 11, mais especificamente com a cláusula 11.5, da IEC 61284.

Nestes ensaios só devem ser aplicados terminais de aperto mecânico aos cabos, não devendo existir nenhuma uniões.

As forças de rotura nominais dos cabos nus para linhas aéreas citadas na cláusula 3.3 deste documento estão definidas nos DMA-C34-110/E (MAI 87), DMA-C34-120/N (AGO 01) e, para os cabos de liga de alumínio, devem ser de acordo com o quadro 1.

**Quadro 1**  
**Força de rotura nominal dos cabos de liga de alumínio**

Secção dos cabos de liga de alumínio (mm <sup>2</sup> )	Força de rotura nominal (kgf)
22	723
34,4	1129
42	1206
54,6	1793
75,5	2483
117	3845

### 4.4.1 Ensaio de tensão mecânica

O ensaio de tensão mecânica deve ser realizado de acordo com a alínea a) da cláusula 11.5.1 da IEC 61284, em que a carga será elevada até se dar a rotura do terminal de aperto mecânico.

Deve ser considerado  $M = 20 \% \text{ RTS}$ , sendo RTS a força de rotura nominal de um cabo nu para linhas aéreas.

Deve ser considerado  $T = 1 \text{ h}$ .

Deve ser considerado  $\text{SMFL} = 0.95 * \text{RTS}$ , sendo SMFL a força de rotura mínima especificada do terminal de aperto mecânico.

#### 4.4.2 Ensaio mecânico de deterioração e de rotura

O ensaio mecânico de deterioração e de rotura deve ser realizado de acordo com a cláusula 11.5.2 da IEC 61284, não se devendo verificar nenhum tipo de deformação permanente quando se der a sua medição durante o ensaio.

#### 4.4.3 Ensaio mecânico de deterioração e de rotura do ponto de ligação utilizado durante a montagem

O ensaio mecânico de deterioração e de rotura do ponto de ligação utilizado durante a montagem deve ser realizado de acordo com a cláusula 11.5.3 da IEC 61284, não se devendo verificar nenhum tipo de deformação permanente quando se der a sua medição durante o ensaio.

### 4.5 Ensaio de ciclos térmicos

O ensaio de ciclos térmicos deve ser realizado de acordo com a cláusula 13 da IEC 61284.

Segundo a classificação para ensaios definida na cláusula 13.2.3 da IEC 61284, os terminais de aperto mecânico devem ser da classe A.

### 4.6 Ensaio de resistência à corrosão

O ensaio de resistência à corrosão deve ser realizado sobre as amostras que foram sujeitas ao ensaio de ciclos térmicos e de acordo com o anexo A deste documento.

## 5 ENSAIOS DE IDENTIDADE AO TIPO

A EDP Distribuição poderá exigir a realização, no todo ou em parte, de ensaios de identidade ao tipo, sempre que se verifiquem certas condições que motivem dúvidas relativamente às características dos materiais.

Tais condições são, nomeadamente, a alteração das composições das matérias primas, mudanças no controlo dos processos de fabrico, a ocorrência de não conformidades a uma taxa acima da que é considerada aceitável e um comportamento anormal em serviço.

## 6 EMBALAGEM

Os terminais objecto deste documento devem ser devidamente acondicionados em caixas de cartão, de madeira ou de plástico paletizadas.

Cada caixa deve conter no máximo 40 terminais.

Nas caixas deve existir pelo menos uma instrução de montagem, em português, por cada 10 terminais.

O texto em português das instruções de montagem deve ser escrito em linguagem simples e clara. Os termos técnicos utilizados devem estar de acordo com as correspondentes Normas Portuguesas referidas ao VEI (Vocabulário Electrotécnico Internacional, ou seja, à norma IEC 60050).

Na parte exterior da caixa devem constar as seguintes indicações bem visíveis:

- nome ou marca do fabricante;
- tipo de terminal de aperto mecânico;
- referência de rastreabilidade;
- número de unidades embaladas.

## ANEXO A

### ENSAIO DE RESISTÊNCIA À CORROSÃO <sup>1)</sup>

Os materiais das redes aéreas são submetidos a atmosferas naturais com maior ou menor grau de humidade e de corrosão.

Os dois principais agentes responsáveis pela corrosão na atmosfera são:

- o ião cloreto, que se encontra principalmente na atmosfera marítima;
- o dióxido de enxofre, que existe principalmente na atmosfera industrial;
- a combinação dos dois anteriores na atmosfera marítima e também industrial.

#### A1 PRINCÍPIO

Este ensaio consiste em expor as amostras, por esta ordem, a:

- a) nevoeiro salino neutro, com 5 % de concentração de NaCl;
- b) uma atmosfera húmida saturada e rica em dióxido de enxofre, com uma concentração inicial em volume de SO<sub>2</sub> de 667 p.p.m..

#### A2 APARELHAGEM DE ENSAIO

Este ensaio é efectuado em duas câmaras separadas.

A utilização de apenas uma única câmara é admissível embora, em caso de conflito, o método que utiliza as duas câmaras constitui a referência.

##### A2.1 Aparelhagem utilizada no ensaio de nevoeiro salino

O aparelho de exposição é basicamente constituído por uma câmara de ensaio e por pulverizadores.

##### A2.2 Aparelhagem utilizada no ensaio em atmosfera húmida saturada de SO<sub>2</sub>

O aparelho de exposição é basicamente constituído por um recipiente hermético à atmosfera húmida em presença de dióxido de enxofre, SO<sub>2</sub>, em que se encontram colocadas as amostras com os respectivos suportes.

#### A3 AMOSTRAS

A natureza, preparação e designação das amostras para este ensaio devem ser de acordo com o especificado nas secções correspondentes do presente documento.

#### A4 MODALIDADES DO ENSAIO

O conjunto do ensaio comporta três períodos idênticos de 14 dias cada, salvo indicações contrárias.

Cada período de 14 dias é constituído por duas sequências semanais:

- 7 dias de exposição em atmosfera de nevoeiro salino;

---

1) *Este ensaio baseia-se na NFC 33-003.*

- 7 ciclos de 24 h, em que cada um comporta 8 h de exposição em atmosfera húmida saturada rica em dióxido de enxofre e 16 h de exposição à atmosfera do laboratório através da abertura da porta da câmara de ensaio.

Não deve ser efectuada nenhuma limpeza entre as duas sequências anteriormente descritas.

No fim de cada período de 14 dias é realizada uma lavagem das amostras com água da torneira, durante 5 min a 10 min, e em seguida com água desmineralizada ou destilada, durante o mesmo período de tempo. Nestas duas operações, a temperatura da água utilizada não deve ser superior a 35 °C.

#### **A4.1 Exposição em atmosfera de nevoeiro salino**

A concentração da solução salina deve ser de  $(5 \pm 1)$  % em massa e a temperatura da câmara de ensaio deve ser mantida a  $(35 \pm 2)$  °C.

#### **A4.2 Exposição em atmosfera sulfurosa húmida saturada**

Após o fecho do aparelho, introduz-se 0,2 l de SO<sub>2</sub> (concentração de 0,067% em volume), quer a partir de uma botija, quer através de uma reacção específica, produzida no interior do aparelho.

Cada ciclo de 24 h é composto por um período de aquecimento de 8 h, durante a qual a temperatura é elevada a  $(40 \pm 3)$  °C, em atmosfera húmida saturada, seguida de um período de repouso de 16 h à temperatura ambiente com a abertura da porta do aparelho, terminando com a renovação da atmosfera (água e SO<sub>2</sub>).

### **A5 EXEMPLO DE REACÇÃO ESPECÍFICA PARA SE OBTER SO<sub>2</sub>**

A título informativo é indicado um exemplo de reacção entre o pirossulfito de sódio e o ácido sulfâmico para se obter SO<sub>2</sub>:



Para se conseguir um litro de SO<sub>2</sub> em condições normais ( $t = 0$  °C e  $p = 101,3$  kPa) são necessários 4,24 g de pirossulfito de sódio e 4,33 g de ácido sulfâmico.