

Características Técnicas dos Condutores de Energia e Cabos Eléctricos



Capítulo V

Cabos nus para Transporte de Energia Eléctrica



Capítulo V.I

5.1- Cabos nus para Transporte de Energia Eléctrica

5.1.1 - Introdução

A Solidal e Quintas Condutores fabricam actualmente condutores nus de cobre e alumínio associado ou não a outros metais tais como liga de alumínio, aço galvanizado e aço coberto a alumínio do tipo ACS (aluminium clad steel), cuja aplicação está hoje generalizada, e quase em exclusivo, nas linhas aéreas de transporte de energia.

Da nossa gama de fabrico salientam-se as seguintes construções:

- Condutores de cobre
- Condutores de alumínio AAC (all aluminium conductors) – designados por AL1
- Condutores de liga de alumínio AAAC (all aluminium alloy conductors) – designados por AL2, AL3, AL4 e AL5.
- Condutores de alumínio com alma de aço ACSR (aluminium conductors steel reinforced) – designados por AL1/ST1A, AL1/ST2B, AL1/ST3D, AL1/ST4A e AL1/ST5E
- Condutores de liga de alumínio com alma de aço AACSR (aluminium alloy conductors steel reinforced) – designados por AL2/ST1A, AL3/ST1A, AL4/ST1A, AL5/ST1A.
- Condutores de alumínio com alma de liga ACAR (aluminium conductors alloy reinforced) designados por AL1/AL2, AL1/AL3, AL1/AL4 e AL1/AL5

A preferência do alumínio, ou suas ligas, em detrimento do cobre, deve-se às vantagens que o primeiro oferece, quer do ponto de vista técnico quer económico, quando utilizado nos condutores das linhas aéreas nuas.

Salientamos as seguintes considerações:

- Relação condutividade eléctrica / peso: da análise do quadro abaixo podemos concluir que, para um condutor de alumínio apresentar uma resistência eléctrica (ou condutividade) idêntica a outro de cobre, a razão entre as suas secções será igual a 1,6 e como consequência dos seus pesos específicos o condutor de alumínio terá 48% do peso do condutor de cobre;
- Relação resistência mecânica / peso: o quadro 67 contém os valores da tensão limite de ruptura para os condutores de alumínio trefilado duro e cobre trefilado duro. Como a secção do condutor de alumínio tem um valor 1,6 vezes superior à do condutor de cobre, com igual resistência eléctrica, obtemos uma tensão limite de ruptura idêntica para ambos os condutores nesta situação. Desde que seja necessária uma resistência à ruptura elevada são incluídos fios de aço na composição do cabo, proporcionando-lhe assim uma relação resistência mecânica / peso com valores superiores. Este facto conduz a uma instalação mais económica, dado que são reduzidos o número de apoios e de materiais acessórios necessários à montagem, além de permitir menores flechas para os condutores.
- Economia: o baixo preço associado à sua estabilidade no tempo fazem com que o alumínio seja o metal eleito por excelência para a aplicação nas linhas aéreas.

Quadro 67 - Características físicas, eléctricas e mecânicas

| Características | Unidades | Cobre | Alumínio | Liga | ACS | Aço |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Massa específica | Kg/dm ³ | 8,89 | 2,703 | 2,703 | 6,59 | 7,78 |
| Coeficiente dilatação linear | °C ⁻¹ | 17,0x10 ⁻⁶ | 23,0x10 ⁻⁶ | 23,0x10 ⁻⁶ | 13,0x10 ⁻⁶ | 11,5x10 ⁻⁶ |
| Modulo de elasticidade | Kg/mm ² | 12700 | 7000 | 7000 | 16200 | 20700 |
| Resistividade a 20°C | Ω .mm ² /m | 0,017774 | 0,028264 | 0,0305 a 0,0325 | 0,0848 | 0,1916 |
| Condutividade a 20°C (%) | I.A.C.S. | 97,0 | 61,0 | 52,5 | 20,3 | 9,0 |
| Coef. Temp. a 20°C | °C ⁻¹ | 0,00381 | 0,00403 | 0,00360 | 0,00360 | - |
| Calor específico a 20°C | Kcal/Kg°C | 0,092 | 0,215 | 0,215 | 0,136 | 0,110 |

5.1.2 - Protecção dos condutores contra a corrosão

Quando sujeitos a ambientes desfavoráveis e quando solicitado, os condutores poderão ser protegidos contra a corrosão através da aplicação de uma massa neutra protectora.

A aplicação da massa protectora pode ser efectuada através de quatro casos distintos, de acordo com o indicado no quadro 68.

No quadro 68 são descritos os quatro casos.

Quadro 68 - Aplicação de Massa Protectora nos cabos**Caso 1**

O núcleo de aço é totalmente preenchido com massa neutra do tipo solicitado pelo cliente, de acordo com a figura 1 (apenas se destina a cabos do tipo ACSR e AACSR).



Fig. 1

Caso 2

O condutor será preenchido na suas camadas excepto na última, com massa neutra do tipo solicitado pelo cliente, de acordo com a figura 2.

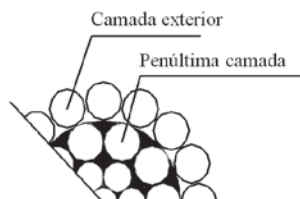


Fig. 2

Caso 3

O condutor será totalmente preenchido em todas as suas camadas, com massa neutra do tipo solicitado pelo cliente, de acordo com a figura 3.

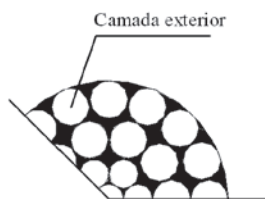


Fig. 3

Caso 4

O condutor será preenchido em todas as suas camadas, excluindo a parte exterior da última, com massa neutra do tipo solicitado pelo cliente, de acordo com a figura 4.

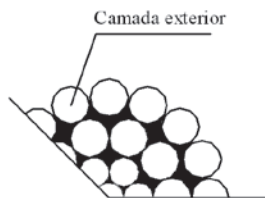


Fig. 4

Cálculo da quantidade de Massa Protectora

Assumindo que a massa protectora preenche na totalidade os espaços entre os fios do condutor, o volume de massa para cada caso atrás referido é dado pelas seguintes equações:

Caso 1: $V_g = 0,25 \pi (D_s^2 - n_s d_s^2)$

Caso 2: $V_g = 0,25 \pi (D_0^2 - 2d_a^2) - (n_a - n_0) d_a^2 - n_s d_s^2$

Caso 3: $V_g = 0,25 \pi (D_0^2 - n_a d_a^2 - n_s d_s^2)$

Caso 4: $V_g = 0,125 n_0 (D_0 - d_a)^2 \sin(360/n_0) - 0,125 \pi (2n_a - n_0 - 2)d_a^2 - 0,25 \pi n_s d_s^2$

Sendo:

V_g o volume de massa no condutor, por unidade de comprimento.

D_0 o diâmetro externo do condutor.

D_s o diâmetro do núcleo de aço.

d_a o diâmetro dos fios de alumínio da última camada.

d_s o diâmetro dos fios de aço.

n_a o número de fios de alumínio no condutor.

n_0 o número de fios da última camada do condutor.

n_s o número de fios de aço no condutor.

Dado que existe uma relação geométrica entre os parâmetros destas equações, é possível expressar a quantidade total de massa protectora num condutor através da relação seguinte:

$$M_g = k d_a^2$$

Sendo:

M_g a quantidade de massa protectora (kg/km).

K o factor que depende do tipo de condutor, da densidade da massa protectora e do preenchimento (relação de volume teórico).

Quadro 69 - Coeficientes k para quantidade de massa protectora nos cabos

| Composição | | K_1 | K_2 | K_3 | K_4 |
|------------|-----|--------|--------|--------|--------|
| Alumínio | Aço | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 | Caso 4 |
| 7 | - | - | - | 1,09 | 0,17 |
| 19 | - | - | 1,09 | 3,28 | 1,79 |
| 37 | - | - | 3,28 | 6,56 | 4,52 |
| 61 | - | - | 6,56 | 10,93 | 8,35 |
| 91 | - | - | 10,93 | 16,40 | 13,27 |
| 127 | - | - | 16,40 | 22,96 | 19,28 |
| 6 | 1 | - | - | 1,09 | 0,17 |
| 8 | 1 | - | - | 1,46 | 0,34 |
| 18 | 1 | - | 1,09 | 3,28 | 1,79 |
| 9 | 3 | 0,90 | - | 2,88 | 1,46 |
| 6 | 7 | 0,12 | - | 1,21 | 0,29 |
| 10 | 7 | 0,66 | - | 2,48 | 1,18 |
| 12 | 7 | 1,09 | - | 3,28 | 1,79 |
| 14 | 7 | 1,63 | - | 4,18 | 2,51 |
| 18 | 7 | 0,12 | 1,21 | 3,40 | 1,91 |
| 22 | 7 | 0,34 | 1,80 | 4,35 | 2,67 |
| 24 | 7 | 0,49 | 2,13 | 4,86 | 3,10 |
| 26 | 7 | 0,66 | 2,48 | 5,40 | 3,54 |
| 28 | 7 | 0,86 | 2,87 | 5,97 | 4,02 |
| 30 | 7 | 1,09 | 3,28 | 6,56 | 4,52 |
| 32 | 7 | 1,35 | 3,72 | 7,18 | 5,08 |
| 36 | 7 | 1,94 | 4,68 | 8,50 | 6,19 |
| 42 | 7 | 0,34 | 4,35 | 7,99 | 5,77 |
| 45 | 7 | 0,49 | 4,86 | 8,69 | 6,37 |
| 48 | 7 | 0,66 | 5,40 | 9,41 | 7,01 |
| 54 | 7 | 1,09 | 6,56 | 10,93 | 8,35 |
| 72 | 7 | 0,49 | 8,69 | 13,61 | 10,75 |
| 84 | 7 | 1,09 | 10,93 | 16,40 | 13,27 |
| 14 | 19 | 1,76 | - | 4,31 | 2,64 |
| 15 | 19 | 2,10 | - | 4,83 | 3,07 |
| 16 | 19 | 2,46 | - | 5,38 | 3,52 |
| 18 | 19 | 3,28 | - | 6,56 | 4,52 |
| 30 | 19 | 1,18 | 3,37 | 6,65 | 4,61 |
| 32 | 19 | 1,46 | 3,83 | 7,29 | 5,16 |
| 36 | 19 | 2,10 | 4,83 | 8,66 | 6,35 |
| 42 | 19 | 3,28 | 6,56 | 10,93 | 8,35 |
| 54 | 19 | 1,18 | 6,65 | 11,02 | 8,44 |

Nota: os valores de k indicados na tabela para os 4 casos de aplicação de massa protectora baseiam-se numa densidade de $0,87 \text{ g/cm}^3$ e um factor de preenchimento de 0,8.

5.1.3 - Cabos de Alumínio do tipo AAC

Aplicações:

Os cabos de alumínio são normalmente usados em linhas aéreas.

Normas de referência:

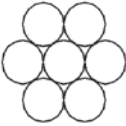
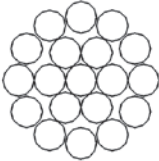
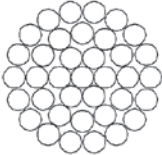
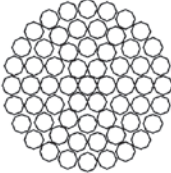
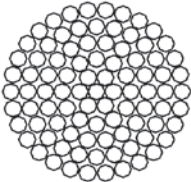
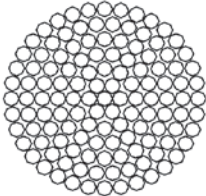
EN 50889

EN 50182

Construção:

Os cabos de alumínio são condutores cableados concêntricos, compostos de uma ou mais camadas de fios de alumínio do tipo AL1.

Quadro 70 - Composições dos condutores de alumínio

| Composição | Secção Transversal do Cabo | Composição | Secção Transversal do Cabo |
|--------------------------------|---|------------------------------------|--|
| 7 fios 1+6 |  | 19 fios 1+6+12 |  |
| 37 fios 1+6+12+18 |  | 61 fios 1+6+12+18+24 |  |
| 91 fios 1+6+12+18+24+30 |  | 127 fios 1+6+12+18+24+30+36 |  |

Quadro 71 - Características Técnicas dos Cabos de Alumínio usados em Inglaterra - AL1

| Designação | Área (mm ²) | Nº de fios | Diâmetro (mm) | | Massa por unidade de comprimento (kg/km) | Carga de Ruptura Nominal (kN) | Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km) | Módulo de Elasticidade Final N/mm ² | Coeficiente linear de expansão 1/K | Capacidade Nominal ⁽¹⁾ A | Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) ⁽²⁾ | | | |
|------------|-------------------------|------------|---------------|------------|--|-------------------------------|--|--|------------------------------------|-------------------------------------|--|--------|--------|--------|
| | | | Al | fios Cond. | | | | | | | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 | Caso 4 |
| 23-AL1 | 23,3 | 7 | 2,06 | 6,18 | 63,8 | 4,20 | 1,2249 | 60 000 | 23,0E-6 | 135 | 4,6 | 7,8 | 4,6 | 0,7 |
| 27-AL1 | 26,9 | 7 | 2,21 | 6,63 | 73,4 | 4,83 | 1,0643 | 60 000 | 23,0E-6 | 150 | 5,3 | 11,5 | 5,3 | 0,8 |
| 37-AL1 | 36,9 | 7 | 2,59 | 7,77 | 106,8 | 6,27 | 0,7749 | 60 000 | 23,0E-6 | 185 | 7,3 | 17,4 | 7,3 | 1,1 |
| 43-AL1 | 42,8 | 7 | 2,79 | 8,37 | 117,0 | 7,28 | 0,6678 | 60 000 | 23,0E-6 | 205 | 8,5 | 19,9 | 8,5 | 1,3 |
| 53-AL1 | 52,8 | 7 | 3,10 | 9,30 | 144,4 | 8,72 | 0,5409 | 60 000 | 23,0E-6 | 230 | 10,5 | 23,6 | 10,5 | 1,6 |
| 64-AL1 | 63,6 | 7 | 3,40 | 10,2 | 173,7 | 10,49 | 0,4497 | 60 000 | 23,0E-6 | 260 | 12,6 | 27,3 | 12,6 | 2,0 |
| 74-AL1 | 73,6 | 7 | 3,66 | 11,0 | 201,3 | 11,78 | 0,3880 | 60 000 | 23,0E-6 | 290 | 14,6 | 31,9 | 14,6 | 2,3 |
| 79-AL1 | 78,6 | 7 | 3,78 | 11,3 | 214,7 | 12,57 | 0,3638 | 60 000 | 23,0E-6 | 300 | 15,6 | 34,6 | 15,6 | 2,4 |
| 84-AL1 | 84,1 | 7 | 3,91 | 11,7 | 229,7 | 13,45 | 0,3400 | 60 000 | 23,0E-6 | 315 | 16,7 | 37,9 | 16,7 | 2,6 |
| 96-AL1 | 95,6 | 7 | 4,17 | 12,5 | 261,3 | 15,30 | 0,2989 | 60 000 | 23,0E-6 | 340 | 19,0 | 42,0 | 19,0 | 3,0 |
| 106-AL1 | 106,0 | 7 | 4,39 | 13,2 | 289,6 | 16,95 | 0,2697 | 60 000 | 23,0E-6 | 365 | 21,0 | 46,9 | 21,0 | 3,3 |
| 106-AL1 | 106,4 | 19 | 2,67 | 13,4 | 292,4 | 18,08 | 0,2701 | 60 000 | 23,0E-6 | 365 | 7,8 | 17,4 | 23,4 | 12,8 |
| 132-AL1 | 132,0 | 7 | 4,90 | 14,7 | 360,8 | 21,12 | 0,2165 | 60 000 | 23,0E-6 | 420 | 26,2 | 54,9 | 26,2 | 4,1 |
| 138-AL1 | 157,6 | 19 | 3,25 | 16,3 | 433,2 | 26,01 | 0,1823 | 57 000 | 23,0E-6 | 470 | 11,5 | 23,6 | 34,6 | 18,9 |
| 186-AL1 | 185,9 | 19 | 3,53 | 17,7 | 511,1 | 29,75 | 0,1546 | 57 000 | 23,0E-6 | 525 | 13,6 | 27,3 | 40,9 | 22,3 |
| 213-AL1 | 213,2 | 19 | 3,78 | 18,9 | 586,0 | 34,12 | 0,1348 | 57 000 | 23,0E-6 | 575 | 15,6 | 31,9 | 46,9 | 25,6 |
| 238-AL1 | 237,6 | 19 | 3,99 | 20,0 | 652,9 | 38,01 | 0,1210 | 57 000 | 23,0E-6 | 615 | 17,4 | 37,9 | 52,2 | 28,5 |
| 266-AL1 | 265,7 | 19 | 4,22 | 21,1 | 730,4 | 42,52 | 0,1081 | 57 000 | 23,0E-6 | 660 | 19,4 | 42,0 | 58,4 | 31,9 |
| 323-AL1 | 322,7 | 19 | 4,65 | 23,3 | 886,8 | 51,63 | 0,0891 | 57 000 | 23,0E-6 | 750 | 23,6 | 46,9 | 70,9 | 38,7 |
| 373-AL1 | 373,1 | 19 | 5,00 | 25,0 | 1025,3 | 59,69 | 0,0770 | 57 000 | 23,0E-6 | 825 | 27,3 | 54,9 | 82,0 | 44,8 |
| 372-AL1 | 372,4 | 37 | 3,58 | 25,1 | 1027,1 | 59,59 | 0,0774 | 57 000 | 23,0E-6 | 820 | 42,0 | 84,1 | 84,1 | 57,9 |
| 415-AL1 | 415,2 | 37 | 3,78 | 26,5 | 1145,1 | 66,43 | 0,0695 | 57 000 | 23,0E-6 | 880 | 46,9 | 93,7 | 93,7 | 64,6 |
| 486-AL1 | 486,1 | 37 | 4,09 | 28,6 | 1340,6 | 77,78 | 0,0593 | 57 000 | 23,0E-6 | 975 | 54,9 | 109,7 | 109,7 | 75,6 |
| 530-AL1 | 529,8 | 37 | 4,27 | 29,9 | 1461,2 | 84,77 | 0,0544 | 57 000 | 23,0E-6 | 1035 | 59,8 | 119,6 | 119,6 | 82,4 |
| 628-AL1 | 628,3 | 37 | 4,65 | 32,6 | 1732,9 | 100,54 | 0,0459 | 57 000 | 23,0E-6 | 1155 | 70,9 | 141,8 | 141,8 | 97,7 |

Nóta: O sentido de cabimento da última camada será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente).

(2) - De acordo com a norma EN 50 182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

Quadro 72 - Características Técnicas dos Cabos de Alumínio usados em Espanha - AL1

| Designação | | Área (mm ²) | Nº de fios | Diâmetro (mm) | | Massa por unidade de comprimento (kg/km) | Carga de Ruptura Nominal (kN) | Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km) | Módulo de Elasticidade Final N/mm ² | Coeficiente linear de expansão 1/K | Capacidade Nominal ⁽¹⁾ A | Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) ⁽²⁾ | | | |
|------------|--------|-------------------------|------------|---------------|-------|--|-------------------------------|--|--|------------------------------------|-------------------------------------|--|--------|--------|--------|
| Nova | Antiga | | | Fios | Cond. | | | | | | | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 | Caso 4 |
| 28-AL1 | L 28 | 27,8 | 7 | 2,25 | 6,75 | 76,1 | 5,01 | 1,0268 | 60.000 | 23,0E-6 | 155 | | | 5,5 | 0,9 |
| 43-AL1 | L 40 | 43,1 | 7 | 2,80 | 8,40 | 117,8 | 7,33 | 0,6630 | 60.000 | 23,0E-6 | 205 | | | 8,5 | 1,3 |
| 55-AL1 | L 56 | 54,6 | 7 | 3,15 | 9,45 | 149,1 | 9,00 | 0,5239 | 60.000 | 23,0E-6 | 235 | | | 10,8 | 1,7 |
| 76-AL1 | L 80 | 75,5 | 19 | 2,25 | 11,25 | 207,6 | 13,60 | 0,3804 | 57.000 | 23,0E-6 | 295 | | 5,5 | 16,6 | 9,1 |
| 117-AL1 | L 110 | 117,0 | 19 | 2,80 | 14,00 | 321,5 | 19,89 | 0,2456 | 57.000 | 23,0E-6 | 390 | | 8,5 | 25,7 | 14,0 |
| 148-AL1 | L 145 | 148,1 | 19 | 3,15 | 15,8 | 407,0 | 24,43 | 0,1941 | 57.000 | 23,0E-6 | 450 | | 10,8 | 32,5 | 17,8 |
| 188-AL1 | L 180 | 188,1 | 19 | 3,55 | 17,8 | 516,9 | 30,09 | 0,1528 | 57.000 | 23,0E-6 | 530 | | 13,7 | 41,3 | 22,6 |
| 279-AL1 | L 280 | 279,3 | 37 | 3,10 | 21,7 | 770,2 | 46,08 | 0,1033 | 57.000 | 23,0E-6 | 680 | | 31,5 | 63,0 | 43,4 |
| 381-AL1 | L 400 | 381,0 | 61 | 2,82 | 25,4 | 1054,1 | 64,77 | 0,0759 | 55.000 | 23,0E-6 | 835 | | 52,2 | 86,9 | 66,4 |
| 454-AL1 | L 450 | 454,5 | 61 | 3,08 | 27,7 | 1257,5 | 74,99 | 0,0637 | 55.000 | 23,0E-6 | 935 | | 62,2 | 103,7 | 79,2 |
| 547-AL1 | L 550 | 547,3 | 61 | 3,38 | 30,4 | 1514,4 | 90,31 | 0,0529 | 55.000 | 23,0E-6 | 1055 | | 74,9 | 124,9 | 95,4 |
| 638-AL1 | L 630 | 638,3 | 61 | 3,65 | 32,9 | 1766,0 | 102,12 | 0,0453 | 55.000 | 23,0E-6 | 1165 | | 87,4 | 145,6 | 111,2 |

Nota: O sentido de cablamento da última camada será a direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente).

(2) - De acordo com a norma EN 50 182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

Quadro 73 - Características Técnicas dos Cabos de Alumínio usados em Alemanha - AL1

| Designação | | Área (mm2) | Nº de fios | Diâmetro (mm) | | Massa por unidade de comprimento (kg/km) | Carga de Rótura Nominal (kN) | Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km) | Módulo de Elasticidade Final N/mm ² | Coeficiente linear de expansão 1/K | Capacidade Nominal ⁽¹⁾ | Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) ⁽²⁾ | | | | | | |
|------------|--------|------------|------------|---------------|-------|--|------------------------------|--|--|------------------------------------|-----------------------------------|--|--------|--------|--------|-------|--|--|
| | | | | fios | Cond. | | | | | | | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 | Caso 4 | | | |
| Nova | Antiga | | | | | | | | | | A | | | | | | | |
| 16-AL1 | 16 | 15,9 | 7 | 1,70 | 5,10 | 43,4 | 3,02 | 1,7986 | 60.000 | 23,0E-6 | 105 | | | 3,2 | | 0,5 | | |
| 24-AL1 | 25 | 24,2 | 7 | 2,10 | 6,30 | 66,3 | 4,36 | 1,1787 | 60.000 | 23,0E-6 | 140 | | | 4,8 | | 0,7 | | |
| 34-AL1 | 35 | 34,4 | 7 | 2,50 | 7,50 | 93,9 | 6,01 | 0,8317 | 60.000 | 23,0E-6 | 175 | | | 6,8 | | 1,1 | | |
| 49-AL1 | 50 | 49,5 | 7 | 3,00 | 9,00 | 135,2 | 8,41 | 0,5776 | 60.000 | 23,0E-6 | 225 | | | 9,8 | | 1,5 | | |
| 48-AL1 | 50 | 48,3 | 19 | 1,80 | 9,00 | 132,9 | 8,94 | 0,5944 | 57.000 | 23,0E-6 | 220 | | | 3,5 | 10,6 | 5,8 | | |
| 66-AL1 | 70 | 65,8 | 19 | 2,10 | 10,5 | 180,9 | 11,85 | 0,4367 | 57.000 | 23,0E-6 | 270 | | | 4,8 | 14,5 | 7,9 | | |
| 93-AL1 | 95 | 93,3 | 19 | 2,50 | 12,5 | 256,3 | 16,32 | 0,3081 | 57.000 | 23,0E-6 | 335 | | | 6,8 | 20,5 | 11,2 | | |
| 117-AL1 | 120 | 117,0 | 19 | 2,80 | 14,0 | 321,5 | 19,89 | 0,2456 | 57.000 | 23,0E-6 | 390 | | | 8,5 | 25,7 | 14,0 | | |
| 147-AL1 | 150 | 147,1 | 37 | 2,25 | 15,8 | 405,7 | 26,48 | 0,1960 | 57.000 | 23,0E-6 | 450 | | | 16,6 | 33,2 | 22,9 | | |
| 182-AL1 | 185 | 181,6 | 37 | 2,50 | 17,5 | 500,9 | 31,78 | 0,1388 | 57.000 | 23,0E-6 | 515 | | | 20,5 | 41,0 | 28,3 | | |
| 243-AL1 | 240 | 242,5 | 61 | 2,25 | 20,3 | 671,1 | 43,66 | 0,1193 | 55.000 | 23,0E-6 | 620 | | | 33,2 | 55,3 | 42,3 | | |
| 299-AL1 | 300 | 299,4 | 61 | 2,50 | 22,5 | 828,5 | 52,40 | 0,0966 | 55.000 | 23,0E-6 | 710 | | | 41,0 | 68,3 | 52,2 | | |
| 400-AL1 | 400 | 400,1 | 61 | 2,89 | 26,0 | 1107,1 | 68,02 | 0,0723 | 55.000 | 23,0E-6 | 860 | | | 54,8 | 91,3 | 69,7 | | |
| 500-AL1 | 500 | 499,8 | 61 | 3,23 | 29,1 | 1382,9 | 82,47 | 0,0579 | 55.000 | 23,0E-6 | 995 | | | 68,4 | 114,0 | 87,1 | | |
| 626-AL1 | 625 | 626,2 | 91 | 2,96 | 32,6 | 1739,7 | 106,45 | 0,0464 | 55.000 | 23,0E-6 | 1150 | | | 95,8 | 143,7 | 116,3 | | |
| 802-AL1 | 800 | 802,1 | 91 | 3,35 | 36,9 | 2228,3 | 132,34 | 0,0362 | 55.000 | 23,0E-6 | 1350 | | | 122,7 | 184,0 | 148,9 | | |
| 1000-AL1 | 1000 | 999,7 | 91 | 3,74 | 41,1 | 2777,3 | 159,95 | 0,0291 | 55.000 | 23,0E-6 | 1560 | | | 152,9 | 229,4 | 185,6 | | |

Nota: O sentido de cabramento da última camada será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente).

(2) - De acordo com a norma EN 50 182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de $\pm 20\%$ relativamente ao valor nominal indicado.

5.1.4 - Cabos de Liga de Alumínio do tipo AAAC

Aplicações:

Os cabos de liga de alumínio são normalmente usados em linhas aéreas. São usados normalmente em substituição dos cabos AAC quando se pretende uma maior resistência mecânica, e dos cabos ACSR quando se pretende igualmente uma maior resistência à corrosão.

Normas de referência:

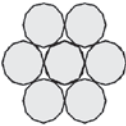
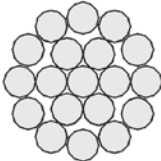
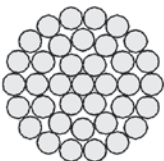
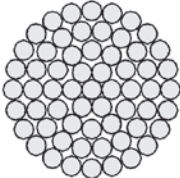
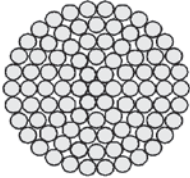
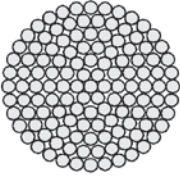
EN 50183

EN 50182

Construção:

Os cabos de liga de alumínio são condutores cableados concêntricos, compostos de uma ou mais camadas de fios de liga de alumínio do tipo AL2, AL3, AL4 ou AL5.

Quadro 74 - Composições dos cabos de liga de alumínio

| Composição | Secção Transversal do Cabo | Composição | Secção Transversal do Cabo |
|--------------------------------|---|------------------------------------|---|
| 7 fios 1+6 |  | 19 fios 1+6+12 |  |
| 37 fios 1+6+12+18 |  | 61 fios 1+6+12+18+24 |  |
| 91 fios 1+6+12+18+24+30 |  | 127 fios 1+6+12+18+24+30+36 |  |

Quadro 75 - Características Técnicas dos Cabos de Liga de Alumínio usados em Inglaterra - AL3

| Designação | Área (mm ²) | Nº de fios | Diâmetro (mm) | | Massa por unidade de comprimento (kg/km) | Carga de Ruptura Nominal (kN) | Resistência Eléctrica máxima a 20 °C (Ω/km) | Módulo de Elasticidade Final N/mm ² | Coeficiente linear de expansão | Capacidade Nominal ⁽¹⁾ | | | | Peso da massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) ⁽²⁾ |
|------------|-------------------------|------------|---------------|-------|--|-------------------------------|---|--|--------------------------------|-----------------------------------|--------|--------|--------|--|
| | | | fios | Cond. | | | | | | A | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 | Caso 4 |
| 19-AL3 | 18,8 | 7 | 1,85 | 5,55 | 51,4 | 5,55 | 1,7480 | 60.000 | 23,0E-6 | 110 | | | 3,7 | 0,6 |
| 24-AL3 | 23,8 | 7 | 2,08 | 6,24 | 64,9 | 7,02 | 1,3828 | 60.000 | 23,0E-6 | 130 | | | 4,7 | 0,7 |
| 30-AL3 | 30,1 | 7 | 2,34 | 7,02 | 82,2 | 8,88 | 1,0926 | 60.000 | 23,0E-6 | 150 | | | 6,0 | 0,9 |
| 35-AL3 | 35,5 | 7 | 2,54 | 7,62 | 96,8 | 10,46 | 0,9273 | 60.000 | 23,0E-6 | 170 | | | 7,0 | 1,1 |
| 42-AL3 | 42,2 | 7 | 2,77 | 8,31 | 115,2 | 12,44 | 0,7797 | 60.000 | 23,0E-6 | 190 | | | 8,4 | 1,3 |
| 48-AL3 | 47,8 | 7 | 2,95 | 8,9 | 130,6 | 14,11 | 0,6875 | 60.000 | 23,0E-6 | 205 | | | 9,5 | 1,5 |
| 60-AL3 | 59,9 | 7 | 3,30 | 9,9 | 163,4 | 17,66 | 0,5494 | 60.000 | 23,0E-6 | 235 | | | 11,9 | 1,9 |
| 72-AL3 | 71,6 | 7 | 3,61 | 10,8 | 195,6 | 21,14 | 0,4591 | 60.000 | 23,0E-6 | 265 | | | 14,2 | 2,2 |
| 84-AL3 | 84,1 | 7 | 3,91 | 11,7 | 229,5 | 24,79 | 0,3913 | 60.000 | 23,0E-6 | 295 | | | 16,7 | 2,6 |
| 90-AL3 | 89,7 | 7 | 4,04 | 12,1 | 245,0 | 26,47 | 0,3665 | 60.000 | 23,0E-6 | 310 | | | 17,8 | 2,8 |
| 119-AL3 | 118,9 | 7 | 4,65 | 14,0 | 324,5 | 35,07 | 0,2767 | 60.000 | 23,0E-6 | 370 | | | 23,6 | 3,7 |
| 151-AL3 | 150,9 | 19 | 3,18 | 15,9 | 414,3 | 44,52 | 0,2192 | 57.000 | 23,0E-6 | 430 | | 11,0 | 33,2 | 18,1 |
| 181-AL3 | 180,7 | 19 | 3,48 | 17,4 | 496,1 | 53,31 | 0,1830 | 57.000 | 23,0E-6 | 485 | | 13,2 | 39,7 | 21,7 |
| 211-AL3 | 211,0 | 19 | 3,76 | 18,8 | 579,2 | 62,24 | 0,1568 | 57.000 | 23,0E-6 | 535 | | 15,4 | 46,4 | 25,3 |
| 239-AL3 | 239,4 | 37 | 2,87 | 20,1 | 659,4 | 70,61 | 0,1387 | 57.000 | 23,0E-6 | 580 | | 27,0 | 54,0 | 37,2 |
| 303-AL3 | 303,2 | 37 | 3,23 | 22,6 | 835,2 | 89,44 | 0,1095 | 57.000 | 23,0E-6 | 675 | | 34,2 | 68,4 | 47,2 |
| 362-AL3 | 362,1 | 37 | 3,53 | 24,7 | 997,5 | 106,82 | 0,0917 | 57.000 | 23,0E-6 | 760 | | 40,9 | 81,7 | 56,3 |
| 479-AL3 | 479,0 | 37 | 4,06 | 28,4 | 1319,6 | 141,31 | 0,0693 | 57.000 | 23,0E-6 | 910 | | 54,1 | 108,1 | 74,5 |
| 498-AL3 | 498,1 | 37 | 4,14 | 29,0 | 1372,1 | 146,93 | 0,0666 | 57.000 | 23,0E-6 | 935 | | 56,2 | 112,4 | 77,5 |
| 587-AL3 | 586,9 | 61 | 3,50 | 31,5 | 1622,0 | 173,13 | 0,0567 | 55.000 | 23,0E-6 | 1040 | | 80,4 | 133,9 | 102,3 |
| 659-AL3 | 659,4 | 61 | 3,71 | 33,4 | 1822,5 | 194,53 | 0,0505 | 55.000 | 23,0E-6 | 1120 | | 90,3 | 150,4 | 114,9 |
| 821-AL3 | 821,1 | 61 | 4,14 | 37,3 | 2269,4 | 242,24 | 0,0406 | 55.000 | 23,0E-6 | 1295 | | 112,4 | 187,3 | 143,1 |
| 996-AL3 | 996,2 | 61 | 4,56 | 41,0 | 2753,2 | 293,88 | 0,0334 | 55.000 | 23,0E-6 | 1465 | | 136,4 | 227,3 | 173,6 |

Nota: O sentido de cabearamento da última camada será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35 °C; temperatura máxima do cabo de 80 °C (regime permanente).

(2) - De acordo com a norma EN 50182, o peso da massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

Quadro 76 - Características Técnicas dos Cabos de Liga de Alumínio usados em Inglaterra - AL5

| Designação | | Área (mm²) | Nº de fios | Diâmetro (mm) | | Massa por unidade de comprimento (kg/km) | Carga de Ruptura Nominal (kN) | Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km) | Módulo de Elasticidade Final N/mm² | Coeficiente linear de expansão 1/K | Capacidade Nominal (t) | Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) (2) | | | |
|------------|-----------|------------|------------|---------------|-------|--|-------------------------------|--|------------------------------------|------------------------------------|------------------------|---|--------|--------|--------|
| Nova | Antiga | | | fios | Cond. | | | | | | | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 | Caso 4 |
| 239-AL5 | POPULAR | 239,4 | 37 | 2,87 | 20,09 | 659,4 | 70,61 | 0,1330 | 57 000 | 23,0E-6 | 595 | 27,0 | 54,0 | 37,2 | |
| 303-AL5 | SYCAMORE | 303,2 | 37 | 3,23 | 22,61 | 835,2 | 89,44 | 0,1050 | 57 000 | 23,0E-6 | 690 | 34,2 | 68,4 | 47,2 | |
| 362-AL5 | UPAS | 362,1 | 37 | 3,53 | 24,71 | 997,5 | 106,82 | 0,0879 | 57 000 | 23,0E-6 | 775 | 40,9 | 81,7 | 56,3 | |
| 479-AL5 | YEW | 479,0 | 37 | 4,06 | 28,42 | 1319,6 | 141,31 | 0,0665 | 57 000 | 23,0E-6 | 930 | 54,1 | 108,1 | 74,5 | |
| 498-AL5 | TOTARA | 498,1 | 37 | 4,14 | 28,98 | 1372,1 | 146,93 | 0,0639 | 57 000 | 23,0E-6 | 955 | 56,2 | 112,4 | 77,5 | |
| 587-AL5 | RUBUS | 586,9 | 61 | 3,50 | 31,5 | 1622,0 | 173,13 | 0,0544 | 55 000 | 23,0E-6 | 1060 | 80,4 | 135,9 | 102,3 | |
| 659-AL5 | SORBUS | 659,4 | 61 | 3,71 | 33,4 | 1822,5 | 194,53 | 0,0484 | 55 000 | 23,0E-6 | 1145 | 90,3 | 150,4 | 114,9 | |
| 821-AL5 | ARAUCARIA | 821,1 | 61 | 4,14 | 37,3 | 2269,4 | 242,24 | 0,0389 | 55 000 | 23,0E-6 | 1320 | 112,4 | 187,3 | 143,1 | |
| 996-AL5 | REDWOOD | 996,2 | 61 | 4,56 | 41,0 | 2753,2 | 293,88 | 0,0321 | 55 000 | 23,0E-6 | 1500 | 136,4 | 227,3 | 173,6 | |

Nota: O sentido de cablamente da última cunhada será à direita (Z).

- (1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente).
- (2) - De acordo com a norma EN 50 182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

Quadro 77 - Características Técnicas dos Cabos de Liga de Alumínio usados em Espanha - AL2

| Designação | Área (mm ²) | Nº de fios | Diâmetro (mm) | | Massa por unidade de comprimento (kg/km) | Carga de Rótura Nominal (kN) | Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km) | Módulo de Elasticidade Final N/mm ² | Coeficiente linear de expansão | Capacidade Nominal ⁽¹⁾ | Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) ⁽²⁾ | | | |
|------------|-------------------------|------------|---------------|-------|--|------------------------------|--|--|--------------------------------|-----------------------------------|--|--------|--------|--------|
| Nova | Antiga | | fios | Cond. | | | | | | | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 | Caso 4 |
| 28-AL2 | D 28 | 7 | 2,25 | 6,75 | 76,0 | 9,05 | 1,1930 | 60 000 | 23,0E-6 | 145 | | | 5,5 | 0,9 |
| 43-AL2 | D 40 | 7 | 2,80 | 8,40 | 117,7 | 14,01 | 0,7704 | 60 000 | 23,0E-6 | 190 | | | 8,5 | 1,3 |
| 55-AL2 | D 56 | 7 | 3,15 | 9,45 | 148,9 | 17,73 | 0,6087 | 60 000 | 23,0E-6 | 220 | | | 10,8 | 1,7 |
| 76-AL2 | D 80 | 19 | 2,25 | 11,25 | 207,4 | 24,55 | 0,4420 | 57 000 | 23,0E-6 | 275 | | 5,5 | 16,6 | 9,1 |
| 117-AL2 | D 110 | 19 | 2,80 | 14,00 | 321,2 | 38,02 | 0,2854 | 57 000 | 23,0E-6 | 365 | | 8,5 | 25,7 | 14,0 |
| 148-AL2 | D 145 | 19 | 3,15 | 15,8 | 406,5 | 48,12 | 0,2255 | 57 000 | 23,0E-6 | 425 | | 10,8 | 32,5 | 17,8 |
| 188-AL2 | D 180 | 19 | 3,55 | 17,8 | 516,3 | 59,24 | 0,1776 | 57 000 | 23,0E-6 | 495 | | 13,7 | 41,3 | 22,6 |
| 279-AL2 | D 280 | 37 | 3,10 | 21,7 | 769,3 | 90,76 | 0,1200 | 57 000 | 23,0E-6 | 640 | | 31,5 | 63,0 | 43,4 |
| 381-AL2 | D 400 | 61 | 2,82 | 25,4 | 1053,0 | 123,82 | 0,0882 | 55 000 | 23,0E-6 | 780 | | 52,2 | 86,9 | 66,4 |
| 454-AL2 | D 450 | 61 | 3,08 | 27,7 | 1256,1 | 147,71 | 0,0740 | 55 000 | 23,0E-6 | 875 | | 62,2 | 103,7 | 79,2 |
| 547-AL2 | D 550 | 61 | 3,38 | 30,4 | 1512,7 | 177,88 | 0,0614 | 55 000 | 23,0E-6 | 990 | | 74,9 | 124,9 | 95,4 |
| 638-AL2 | D 630 | 61 | 3,65 | 32,9 | 1764,0 | 201,06 | 0,0527 | 55 000 | 23,0E-6 | 1090 | | 87,4 | 145,6 | 111,2 |

Nota: O sentido de cablimento da última camada será à direita (Z).

- (1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente).
- (2) - De acordo com a norma EN 50 182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

Quadro 78 - Características Técnicas dos Cabos de Liga de Alumínio usados na Alemanha - AL3

| Designação | | Área (mm ²) | Nº de fios | Diâmetro (mm) | | Massa por unidade de comprimento (kg/km) | Carga de Ruptura Nominal (kN) | Resistência Eléctrica máxima a 20 °C (Ω/km) | Módulo de Elasticidade Final N/mm ² | Coeficiente linear de expansão | Capacidade Nominal ⁽¹⁾ | Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) ⁽²⁾ | | | |
|------------|--------|-------------------------|------------|---------------|-------|--|-------------------------------|---|--|--------------------------------|-----------------------------------|--|--------|--------|--------|
| Nova | Antiga | | | fios | Cond. | | | | | | | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 | Caso 4 |
| 16-AL3 | 16 | 15,9 | 7 | 1,70 | 5,10 | 43,4 | 4,69 | 2,0701 | 60.000 | 23,0E-6 | 100 | | | 3,2 | 0,5 |
| 24-AL3 | 25 | 24,2 | 7 | 2,10 | 6,30 | 66,2 | 7,15 | 1,3566 | 60.000 | 23,0E-6 | 130 | | | 4,8 | 0,7 |
| 34-AL3 | 35 | 34,4 | 7 | 2,50 | 7,50 | 93,8 | 10,14 | 0,9572 | 60.000 | 23,0E-6 | 165 | | | 6,8 | 1,1 |
| 49-AL3 | 50 | 49,5 | 7 | 3,00 | 9,00 | 135,1 | 14,60 | 0,6647 | 60.000 | 23,0E-6 | 210 | | | 9,8 | 1,5 |
| 48-AL3 | 50 | 48,3 | 19 | 1,80 | 9,00 | 132,7 | 14,26 | 0,6841 | 57.000 | 23,0E-6 | 205 | | 3,5 | 10,6 | 5,8 |
| 66-AL3 | 70 | 65,8 | 19 | 2,10 | 10,5 | 180,7 | 19,41 | 0,5026 | 57.000 | 23,0E-6 | 250 | | 4,8 | 14,5 | 7,9 |
| 93-AL3 | 95 | 93,3 | 19 | 2,50 | 12,5 | 256,0 | 27,51 | 0,3546 | 57.000 | 23,0E-6 | 315 | | 6,8 | 20,5 | 11,2 |
| 117-AL3 | 120 | 117,0 | 19 | 2,80 | 14,0 | 321,2 | 34,51 | 0,2827 | 57.000 | 23,0E-6 | 365 | | 8,5 | 25,7 | 14,0 |
| 147-AL3 | 150 | 147,1 | 37 | 2,25 | 15,8 | 405,3 | 43,40 | 0,2256 | 57.000 | 23,0E-6 | 425 | | 16,6 | 33,2 | 22,9 |
| 182-AL3 | 185 | 181,6 | 37 | 2,50 | 17,5 | 500,3 | 53,58 | 0,1827 | 57.000 | 23,0E-6 | 485 | | 20,5 | 41,0 | 28,3 |
| 243-AL3 | 240 | 242,5 | 61 | 2,25 | 20,3 | 670,3 | 71,55 | 0,1373 | 55.000 | 23,0E-6 | 585 | | 33,2 | 55,3 | 42,3 |
| 299-AL3 | 300 | 299,4 | 61 | 2,50 | 22,5 | 827,5 | 88,33 | 0,1112 | 55.000 | 23,0E-6 | 670 | | 41,0 | 68,3 | 52,2 |
| 400-AL3 | 400 | 400,1 | 61 | 2,89 | 26,0 | 1105,9 | 118,04 | 0,0832 | 55.000 | 23,0E-6 | 810 | | 54,8 | 91,3 | 69,7 |
| 500-AL3 | 500 | 499,8 | 61 | 3,23 | 29,1 | 1381,4 | 147,45 | 0,0666 | 55.000 | 23,0E-6 | 935 | | 68,4 | 114,0 | 87,1 |
| 626-AL3 | 625 | 626,2 | 91 | 2,96 | 32,6 | 1737,7 | 184,73 | 0,0534 | 55.000 | 23,0E-6 | 1080 | | 95,8 | 143,7 | 116,3 |
| 802-AL3 | 800 | 802,1 | 91 | 3,35 | 36,9 | 2225,8 | 236,62 | 0,0417 | 55.000 | 23,0E-6 | 1270 | | 122,7 | 184,0 | 148,9 |
| 1000-AL3 | 1000 | 999,7 | 91 | 3,74 | 41,1 | 2774,3 | 294,91 | 0,0334 | 55.000 | 23,0E-6 | 1465 | | 152,9 | 229,4 | 185,6 |

Nota: O sentido de cablamento da última camada será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35 °C; temperatura máxima do cabo de 80 °C (regime permanente).

(2) - De acordo com a norma EN 50 182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

Quadro 79 - Características Técnicas dos Cabos de Liga de Alumínio usados em Portugal - AL4

| Designação | Área (mm ²) | | Nº de fios | Diâmetro (mm) | | Massa por unidade de comprimento (kg/km) | Carga de Ruptura Nominal (kN) | Resistência Eléctrica máxima a 20 °C (Ω/km) | Módulo de Elasticidade Final N/mm ² | Coeficiente linear de expansão 1/K | Capacidade Nominal ⁽¹⁾ A | | | | Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) ⁽²⁾ | | | |
|------------|-------------------------|--------|------------|---------------|-------|--|-------------------------------|---|--|------------------------------------|-------------------------------------|--|--|--|--|--------|--------|--------|
| | Nova | Antiga | | fios | Cond. | | | | | | A | | | | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 | Caso 4 |
| 34-AL4 | ASTER 34,4 | | 7 | 2,50 | 7,50 | 93,8 | 11,17 | 0,9593 | 62.000 | 23,0E-6 | 165 | | | | | | 6,8 | 1,1 |
| 55-AL4 | ASTER 54,6 | | 7 | 3,15 | 9,45 | 148,9 | 17,73 | 0,6042 | 62.000 | 23,0E-6 | 225 | | | | | 5,5 | 10,8 | 1,7 |
| 76-AL4 | ASTER 75,5 | | 19 | 2,25 | 11,25 | 207,4 | 24,55 | 0,4388 | 60.000 | 23,0E-6 | 275 | | | | 8,5 | 25,7 | 16,6 | 9,1 |
| 117-AL4 | ASTER 117 | | 19 | 2,80 | 14,00 | 321,2 | 38,02 | 0,2833 | 60.000 | 23,0E-6 | 365 | | | | 10,8 | 32,5 | 25,7 | 14,0 |
| 148-AL4 | ASTER 148 | | 19 | 3,15 | 15,8 | 406,5 | 48,12 | 0,2239 | 60.000 | 23,0E-6 | 425 | | | | 13,0 | 37,1 | 32,5 | 17,8 |
| 570-AL4 | ASTER 570 | | 61 | 3,45 | 31,1 | 1576,0 | 185,33 | 0,0585 | 54.000 | 23,0E-6 | 1020 | | | | 78,1 | 130,1 | 130,1 | 99,4 |
| 851-AL4 | ASTER 851 | | 91 | 3,45 | 38,0 | 2360,7 | 276,47 | 0,0394 | 52.500 | 23,0E-6 | 1320 | | | | 130,1 | 195,2 | 174,9 | 157,9 |
| 1144-AL4 | ASTER 1144 | | 91 | 4,00 | 44,0 | 3173,4 | 360,22 | 0,0293 | 52.500 | 23,0E-6 | 1600 | | | | 174,9 | 262,4 | 262,4 | 212,3 |

Nota: O sentido de cableamento da última camada será à direita (Z).

Quadro 80 - Características Técnicas dos Cabos de Liga de Alumínio usados em França - AL4

| Designação | Área (mm ²) | | Nº de fios | Diâmetro (mm) | | Massa por unidade de comprimento (kg/km) | Carga de Ruptura Nominal (kN) | Resistência Eléctrica máxima a 20 °C (Ω/km) | Módulo de Elasticidade Final N/mm ² | Coeficiente linear de expansão 1/K | Capacidade Nominal ⁽¹⁾ A | | | | Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) ⁽²⁾ | | | |
|------------|-------------------------|--------|------------|---------------|-------|--|-------------------------------|---|--|------------------------------------|-------------------------------------|--|--|--|--|--------|--------|--------|
| | Nova | Antiga | | fios | Cond. | | | | | | A | | | | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 | Caso 4 |
| 22-AL4 | ASTER 22 | | 7 | 2,00 | 6,00 | 60,0 | 7,15 | 1,4989 | 62.000 | 23,0E-6 | 125 | | | | | | 4,4 | 0,7 |
| 34-AL4 | ASTER 34,4 | | 7 | 2,50 | 7,50 | 93,8 | 11,17 | 0,9593 | 62.000 | 23,0E-6 | 165 | | | | | | 6,8 | 1,1 |
| 55-AL4 | ASTER 54,6 | | 7 | 3,15 | 9,45 | 148,9 | 17,73 | 0,6042 | 62.000 | 23,0E-6 | 225 | | | | | | 10,8 | 1,7 |
| 76-AL4 | ASTER 75,5 | | 19 | 2,25 | 11,25 | 207,4 | 24,55 | 0,4388 | 60.000 | 23,0E-6 | 275 | | | | 5,5 | 16,6 | 16,6 | 9,1 |
| 117-AL4 | ASTER 117 | | 19 | 2,80 | 14,00 | 321,2 | 38,02 | 0,2833 | 60.000 | 23,0E-6 | 365 | | | | 8,5 | 25,7 | 25,7 | 14,0 |
| 148-AL4 | ASTER 148 | | 19 | 3,15 | 15,8 | 406,5 | 48,12 | 0,2239 | 60.000 | 23,0E-6 | 425 | | | | 10,8 | 32,5 | 32,5 | 17,8 |
| 182-AL4 | ASTER 181,6 | | 37 | 2,50 | 17,5 | 500,3 | 59,03 | 0,1831 | 57.000 | 23,0E-6 | 485 | | | | 20,5 | 41,0 | 41,0 | 28,3 |
| 228-AL4 | ASTER 228 | | 37 | 2,80 | 19,6 | 627,6 | 74,04 | 0,1460 | 57.000 | 23,0E-6 | 560 | | | | 25,7 | 51,4 | 51,4 | 35,4 |
| 288-AL4 | ASTER 288 | | 37 | 3,15 | 22,1 | 794,3 | 93,71 | 0,1154 | 57.000 | 23,0E-6 | 665 | | | | 32,5 | 51,4 | 65,1 | 44,8 |
| 366-AL4 | ASTER 366 | | 37 | 3,55 | 24,9 | 1008,9 | 115,36 | 0,0908 | 57.000 | 23,0E-6 | 785 | | | | 41,3 | 82,7 | 82,7 | 57,0 |
| 570-AL4 | ASTER 570 | | 61 | 3,45 | 31,1 | 1576,0 | 185,33 | 0,0585 | 54.000 | 23,0E-6 | 1020 | | | | 78,1 | 130,1 | 130,1 | 99,4 |
| 851-AL4 | ASTER 851 | | 91 | 3,45 | 38,0 | 2360,7 | 276,47 | 0,0394 | 52.500 | 23,0E-6 | 1320 | | | | 130,1 | 195,2 | 195,2 | 157,9 |
| 1144-AL4 | ASTER 1144 | | 91 | 4,00 | 44,0 | 3173,4 | 360,22 | 0,0293 | 52.500 | 23,0E-6 | 1600 | | | | 174,9 | 262,4 | 262,4 | 212,3 |
| 1596-AL4 | ASTER 1600 | | 127 | 4,00 | 52,0 | 4427,5 | 502,72 | 0,0210 | 50.500 | 23,0E-6 | 1990 | | | | 262,4 | 367,4 | 367,4 | 308,5 |

Nota: O sentido de cableamento da última camada será à esquerda (S).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35 °C; temperatura máxima do cabo de 80 °C (regime permanente).

(2) - De acordo com a norma EN 50 182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

5.1.5 - Cabos de Alumínio com Alma de Aço do tipo ACSR
Cabos de Alumínio com Alma de ACS do tipo ACSR/AW

Aplicações:

Os cabos de alumínio com alma de aço são normalmente usados em linhas aéreas.

Normas de referência:

EN 50189; EN 50889; EN 61232; EN 50182

Construção:

Os cabos de alumínio com alma de aço ou ACS são condutores cabeados concêntricos, compostos de uma ou mais camadas de fios de alumínio do tipo AL1, e um núcleo (alma) de aço galvanizado de alta resistência do tipo ST1A, ST2B, ST3D, ST4A, ST5E ou de ACS (aço coberto a alumínio) do tipo 20 SA.

Devido às numerosas combinações possíveis de fios de alumínio e aço, pode-se variar a proporção dos mesmos, a fim de se obter a melhor relação entre capacidade de transporte de corrente e resistência mecânica para cada aplicação.

Quadro 81 - Composições dos cabos de alumínio com alma de aço ou ACS

| Composição | Secção Transversal do Cabo | Composição | Secção Transversal do Cabo |
|-----------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| 6/1 fios (1)+6 | | 18/1 fios (1)+6+12 | |
| 12/7 fios (1+6)+12 | | 26/7 fios (1+6)+10+16 | |
| 30/7 fios (1+6)+12+18 | | 45/7 fios (1+6)+9+15+21 | |
| 54/7 fios (1+6)+12+18+24 | | 54/19 fios (1+6+12)+12+18+24 | |

Quadro 82 - Características Técnicas dos Cabos de Alumínio com Alma de Aço usados em Portugal - AL1/ST1A

| Designação | | Área (mm2) | | Nº de fios | | Diâmetro fios (mm) | | Diâmetro (mm) | | Carga de Ruptura Nominal (kN) | Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km) | Módulo de Elasticidade Final N/mm² | Coeficiente linear de expansão | Capacidade Nominal ⁽¹⁾ | Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) ⁽²⁾ | | | |
|-----------------|---------------|------------|------|------------|----|--------------------|----------|---------------|-------|-------------------------------|--|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--|--------|--------|--------|
| Nova | Antiga | Alumínio | Aço | Total | Al | Aço | alumínio | Aço | alma | | | | | | cabo | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 |
| 26-AL1/4-ST1A | 30 | 26,2 | 4,4 | 30,6 | 6 | 1 | 2,36 | 2,36 | 7,08 | 7,08 | 1,0932 | 76000 | 18,6E-6 | 150 | 6,1 | 0,9 | | |
| 42-AL1/7-ST1A | 50 | 42,4 | 7,1 | 49,5 | 6 | 1 | 3,00 | 3,00 | 9,00 | 9,00 | 0,6765 | 76000 | 18,6E-6 | 205 | 9,8 | 1,5 | | |
| 80-AL1/13-ST1A | 90 | 75,4 | 12,6 | 88,0 | 6 | 1 | 4,00 | 4,00 | 12,00 | 12,00 | 0,3806 | 76000 | 18,6E-6 | 300 | 17,4 | 2,7 | | |
| 80-AL1/47-ST1A | Guinea 130 | 80,4 | 46,9 | 127,2 | 12 | 7 | 2,92 | 2,92 | 8,76 | 14,60 | 0,3598 | 104000 | 15,3E-6 | 325 | 9,3 | 28,0 | | |
| 96-AL1/56-ST1A | Dorking 153 | 96,5 | 56,3 | 152,8 | 12 | 7 | 3,20 | 3,20 | 9,60 | 16,00 | 0,2992 | 104000 | 15,3E-6 | 365 | 11,2 | 33,6 | | |
| 94-AL1/22-ST1A | Cuma 116 | 94,2 | 22,0 | 116,2 | 30 | 7 | 2,00 | 2,00 | 6,00 | 14,00 | 0,3065 | 80000 | 17,9E-6 | 345 | 4,4 | 13,1 | | |
| 203-AL1/33-ST1A | 235 | 202,6 | 32,5 | 235,1 | 26 | 7 | 3,15 | 2,43 | 7,29 | 19,89 | 0,1425 | 73000 | 18,9E-6 | 565 | 6,5 | 24,6 | | |
| 136-AL1/22-ST1A | Partridge 160 | 135,9 | 22,0 | 157,9 | 26 | 7 | 2,58 | 2,00 | 6,00 | 16,32 | 0,2124 | 73000 | 18,9E-6 | 435 | 4,4 | 16,5 | | |
| 212-AL1/49-ST1A | Panther 260 | 212,1 | 49,5 | 261,5 | 30 | 7 | 3,00 | 3,00 | 9,00 | 21,00 | 0,1362 | 80000 | 17,9E-6 | 585 | 9,8 | 29,5 | | |
| 264-AL1/62-ST1A | Bear 325 | 264,4 | 61,7 | 326,1 | 30 | 7 | 3,35 | 3,35 | 10,05 | 23,45 | 0,1093 | 80000 | 17,9E-6 | 680 | 12,2 | 36,8 | | |
| 429-AL1/56-ST1A | Zebra 485 | 428,9 | 55,6 | 484,5 | 54 | 7 | 3,18 | 3,18 | 9,54 | 28,62 | 0,0674 | 70000 | 19,4E-6 | 915 | 11,0 | 66,3 | | |
| 565-AL1/30-ST1A | Zambeze 595 | 565,4 | 29,6 | 595,0 | 42 | 7 | 4,14 | 2,32 | 6,96 | 31,80 | 0,0511 | 62000 | 21,2E-6 | 1085 | 5,8 | 74,6 | | |

Nota: O sentido de cableamento da última camada será a direita (Z).

Quadro 83 - Características Técnicas dos Cabos de Alumínio com Alma de ACS usados em Portugal - AL1/20SA

| Designação | Area (mm2) | | Nº de fios | | Diâmetro fios (mm) | | Diâmetro (mm) | | Massa por unidade de comprimento (kg/km) | Carga de Ruptura Nominal (kN) | Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km) | Módulo de Elasticidade Final N/mm ² | Coeficiente linear de expansão | Capacidade Nominal ⁽¹⁾ | Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) ⁽²⁾ | | | |
|-----------------|------------|-------|------------|-------|--------------------|----------|---------------|------|--|-------------------------------|--|--|--------------------------------|-----------------------------------|--|--------|--------|--------|
| | Alumínio | ACS | Total | Al | ACS | alumínio | ACS | alma | | | | | | | cabo | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 |
| Nova | Antiga | 483,8 | 33,5 | 517,4 | 45 | 7 | 3,70 | 2,47 | 1557,7 | 117,90 | 0,0584 | 63000 | 20,8E-6 | 995 | 6,7 | 66,5 | 119,0 | 87,2 |
| 484-AL1/34-20SA | RAIL/AW | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Nota: O sentido de cableamento da última camada será a direita (Z).

- (1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente).
- (2) - De acordo com a norma EN 50182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

Quadro 84 - Características Técnicas dos Cabos de Alumínio com Alma de Aço usados em Inglaterra - AL1/ST1A

| Designação | Área (mm2) | | Nº de fios | | Diâmetro fios (mm) | | Diâmetro (mm) | Massa por unidade de comprimento (kg/km) | Carga de Ruptura Nominal (kN) | Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km) | Módulo de Elasticidade Final | Coeficiente linear de expansão | Capacidade Nominal ⁽¹⁾ | Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) ⁽²⁾ | | | | |
|------------------|------------|-------|------------|-------|--------------------|----------|---------------|--|-------------------------------|--|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--|---------|--------|--------|--------|
| | Alumínio | Aço | Total | Al | Aço | Alumínio | | | | | | | | Aço | Cabo | Cabo 1 | Cabo 2 | Cabo 3 |
| 11-AL1/25-ST1A | MOLE | 10,6 | 1,8 | 12,4 | 6 | 1 | 1,50 | 1,50 | 4,50 | 42,8 | 4,14 | 2,7027 | 76000 | 18,6E-6 | 85 | 2,5 | 0,4 | |
| 21-AL1/3-ST1A | SQUIRREL | 21,0 | 3,5 | 24,5 | 6 | 1 | 2,11 | 2,11 | 6,33 | 84,7 | 7,87 | 1,3659 | 76000 | 18,6E-6 | 130 | 4,9 | 0,8 | |
| 26-AL1/4-ST1A | GOPHER | 26,2 | 4,4 | 30,6 | 6 | 1 | 2,36 | 2,36 | 7,08 | 106,0 | 9,58 | 1,0919 | 76000 | 18,6E-6 | 150 | 6,1 | 0,9 | |
| 32-AL1/5-ST1A | WEASEL | 31,6 | 5,3 | 36,9 | 6 | 1 | 2,59 | 2,59 | 7,77 | 127,6 | 11,38 | 0,9065 | 76000 | 18,6E-6 | 170 | 7,3 | 1,1 | |
| 37-AL1/6-ST1A | FOX | 36,7 | 6,1 | 42,8 | 6 | 1 | 2,79 | 2,79 | 8,37 | 148,1 | 13,21 | 0,7812 | 76000 | 18,6E-6 | 185 | 8,5 | 1,3 | |
| 42-AL1/7-ST1A | FERRET | 42,4 | 7,1 | 49,5 | 6 | 1 | 3,00 | 3,00 | 9,00 | 171,2 | 15,27 | 0,6757 | 76000 | 18,6E-6 | 205 | 9,8 | 1,5 | |
| 53-AL1/9-ST1A | RABBIT | 52,9 | 8,8 | 61,7 | 6 | 1 | 3,35 | 3,35 | 10,1 | 213,5 | 18,42 | 0,5419 | 76000 | 18,6E-6 | 240 | 12,2 | 1,9 | |
| 63-AL1/11-ST1A | MINK | 63,1 | 10,5 | 73,6 | 6 | 1 | 3,66 | 3,66 | 11,0 | 254,9 | 21,67 | 0,4568 | 76000 | 18,6E-6 | 265 | 14,6 | 2,3 | |
| 63-AL1/13-ST1A | BEAVER | 63,2 | 36,9 | 100,1 | 12 | 7 | 2,59 | 2,59 | 7,77 | 13,0 | 463,0 | 52,79 | 104000 | 15,3E-6 | 280 | 22,0 | 12,0 | |
| 75-AL1/13-ST1A | HORSE | 75,0 | 12,5 | 87,5 | 6 | 1 | 3,99 | 3,99 | 12,0 | 302,9 | 25,76 | 0,3820 | 76000 | 18,6E-6 | 300 | 17,4 | 2,7 | |
| 75-AL1/14-ST1A | RACON | 78,8 | 13,1 | 92,0 | 6 | 1 | 4,09 | 4,09 | 12,3 | 318,3 | 27,06 | 0,3936 | 76000 | 18,6E-6 | 305 | 25,5 | 13,9 | |
| 79-AL1/13-ST1A | OTTER | 83,9 | 14,0 | 97,9 | 6 | 1 | 4,22 | 4,22 | 12,7 | 338,8 | 28,81 | 0,3635 | 76000 | 18,6E-6 | 320 | 18,2 | 2,8 | |
| 84-AL1/14-ST1A | CAT | 95,4 | 15,9 | 111,3 | 6 | 1 | 4,50 | 4,50 | 13,5 | 385,3 | 32,76 | 0,3003 | 76000 | 18,6E-6 | 345 | 19,4 | 3,0 | |
| 95-AL1/16-ST1A | HARE | 105,0 | 17,5 | 122,5 | 6 | 1 | 4,72 | 4,72 | 14,2 | 423,8 | 36,04 | 0,2730 | 76000 | 18,6E-6 | 370 | 22,1 | 3,4 | |
| 105-AL1/14-ST1A | DOG | 105,0 | 13,6 | 118,6 | 6 | 7 | 4,72 | 1,57 | 4,71 | 14,2 | 394,0 | 32,65 | 0,2733 | 57000 | 22,3E-6 | 24,3 | 3,8 | |
| 105-AL1/17-ST1A | COYOTE | 131,7 | 20,1 | 151,8 | 26 | 7 | 2,54 | 1,91 | 5,73 | 15,9 | 520,7 | 45,86 | 0,2192 | 72000 | 19,0E-6 | 425 | 4,3 | |
| 132-AL1/20-ST1A | COUGAR | 131,5 | 7,3 | 138,8 | 18 | 1 | 3,05 | 3,05 | 9,15 | 418,8 | 29,74 | 0,2188 | 63000 | 21,0E-6 | 420 | 10,1 | 30,5 | |
| 131-AL1/31-ST1A | TIGER | 131,2 | 30,6 | 161,9 | 30 | 7 | 2,36 | 2,36 | 7,08 | 16,5 | 602,2 | 57,87 | 0,2202 | 80000 | 17,9E-6 | 430 | 6,1 | 18,3 |
| 138-AL1/37-ST1A | WOLF | 158,1 | 36,9 | 194,9 | 30 | 7 | 2,59 | 2,59 | 7,77 | 18,1 | 725,3 | 68,91 | 0,1829 | 80000 | 17,9E-6 | 485 | 7,3 | 22,0 |
| 159-AL1/9-ST1A | DINGO | 158,7 | 8,8 | 167,5 | 18 | 1 | 3,35 | 3,35 | 10,1 | 505,2 | 58,87 | 0,1814 | 63000 | 21,0E-6 | 475 | 12,2 | 36,8 | |
| 183-AL1/43-ST1A | LYNX | 183,4 | 42,8 | 226,2 | 30 | 7 | 2,79 | 2,79 | 8,37 | 19,5 | 841,6 | 79,97 | 0,1576 | 80000 | 17,9E-6 | 535 | 25,5 | 51,1 |
| 184-AL1/106-ST1A | CARACAL | 184,2 | 10,2 | 194,5 | 18 | 1 | 3,61 | 3,61 | 18,1 | 586,7 | 40,74 | 0,1562 | 63000 | 21,0E-6 | 525 | 14,2 | 42,7 | |
| 212-AL1/49-ST1A | PANTHER | 212,1 | 49,5 | 261,5 | 30 | 7 | 3,00 | 3,00 | 9,00 | 21,0 | 973,1 | 92,46 | 0,1363 | 80000 | 17,9E-6 | 585 | 29,5 | 59,0 |
| 211-AL1/12-ST1A | JAGUAR | 210,6 | 11,7 | 222,3 | 18 | 1 | 3,86 | 3,86 | 11,6 | 670,8 | 46,57 | 0,1366 | 63000 | 21,0E-6 | 570 | 16,2 | 48,9 | |
| 238-AL1/56-ST1A | LION | 238,3 | 55,6 | 293,9 | 30 | 7 | 3,18 | 3,18 | 9,54 | 22,3 | 1093,4 | 100,47 | 0,1213 | 80000 | 17,9E-6 | 635 | 11,0 | 33,2 |
| 264-AL1/62-ST1A | BEAR | 264,4 | 61,7 | 326,1 | 30 | 7 | 3,35 | 3,35 | 10,05 | 23,5 | 1231,4 | 111,50 | 0,1093 | 80000 | 17,9E-6 | 680 | 12,2 | 36,8 |
| 324-AL1/76-ST1A | GOAT | 324,3 | 75,7 | 400,0 | 30 | 7 | 3,71 | 3,71 | 11,13 | 26,0 | 1488,2 | 135,13 | 0,0891 | 80000 | 17,9E-6 | 775 | 15,0 | 45,1 |
| 375-AL1/88-ST1A | SHEEP | 375,1 | 87,5 | 462,6 | 30 | 7 | 3,99 | 3,99 | 11,97 | 27,9 | 1721,3 | 156,30 | 0,0771 | 80000 | 17,9E-6 | 850 | 17,4 | 52,2 |
| 374-AL1/48-ST1A | ANTELOPE | 374,1 | 48,5 | 422,6 | 54 | 7 | 2,97 | 2,97 | 8,91 | 26,7 | 1413,8 | 118,88 | 0,0773 | 70000 | 19,4E-6 | 840 | 9,6 | 57,9 |
| 382-AL1/49-ST1A | HISON | 381,7 | 49,5 | 431,2 | 54 | 7 | 3,00 | 3,00 | 9,00 | 27,0 | 1442,5 | 121,30 | 0,0758 | 70000 | 19,4E-6 | 850 | 9,9 | 59,8 |
| 429-AL1/106-ST1A | DEER | 429,6 | 100,2 | 529,8 | 30 | 7 | 4,27 | 4,27 | 12,81 | 29,9 | 1971,4 | 179,00 | 0,0673 | 80000 | 17,9E-6 | 930 | 19,9 | 59,8 |
| 429-AL1/56-ST1A | ZEBRA | 428,9 | 55,6 | 484,5 | 54 | 7 | 3,18 | 3,18 | 9,54 | 28,6 | 1620,8 | 131,92 | 0,0674 | 70000 | 19,4E-6 | 915 | 11,0 | 66,3 |
| 477-AL1/111-ST1A | ELK | 477,1 | 111,3 | 588,5 | 30 | 7 | 4,50 | 4,50 | 13,50 | 31,5 | 2189,5 | 198,80 | 0,0606 | 80000 | 17,9E-6 | 995 | 22,1 | 66,3 |
| 476-AL1/62-ST1A | CAMEL | 476,0 | 61,7 | 537,7 | 54 | 7 | 3,35 | 3,35 | 10,05 | 30,2 | 1798,8 | 146,40 | 0,0608 | 70000 | 19,4E-6 | 980 | 12,2 | 73,6 |
| 528-AL1/69-ST1A | MOOSE | 528,5 | 68,5 | 597,0 | 54 | 7 | 3,53 | 3,53 | 10,59 | 31,8 | 1997,3 | 159,92 | 0,0547 | 70000 | 19,4E-6 | 1050 | 13,6 | 81,7 |

Nota: O sentido de cabecamento da última camada será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente).

(2) - De acordo com a norma EN 50 182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

Quadro 85 - Características Técnicas dos Cabos de Alumínio com Alma de Aço usados em Espanha - AL1/ST1A

| Designação | | Área (mm2) | | | Nº de fios | | Diâmetro fios (mm) | | Massa por unidade de comprimento (kg/km) | Carga de Ruptura Nominal (kN) | Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km) | Módulo de Elasticidade Final N/mm ² | Coeficiente linear de expansão 1/K | Capacidade Nominal ⁽¹⁾ A | Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) ⁽²⁾ | | | |
|-----------------|-----------------|------------|------|-------|------------|-----|--------------------|------|--|-------------------------------|--|--|------------------------------------|-------------------------------------|--|------|--------|--------|
| Nova | Antiga | Alumínio | Aço | Total | Al | Aço | alumínio | Aço | | | | | | | alna | cabo | Caso 1 | Caso 2 |
| 27-ALI/4-STIA | LA 30 | 26,7 | 4,4 | 31,1 | 6 | 1 | 2,38 | 2,38 | 2,38 | 7,14 | 107,8 | 76000 | 18,6E-6 | 155 | 6,2 | 1,0 | | |
| 47-ALI/8-STIA | LA 56 | 46,8 | 7,8 | 54,6 | 6 | 1 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 9,45 | 188,8 | 76000 | 18,6E-6 | 220 | 10,8 | 1,7 | | |
| 67-ALI/11-STIA | LA 78 | 67,3 | 11,2 | 78,6 | 6 | 1 | 3,78 | 3,78 | 3,78 | 11,3 | 271,8 | 76000 | 18,6E-6 | 275 | 15,6 | 2,4 | | |
| 94-ALI/22-STIA | LA 110 | 94,2 | 22,0 | 116,2 | 30 | 7 | 2,00 | 2,00 | 6,00 | 14,0 | 432,5 | 80000 | 17,9E-6 | 345 | 4,4 | 13,1 | 26,2 | 18,1 |
| 119-ALI/28-STIA | LA 145 | 119,3 | 27,8 | 147,1 | 30 | 7 | 2,25 | 2,25 | 6,75 | 15,8 | 547,4 | 80000 | 17,9E-6 | 405 | 5,5 | 16,6 | 33,2 | 22,9 |
| 147-ALI/34-STIA | LA 180 | 147,3 | 34,4 | 181,6 | 30 | 7 | 2,50 | 2,50 | 7,50 | 17,5 | 675,8 | 80000 | 17,9E-6 | 465 | 6,8 | 20,5 | 41,0 | 28,3 |
| 242-ALI/39-STIA | LA 280 HAWK | 241,6 | 39,5 | 281,1 | 26 | 7 | 3,44 | 2,68 | 8,04 | 21,8 | 976,2 | 73000 | 18,9E-6 | 635 | 7,8 | 29,3 | 63,9 | 41,9 |
| 337-ALI/44-STIA | LA 380 GULL | 337,3 | 43,7 | 381,0 | 54 | 7 | 2,82 | 2,82 | 8,46 | 25,4 | 1274,6 | 70000 | 19,4E-6 | 785 | 8,7 | 52,2 | 86,9 | 66,4 |
| 402-ALI/52-STIA | LA 455 CONDOR | 402,3 | 52,2 | 454,5 | 54 | 7 | 3,08 | 3,08 | 9,24 | 27,7 | 1520,5 | 70000 | 19,4E-6 | 880 | 10,3 | 62,2 | 103,7 | 79,2 |
| 485-ALI/63-STIA | LA 545 CARDINAL | 484,5 | 62,8 | 547,3 | 54 | 7 | 3,38 | 3,38 | 10,1 | 30,4 | 1831,1 | 70000 | 19,4E-6 | 990 | 12,5 | 74,9 | 124,9 | 95,4 |
| 565-ALI/72-STIA | LA 635 FINCH | 565,0 | 71,6 | 636,6 | 54 | 19 | 3,65 | 2,19 | 11,0 | 32,9 | 2123,0 | 70000 | 19,5E-6 | 1095 | 15,7 | 88,6 | 146,8 | 112,4 |

Nota: O sentido de cableamento da última camada será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente).

(2) - De acordo com a norma EN 50 182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

Quadro 86 - Características Técnicas dos Cabos de Alumínio com Alma de Aço usados na Alemanha - AL1/ST1A

| Designação | Área (mm2) | | | Nº de fios | | Diâmetro fios (mm) | | Diâmetro (mm) | | Massa por unidade de comprimento (kg/km) | Carga de Ruptura Nominal (kN) | Resistência Elétrica máxima a 20°C (Ω/km) | Módulo de Elasticidade Final N/mm² | Coeficiente linear de expansão | Capacidade Nominal ⁽¹⁾ | Peso de massa Protetora de acordo com EN 50182 (kg/km) ⁽²⁾ | | | |
|------------------|------------|--------|-------|------------|-----|--------------------|------|---------------|------|--|-------------------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---|--------|--------|--------|
| | Alumínio | Aço | Total | Al | Aço | alumínio | Aço | alma | cabo | | | | | | | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 | Caso 4 |
| Nova | Antiga | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15-AL1/35-ST1A | 16x2,5 | 15,3 | 2,5 | 17,8 | 6 | 1 | 1,80 | 1,80 | 1,80 | 5,40 | 61,6 | 5,80 | 1,8769 | 81000 | 18,6E-6 | 105 | A | 3,5 | 0,6 |
| 24-AL1/46-ST1A | 25,4 | 23,9 | 4,0 | 27,8 | 6 | 1 | 2,25 | 2,25 | 2,25 | 6,75 | 96,3 | 8,95 | 1,2012 | 81000 | 18,6E-6 | 140 | 5,5 | 0,9 | 1,2 |
| 34-AL1/66-ST1A | 35,6 | 34,4 | 5,7 | 40,1 | 6 | 1 | 2,70 | 2,70 | 2,70 | 8,10 | 138,7 | 12,37 | 0,8342 | 81000 | 18,6E-6 | 180 | 7,9 | 1,2 | 1,7 |
| 44-AL1/82-ST1A | 44,32 | 44,0 | 31,7 | 75,6 | 14 | 7 | 2,00 | 2,40 | 7,20 | 11,2 | 369,3 | 44,24 | 0,6574 | 110000 | 14,8E-6 | 220 | 6,5 | 16,7 | 10,0 |
| 48-AL1/86-ST1A | 50,8 | 48,3 | 8,0 | 56,3 | 6 | 1 | 3,20 | 3,20 | 3,20 | 9,60 | 194,8 | 16,81 | 0,5939 | 81000 | 18,6E-6 | 225 | 5,9 | 11,2 | 1,7 |
| 51-AL1/90-ST1A | 50,80 | 51,2 | 29,8 | 81,0 | 12 | 7 | 2,33 | 2,33 | 6,99 | 11,7 | 374,7 | 42,98 | 0,5444 | 107000 | 15,3E-6 | 245 | 5,9 | 17,8 | 9,7 |
| 70-AL1/111-ST1A | 70,12 | 69,9 | 11,4 | 81,3 | 26 | 7 | 1,85 | 1,44 | 4,32 | 11,7 | 282,2 | 26,27 | 0,4132 | 77000 | 18,9E-6 | 285 | 2,3 | 8,5 | 18,5 |
| 94-AL1/155-ST1A | 95,15 | 94,4 | 15,3 | 109,7 | 26 | 7 | 2,15 | 1,67 | 5,01 | 13,6 | 380,6 | 34,93 | 0,3060 | 77000 | 18,9E-6 | 345 | 3,1 | 11,5 | 25,0 |
| 97-AL1/166-ST1A | 95,75 | 96,5 | 56,3 | 152,8 | 12 | 7 | 3,20 | 3,20 | 9,60 | 16,0 | 768,8 | 77,85 | 0,2992 | 107000 | 15,3E-6 | 365 | 11,2 | 25,0 | 16,4 |
| 106-AL1/176-ST1A | 105,75 | 105,7 | 75,5 | 181,2 | 14 | 19 | 3,10 | 2,25 | 11,3 | 17,5 | 885,3 | 105,82 | 0,2742 | 110000 | 14,8E-6 | 390 | 16,9 | 41,4 | 25,4 |
| 122-AL1/20-ST1A | 120,20 | 121,6 | 19,8 | 141,4 | 26 | 7 | 2,44 | 1,90 | 5,70 | 15,5 | 491,0 | 44,50 | 0,2376 | 77000 | 18,9E-6 | 405 | 3,9 | 32,1 | 21,1 |
| 122-AL1/71-ST1A | 120,70 | 122,1 | 71,3 | 193,4 | 12 | 7 | 3,60 | 3,60 | 10,8 | 18,0 | 894,5 | 97,92 | 0,2364 | 107000 | 15,3E-6 | 425 | 14,1 | 42,5 | 23,2 |
| 128-AL1/30-ST1A | 125,30 | 127,9 | 29,8 | 157,8 | 30 | 7 | 2,33 | 2,33 | 6,99 | 16,3 | 587,0 | 56,41 | 0,2260 | 82000 | 17,9E-6 | 465 | 4,8 | 39,4 | 25,8 |
| 149-AL1/24-ST1A | 150,25 | 148,9 | 24,2 | 173,1 | 26 | 7 | 2,70 | 2,10 | 6,30 | 17,1 | 600,8 | 53,67 | 0,1940 | 77000 | 18,9E-6 | 510 | 7,9 | 23,9 | 47,8 |
| 172-AL1/40-ST1A | 170,40 | 171,8 | 40,1 | 211,8 | 30 | 7 | 2,70 | 2,70 | 8,10 | 18,9 | 788,2 | 74,89 | 0,1683 | 82000 | 17,9E-6 | 565 | 4,8 | 39,4 | 25,8 |
| 185-30 | 185,30 | 183,8 | 29,8 | 213,6 | 26 | 7 | 3,00 | 2,33 | 6,99 | 19,0 | 741,0 | 65,27 | 0,1571 | 77000 | 18,9E-6 | 580 | 5,9 | 22,3 | 48,6 |
| 209-AL1/34-ST1A | 210,35 | 209,1 | 34,1 | 243,5 | 26 | 7 | 3,20 | 2,49 | 7,47 | 20,3 | 844,1 | 73,36 | 0,1381 | 77000 | 18,9E-6 | 580 | 6,8 | 25,4 | 55,3 |
| 212-AL1/49-ST1A | 210,35 | 212,1 | 49,5 | 261,5 | 30 | 7 | 3,00 | 3,00 | 9,00 | 21,0 | 973,1 | 92,46 | 0,1363 | 82000 | 17,9E-6 | 585 | 9,8 | 29,5 | 59,0 |
| 231-AL1/30-ST1A | 230,30 | 230,9 | 29,8 | 260,8 | 24 | 7 | 3,50 | 2,33 | 6,99 | 21,0 | 870,9 | 72,13 | 0,1250 | 74000 | 19,5E-6 | 615 | 6,0 | 26,1 | 59,5 |
| 243-AL1/39-ST1A | 240,40 | 243,1 | 39,5 | 282,5 | 26 | 7 | 3,45 | 2,68 | 8,04 | 21,8 | 980,1 | 85,12 | 0,1188 | 77000 | 18,9E-6 | 635 | 7,9 | 29,5 | 64,3 |
| 264-AL1/44-ST1A | 265,35 | 263,7 | 34,1 | 297,7 | 24 | 7 | 3,74 | 2,49 | 7,47 | 22,4 | 994,1 | 81,04 | 0,1095 | 74000 | 19,4E-6 | 670 | 6,9 | 29,8 | 68,0 |
| 304-AL1/49-ST1A | 300,50 | 304,3 | 49,5 | 333,7 | 26 | 7 | 3,86 | 3,00 | 9,00 | 24,4 | 1227,3 | 105,09 | 0,0949 | 77000 | 18,9E-6 | 735 | 9,8 | 37,0 | 80,5 |
| 305-AL1/39-ST1A | 305,40 | 304,6 | 39,5 | 344,1 | 54 | 7 | 2,68 | 2,68 | 8,04 | 24,1 | 1151,2 | 96,80 | 0,0949 | 70000 | 19,4E-6 | 735 | 7,8 | 47,1 | 78,5 |
| 339-AL1/30-ST1A | 340,30 | 339,3 | 29,8 | 369,1 | 48 | 7 | 3,00 | 2,33 | 6,99 | 25,0 | 1171,2 | 91,71 | 0,0852 | 62000 | 20,3E-6 | 780 | 6,1 | 48,6 | 84,7 |
| 382-AL1/49-ST1A | 380,50 | 381,7 | 49,5 | 431,2 | 54 | 7 | 3,00 | 3,00 | 9,00 | 27,0 | 1442,5 | 121,30 | 0,0758 | 70000 | 19,4E-6 | 850 | 9,8 | 59,0 | 98,4 |
| 386-AL1/54-ST1A | 385,35 | 386,0 | 34,1 | 420,1 | 48 | 7 | 3,20 | 2,49 | 7,47 | 26,7 | 1333,6 | 102,56 | 0,0749 | 62000 | 20,3E-6 | 850 | 7,0 | 55,3 | 96,4 |
| 434-AL1/56-ST1A | 435,55 | 434,3 | 56,3 | 490,6 | 54 | 7 | 3,20 | 3,20 | 9,60 | 28,8 | 1641,3 | 133,59 | 0,0666 | 70000 | 19,4E-6 | 925 | 11,2 | 67,2 | 111,9 |
| 449-AL1/64-ST1A | 450,40 | 448,7 | 39,5 | 488,2 | 48 | 7 | 3,45 | 2,68 | 8,04 | 28,7 | 1549,1 | 119,05 | 0,0644 | 62000 | 20,3E-6 | 940 | 8,1 | 64,3 | 112,0 |
| 490-AL1/64-ST1A | 490,65 | 490,3 | 63,6 | 553,8 | 54 | 7 | 3,40 | 3,40 | 10,2 | 30,6 | 1832,9 | 150,81 | 0,0590 | 70000 | 19,4E-6 | 1000 | 12,6 | 75,8 | 126,4 |
| 494-AL1/34-ST1A | 495,35 | 494,4 | 34,1 | 528,4 | 45 | 7 | 3,74 | 2,49 | 7,47 | 29,9 | 1632,6 | 117,96 | 0,0584 | 61000 | 20,8E-6 | 995 | 6,9 | 68,0 | 127,6 |
| 511-AL1/45-ST1A | 510,45 | 510,5 | 45,3 | 555,8 | 48 | 7 | 3,68 | 2,87 | 8,61 | 30,7 | 1765,3 | 133,31 | 0,0566 | 62000 | 20,3E-6 | 1020 | 9,2 | 73,1 | 121,4 |
| 550-AL1/71-ST1A | 550,70 | 549,7 | 71,3 | 620,9 | 54 | 7 | 3,60 | 3,60 | 10,8 | 32,4 | 2077,2 | 166,32 | 0,0526 | 70000 | 19,4E-6 | 1075 | 14,1 | 85,0 | 141,7 |
| 562-AL1/49-ST1A | 560,50 | 561,7 | 49,5 | 611,2 | 48 | 7 | 3,86 | 3,00 | 9,00 | 32,2 | 1939,5 | 146,28 | 0,0515 | 62000 | 20,3E-6 | 1085 | 10,1 | 80,5 | 140,2 |
| 571-AL1/45-ST1A | 570,40 | 571,2 | 39,5 | 610,6 | 45 | 7 | 4,02 | 2,68 | 8,04 | 32,2 | 1887,1 | 136,40 | 0,0506 | 61000 | 20,8E-6 | 1095 | 7,9 | 78,5 | 140,4 |
| 633-AL1/45-ST1A | 630,45 | 633,5 | 45,3 | 698,8 | 45 | 7 | 4,30 | 2,87 | 8,61 | 34,4 | 2159,9 | 156,18 | 0,0442 | 61000 | 20,8E-6 | 1195 | 9,1 | 89,9 | 160,7 |
| 679-AL1/86-ST1A | 680,85 | 678,6 | 86,0 | 764,5 | 54 | 19 | 4,00 | 2,40 | 12,0 | 36,0 | 2549,7 | 206,56 | 0,0426 | 68000 | 21,5E-6 | 1235 | 18,9 | 106,4 | 176,3 |
| 1046-AL1/45-ST1A | 1045,45 | 1045,6 | 45,3 | 1090,9 | 72 | 7 | 4,30 | 2,87 | 8,61 | 43,0 | 3248,2 | 218,92 | 0,0277 | 60000 | 21,5E-6 | 1615 | 9,1 | 160,7 | 251,6 |

Nota: O sentido de cabejamento da última camada será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente).

(2) - De acordo com a norma EN 50182, o peso de massa protetora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

Quadro 87 - Características Técnicas dos Cabos de Alumínio com Alma de Aço usados em França - AL1/ST1A

| Designação | Área (mm ²) | | | Nº de fios | | Diâmetro fios (mm) | | | Diâmetro (mm) | Massa por unidade de comprimento (kg/km) | Carga de Rótura Nominal (kN) | Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km) | Módulo de Elasticidade Final N/mm ² | Coeficiente linear de expansão | Capacidade Nominal (1) | Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) (2) | | | |
|-----------------|-------------------------|-------------|----------|------------|-------|--------------------|-----|----------|---------------|--|------------------------------|--|--|--------------------------------|------------------------|---|--------|--------|--------|
| | Nova | Antiga | Alumínio | Aço | Total | Al | Aço | Alumínio | Aço | | | | | | | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 | Caso 4 |
| 28-AL1/9-ST1A | | CANNA 37,7 | 28,3 | 9,4 | 37,7 | 9 | 3 | 2,00 | 2,00 | 8,30 | 16,26 | 1,0187 | 88000 | 16,8E-6 | 165 | 3,6 | | 11,5 | 5,8 |
| 38-AL1/22-ST1A | | CANNA 59,7 | 37,7 | 22,0 | 59,7 | 12 | 7 | 2,00 | 2,00 | 10,00 | 32,70 | 0,7660 | 103500 | 15,3E-6 | 200 | 4,4 | | 13,1 | 7,2 |
| 48-AL1/28-ST1A | | CANNA 75,5 | 47,7 | 27,8 | 75,5 | 12 | 7 | 2,25 | 2,25 | 11,3 | 41,15 | 0,6052 | 103500 | 15,3E-6 | 230 | 5,5 | | 16,6 | 9,1 |
| 59-AL1/34-ST1A | | CANNA 93,3 | 58,9 | 34,4 | 93,3 | 12 | 7 | 2,50 | 2,50 | 12,5 | 49,48 | 0,4902 | 103500 | 15,3E-6 | 265 | 6,8 | | 20,5 | 11,2 |
| 94-AL1/22-ST1A | | CANNA 116,2 | 94,2 | 22,0 | 116,2 | 30 | 7 | 2,00 | 2,00 | 14,0 | 43,17 | 0,3067 | 75500 | 17,9E-6 | 345 | 4,4 | 13,1 | 26,2 | 18,1 |
| 119-AL1/28-ST1A | | CANNA 147,1 | 119,3 | 27,8 | 147,1 | 30 | 7 | 2,25 | 2,25 | 15,8 | 54,03 | 0,2423 | 75500 | 17,9E-6 | 405 | 5,5 | 16,6 | 33,2 | 22,9 |
| 147-AL1/34-ST1A | | CANNA 181,6 | 147,3 | 34,4 | 181,6 | 30 | 7 | 2,50 | 2,50 | 17,5 | 64,94 | 0,1963 | 75500 | 17,9E-6 | 465 | 6,8 | 20,5 | 41,0 | 28,3 |
| 185-AL1/43-ST1A | | CANNA 228 | 184,7 | 43,1 | 227,8 | 30 | 7 | 2,80 | 2,80 | 19,6 | 84,7,7 | 0,1565 | 75500 | 17,9E-6 | 535 | 8,5 | 25,7 | 51,4 | 35,4 |
| 234-AL1/55-ST1A | | CANNA 288 | 233,8 | 54,6 | 288,3 | 30 | 7 | 3,15 | 3,15 | 22,1 | 98,58 | 0,1236 | 75500 | 17,9E-6 | 625 | 10,8 | 32,5 | 65,1 | 44,8 |

Nota: O sentido de cableamento da última camada será à esquerda (S), com excepção do cabo CANNA 93,3 que será à direita (Z).

Quadro 88 - Características Técnicas dos Cabos de Alumínio com Alma de Aço usados em França - AL1/ST6C

| Designação | Área (mm ²) | | | Nº de fios | | Diâmetro fios (mm) | | | Diâmetro (mm) | Massa por unidade de comprimento (kg/km) | Carga de Rótura Nominal (kN) | Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km) | Módulo de Elasticidade Final N/mm ² | Coeficiente linear de expansão | Capacidade Nominal (1) | Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) (2) | | | |
|------------------|-------------------------|--------------|----------|------------|-------|--------------------|-----|----------|---------------|--|------------------------------|--|--|--------------------------------|------------------------|---|--------|--------|--------|
| | Nova | Antiga | Alumínio | Aço | Total | Al | Aço | Alumínio | Aço | | | | | | | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 | Caso 4 |
| 94-AL1/22-ST6C | | CROCUS 116,2 | 94,2 | 22,0 | 116,2 | 30 | 7 | 2,00 | 2,00 | 14,0 | 43,2,5 | 0,3067 | 75500 | 17,9E-6 | 345 | 4,4 | 13,1 | 26,2 | 18,1 |
| 119-AL1/28-ST6C | | CROCUS 147,1 | 119,3 | 27,8 | 147,1 | 30 | 7 | 2,25 | 2,25 | 15,8 | 54,7,4 | 0,2423 | 75500 | 17,9E-6 | 405 | 5,5 | 16,6 | 33,2 | 22,9 |
| 147-AL1/34-ST6C | | CROCUS 181,6 | 147,3 | 34,4 | 181,6 | 30 | 7 | 2,50 | 2,50 | 17,5 | 67,5,8 | 0,1963 | 75500 | 17,9E-6 | 465 | 6,8 | 20,5 | 41,0 | 28,3 |
| 185-AL1/43-ST6C | | CROCUS 228 | 184,7 | 43,1 | 227,8 | 30 | 7 | 2,80 | 2,80 | 19,6 | 84,7,7 | 0,1565 | 75500 | 17,9E-6 | 535 | 8,5 | 25,7 | 51,4 | 35,4 |
| 234-AL1/55-ST6C | | CROCUS 288 | 233,8 | 54,6 | 288,3 | 30 | 7 | 3,15 | 3,15 | 22,1 | 107,2,8 | 0,1236 | 75500 | 17,9E-6 | 625 | 10,8 | 32,5 | 65,1 | 44,8 |
| 272-AL1/76-ST6C | | CROCUS 297 | 221,7 | 75,5 | 297,2 | 36 | 19 | 2,80 | 2,25 | 11,3 | 1206,8 | 0,1307 | 79000 | 16,8E-6 | 610 | 16,5 | 37,9 | 67,9 | 49,8 |
| 326-AL1/86-ST6C | | CROCUS 412 | 325,7 | 86,0 | 411,7 | 32 | 19 | 3,60 | 2,40 | 12,0 | 176,31 | 0,0889 | 72000 | 17,5E-6 | 780 | 18,9 | 49,6 | 94,5 | 66,9 |
| 508-AL1/105-ST6C | | CROCUS 612 | 507,8 | 104,8 | 612,6 | 66 | 19 | 3,13 | 2,65 | 13,3 | 226,5 | 0,0570 | 66500 | 18,2E-6 | 1030 | 24,1 | 92,0 | 142,0 | 113,1 |

Nota: O sentido de cableamento da última camada será à esquerda (S), com excepção dos cabos CROCUS 297 e 412 que será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente)

(2) - De acordo com a norma EN 50 182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

5.1.6 - Cabos de Liga de Alumínio com Alma de Aço do tipo AACSR

Aplicações:

Os cabos de alumínio com alma de aço são normalmente usados em linhas aéreas. São cabos semelhantes aos ACSR, com a substituição dos fios de alumínio AL1 por fios de liga de alumínio AL2, AL3, AL4 ou AL5.

São normalmente indicados para grandes vãos onde é impraticável a utilização de torres intermediárias, existindo por isso a necessidade de utilização de cabos com maior resistência mecânica.

Normas de referência:

EN 50183; EN 50189; EN 50182

Construção:

Os cabos de liga de alumínio com alma de aço são condutores cableados concêntricos, compostos de uma ou mais camadas de fios de liga de alumínio do tipo AL2, AL3, AL4 ou AL5, e um núcleo (alma) de aço galvanizado de alta resistência do tipo ST1A, ST2B, ST3D, ST4A ou ST5E.

Devido às numerosas combinações possíveis de fios de liga de alumínio e aço, pode-se variar a proporção dos mesmos, a fim de se obter a melhor relação entre capacidade de transporte de corrente e resistência mecânica para cada aplicação.

Quadro 89 - Composições dos cabos de liga de alumínio com alma de aço

| Composição | Secção Transversal do Cabo | Composição | Secção Transversal do Cabo |
|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| 6/1 fios (1)+6 | | 18/1 fios (1)+6+12 | |
| 12/7 fios (1+6)+12 | | 26/7 fios (1+6)+10+16 | |
| 30/7 fios (1+6)+12+18 | | 45/7 fios (1+6)+9+15+21 | |
| 54/7 fios (1+6)+12+18+24 | | 54/19 fios (1+6+12)+12+18+24 | |

Quadro 90 - Características Técnicas dos Cabos de Liga Alumínio com Alma de Aço usados em Inglaterra - AL5/ST1A

| Designação | | Área (mm ²) | | Nº de fios | | Diâmetro fios (mm) | | Diâmetro (mm) | | Massa por unidade de comprimento (kg/km) | Carga de Ruptura Nominal (kN) | Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω.km) | Módulo de Elasticidade Final N/mm ² | Coeficiente linear de expansão | Capacidade Nominal ⁽¹⁾ | Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) ⁽²⁾ | | | |
|-----------------|--------|-------------------------|------|------------|-------|--------------------|------|---------------|------|--|-------------------------------|--|--|--------------------------------|-----------------------------------|--|--------|--------|--------|
| | | Antiga | Liga | Áço | Total | Liga | Áço | Liga | Áço | | | | | | | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 | Caso 4 |
| Nova | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 183-AL5/43-ST1A | KEZIAH | 183,4 | 42,8 | 226,2 | 30 | 7 | 2,79 | 2,79 | 8,37 | 19,5 | 102,89 | 0,1740 | 80000 | 17,9E-6 | 515 | 8,5 | 23,5 | 51,1 | 35,2 |

Nota: O sentido de cableamento da última camada será à direita (Z).

Quadro 91 - Características Técnicas dos Cabos de Liga Alumínio com Alma de Aço usados em Espanha - AL2/ST1A

| Designação | | Área (mm ²) | | | Nº de fios | | | Diâmetro fios (mm) | | | Diâmetro (mm) | | Massa por unidade de comprimento (kg/km) | Carga de Ruptura Nominal (kN) | Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω.km) | Módulo de Elasticidade Final N/mm ² | Coeficiente linear de expansão | Capacidade Nominal ⁽¹⁾ | Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) ⁽²⁾ | | | |
|-----------------|--------|-------------------------|------|-------|------------|------|------|--------------------|------|------|---------------|------|--|-------------------------------|--|--|--------------------------------|-----------------------------------|--|--------|--------|--------|
| | | Antiga | Liga | Áço | Total | Liga | Áço | Liga | Áço | Liga | Áço | Cabo | | | | | | | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 | Caso 4 |
| Nova | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27-AL2/4-ST1A | DA 30 | 26,7 | 4,4 | 31,1 | 6 | 1 | 2,38 | 2,38 | 2,38 | 2,38 | 7,1 | 7,1 | 107,7 | 13,75 | 1,2474 | 76000 | 18,6E-6 | 145 | | | 6,2 | 1,0 |
| 47-AL2/8-ST1A | DA 56 | 46,8 | 7,8 | 54,6 | 6 | 1 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 9,5 | 9,5 | 188,6 | 23,77 | 0,7121 | 76000 | 18,6E-6 | 205 | | | 10,8 | 1,7 |
| 67-AL2/11-ST1A | DA 78 | 67,3 | 11,2 | 78,6 | 6 | 1 | 3,78 | 3,78 | 3,78 | 3,78 | 11,3 | 11,3 | 271,6 | 33,55 | 0,4945 | 76000 | 18,6E-6 | 260 | | | 15,6 | 2,4 |
| 94-AL2/22-ST1A | DA 110 | 94,2 | 22,0 | 116,2 | 30 | 7 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 6,00 | 14,0 | 14,0 | 432,2 | 56,36 | 0,3563 | 80000 | 17,9E-6 | 325 | 4,4 | 13,1 | 26,2 | 18,1 |
| 119-AL2/28-ST1A | DA 145 | 119,3 | 27,8 | 147,1 | 30 | 7 | 2,25 | 2,25 | 2,25 | 6,75 | 15,8 | 15,8 | 547,0 | 71,33 | 0,2815 | 80000 | 17,9E-6 | 380 | 5,5 | 16,6 | 33,2 | 22,9 |
| 147-AL2/34-ST1A | DA 180 | 147,3 | 34,4 | 181,6 | 30 | 7 | 2,50 | 2,50 | 2,50 | 7,50 | 17,5 | 17,5 | 675,3 | 87,03 | 0,2280 | 80000 | 17,9E-6 | 435 | 6,8 | 20,5 | 41,0 | 28,3 |
| 226-AL2/53-ST1A | DA 280 | 226,4 | 52,8 | 279,3 | 30 | 7 | 3,10 | 3,10 | 3,10 | 9,30 | 21,7 | 21,7 | 1038,4 | 131,71 | 0,1483 | 80000 | 17,9E-6 | 575 | 10,5 | 31,5 | 63,0 | 43,4 |

Nota: O sentido de cableamento da última camada será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente)

(2) - De acordo com a norma EN 50 182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

Quadro 92 - Características Técnicas dos Cabos de Liga Alumínio com Alma de Aço usados na Alemanha - AL3/ST1A

| Designação | Área (mm ²) | | | Nº de fios | | Diâmetro fios (mm) | | Diâmetro (mm) | | Massa por unidade de comprimento (kg/km) | Carga de Ruptura Nominal (kN) | Resistência Elétrica máxima a 20°C (Ω/km) | Módulo de Elasticidade Final N/mm ² | Coeficiente linear de expansão | Capacidade Nominal (1) | Peso de massa Protetora de acordo com EN 50182 (kg/km) (6) | | | |
|-----------------|-------------------------|--------|------|------------|-------|--------------------|-------|---------------|-------|--|-------------------------------|---|--|--------------------------------|------------------------|--|--------|--------|--------|
| | Nova | Antiga | Liga | Ápico | Total | Liga | Ápico | Liga | Ápico | | | | | | | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 | Caso 4 |
| 15-AL3/3-ST1A | 162,5 | 15,3 | 2,5 | 17,8 | 6 | 1 | 1,80 | 1,80 | 1,80 | 61,6 | 7,48 | 2,1602 | 81000 | 18,6E-6 | 100 | | | 3,5 | 0,6 |
| 24-AL3/4-ST1A | 25,4 | 23,9 | 4,0 | 27,8 | 6 | 1 | 2,25 | 2,25 | 2,25 | 96,2 | 11,69 | 1,3825 | 81000 | 18,6E-6 | 135 | | | 5,5 | 0,9 |
| 34-AL3/6-ST1A | 35,6 | 34,4 | 5,7 | 40,1 | 6 | 1 | 2,70 | 2,70 | 2,70 | 138,6 | 16,66 | 0,9601 | 81000 | 18,6E-6 | 170 | | | 7,9 | 1,2 |
| 44-AL3/8-ST1A | 44,32 | 44,0 | 31,7 | 75,6 | 14 | 7 | 2,00 | 2,40 | 7,20 | 369,1 | 49,08 | 0,7566 | 110000 | 14,8E-6 | 210 | 6,5 | | 16,7 | 10,0 |
| 48-AL3/8-ST1A | 50,8 | 48,3 | 8,0 | 56,3 | 6 | 1 | 3,20 | 3,20 | 3,20 | 194,7 | 23,08 | 0,6835 | 81000 | 18,6E-6 | 210 | | | 11,2 | 1,7 |
| 51-AL3/30-ST1A | 50,30 | 51,2 | 29,8 | 81,0 | 12 | 7 | 2,33 | 2,33 | 6,99 | 374,6 | 49,12 | 0,6496 | 107000 | 15,3E-6 | 230 | 5,9 | | 17,8 | 9,7 |
| 70-AL3/11-ST1A | 70,12 | 69,9 | 11,4 | 81,3 | 26 | 7 | 1,85 | 1,44 | 4,32 | 282,0 | 33,96 | 0,4756 | 77000 | 18,9E-6 | 265 | 2,3 | 8,5 | 18,5 | 12,1 |
| 94-AL3/15-ST1A | 95,15 | 94,4 | 15,3 | 109,7 | 26 | 7 | 2,15 | 1,67 | 5,01 | 380,3 | 45,79 | 0,3521 | 77000 | 18,9E-6 | 325 | 3,1 | 11,5 | 25,0 | 16,4 |
| 97-AL3/56-ST1A | 95,55 | 96,5 | 56,3 | 152,8 | 12 | 7 | 3,20 | 3,20 | 9,60 | 706,5 | 90,40 | 0,3444 | 107000 | 15,3E-6 | 345 | 11,2 | | 33,6 | 18,3 |
| 106-AL3/76-ST1A | 105,75 | 105,7 | 75,5 | 181,2 | 14 | 19 | 3,10 | 2,25 | 11,3 | 885,0 | 119,56 | 0,3155 | 110000 | 14,8E-6 | 370 | 16,9 | | 41,4 | 25,4 |
| 122-AL3/20-ST1A | 120,20 | 121,6 | 19,8 | 141,4 | 26 | 7 | 2,44 | 1,90 | 5,70 | 490,6 | 59,09 | 0,2734 | 77000 | 18,9E-6 | 385 | 3,9 | 14,8 | 32,1 | 21,1 |
| 122-AL3/71-ST1A | 120,70 | 122,1 | 71,3 | 193,4 | 12 | 7 | 3,60 | 3,60 | 10,8 | 894,2 | 114,41 | | 107000 | 15,3E-6 | 400 | 14,1 | | 42,5 | 23,2 |
| 128-AL3/30-ST1A | 125,30 | 127,9 | 29,8 | 157,8 | 30 | 7 | 2,33 | 2,33 | 6,99 | 163 | 586,6 | 71,76 | 82000 | 17,9E-6 | 400 | 5,9 | 17,8 | 35,6 | 24,5 |
| 149-AL3/24-ST1A | 150,25 | 148,9 | 24,2 | 173,1 | 26 | 7 | 2,70 | 2,10 | 6,30 | 171 | 600,3 | 72,28 | 77000 | 18,9E-6 | 435 | 4,8 | 18,1 | 39,4 | 25,8 |
| 172-AL3/40-ST1A | 170,40 | 171,8 | 40,1 | 211,8 | 30 | 7 | 2,70 | 2,70 | 8,10 | 18,9 | 787,7 | 96,36 | 82000 | 17,9E-6 | 480 | 7,9 | 23,9 | 47,8 | 33,0 |
| 184-AL3/30-ST1A | 185,30 | 183,8 | 29,8 | 213,6 | 26 | 7 | 3,00 | 2,33 | 6,99 | 19,0 | 740,4 | 88,24 | 77000 | 18,9E-6 | 500 | 5,9 | 22,3 | 48,6 | 31,9 |
| 209-AL3/34-ST1A | 210,35 | 209,1 | 34,1 | 243,2 | 26 | 7 | 3,20 | 2,49 | 7,47 | 20,3 | 843,5 | 100,54 | 77000 | 18,9E-6 | 545 | 6,8 | 25,4 | 55,3 | 36,2 |
| 212-AL3/49-ST1A | 210,50 | 212,1 | 49,5 | 261,5 | 30 | 7 | 3,00 | 3,00 | 9,00 | 21,0 | 972,5 | 118,96 | 82000 | 17,9E-6 | 555 | 9,8 | 29,5 | 59,0 | 40,7 |
| 231-AL3/30-ST1A | 230,30 | 230,9 | 29,8 | 260,8 | 24 | 7 | 3,50 | 2,33 | 6,99 | 21,0 | 870,1 | 102,14 | 74000 | 19,5E-6 | 575 | 6,0 | 26,1 | 59,5 | 38,0 |
| 243-AL3/39-ST1A | 240,40 | 243,1 | 39,5 | 282,5 | 26 | 7 | 3,45 | 2,68 | 8,04 | 21,8 | 979,4 | 116,72 | 77000 | 18,9E-6 | 600 | 7,9 | 29,5 | 64,3 | 42,1 |
| 264-AL3/34-ST1A | 265,35 | 263,7 | 34,1 | 297,7 | 24 | 7 | 3,74 | 2,49 | 7,47 | 22,4 | 993,6 | 116,64 | 74000 | 19,4E-6 | 630 | 6,9 | 29,8 | 68,0 | 43,4 |
| 304-AL3/49-ST1A | 300,50 | 304,3 | 49,5 | 353,7 | 26 | 7 | 3,86 | 3,00 | 9,00 | 24,4 | 1226,4 | 146,16 | 77000 | 18,9E-6 | 695 | 9,8 | 37,0 | 80,5 | 52,7 |
| 305-AL3/39-ST1A | 305,40 | 304,6 | 39,5 | 344,1 | 54 | 7 | 2,68 | 2,68 | 8,04 | 24,1 | 1150,3 | 134,88 | 70000 | 19,4E-6 | 690 | 7,8 | 47,1 | 78,5 | 60,0 |
| 339-AL3/49-ST1A | 340,30 | 339,3 | 29,8 | 369,1 | 48 | 7 | 3,00 | 2,33 | 6,99 | 25,0 | 1170,2 | 134,12 | 62000 | 20,3E-6 | 735 | 6,1 | 48,6 | 84,7 | 63,1 |
| 382-AL3/49-ST1A | 380,50 | 381,7 | 49,5 | 431,2 | 54 | 7 | 3,00 | 3,00 | 9,00 | 27,0 | 1441,4 | 169,01 | 70000 | 19,4E-6 | 800 | 9,8 | 59,0 | 98,4 | 75,2 |
| 386-AL3/34-ST1A | 385,35 | 386,0 | 34,1 | 420,1 | 48 | 7 | 3,20 | 2,49 | 7,47 | 26,7 | 1332,4 | 152,74 | 62000 | 20,3E-6 | 800 | 7,0 | 55,3 | 96,4 | 71,8 |
| 434-AL3/56-ST1A | 435,55 | 434,3 | 56,3 | 490,6 | 54 | 7 | 3,20 | 3,20 | 9,60 | 28,8 | 1640,0 | 190,04 | 70000 | 19,4E-6 | 870 | 11,2 | 67,2 | 111,9 | 83,5 |
| 449-AL3/39-ST1A | 450,40 | 448,7 | 39,5 | 488,2 | 48 | 7 | 3,45 | 2,68 | 8,04 | 28,7 | 1547,7 | 177,39 | 62000 | 20,3E-6 | 885 | 8,1 | 64,3 | 112,0 | 85,4 |
| 490-AL3/64-ST1A | 490,65 | 490,3 | 63,6 | 553,8 | 54 | 7 | 3,40 | 3,40 | 10,2 | 30,6 | 1851,4 | 214,54 | 70000 | 19,4E-6 | 940 | 12,6 | 75,8 | 126,4 | 96,5 |
| 550-AL3/71-ST1A | 550,70 | 549,7 | 71,3 | 620,9 | 54 | 7 | 3,60 | 3,60 | 10,8 | 32,4 | 2075,6 | 240,52 | 70000 | 20,4E-6 | 1015 | 14,1 | 85,0 | 141,7 | 108,2 |
| 562-AL3/49-ST1A | 560,50 | 561,7 | 49,5 | 611,2 | 48 | 7 | 3,86 | 3,00 | 9,00 | 32,2 | 1937,8 | 222,11 | 62000 | 19,5E-6 | 1025 | 10,1 | 80,5 | 140,2 | 104,4 |
| 679-AL3/86-ST1A | 680,85 | 678,6 | 86,0 | 764,5 | 54 | 19 | 4,00 | 2,40 | 12,0 | 36,0 | 2547,6 | 298,17 | 68000 | 19,5E-6 | 1165 | 18,9 | 106,4 | 176,3 | 135,0 |

Nota: O sentido de cablagem da última camada será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente).

(2) - De acordo com a norma EN 50 182, o peso de massa protetora nos condutores poderá ter uma variação de $\pm 20\%$ relativamente ao valor nominal indicado.

Quadro 93 - Características Técnicas dos Cabos de Liga Alumínio com Alma de Aço usados em França - AL4/ST6C

| Designação | | | Área (mm2) | | | Nº de fios | | Diâmetro fios (mm) | | Diâmetro (mm) | | Massa por unidade de comprimento (kg/km) | Carga de Ruptura Nominal (kN) | Resistência Elétrica máxima a 20°C (Ω/km) | Módulo de Elasticidade Final N/mm² | Coeficiente linear de expansão 1/K | Capacidade Nominal ⁽¹⁾ | Peso de massa Protetora de acordo com EN 50182 (kg/km) ⁽²⁾ | | | |
|------------|------|--------------|------------|-------|-------|------------|----|--------------------|------|---------------|------|--|-------------------------------|---|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---|--------|--------|--------|
| | | | Liga | Aço | Total | | | Liga | Aço | alma | cabo | | | | | | | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 | Caso 4 |
| | Nova | Antiga | 28,3 | 9,4 | 37,7 | 9 | 3 | 2,00 | 2,00 | 4,30 | 8,30 | 151,4 | 22,86 | 1,1750 | 93000 | 16,8E-6 | 155 | 3,6 | 11,5 | 5,8 | |
| | | PHILOX 37,7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | PHILOX 59,7 | 37,7 | 22,0 | 59,7 | 12 | 7 | 2,00 | 2,00 | 6,00 | 10,0 | 276,0 | 44,14 | 0,8835 | 108000 | 15,3E-6 | 185 | 4,4 | 13,1 | 7,2 | |
| | | PHILOX 75,5 | 47,7 | 27,8 | 75,5 | 12 | 7 | 2,25 | 2,25 | 6,75 | 11,3 | 349,3 | 55,86 | 0,6981 | 108000 | 15,3E-6 | 220 | 5,5 | 16,6 | 9,1 | |
| | | PHILOX 94,1 | 52,0 | 42,1 | 94,1 | 15 | 19 | 2,10 | 1,68 | 8,40 | 12,6 | 474,2 | 77,96 | 0,6435 | 112000 | 14,5E-6 | 235 | 9,3 | 21,3 | 13,5 | |
| | | PHILOX 116,2 | 56,5 | 59,7 | 116,2 | 18 | 19 | 2,00 | 2,00 | 10,0 | 14,0 | 625,0 | 104,93 | 0,5921 | 124000 | 14,0E-6 | 250 | 13,1 | 26,2 | 18,1 | |
| | | PHILOX 147,1 | 71,6 | 75,5 | 147,1 | 18 | 19 | 2,25 | 2,25 | 11,3 | 15,8 | 791,0 | 132,80 | 0,4678 | 124000 | 14,0E-6 | 295 | 16,6 | 33,2 | 22,9 | |
| | | PASTEL 147,1 | 119,3 | 27,8 | 147,1 | 30 | 7 | 2,25 | 2,25 | 6,75 | 15,8 | 547,0 | 79,12 | 0,2795 | 84000 | 17,9E-6 | 380 | 5,5 | 16,6 | 33,2 | 22,9 |
| | | PHILOX 181,6 | 88,4 | 93,3 | 181,6 | 18 | 19 | 2,50 | 2,50 | 12,5 | 17,5 | 976,6 | 160,22 | 0,3789 | 124000 | 14,0E-6 | 335 | 20,5 | 41,0 | 28,3 | |
| | | PASTEL 181,6 | 147,3 | 34,4 | 181,6 | 30 | 7 | 2,50 | 2,50 | 7,50 | 17,5 | 675,3 | 96,31 | 0,2264 | 84000 | 17,9E-6 | 435 | 6,8 | 20,5 | 41,0 | 28,3 |
| | | PHILOX 228 | 110,8 | 117,0 | 227,8 | 18 | 19 | 2,80 | 2,80 | 14,0 | 19,6 | 1225,0 | 200,98 | 0,3021 | 124000 | 14,0E-6 | 390 | 25,7 | 51,4 | 35,4 | 35,4 |
| | | PASTEL 228 | 184,7 | 43,1 | 227,8 | 30 | 7 | 2,80 | 2,80 | 8,40 | 19,6 | 847,1 | 120,81 | 0,1805 | 84000 | 17,9E-6 | 505 | 8,5 | 25,7 | 51,4 | 35,4 |
| | | PHILOX 288 | 140,3 | 148,1 | 288,3 | 18 | 19 | 3,15 | 3,15 | 15,8 | 22,1 | 1550,4 | 249,93 | 0,2387 | 124000 | 14,0E-6 | 455 | 32,5 | 65,1 | 44,8 | 44,8 |
| | | PASTEL 288 | 233,8 | 54,6 | 288,3 | 30 | 7 | 3,15 | 3,15 | 9,45 | 22,1 | 1072,1 | 151,26 | 0,1426 | 84000 | 17,9E-6 | 590 | 10,8 | 32,5 | 65,1 | 44,8 |
| | | PASTEL 299 | 206,2 | 93,3 | 299,4 | 42 | 19 | 2,50 | 2,50 | 12,5 | 22,5 | 1302,8 | 198,51 | 0,1622 | 96500 | 16,0E-6 | 555 | 20,5 | 41,0 | 68,3 | 52,2 |
| | | PHILOX 376 | 147,8 | 227,8 | 375,6 | 24 | 37 | 2,80 | 2,80 | 19,6 | 25,2 | 2202,4 | 369,27 | 0,2270 | 130000 | 13,3E-6 | 485 | 51,4 | 85,7 | 65,5 | 65,5 |
| | | PASTEL 412 | 325,7 | 86,0 | 411,7 | 32 | 19 | 3,60 | 2,40 | 12,0 | 26,4 | 1575,1 | 223,80 | 0,1025 | 82000 | 17,5E-6 | 730 | 18,9 | 49,6 | 94,5 | 66,9 |
| | | PETUNIA 612 | 507,8 | 104,8 | 612,6 | 66 | 19 | 3,13 | 2,65 | 13,3 | 32,0 | 2225,0 | 312,81 | 0,0657 | 77500 | 18,2E-6 | 970 | 24,1 | 92,0 | 142,0 | 113,1 |
| | | PASTEL 865 | 717,3 | 148,1 | 865,4 | 66 | 19 | 3,72 | 3,15 | 15,8 | 38,1 | 3143,2 | 430,29 | 0,0465 | 77500 | 18,2E-6 | 1215 | 34,0 | 129,9 | 200,5 | 159,7 |

Nota: O sentido de cabimento da última camada será à esquerda (S), com exceção do cabo PHLOX 37,7 que será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente).

(2) - De acordo com a norma EN 50182, o peso de massa protetora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

5.1.7 - Curvas de Elevação da Temperatura

A intensidade de corrente máxima admissível num cabo aéreo nu está limitada pela elevação da temperatura desse cabo (até ao valor máximo permitido pelo metal constituinte) provocada pela passagem dessa corrente. A temperatura máxima admissível num condutor nu não deve provocar alterações das propriedades mecânicas exigíveis para os metais constituintes, nomeadamente a resistência à tracção e o alongamento.

Nenhuma acção de recozimento é notada nos fios de alumínio até uma temperatura de 75 °C, mesmo ao fim de um tempo em serviço prolongado, e até 100 °C o recozimento produzido é fraco. Um cabo AAC em serviço permanente e a uma temperatura de 100 °C sofrerá, ao fim de alguns meses, uma redução até 10% do seu limite de ruptura provocada pelo recozimento. Já num cabo ACSR essa redução não será superior a 5% devido à presença do aço na composição do mesmo.

As curvas de elevação da temperatura que apresentamos nos gráficos 19 a 21, fornecem a intensidade de corrente admissível nos cabos AAC e ACSR em função da elevação da temperatura desses acima de 40 °C (temperatura ambiente), considerando o vento a incidir transversalmente sobre o cabo e com uma velocidade de 0,61 m/s.

Gráfico 19- Curvas de Elevação da Temperatura dos Cabos AAC

(Velocidade do vento 0,61 m/s perpendicularmente ao cabo)

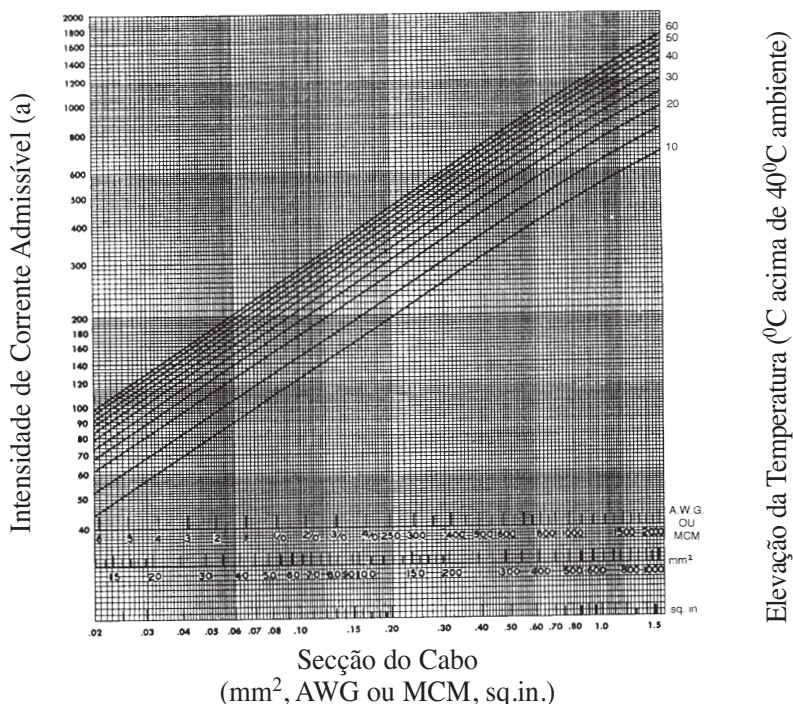


Gráfico 20 - Curvas de Elevação da Temperatura dos Cabos ACSR

(Medidas Canadianas)

(Velocidade do vento 0,61 m/s perpendicularmente ao cabo)

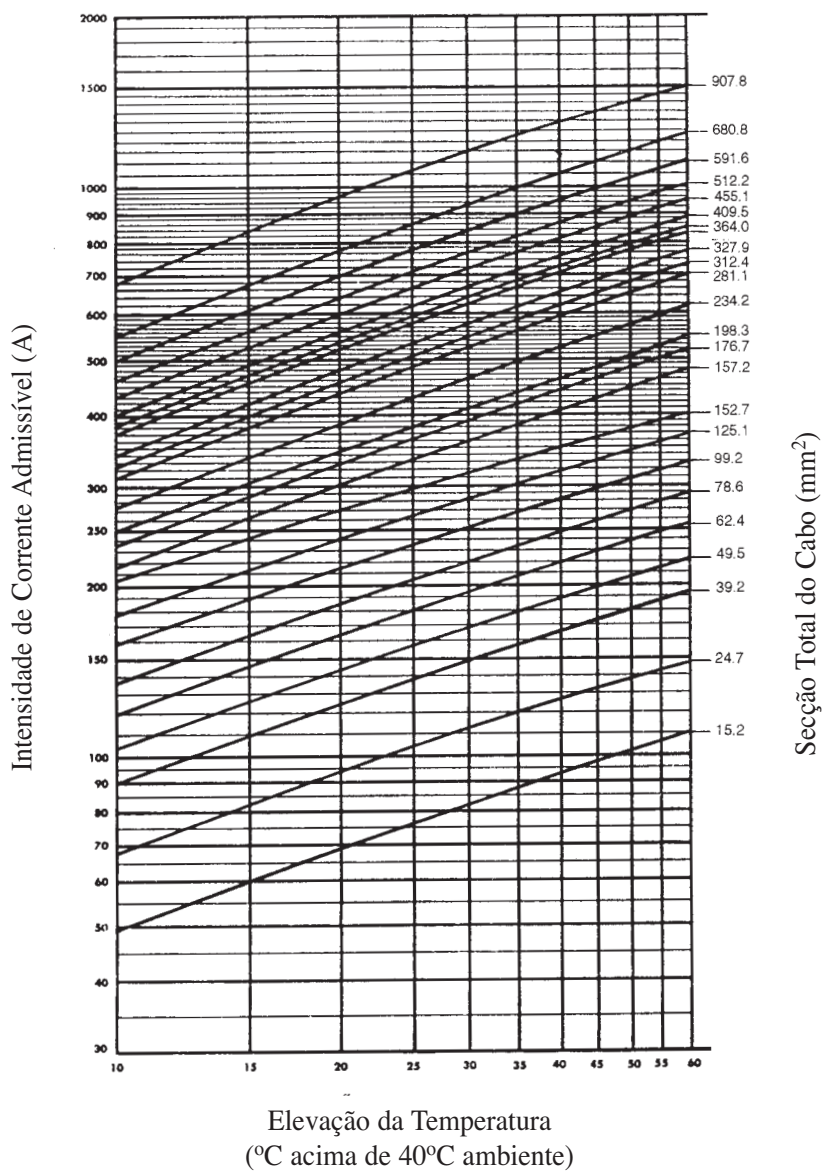
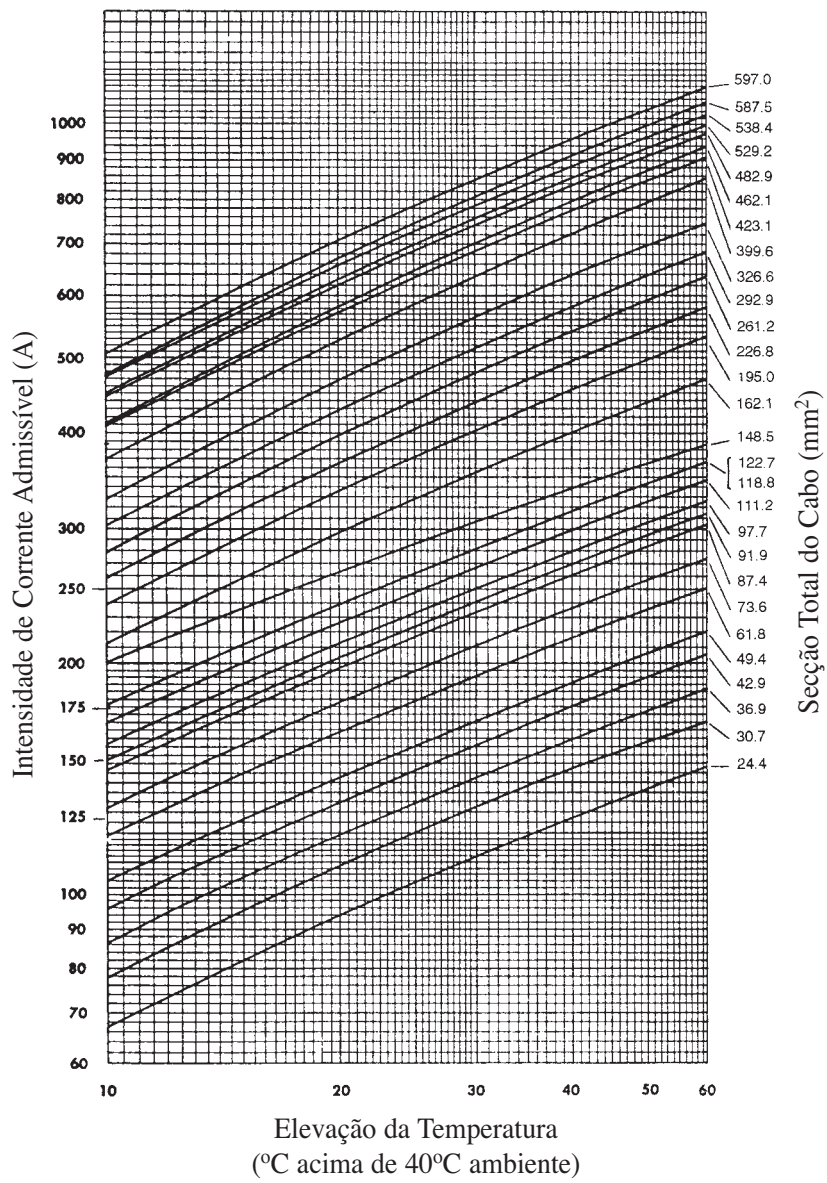


Gráfico 21 - Curvas de Elevação da Temperatura dos Cabos ACSR
(Medidas Inglesas)

(Velocidade do vento 0,61 m/s perpendicularmente ao cabo)



Cabos de Guarda com Fibra Óptica Incorporada



Capítulo V. II

5.2- Cabos de Guarda com Fibra Óptica Incorporada*

5.2.1 - Fibra óptica: Conceitos básicos e perspectivas de evolução

5.2.1.1 - Introdução

A crescente procura de serviços multimédia verificada na última década, estimulou o desenvolvimento de infraestruturas suportadas por fibra óptica. Em paralelo, o desenvolvimento de equipamentos activos (amplificadores em fibra, multiplexadores, lasers DFB,...) associado a uma evolução da própria fibra óptica, optimizaram a exploração das capacidades intrínsecas a esta tecnologia: largura de banda, transparência protocolar e fiabilidade.

5.2.1.2 - Conceitos básicos

5.2.1.2.1 - Propagação do raio luminoso – análise geométrica

A transmissão de luz nas fibras ópticas, resulta de grosso modo de um processo de confinamento da mesma ao longo de guia de onda constituído por um cilindro de vidro central (núcleo – índice de refacção n_1), rodeado por um tubo do mesmo material base (bainha – índice de refacção n_2) mas com um índice de refacção ligeiramente inferior - Figura 27.

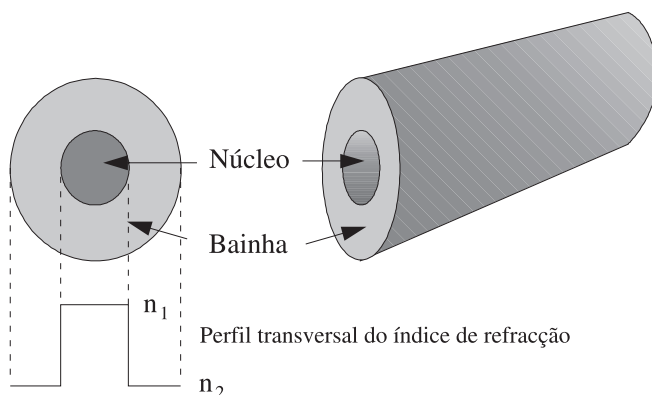


Figura 27 - Estrutura base de uma fibra óptica com um perfil de índice de refacção em degrau.

O confinamento é assegurado por um processo de reflexões internas totais na interface do núcleo com a bainha da fibra óptica (Figura 28).

* Também designado por O.P.G.W. (optical power ground wire).

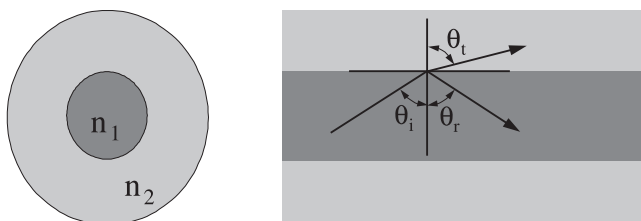


Figura 28 - Reflexão interna na interface núcleo/bainha.

Para um raio luminoso que se propaga de uma região de índice de refração n_1 para uma outra região com um menor índice de refração (n_2), a relação entre os ângulos apresentados na Figura 28 é dada pela Lei de Snell:

$$n_1 \sin(\theta_i) = n_2 \sin(\theta_t) \quad (1)$$

onde θ_i : ângulo de incidência

θ_t : ângulo de transmissão.

O limite da reflexão interna total ocorre quando $\theta_t = 90^\circ$:

$$\sin(\theta_i) = \frac{n_2}{n_1} \quad (2)$$

Para esta situação limite o ângulo de incidência é designado por ângulo crítico θ_c . Assim a condição de propagação de um raio luminoso que incide na interface núcleo/bainha com um ângulo θ é:

$$\sin(\theta) > \sin(\theta_c) \Rightarrow \theta > \theta_c \quad (3)$$

5.2.1.2.2 - Atenuação

Os mecanismos físicos básicos que contribuem para a atenuação da potência óptica transmitida ao longo da fibra são de grosso modo:

- (i) Absorção intrínseca;
- (ii) Absorção pelas impurezas;
- (iii) Espalhamento (“Scattering”)

Quer a absorção devida aos materiais intrínsecos à própria fibra, quer a absorção associada à presença de água (íons OH^-) e de outras impurezas

inerentes ao processo de fabricação das fibras ópticas (tais como metais de transição – Fe, Cu, Ni,...), têm um comportamento espectral definido quer pela vibração atómica quer pela condição de ressonância electrónica associada a esse elemento.

O fenómeno de espalhamento de Rayleigh resulta de variações microscópicas (numa escala muito inferior ao comprimento de onda da luz) da densidade dos vários compostos utilizados na fabricação da fibra óptica. O comportamento espectral do coeficiente de atenuação associado a este fenómeno é dado por:

$$\alpha_{\text{Rayleigh}} = \frac{C}{\lambda^4} \quad (4)$$

onde C: constante intrínseca à fibra

λ : comprimento de onda

O coeficiente de atenuação total (α) para uma determinada fibra óptica é definido como:

$$P = P_0 \exp[-\alpha L] \quad (5)$$

onde P_0 : potência óptica injectada na fibra

P: potência óptica no final de um percurso óptico de comprimento L

O comportamento espectral de uma fibra óptica é apresentado na Figura 29.

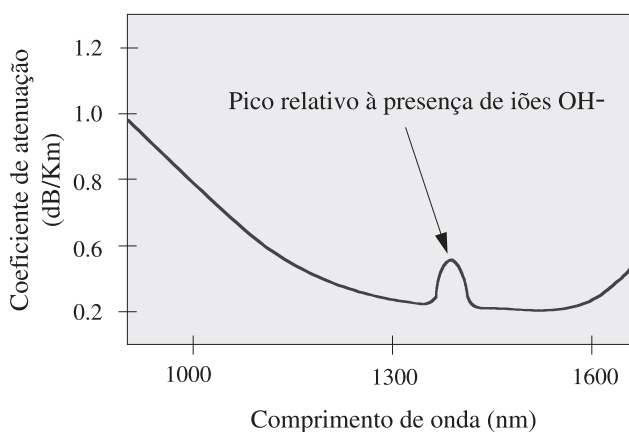


Figura 29. Comportamento espectral do coeficiente de atenuação de uma fibra óptica standard.

5.2.1.2.3 - Dispersão cromática

As várias componentes espectrais de um sinal óptico percorrem a mesma distância ao longo de uma fibra óptica em intervalos de tempo distintos. Numa fibra óptica multimodo este fenómeno é explicado pela propagação em diferentes modos com geometria de propagação distinta: dispersão inter-modal. No caso particular da propagação de um único modo – fibras monomodo, a dispersão do sinal resulta de aspectos intra-modais: Dispersão material e dispersão do guia de onda.

A dispersão material está associada à natureza multi-cromática de um determinado sinal óptico que se propaga ao longo de uma fibra. Como cada componente espectral deste sinal “vê” a fibra com um índice de refração específico, a velocidade de propagação não é constante para a gama de comprimentos de onda em questão. Assim cada componente espectral deste sinal demora um determinado tempo a percorrer a via óptica, provocando o alargamento temporal do mesmo.

A dispersão do guia de onda é determinada pela fracção de luz propagada através da bainha, e como o índice de refração da bainha é diferente do índice de refração do núcleo, então os modos propagadores nestas duas regiões viajam com velocidade distintas.

A dispersão total para uma fibra monomodo é dada pelo somatório destes dois tipos de dispersão (Figura 30).

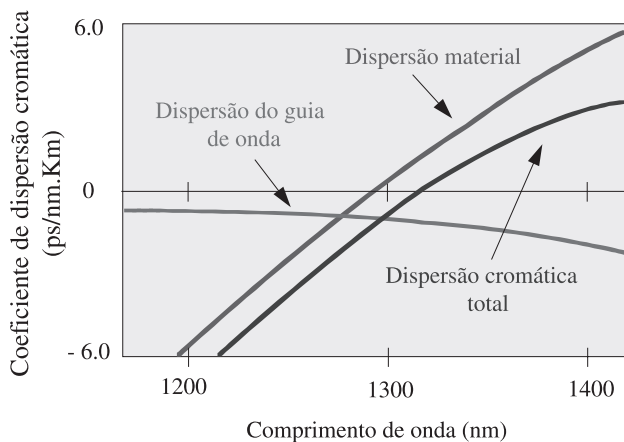


Figura 30 - Comportamento espectral das componentes da dispersão cromática.

5.2.1.2.4 - Dispersão modal de polarização (PMD)

Uma fibra óptica concebida para a propagação de um único modo (modo fundamental) não é verdadeiramente monomodo, já que na realidade esta fibra suporta dois modos degenerados polarizados num plano ortogonal ao eixo da fibra (Figura 31).

Numa situação ideal a fibra óptica seria um guia de onda com uma simetria perfeitamente circular e com um perfil de índices de refração uniforme ao longo de toda a sua extensão. Na realidade as imperfeições inerentes ao processo de fabrico, bem como vários aspectos físicos (temperatura, tensões mecânicas,...) presentes ao longo do tempo de vida do cabo de fibra óptica, determinam um comportamento aleatório destas assimetrias. Assim os dois modos polarizados em planos ortogonais propagam-se com velocidades distintas, determinadas pela diferença entre os índices de refração efectivos nestes dois planos. Esta diferença é conhecida por birrefringência:

$$B = n_x - n_y \quad (6)$$

n_i representa o índice de refração efectivo no plano i .

A diferença entre as velocidades de propagação dos dois modos, determina um atraso temporal $\Delta\tau$ entre os dois ao fim de um percurso óptico com uma extensão L :

$$\Delta\tau = \left| \frac{L}{v_{gx}} - \frac{L}{v_{gy}} \right| = L \Delta\beta \quad (7)$$

onde v_{gi} : velocidade de grupo no eixo i

$\Delta\beta$: variação da constante de propagação associada à birrefringência.

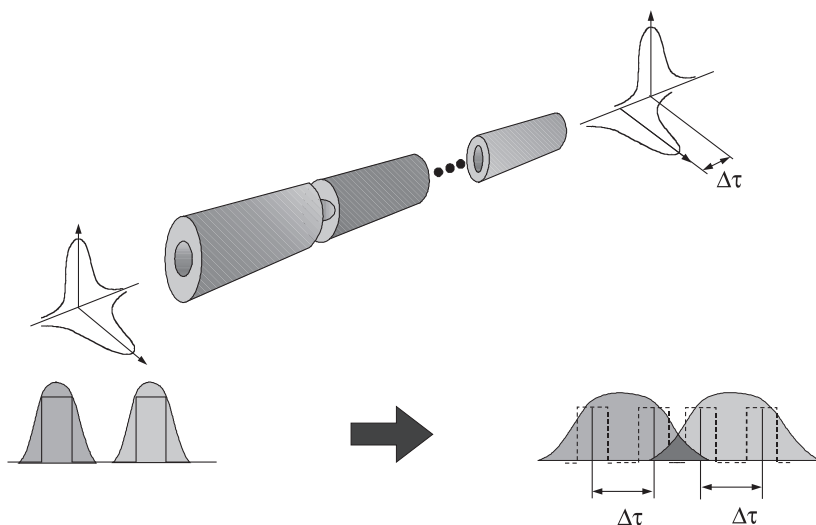


Figura 31 - A perspectiva de uma fibra óptica como uma sequência aleatória de vários elementos com uma determinada birrefringência.

Como uma fibra óptica real pode ser considerada uma sequência aleatória de elementos com um birrefringência específica (Figura 31), a dispersão dos modos de polarização (PMD) resulta de uma análise estatística do comportamento de $\Delta\tau$. Devido ao seu carácter estatístico, o atraso entre os dois modos de polarização não tem um comportamento linear relativamente ao comprimento da fibra. Assim a unidade indicada para o valor do PMD é dada em ps/ $\sqrt{\text{km}}$.

Os efeitos mais nefastos do PMD resultam do alargamento dos impulsos ópticos num sistema de telecomunicações digitais por fibra óptica. Este fenómeno pode provocar interferências inter-digitais, resultando num aumento significativo do BER (“Bit-error-rate”). Uma boa regra para evitar este tipo de situações consiste em manter o valor de $\Delta\tau$ em níveis inferiores a 10% do período do bit. O gráfico 22 apresenta os níveis máximos de dispersão para vários tributários de uma arquitectura SDH (“Synchronous Digital Hierarchy”).

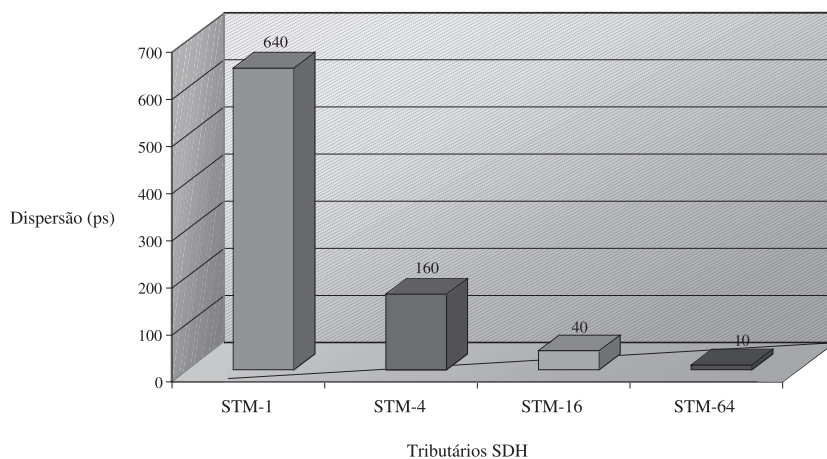


Gráfico 22 - Dispersão máxima para várias taxas de débito.

5.2.1.3 - Evolução da fibra óptica

A explosão do número de utilizadores da Internet em meados nos anos 90, desencadeou nos operadores de telecomunicações uma procura de soluções que permitissem otimizar a capacidade das fibras e a redução do número de conversores óptico/eléctrico/óptico nas rotas implementadas.

Numa fibra monomodo standard (ITU-T G.652) os valores mais baixo de atenuação encontram-se na janela de 1550 nm, enquanto que os níveis de dispersão cromática são mínimos na janela de 1310 nm. Assim, e embora a janela de 1550 nm permita reduzir o número de amplificadores de sinal em relação à janela de 1310 nm, esta última garante um maior débito (maior

número de canais) para uma mesma distância entre regeneradores de sinal. A situação ideal seria conciliar numa mesma janela estas duas valências.

A primeira abordagem surgiu com a fibra monomodo com dispersão deslocada (ITU-T G.653), cuja construção permitia deslocar para a janela de 1550 nm os comprimentos de onda com dispersão cromática nula (Figura 32).

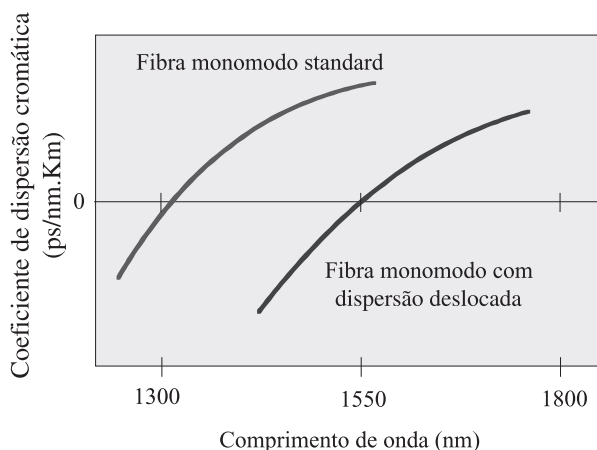


Figura 32 - Curvas de dispersão – fibra monomodo standard e com dispersão deslocada.

O advento da tecnologia de amplificadores em fibra dopada com Érbio (EDFA) e a utilização de arquitecturas com multiplexagem em comprimento de onda (WDM), permitiu aumentar significativamente a distância entre os conversores óptico/eléctrico, e um melhor aproveitamento da largura de banda, respectivamente.

No entanto o resultado da conjugação destas duas tecnologias, revelou-se incompatível com a utilização das fibras ópticas monomodo com dispersão deslocada. Isto porque os efeitos não lineares associados aos elevados níveis de potência óptica gerados pelos EDFAs, revelaram-se incompatíveis com a utilização de arquitecturas WDM e particularmente DWDM (“Dense Wavelength Division Multiplexing”). De todos os efeitos não lineares, o fenómeno conhecido como “Four Wave Mixing” (FWM) é o mais prejudicial para arquitecturas DWDM com canais equiespaçados. Este fenómeno é responsável pelo aparecimento de réplicas da sequência dos canais originais deslocadas em comprimento de onda (Figura 33). Os efeitos são particularmente acentuados quando os novos canais se propagam à mesma velocidade dos canais originais, situação natural quando a distribuição espectral destes canais coincide com a janela de dispersão cromática nula.

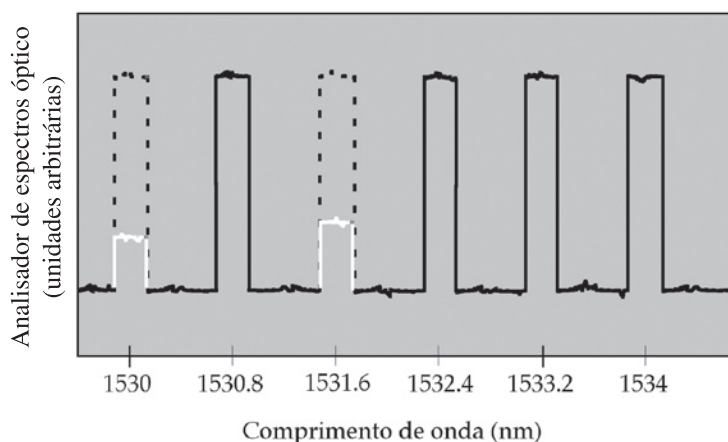


Figura 33 - Sistema de 6 canais DWDM a 100 GHz. Os canais a 1530 nm e 1531.6 nm estão a tracejado de forma a visualizar os sinais parasitas gerados por FWM (mais claro).

Com o intuito de minimizar estes efeitos, surgiu em meados dos anos 90 uma nova fibra monomodo com dispersão deslocada, mas com o comprimento de onda de dispersão nula deslocado da zona de operação – NZDSF (“Non-Zero Dispersion Shifted Fiber”). Neste tipo de fibra óptica o comprimento de onda de corte de dispersão cromática nula é desviado da gama de funcionamento dos EDFA, de forma a introduzir uma ligeira dispersão suficiente para limitar fenómenos como o FWM (Figura 34).

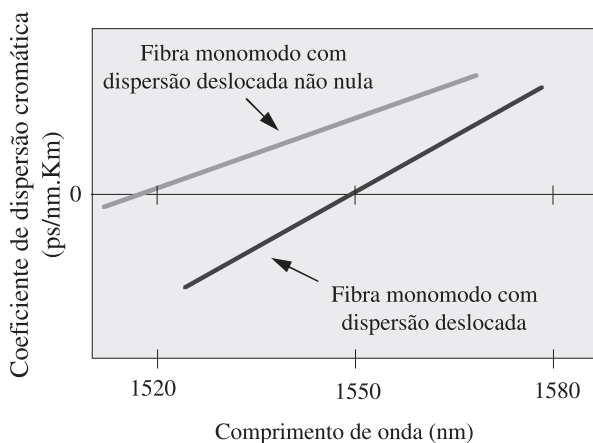


Figura 34: Dispersão cromática deslocada para a janela de 1550 nm.

Mais recentemente o desenvolvimento de uma nova versão da NZDSF com um maior núcleo LCF (“Large Core Fibers”), permitiu uma redução adicional dos efeitos não lineares através da diminuição da densidade de potência no núcleo das fibras.

5.2.2 - Fundamentos de reflectometria óptica temporal (OTDR)

5.2.2.1 - Introdução

Desde o seu aparecimento na década de 70, o OTDR (“Optical Time Domain Reflectometer”) tornou-se um dos instrumentos mais versáteis na caracterização de fibras e redes ópticas.

O seu funcionamento pode ser entendido como um “radar” óptico que envia impulsos de luz para uma fibra óptica, para depois recolher informação de uma pequena fracção dessa luz que é reflectida na sua direcção. A informação obtida desta forma permite elaborar um diagrama da potência óptica reflectida em função da distância. O OTDR determina a posição do acontecimento reflectivo a partir tempo de voo dos impulsos de luz (OTDR→acontecimento→OTDR), e do valor da velocidade de propagação da luz na fibra (determinada pelo conhecimento do índice de refacção do núcleo da fibra):

$$L = \frac{c t}{2n} \quad (1)$$

onde: t – tempo de voo do impulso óptico, c – velocidade da luz no vazio ($\approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$), e n – índice de refacção da fibra.

O diagrama da distribuição espacial de potência óptica é frequentemente denominado por padrão de “backscatter”, ou “assinatura” do percurso óptico.

5.2.2.2 - Princípio de funcionamento

Uma fonte de luz (LASER) envia impulsos de luz de alta potência e curta duração (10 ns – 10 μ s), para a fibra óptica a testar. Uma fracção muito pequena desta radiação é reflectida na direcção do OTDR onde é captada por um detector de elevada sensibilidade (Figura 35).

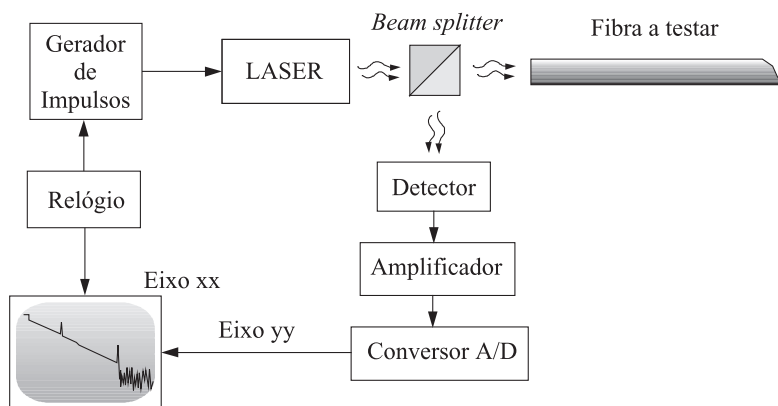


Figura 35. Diagrama de blocos genérico de um OTDR.

O monitor do OTDR mostra a curva da potência reflectida em função da distância. A partir desta distribuição espacial de potência é possível calcular a perda introduzida entre dois pontos, e o valor do coeficiente de atenuação (obtido pela razão: perda de potência/distância). A Figura 36 mostra um padrão de “backscatter” genérico, no qual podemos distinguir dois tipos de acontecimentos: os reflectivos - associados a descontinuidades do índice de refração que provocam reflexões de Fresnel (conectores, interfaces fibra-ar, etc); e os não-reflectivos – acontecimentos responsáveis pela introdução de perdas num percurso óptico sem descontinuidades (micro-curvaturas, juntas por fusão, etc).

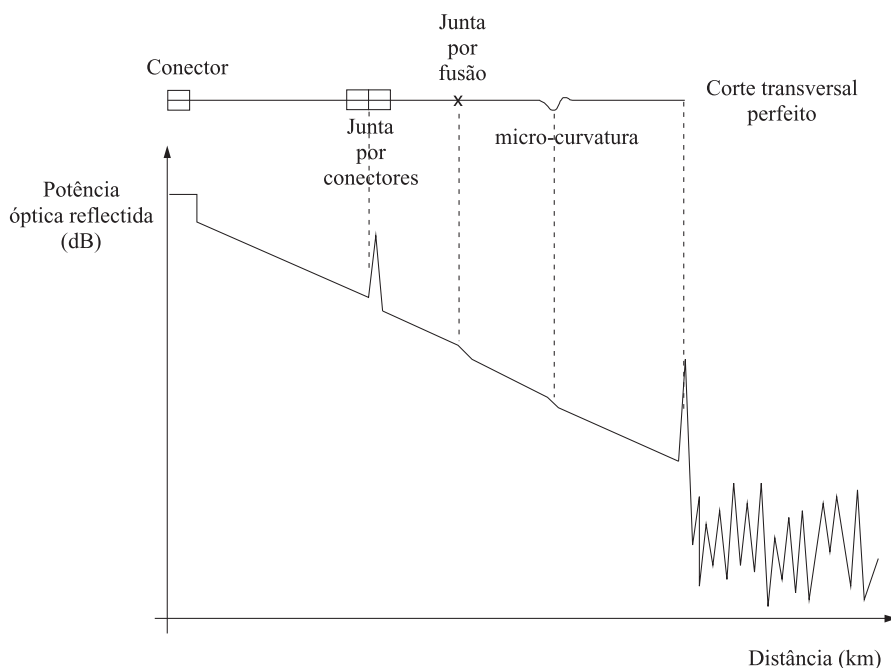


Figura 36 - Alguns dos acontecimentos mais vulgares numa fibra óptica, e respectivas assinaturas no padrão de “backscatter”.

A ligação entre estes acontecimentos é feita por patamares de decaimento uniforme de potência óptica, provocados por um fenómeno de dispersão de luz que está na base do princípio de funcionamento do próprio OTDR. A diferença entre os níveis de potência destes patamares imediatamente antes e depois de um dado acontecimento determina o valor da perda introduzida (Figura 37).

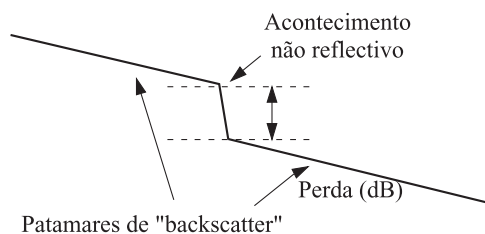


Figura 37. “Assinatura” característica de um acontecimento não reflectivo (p.e. junta por fusão).

5.2.2.3 - Parâmetros que condicionam a medição

5.2.2.3.1. Banda dinâmica

A banda dinâmica é uma espécie de figura de mérito utilizada para indicar a capacidade de medida de um OTDR. Uma banda dinâmica superior permite monitorar troços de fibra mais longos, e consequentemente detectar acontecimentos normalmente ocultados pelo ruído electrónico.

Por definição a banda dinâmica para um dado comprimento de onda de funcionamento e largura dos impulsos ópticos, corresponde à diferença (em décibéis) entre o nível inicial da potência óptica reflectida e o patamar de ruído. Esta diferença pode ser especificada em relação ao valor RMS (“root-mean-square”) do patamar de ruído ou em relação ao seu valor de pico (Figura 38).

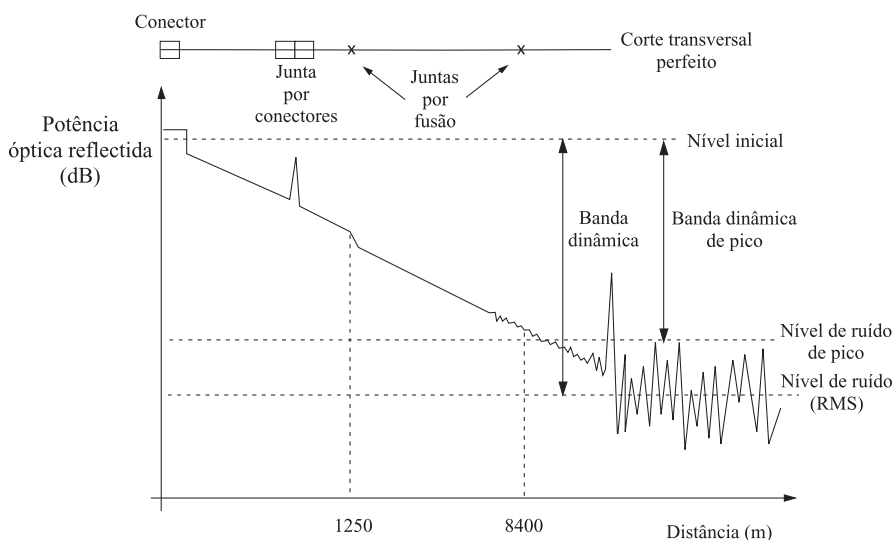


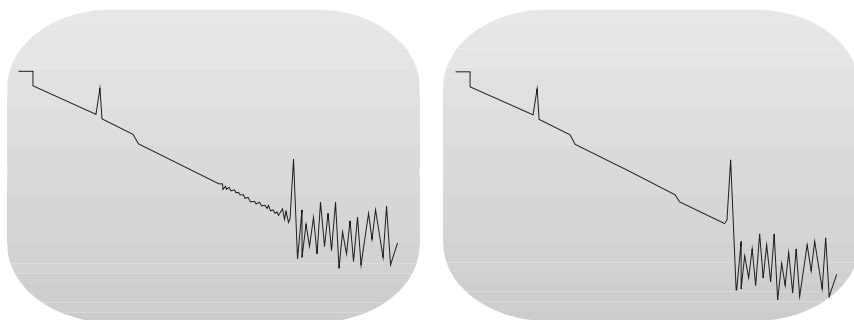
Figura 38 - Padrão de “backscatter” registado num OTDR sem banda dinâmica suficiente.

A figura 38 mostra um padrão de “backscatter”, no qual a diferença entre o nível do sinal reflectido pela extremidade da fibra mais afastada do OTDR e o patamar de ruído, é de tal maneira reduzida que não permite tirar conclusões fundamentadas em relação a possíveis acontecimentos nessa zona (por exemplo a junta por fusão situada a 8400 metros do OTDR não é visível). Para otimizar a banda dinâmica de um OTDR é necessário reduzir o patamar de ruído, e/ou aumentar a potência do sinal injectado de forma a melhorar a relação sinal-ruído. No caso do operador do OTDR optar pela primeira solução deverá aumentar a duração do tempo de aquisição, aproveitando desta forma a natureza aleatória do ruído. Na segunda opção o operador deverá aumentar a largura do impulso óptico injectado pelo OTDR na fibra.

5.2.2.3.1.1 - Duração do tempo de aquisição

A sequência de impulsos reflectidos permite ao OTDR recolher durante um intervalo de tempo pré-determinado um certo número de valores de potência relativos a várias posições ao longo da fibra. O processador de sinal do OTDR realiza então uma média dos valores correspondentes a uma determinada posição enquanto calcula a respectiva localização na fibra.

Devido ao seu comportamento aleatório o ruído pode ser atenuado realizando várias médias sobre os vários valores de potência reflectida em função da distância. Desta forma, ao aumentar o tempo de aquisição do OTDR, o operador otimiza a relação sinal-ruído, obtendo um padrão de “backscatter” de melhor qualidade (Figura 39).



Após 30 segundos

Após 2 minutos

Figura 39 - O padrão de “backscatter” em função do tempo de aquisição.

5.2.2.3.1.2 - Largura do impulso óptico

No ponto anterior foi discutido como a duração do tempo de aquisição pode influenciar a relação sinal-ruído da medição. Uma forma alternativa de obter

resultados semelhantes, consiste em melhorar o nível da potência óptica que chega ao detector do OTDR, aumentando a potência injectada na fibra. Para tal, o operador deve otimizar as condições de injeção da luz na fibra, prestando particular atenção à qualidade das juntas por conectores ou outros dispositivos que estabelecem a ligação óptica entre o OTDR e a fibra a testar. Depois deste procedimento (efectuado para cada medição) o operador pode ainda seleccionar impulsos ópticos de maior duração (Figura 40). Esta opção permite melhorar a relação sinal-ruído sem dispendir o tempo exigido pela solução discutida no ponto anterior. No entanto o operador deverá ter em conta a relação de compromisso entre a melhoria da banda dinâmica e a perda de resolução, que esta solução impõe (este problema é discutido no ponto 5.2.2.3.2).

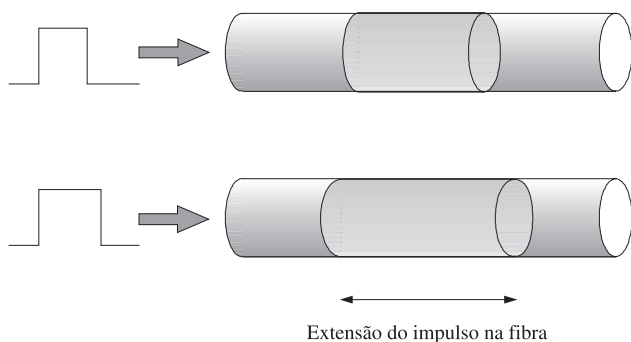


Figura 40 - Distribuição espacial de diferentes impulsos ópticos na fibra.

5.2.2.3.2 - Resolução espacial, zona morta

Enquanto que a banda dinâmica determina a extensão máxima da fibra a testar, a zona morta define a capacidade do OTDR distinguir dois acontecimentos sucessivos. As zonas mortas representam intervalos de tempo (posteriormente convertidos em distâncias) em que o detector do OTDR permanece saturado. O sistema de detecção óptica do OTDR é concebido para um regime de funcionamento com níveis de potência muito baixos. Assim qualquer acontecimento associado a fortes reflexões (por exemplo, reflexões de Fresnel em juntas por conectores, cortes perfeitos da fibra, etc) provoca um súbito pico de potência que é suficiente para saturar o detector. Após a saturação o detector demora ainda um certo tempo para recuperar, o que aumenta a extensão da zona morta.

Existem duas definições para zona morta (Figura 41):

- (i) **zona morta de atenuação:** distância entre o início da reflexão e o ponto onde o detector recupera até 0.5 dB em relação ao patamar de “backscatter”. Este é o ponto a partir do qual o OTDR recupera a capacidade de medir a atenuação e as perdas;

- (ii) **zona morta de um acontecimento:** distância entre o início da reflexão e o ponto onde o detector recupera 1.5 dB em relação ao pico de reflexão. A partir deste ponto o OTDR ainda não consegue medir atenuação mas já é possível identificar uma segunda reflexão.

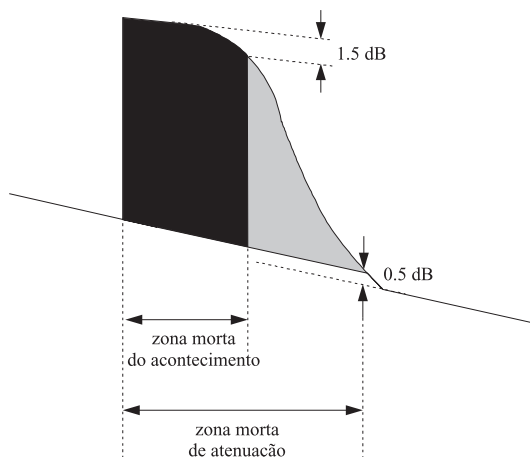


Figura 41 - Zona morta de um acontecimento reflectivo.

A zona morta determina a capacidade do OTDR em distinguir dois acontecimentos sucessivos, definindo desta forma a sua resolução espacial. A resolução espacial de dois pontos consecutivos é definida como:

$$\Delta z = \frac{\tau c}{2n} \quad (2)$$

onde: τ – largura do impulso óptico;

c – velocidade da luz no vazio ($\approx 3 \times 10^8$ m/s);

n – índice de refração da fibra.

No entanto esta expressão só é válida para impulsos ópticos com uma forma rectangular, nos quais a largura determina a resolução máxima. Para determinar o valor exacto da resolução é necessário ter em conta a largura de banda do detector e os intervalos de amostragem.

Tal como indica a expressão (2) a resolução espacial é de grosso modo definida pela largura dos impulsos ópticos. Assim para melhorar a resolução do OTDR o operador pode seleccionar impulsos mais estreitos, na condição da

potência óptica associada permitir ainda uma banda dinâmica suficiente para uma medição correcta.

Na Figura 42 está representado o resultado da monitorização de uma fibra, com impulsos ópticos de larguras distintas. Os impulsos mais estreitos (Figura 42.a) permitem ao operador distinguir dois acontecimentos próximos, no entanto na última metade da extensão de fibra a relação sinal-ruído degrada-se consideravelmente. Ao contrário, na Figura 42.b, ao utilizar impulsos mais largos o operador consegue ver a totalidade da fibra, mas os dois acontecimentos vizinhos deixam de ser perceptíveis.

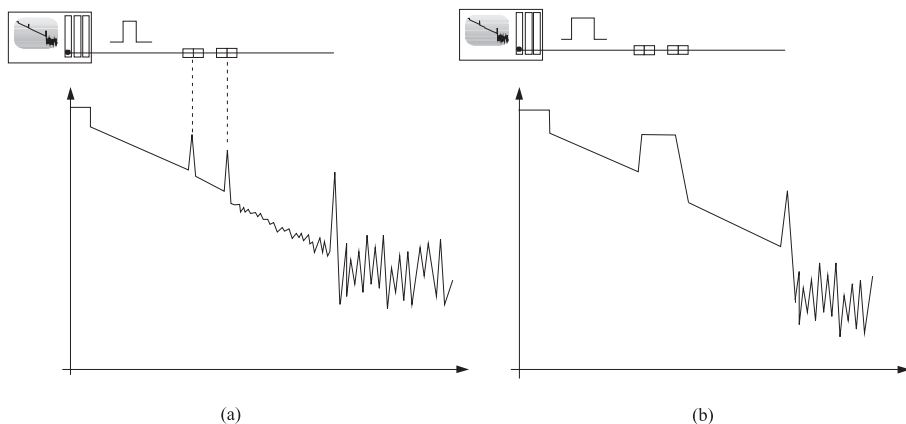


Figura 42 - Impulsos mais estreitos (a) garantem melhor resolução mas prejudicam a banda dinâmica; enquanto que os impulsos mais largos optimizam a banda dinâmica mas não permitem ao OTDR distinguir dois acontecimentos vizinhos.

Os impulsos ópticos mais largos provocam o aumento das zonas mortas limitando desta forma a capacidade do OTDR distinguir dois acontecimentos muito próximos.

5.2.2.4 - Análise bi-direccional

O OTDR apresenta frequentemente valores de atenuação distintos em medições realizadas nas duas extremidades da mesma fibra. Da mesma forma, é vulgar surgirem no monitor do OTDR juntas por fusão que apresentam um “ganho” e não perda! O que não deixa de ser estranho para um operador de OTDR desprevenido, sensibilizado para o facto da intensidade da luz reflectida diminuir em função da distância.

Para um fibra com um perfil de índices de refração em degrau, e admitindo um comportamento linear na transmissão de potência óptica, a intensidade (S) da luz recolhida pelo OTDR por “Rayleigh scattering” é dada pela seguinte expressão (Brinkmeyer, 1980):

$$S = 0.038 \left(\frac{\lambda}{n_1 w^2} \right)^2 \quad (3)$$

em que, λ : comprimento de onda, n_1 : índice de refração do núcleo da fibra, e w a largura do campo modal.

Assim a intensidade do sinal recolhido pelo OTDR depende de factores sujeitos a variações impostas pelas condições ambientais, o que justifica o facto da mesma fibra apresentar valores de coeficiente de atenuação distintos. No caso particular de uma junta entre duas fibras com diâmetros modais ligeiramente diferentes, as condições de reflexão a montante da mesma serão diferentes das condições encontradas a jusante. Quando o factor S da fibra a jusante da junta for superior ao da fibra a montante, então o padrão do OTDR apresentará um “ganho”. Da mesma forma, ao colocar o OTDR na outra extremidade da fibra, o padrão resultante apresentará neste ponto uma perda exagerada (Figura 43). Para eliminar este problema o operador deverá realizar um teste bi-direccional, colocando o OTDR nas duas extremidades da fibra óptica a testar. O valor correcto das perdas na junta por fusão é obtido pela média dos valores obtidos em cada medição.

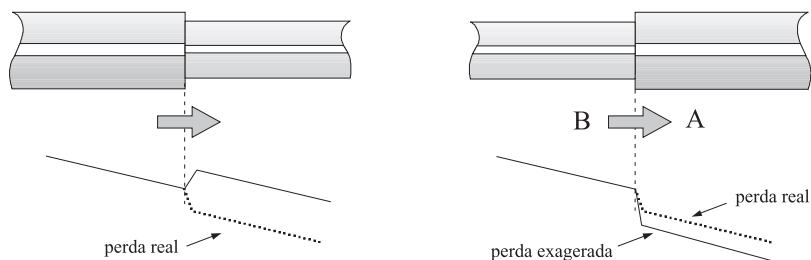


Figura 43 - A influência de diferentes propriedades de “backscattering” no cálculo das perdas em juntas por fusão.

Outro tipo de fenómeno vulgar nos testes realizados com um OTDR, é conhecido como acontecimento “0 dB”. Estes acontecimentos são basicamente um “ganho” aparente em que o acréscimo de potência compensa as perdas reais, fazendo desaparecer a junta do padrão de “backscatter” apresentado pelo OTDR. Novamente, um teste bi-direccional permite revelar a localização da junta por fusão.

A análise bi-direccional permite ainda detectar acontecimentos até aí ocultos na zona morta de um acontecimento reflectivo. O detector satura com o pico de Fresnel desse acontecimento, fica temporariamente “cego” e não consegue detectar os acontecimentos imediatamente a jusante.

Para além de garantir medições de atenuação mais rigorosas, uma análise bi-direccional permite ainda testar extensões de fibra superiores às permitidas pela banda dinâmica do OTDR disponível. De facto, os padrões obtidos das duas extremidades da fibra, podem ser colocados topo-a-topo de forma a caracterizar a totalidade do troço de fibra óptica (Figura 44).

Regra geral o próprio OTDR permite o alinhamento dos acontecimentos registados numa determinada direcção com os obtidos na direcção oposta. Na sequência desta operação, é elaborada uma tabela com os valores médios da atenuação para cada acontecimento, e respectiva localização.

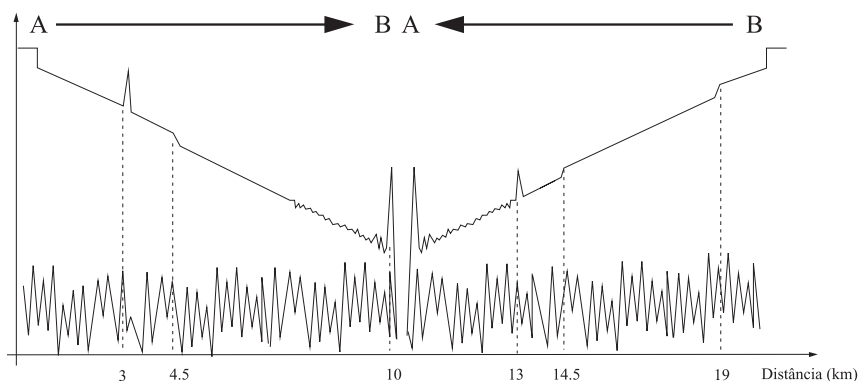


Figura 44 - As duas curvas do padrão de “backscatter” de uma fibra, obtidas por um teste bi-direccional.

5.2.2.5 - Ecos

Todos os impulsos ópticos que regressam ao OTDR são parcialmente reflectidos no seu conector de entrada, e injectados de novo na fibra a testar. Regra geral estes impulsos são de baixa intensidade sendo eliminados depois de percorridos alguns metros de fibra. Existem no entanto situações que implicam o aparecimento de fortes reflexões de Fresnel, com energia suficiente para serem reflectidas no conector de entrada do OTDR e provocar o aparecimento no padrão de “backscatter” de uma repetição ou eco, localizado numa distância múltipla ao acontecimento reflectivo que a provocou (Figura 45). Estas imagens “fantasma” podem ser eliminadas colocando um gel com índice de refração semelhante ao do núcleo da fibra (“index matching gel”), nas juntas com descontinuidades físicas responsáveis por reflexões de Fresnel.

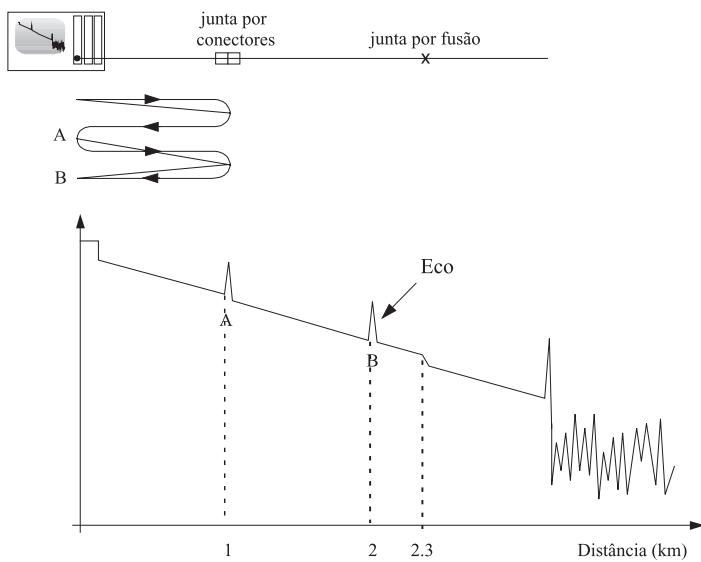


Figura 45 - Uma forte reflexão no ponto A (junta por conectores) provoca o aparecimento de uma imagem “fantasma” no ponto B (situado no dobro da distância de A).

5.2.3 - O desenho de cabos OPGW e a sua influência no desempenho mecânico das fibras ópticas

A componente eléctrica/mecânica dos cabos OPGW deverá prever a salvaguarda do desempenho da componente óptica dos mesmos. Assim a sua concepção deverá minimizar a tensão mecânica nas fibras resultante de fenómenos mecânicos/térmicos. A especificidade do desenho de um cabo OPGW é determinada pela unidade óptica, já que a componente eléctrica/mecânica é normalmente assegurada por uma combinação de fios de liga de alumínio e fios de aço cobertos por uma película de alumínio (ACS).

Para um dos mais populares modelos de cabo OPGW, a unidade óptica resulta da introdução no processo de cablagem de um tubo de aço-inox com fibras ópticas, em substituição de um dos fios da(s) camada(s) interior(s) do cabo (p.e. o desenho da Figura 46).

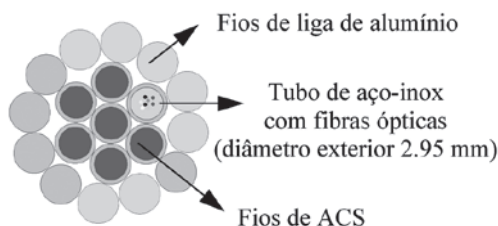


Figura 46. Cabo OPGW com tubo de aço-inox com fibras ópticas incorporadas.

A cablagem do tubo de aço-inox impõe uma trajectória em hélice para as fibras ópticas. Esta hélice determina a presença de um nível residual de tensão mecânica resultado da curvatura.

Para uma espiral com um diâmetro D , a deformação imposta pelo raio de curvatura é dado pela seguinte equação:

$$\varepsilon (\%) = 100 \times \frac{d}{D \left[1 + \left(\frac{P}{\pi D} \right)^2 \right]} \quad (1)$$

na qual d representa o diâmetro da fibra de vidro (mm) e P o passo da hélice (mm).

A tensão mecânica resultante é:

$$\sigma = E_0 \varepsilon (1 + 0.375 \alpha \varepsilon) \quad (2)$$

Em que E_0 representa o módulo de elasticidade inicial da fibra (72 GPa) e α um factor de correcção relativo ao comportamento não-linear da relação tensão/deformação (tipicamente $\alpha = 6$).

A equação 2 permite avaliar o comportamento da tensão na fibra em função do passo de cablagem dos tubos e do diâmetro da respectiva hélice. O diâmetro da hélice descrita pelas fibras no interior do tubo de aço-inox na solução representada na Figura 1 estará dentro do intervalo: $3.65 \text{ mm} < D < 8.25 \text{ mm}$. Assim para um passo de cablagem entre 90 mm e 130 mm, a tensão mecânica por curvatura nas fibras é representada pelo gráfico 23.

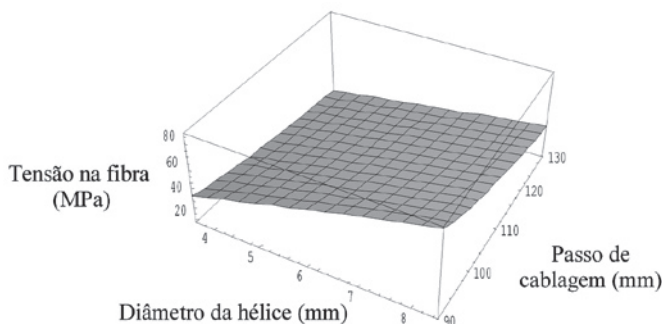


Gráfico 23 - Nível de tensão nas fibras em função do passo de cablagem do tubo de aço-inox e diâmetro da hélice, para o cabo OPGW descrito na Figura 46

As gamas de passos de hélice sugeridas, enquadram-se dentro das práticas industriais correntes para este tipo de cabo OPGW, assim como na perspectiva da obtenção de um excesso de fibra relativamente ao comprimento linear do cabo compatível com a margem de alongamento/contracção perspectivado para o cabo durante a sua vida útil.

A tensão mecânica nas fibras deve ser mantida abaixo de um nível de segurança definido pelo proof-test das fibras e por processos de fadiga resultantes da propagação de micro-fissuras no vidro. É prática corrente considerar um nível de segurança correspondente a 1/5 do valor do proof-test das fibras. Para fibras submetidas a uma tensão de proof-test de 700 MPa, o nível de tensão nas fibras durante o seu tempo de vida deverá ser mantido abaixo de 140 MPa.

O eventual alongamento/deformação das fibras durante o tempo de vida do cabo poderá ser minimizado, dotando a unidade óptica com um excesso de fibra relativamente ao comprimento linear do cabo suficiente para absorver as deformações temporárias e permanentes do mesmo. A redução do passo da hélice dos tubos ópticos permite otimizar o valor do excesso de fibra relativamente ao comprimento linear de cabo.

Tal como indica o Gráfico 23, o valor da tensão mecânica introduzida nas fibras ópticas devido à hélice imposta pelos passos de cablagem mais curtos é bastante inferior ao limite de segurança (140 MPa)

Quadro 94 - Características Técnicas dos Cabos OPGW (núcleo óptico em ACS)

| Designação | Área (mm ²) | | | Nº de fios | | | Diâmetro fios (mm) | | | Diâmetro (mm) | | Massa por unidade de comprimento (kg/km) | Carga de Ruptura Nominal (kN) | Resistência Elétrica máxima a 20°C (Ω/km) | Módulo de Elasticidade Fioal (N/mm ²) | Coeficiente linear de expansão | Corrente máxima de defeito suportável (I) kA.s |
|----------------------------------|-------------------------|------|-------|------------|-----|-------|--------------------|------|------|---------------|------|--|-------------------------------|---|---|--------------------------------|---|
| | Liga | ACS | Total | Liga | ACS | Tubos | Liga | ACS | Tubo | Aluna | Cabo | | | | | | |
| 92-AL3.28-A20SA/ST - 48 fio | 91,9 | 28,3 | 120,2 | 13 | 4 | 2 | 3,00 | 3,00 | 2,95 | 9,00 | 15,0 | 476,0 | 61,00 | 0,3230 | 80.100 | 18,3E-6 | 116 |
| 92-AL3.35-A20SA/ST - 24 fio | 91,9 | 35,3 | 127,2 | 13 | 5 | 1 | 3,00 | 3,00 | 2,95 | 9,00 | 15,0 | 506,0 | 61,00 | 0,3230 | 80.100 | 17,7E-6 | 127 |
| 91-AL2.38-A20SA/ACS/ST - 40 fio | 90,6 | 37,7 | 128,3 | 12 | 5 | 2 | 3,10 | 3,10 | 3,00 | 9,30 | 15,5 | 541,0 | 74,70 | 0,3190 | 86.400 | 17,5E-6 | 127 |
| 91-AL2.45-A20SA/ACS/ST - 16 fio | 90,6 | 45,3 | 135,9 | 12 | 6 | 1 | 3,10 | 3,10 | 3,00 | 9,30 | 15,5 | 571,0 | 81,10 | 0,3080 | 90.600 | 17,0E-6 | 194 |
| 92-AL2.57-A20SA/ST - 48 fio | 92,4 | 57,0 | 149,4 | 15 | 7 | 1 | 2,80 | 3,22 | 4,20 | 10,6 | 16,2 | 663,0 | 98,40 | 0,2930 | 95.800 | 16,5E-6 | 165 |
| 100-AL3.30-A20SA/ACS/ST - 24 fio | 99,5 | 49,8 | 149,3 | 12 | 6 | 1 | 3,25 | 3,25 | 3,20 | 9,8 | 16,3 | 628,0 | 89,10 | 0,2890 | 90.600 | 17,0E-6 | 170 |
| 125-AL3.48-A20SA/ST - 24 fio | 125,1 | 48,1 | 173,2 | 13 | 5 | 1 | 3,50 | 3,50 | 3,45 | 10,50 | 17,5 | 687,0 | 91,70 | 0,2310 | 84.700 | 17,7E-6 | 321 |
| 204-AL5.34-A20SA/ST - 36 fio | 203,7 | 33,9 | 237,6 | 30 | 5 | 2 | 2,94 | 2,94 | 2,90 | 8,82 | 20,6 | 822,0 | 100,80 | 0,1450 | 70.300 | 19,7E-6 | 504 |

Quadro 95 - Características Técnicas dos Cabos OPGW (núcleo óptico em ST)

| Designação | Área (mm ²) | | | Nº de fios | | | Diâmetro fios (mm) | | | Diâmetro (mm) | | Massa por unidade de comprimento (kg/km) | Carga de Ruptura Nominal (kN) | Resistência Elétrica máxima a 20°C (Ω/km) | Módulo de Elasticidade Fioal (N/mm ²) | Coeficiente linear de expansão | Corrente máxima de defeito suportável (I) kA.s |
|-----------------------------|-------------------------|------|-------|------------|-----|-------|--------------------|------|------|---------------|------|--|-------------------------------|---|---|--------------------------------|---|
| | Liga | Aço | Total | Liga | Aço | Tubos | Liga | Aço | Tubo | Aluna | Cabo | | | | | | |
| 204-AL5.41-ST1A/ST - 24 fio | 203,7 | 40,7 | 244,4 | 30 | 6 | 1 | 2,94 | 2,94 | 2,90 | 8,82 | 20,6 | 901,0 | 106,50 | 0,1530 | 77.500 | 18,3E-6 | 519 |

Nota: O sentido de cabimento da última camada será a direita (Z).

(1) - Os valores da Corrente máxima de defeito suportável são meramente indicativos e foram calculados para elevações de temperatura de 30 a 180°.




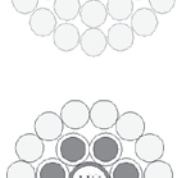
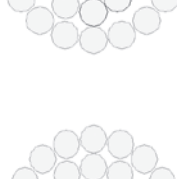

| 13/5/1 | 12/6/1 | 12/5/2 | 15/7/1 | 30/6/1 | 30/5/2 |
|--|--|---|--|--|---|
|  |  |  |  |  |  |

Figura 47 - Diversas composições dos Cabos OPGW

Cabos Isolados de Baixa Tensão



Capítulo V.III

5.3 - Cabos Isolados de Baixa Tensão

5.3.1 - Cabos com Alma Condutora de Alumínio

A – Condutores Cableados (Classe 2)

As almas condutoras, circulares ou sectoriais, são normalmente compactadas.

A forma sectorial só pode ser utilizada nas secções nominais de pelo menos 25 mm².

B – Condutores maciços (Classe 1)

As almas maciças, de secções entre 10 e 35 mm² devem ser circulares; de secções superiores a 35 mm² devem ser circulares para cabos monocondutores e circulares ou sectoriais para multicondutores.

Há ainda, no caso dos monocondutores, as almas multisectoriais constituídas por 4 perfis sectoriais maciços de 90°, cableados entre si (ex. 4x95=380 mm²)

1 - Cabos não Armados do Tipo LVV, LSVV, LXV, LSXV

Normas de fabrico: CEI 60502 - 1; HD 603 S1

Tensão estipulada: 0,6 /1kV

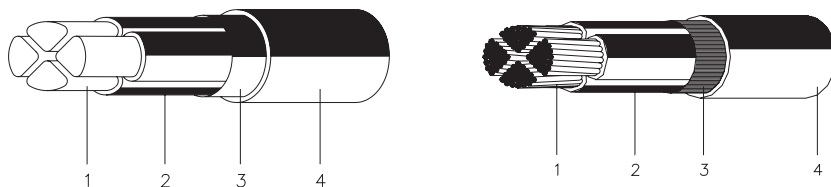


Figura 48 - Cabos isolados de baixa tensão com alma de Alumínio não armados

Descrição:

- 1- Alma condutora da classe 2 (LVV,LXV) ou da classe 1 (LSVV, LSXV)
- 2 - Isolamento a PVC (LVV, LSVV) ou a PEX (LXV,LSXV)
- 3 - Fita cintagem (Poliéster)
- 4 - Bainha exterior em PVC

Utilização:

Transporte e distribuição de energia. Os cabos LSVV monocondutores encontram grande aplicação nas canalizações de baixa tensão, entre os terminais dos transformadores e os quadros gerais de B T.

Quadro 96 - Características Dimensionais
Condutores Multifilares (LVV)

| Secção (mm ²) | Espessura Nominal do Isolamento (mm) | 1 Condutor | | 2 Condutores | | 3 Condutores | | 4 Condutores | |
|------------------------------|--|------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|
| | | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) |
| 16 | 1,0 | 10,5 | 140 | 18,4 | 340 | 19,5 | 420 | 21,0 | 500 |
| 25 | 1,2 | 12,1 | 190 | 21,0 | 450 | 23,0 | 560 | 23,4 | 600 |
| 35 | 1,2 | 13,2 | 230 | 18,5 | 440 | 21,6 | 600 | 24,3 | 700 |
| 50 | 1,4 | 14,7 | 290 | 21,2 | 560 | 25,1 | 800 | 28,5 | 950 |
| 70 | 1,4 | 16,4 | 380 | 24,0 | 750 | 27,9 | 1050 | 31,8 | 1200 |
| 95 | 1,6 | 18,6 | 480 | 27,0 | 970 | 31,4 | 1350 | 36,7 | 1650 |
| 120 | 1,6 | 20,2 | 570 | 29,0 | 1150 | 34,7 | 1600 | 39,6 | 2000 |
| 150 | 1,8 | 22,0 | 660 | 31,9 | 1400 | 38,4 | 2000 | 44,6 | 2350 |
| 185 | 2,0 | 24,6 | 850 | 35,4 | 1700 | 42,1 | 2400 | 49,0 | 2900 |
| 240 | 2,2 | 27,4 | 1050 | 39,5 | 2150 | 47,8 | 3100 | 55,5 | 3800 |
| 300 | 2,4 | 30,1 | 1300 | 44,2 | 2700 | 52,6 | 3800 | 61,0 | 4600 |
| 400 | 2,6 | 33,9 | 1650 | 49,6 | 3300 | 60,2 | 4900 | 69,5 | 5800 |
| 500 | 2,8 | 37,2 | 2000 | — | — | — | — | — | — |
| 630 | 2,8 | 42,5 | 2500 | — | — | — | — | — | — |

Quadro 97 - Condutores Sólidos (LSVV)

| Secção (mm ²) | Espessura Nominal do Isolamento (mm) | 1 Condutor | | 2 Condutores | | 3 Condutores | | 4 Condutores | |
|------------------------------|--|------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|
| | | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) |
| 16 | 1,0 | 10,1 | 140 | 13,7 | 240 | 15,8 | 330 | 17,6 | 420 |
| 25 | 1,2 | 11,7 | 190 | 16,0 | 340 | 18,6 | 470 | 20,9 | 600 |
| 35 | 1,2 | 12,7 | 230 | 17,5 | 420 | 20,4 | 580 | 23,4 | 770 |
| 50 | 1,4 | 14,4 | 300 | 20,0 | 550 | 23,7 | 780 | 27,0 | 1000 |
| 70 | 1,4 | 15,9 | 380 | 22,5 | 710 | 26,4 | 1000 | 29,8 | 1300 |
| 95 | 1,6 | 17,8 | 470 | 25,4 | 930 | 30,0 | 1320 | 34,4 | 1750 |
| 120 | 1,6 | 19,2 | 570 | 27,2 | 1100 | 32,8 | 1600 | 37,2 | 2100 |
| 150 | 1,8 | 21,0 | 690 | 30,1 | 1250 | 36,1 | 1950 | 41,9 | 2600 |
| 185 | 2,0 | 23,4 | 850 | 34,4 | 1660 | 39,6 | 2350 | 45,7 | 3200 |
| 240 | 2,2 | — | — | 37,1 | 2100 | 45,0 | 3100 | 52,0 | 4100 |
| 280 | 2,4 | 28,3 | 1250 | — | — | — | — | — | — |
| 300 | 2,6 | — | — | 41,6 | 2600 | 49,4 | 3750 | 57,1 | 5000 |
| 380 | 2,6 | 31,9 | 1580 | — | — | — | — | — | — |
| 480 | 2,8 | 35,5 | 2000 | — | — | — | — | — | — |
| 600 | 2,8 | 38,4 | 2350 | — | — | — | — | — | — |
| 740 | 2,8 | 42,0 | 2850 | — | — | — | — | — | — |

Quadro 98 - Características Eléctricas dos Cabos: LVV, LSVV

| Secção Nominal mm ² | 1 Condutor (1) | | | 2 Condutores (5) | | | 3 e 4 Condutores (6) | | |
|-----------------------------------|------------------------|--------------------|---|------------------------|--------------------|---|------------------------|--------------------|---|
| | Instalação Subterrânea | Instalação Ao Ar | Queda de Tensão $\Delta U=V/A \text{ Km}$ | Instalação Subterrânea | Instalação Ao Ar | Queda de Tensão $\Delta U=V/A \text{ Km}$ | Instalação Subterrânea | Instalação Ao Ar | Queda de Tensão $\Delta U=V/A \text{ Km}$ |
| | (2) Intensidade | (3) Intensidade | Cos $\phi=0,8$ (4) | (2) Intensidade | (3) Intensidade | Cos $\phi=0,8$ | (2) Intensidade | (3) Intensidade | Cos $\phi=0,8$ |
| 16 | 110 | 80 | 3,300 | 95 | 67 | 3,760 | 90 | 62 | 3,280 |
| 25 | 145 | 102 | 2,110 | 125 | 89 | 2,390 | 110 | 80 | 2,090 |
| 35 | 180 | 129 | 1,550 | 150 | 107 | 1,750 | 130 | 93 | 1,530 |
| 50 | 210 | 151 | 1,180 | 175 | 129 | 0,310 | 150 | 107 | 1,150 |
| 70 | 275 | 196 | 0,834 | 225 | 160 | 0,927 | 195 | 138 | 0,821 |
| 95 | 330 | 236 | 0,626 | 270 | 191 | 0,687 | 235 | 169 | 0,614 |
| 120 | 390 | 276 | 0,512 | 305 | 218 | 0,558 | 270 | 191 | 0,502 |
| 150 | 440 | 311 | 0,432 | 350 | 249 | 0,467 | 310 | 222 | 0,424 |
| 185 | 505 | 360 | 0,363 | 390 | 276 | 0,387 | 355 | 254 | 0,354 |
| 240 | 590 | 423 | 0,296 | 455 | 325 | 0,312 | 410 | 294 | 0,288 |
| 280 | 640 | 463 | 0,273 | | | | | | |
| 300 | 685 | 490 | 0,253 | 510 | 365 | 0,263 | 470 | 334 | 0,245 |
| 380 | 780 | 561 | 0,219 | | | | | | |
| 400 | 810 | 583 | 0,215 | 610 | 436 | 0,236 | 560 | 401 | 0,204 |
| 480 | 910 | 650 | 0,190 | | | | | | |
| 500 | 935 | 668 | 0,185 | | | | | | |
| 600 | 1050 | 748 | 0,169 | | | | | | |
| 630 | 1080 | 774 | 0,161 | | | | | | |
| 740 | 1190 | 854 | 0,149 | | | | | | |

(1) - As intensidades de corrente são indicadas para um cabo monopolar sem influências térmicas exteriores. No caso de associações de cabos monopolares (ternos juntivos por exemplo) multiplicar os valores indicados por 0,80.

(2) - Temperatura do solo de 20°C.

(3) - Temperatura do ambiente de 30°C.

(4) - As quedas de tensão são indicadas para uma canalização trifásica.

(5) - As intensidades e quedas de tensão são indicadas para uma canalização monofásica.

(6) - As intensidades e quedas de tensão são indicadas para uma canalização trifásica.

**Quadro 99 - Características Dimensionais
Condutores Multifilares (LXV)**

| Secção (mm²) | Espessura Nominal do Isolamento (mm) | 1 Condutor | | 2 Condutores | | 3 Condutores | | 4 Condutores | |
|-----------------|--|------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|
| | | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) |
| 16 | 0,7 | 9,9 | 125 | 17,2 | 333 | 18,3 | 409 | 19,8 | 485 |
| 25 | 0,9 | 11,5 | 169 | 19,8 | 441 | 21,8 | 547 | 22,2 | 582 |
| 35 | 0,9 | 12,6 | 206 | 17,3 | 423 | 20,4 | 574 | 23,1 | 665 |
| 50 | 1,0 | 13,9 | 256 | 19,6 | 538 | 23,5 | 767 | 26,9 | 906 |
| 70 | 1,1 | 15,8 | 343 | 22,8 | 723 | 26,7 | 1010 | 30,6 | 1147 |
| 95 | 1,1 | 17,6 | 425 | 25,0 | 940 | 29,4 | 1305 | 34,7 | 1590 |
| 120 | 1,2 | 19,4 | 513 | 27,4 | 1108 | 30,1 | 1537 | 38,0 | 1916 |
| 150 | 1,4 | 21,2 | 592 | 30,3 | 1352 | 36,8 | 1928 | 43,0 | 2254 |
| 185 | 1,6 | 23,8 | 768 | 33,8 | 1632 | 40,5 | 2298 | 47,4 | 2764 |
| 240 | 1,7 | 26,4 | 943 | 37,5 | 2076 | 45,8 | 2989 | 53,5 | 3652 |
| 300 | 1,8 | 28,9 | 1166 | 41,8 | 2586 | 50,2 | 3629 | 58,6 | 4372 |
| 400 | 2,0 | 32,7 | 1490 | 47,2 | 3136 | 57,8 | 4654 | 67,1 | 5472 |
| 500 | 2,2 | 36,0 | 1806 | — | — | — | — | — | — |
| 630 | 2,4 | 41,7 | 2302 | — | — | — | — | — | — |

Quadro 100 - Condutores Sólidos (LSXV)

| Secção (mm²) | Espessura Nominal do Isolamento (mm) | 1 Condutor | | 2 Condutores | | 3 Condutores | | 4 Condutores | |
|-----------------|--|------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|
| | | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) |
| 16 | 0,7 | 9,5 | 126 | 12,5 | 212 | 14,6 | 288 | 16,4 | 364 |
| 25 | 0,9 | 11,1 | 170 | 14,8 | 300 | 17,4 | 410 | 19,7 | 520 |
| 35 | 0,9 | 12,2 | 207 | 16,3 | 374 | 19,2 | 511 | 22,2 | 678 |
| 50 | 1,0 | 13,6 | 267 | 18,4 | 484 | 22,1 | 681 | 25,4 | 868 |
| 70 | 1,1 | 15,3 | 345 | 21,3 | 640 | 25,2 | 895 | 28,6 | 1160 |
| 95 | 1,1 | 16,8 | 417 | 23,4 | 824 | 28,0 | 1261 | 32,4 | 1538 |
| 120 | 1,2 | 18,4 | 516 | 25,6 | 992 | 31,2 | 1438 | 35,6 | 1884 |
| 150 | 1,4 | 20,2 | 624 | 28,5 | 1118 | 34,5 | 1752 | 40,3 | 2336 |
| 185 | 1,6 | 22,6 | 771 | 32,0 | 1502 | 38,0 | 2113 | 44,1 | 2884 |
| 240 | 1,7 | — | — | 35,1 | 1896 | 43,0 | 2794 | 50,0 | 3692 |
| 280 | 1,8 | 27,1 | 1125 | — | — | — | — | — | — |
| 300 | 1,8 | — | — | 39,2 | 2350 | 47,0 | 3375 | 54,7 | 4500 |
| 380 | 2,0 | 30,7 | 1427 | — | — | — | — | — | — |
| 480 | 2,2 | 34,3 | 1820 | — | — | — | — | — | — |
| 600 | 2,4 | 37,6 | 2170 | — | — | — | — | — | — |
| 740 | 2,6 | 41,2 | 2626 | — | — | — | — | — | — |

Quadro 101 - Características Eléctricas dos Cabos: LXV, LSXV

| Secção Nominal mm ² | 1 Condutor (1) | | | 2 Condutores (5) | | | 3 e 4 Condutores (6) | | |
|-----------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | Instalação Subterrânea (2) Intensidade | Instalação Ao Ar (3) Intensidade | Queda de Tensão $\Delta U=V/A \text{ Km}$ $\cos\phi=0,8$ | Instalação Subterrânea (2) Intensidade | Instalação Ao Ar (3) Intensidade | Queda de Tensão $\Delta U=V/A \text{ Km}$ $\cos\phi=0,8$ | Instalação Subterrânea (2) Intensidade | Instalação Ao Ar (3) Intensidade | Queda de Tensão $\Delta U=V/A \text{ Km}$ $\cos\phi=0,8$ |
| 16 | | 105 | 3,500 | 104 | 91 | 4,000 | 87 | 79 | 3,490 |
| 25 | 180 | 135 | 2,240 | 133 | 108 | 2,550 | 110 | 98 | 2,230 |
| 35 | 215 | 166 | 1,650 | 160 | 135 | 1,860 | 134 | 122 | 1,630 |
| 50 | 257 | 205 | 1,290 | 188 | 164 | 1,390 | 160 | 149 | 1,220 |
| 70 | 315 | 260 | 0,883 | 233 | 211 | 0,984 | 197 | 192 | 0,870 |
| 95 | 377 | 321 | 0,662 | 275 | 257 | 0,728 | 234 | 235 | 0,651 |
| 120 | 430 | 375 | 0,540 | 314 | 300 | 0,590 | 266 | 273 | 0,530 |
| 150 | 482 | 432 | 0,455 | 359 | 346 | 0,494 | 300 | 316 | 0,447 |
| 185 | 545 | 500 | 0,381 | 398 | 397 | 0,371 | 337 | 363 | 0,372 |
| 240 | 640 | 603 | 0,315 | 458 | 470 | 0,328 | 388 | 430 | 0,303 |
| 280 | 690 | 658 | 0,285 | | | | | | |
| 300 | 725 | 697 | 0,271 | 520 | 543 | 0,293 | 440 | 497 | 0,248 |
| 380 | 820 | 810 | 0,228 | | | | | | |
| 400 | 835 | 829 | 0,224 | | | | | | |
| 480 | 922 | 936 | 0,197 | | | | | | |
| 500 | 950 | 963 | 0,191 | | | | | | |
| 600 | 1005 | 1015 | 0,174 | | | | | | |
| 630 | 1035 | 1050 | 0,160 | | | | | | |
| 740 | 1150 | 1175 | 0,138 | | | | | | |

(1) - As intensidades de corrente, são indicadas para um cabo monopolar sem influências térmicas exteriores. No caso de associações de cabos monopolares (termos juntivos por exemplo) multiplicar os valores indicados por 0,80.

(2) - Temperatura do solo de 20°C.

(3) - Temperatura do ambiente de 30°C.

(4) - As quedas de tensão são indicadas para uma canalização trifásica.

(5) - As intensidades e quedas de tensão são indicadas para uma canalização monofásica.

(6) - As intensidades e quedas de tensão são indicadas para uma canalização trifásica.

2 - Cabos Armados do Tipo LVAV, LSVAV, LXAV, LSXAV

Norma de fabrico: CEI 60502 - 1; HD 603 S1

Tensão estipulada: 0,6 / 1kV

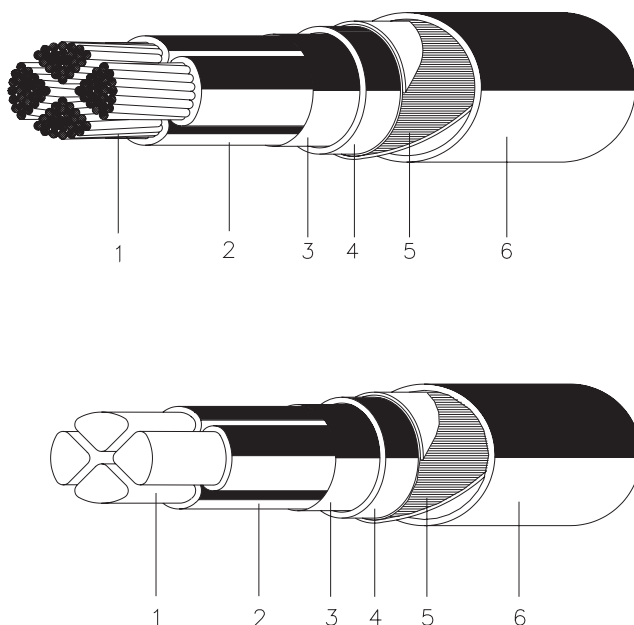


Figura 49 - Cabos isolados de baixa tensão com alma de Alumínio armados

Descrição:

- 1 - Alma condutora da classe 2 (LVAV, LXAV) ou da classe 1 (LSVAV, LSXAV)
- 2 - Isolamento a PVC (LVAV, LSVAV) ou a PEX (LXAV, LSXAV)
- 3 - Fita de cintagem (Poliéster)
- 4 - Bainha interior de PVC
- 5 - Armadura de fitas de aço
- 6 - Bainha exterior de PVC

Utilização:

Transporte e distribuição de energia. Próprias para canalização enterrada.

**Quadro 102 - Características Dimensionais
Condutores Multifilares (LVAV)**

| Secção (mm ²) | Espessura Nominal do Isolamento (mm) | 1 Condutor* | | 2 Condutores | | 3 Condutores | | 4 Condutores | |
|------------------------------|--|-------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|
| | | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) |
| 16 | 1,0 | 13,2 | 250 | 21,3 | 650 | 23,2 | 880 | 25,4 | 940 |
| 25 | 1,2 | 14,8 | 320 | 24,5 | 980 | 27,1 | 1200 | 29,3 | 1200 |
| 35 | 1,2 | 17,1 | 500 | 23,5 | 920 | 26,6 | 1150 | 29,4 | 1300 |
| 50 | 1,4 | 18,6 | 620 | 26,3 | 1100 | 30,0 | 1450 | 33,2 | 1650 |
| 70 | 1,4 | 20,3 | 730 | 28,6 | 1300 | 32,8 | 1700 | 39,0 | 2400 |
| 95 | 1,4 | 23,3 | 900 | 32,1 | 1650 | 38,8 | 2600 | 43,4 | 3000 |
| 120 | 1,6 | 24,9 | 1050 | 34,8 | 1900 | 41,7 | 3000 | 47,8 | 3600 |
| 150 | 1,8 | 27,1 | 1250 | 39,3 | 2600 | 46,2 | 3500 | 52,0 | 4050 |
| 185 | 2,0 | 29,3 | 1450 | 43,2 | 3100 | 50,5 | 4200 | 57,6 | 5000 |
| 240 | 2,2 | 32,1 | 1700 | 47,8 | 3800 | 56,8 | 5100 | 64,1 | 6100 |
| 300 | 2,4 | 36,4 | 2100 | 52,6 | 4500 | 61,4 | 6000 | 70,2 | 7200 |
| 400 | 2,6 | 40,5 | 2900 | 58,4 | 5400 | 68,9 | 7400 | 78,5 | 8700 |
| 500 | 2,8 | 44,0 | 3400 | — | — | — | — | — | — |
| 630 | 2,8 | 50,3 | 4200 | — | — | — | — | — | — |

*Cabo com armadura amagnética em caso de tensão alternada.

Quadro 103 - Condutores Sólidos (LSVAV)

| Secção (mm ²) | Espessura Nominal do Isolamento (mm) | 1 Condutor* | | 2 Condutores | | 3 Condutores | | 4 Condutores | |
|------------------------------|--|-------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|
| | | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) |
| 16 | 1,0 | 12,8 | 250 | 17,6 | 540 | 21,7 | 780 | 22,7 | 880 |
| 25 | 1,2 | 14,6 | 310 | 19,8 | 690 | 24,6 | 1000 | 26,0 | 1150 |
| 35 | 1,2 | 16,6 | 500 | 22,6 | 870 | 25,5 | 1100 | 28,1 | 1350 |
| 50 | 1,4 | 18,3 | 610 | 25,1 | 1050 | 28,6 | 1350 | 31,8 | 1650 |
| 70 | 1,4 | 19,8 | 720 | 27,2 | 1250 | 31,1 | 1650 | 37,1 | 2500 |
| 95 | 1,6 | 22,5 | 900 | 30,5 | 1550 | 37,2 | 2500 | 41,2 | 3050 |
| 120 | 1,6 | 23,9 | 1050 | 33,1 | 1850 | 39,6 | 2850 | 45,4 | 3650 |
| 150 | 1,8 | 26,1 | 1200 | 36,9 | 2500 | 43,8 | 3400 | 49,3 | 4200 |
| 185 | 2,0 | 28,2 | 1400 | 41,0 | 3000 | 47,8 | 4000 | 54,5 | 5100 |
| 240 | 2,2 | — | — | 45,3 | 3600 | 53,2 | 4900 | 60,6 | 6300 |
| 280 | 2,4 | 33,0 | 1900 | — | — | — | — | — | — |
| 300 | 2,4 | — | — | 49,8 | 4300 | 58,0 | 5900 | 66,1 | 7400 |
| 380 | 2,6 | 39,1 | 2800 | — | — | — | — | — | — |
| 480 | 2,8 | 42,3 | 3300 | — | — | — | — | — | — |
| 600 | 2,8 | 45,2 | 3800 | — | — | — | — | — | — |
| 740 | 2,8 | 49,8 | 4500 | — | — | — | — | — | — |

*Cabo com armadura amagnética em caso de tensão alternada.

Quadro 104 - Características Eléctricas dos Cabos: LVAV, LSVAV

| Secção Nominal mm² | 1 Condutor (1) | | | 2 Condutores (5) | | | 3 e 4 Condutores (6) | | |
|--------------------|------------------------|------------------|---|------------------------|------------------|---|------------------------|------------------|---|
| | Instalação Subterrânea | Instalação Ao Ar | Queda de Tensão | Instalação Subterrânea | Instalação Ao Ar | Queda de Tensão | Instalação Subterrânea | Instalação Ao Ar | Queda de Tensão |
| | Intensidade (2) | Intensidade (3) | $\Delta U = V/A \text{ Km}$ $\cos\phi=0,8$ (4) | Intensidade (2) | Intensidade (3) | $\Delta U = V/A \text{ Km}$ $\cos\phi=0,8$ | Intensidade (2) | Intensidade (3) | $\Delta U = V/A \text{ Km}$ $\cos\phi=0,8$ |
| 16 | 110 | 80 | 3,300 | 95 | 67 | 3,760 | 90 | 62 | 3,280 |
| 25 | 145 | 102 | 2,110 | 125 | 89 | 2,390 | 110 | 80 | 2,090 |
| 35 | 180 | 129 | 1,550 | 150 | 107 | 1,750 | 130 | 93 | 1,530 |
| 50 | 210 | 151 | 1,180 | 175 | 129 | 0,310 | 150 | 107 | 1,150 |
| 70 | 275 | 196 | 0,834 | 225 | 160 | 0,927 | 195 | 138 | 0,821 |
| 95 | 330 | 236 | 0,626 | 270 | 191 | 0,687 | 235 | 169 | 0,614 |
| 120 | 390 | 276 | 0,512 | 305 | 218 | 0,558 | 270 | 191 | 0,502 |
| 150 | 440 | 311 | 0,432 | 350 | 249 | 0,467 | 310 | 222 | 0,424 |
| 185 | 505 | 360 | 0,363 | 390 | 276 | 0,387 | 355 | 254 | 0,354 |
| 240 | 590 | 423 | 0,296 | 455 | 325 | 0,312 | 410 | 294 | 0,288 |
| 280 | 640 | 463 | 0,273 | | | | | | |
| 300 | 685 | 490 | 0,253 | 510 | 365 | 0,263 | 470 | 334 | 0,245 |
| 380 | 780 | 561 | 0,219 | | | | | | |
| 400 | 810 | 583 | 0,215 | 610 | 436 | 0,236 | | | |
| 480 | 910 | 650 | 0,190 | | | | 560 | 401 | 0,204 |
| 500 | 935 | 668 | 0,185 | | | | | | |
| 600 | 1050 | 748 | 0,169 | | | | | | |
| 630 | 1080 | 774 | 0,161 | | | | | | |
| 740 | 1190 | 854 | 0,149 | | | | | | |

- (1) - As intensidades de corrente são indicadas para um cabo monopolar sem influências térmicas exteriores. No caso de associações de cabos monolares (ternos juntos por exemplo) multiplicar os valores indicados por 0,80.
- (2) - Temperatura do solo de 20°C.
- (3) - Temperatura do ambiente de 30°C.
- (4) - As quedas de tensão são indicadas para uma canalização trifásica.
- (5) - As intensidades e quedas de tensão são indicadas para uma canalização monofásica.
- (6) - As intensidades e quedas de tensão são indicadas para uma canalização trifásica.

Quadro 105 - Características Dimensionais Condutores Multifilares (LXAV)

| Secção (mm ²) | Espessura Nominal do Isolamento (mm) | 1 Condutor* | | 2 Condutores | | 3 Condutores | | 4 Condutores | |
|------------------------------|--|-------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|
| | | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) |
| 16 | 0,7 | 12,6 | 235 | 20,1 | 620 | 22,0 | 835 | 24,2 | 880 |
| 25 | 0,9 | 14,2 | 299 | 23,3 | 938 | 25,9 | 1137 | 27,1 | 1116 |
| 35 | 0,9 | 16,5 | 476 | 22,3 | 872 | 25,4 | 1078 | 28,2 | 1204 |
| 50 | 1,0 | 17,8 | 586 | 24,7 | 1032 | 28,4 | 1348 | 31,6 | 1514 |
| 70 | 1,1 | 19,7 | 693 | 27,4 | 1226 | 31,6 | 1589 | 37,8 | 2252 |
| 95 | 1,1 | 22,7 | 845 | 20,9 | 1540 | 37,6 | 2435 | 42,2 | 2780 |
| 120 | 1,2 | 24,1 | 993 | 33,2 | 1786 | 40,1 | 2829 | 46,6 | 3372 |
| 150 | 1,4 | 26,3 | 1182 | 37,7 | 2464 | 45,4 | 3296 | 51,2 | 3778 |
| 185 | 1,6 | 28,5 | 1368 | 41,6 | 2936 | 48,9 | 3954 | 56,0 | 4672 |
| 240 | 1,7 | 31,1 | 1593 | 45,8 | 3586 | 54,8 | 4779 | 62,1 | 5672 |
| 300 | 1,8 | 35,2 | 1966 | 50,2 | 4232 | 59,0 | 5598 | 67,8 | 6664 |
| 400 | 2,0 | 39,3 | 2740 | 56,0 | 5080 | 66,5 | 6920 | 76,1 | 8060 |
| 500 | 2,2 | 42,8 | 3206 | | | | | | |
| 630 | 2,4 | 49,5 | 3804 | | | | | | |

*Cabo com armadura amagnética em caso de tensão alternada.

Quadro 106 - Condutores Sólidos (LSXAV)

| Secção (mm ²) | Espessura Nominal do Isolamento (mm) | 1 Condutor* | | 2 Condutores | | 3 Condutores | | 4 Condutores | |
|------------------------------|--|-------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|
| | | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) |
| 16 | 0,7 | 12,2 | 236 | 16,4 | 512 | 20,5 | 738 | 21,5 | 824 |
| 25 | 0,9 | 13,4 | 290 | 18,6 | 650 | 23,4 | 940 | 24,8 | 1070 |
| 35 | 0,9 | 16,0 | 477 | 21,4 | 824 | 24,3 | 1031 | 26,9 | 1258 |
| 50 | 1,0 | 17,5 | 577 | 23,5 | 984 | 27,0 | 1251 | 30,2 | 1518 |
| 70 | 1,1 | 18,2 | 685 | 26,0 | 1180 | 29,9 | 1545 | 35,9 | 2360 |
| 95 | 1,1 | 21,9 | 847 | 29,9 | 1444 | 36,0 | 2341 | 40,0 | 2838 |
| 120 | 1,2 | 23,1 | 996 | 31,5 | 1742 | 38,0 | 2688 | 43,8 | 3434 |
| 150 | 1,4 | 25,3 | 1134 | 35,3 | 2368 | 42,2 | 3202 | 47,7 | 3936 |
| 185 | 1,6 | 27,4 | 1321 | 39,4 | 2842 | 46,2 | 3763 | 52,9 | 4784 |
| 240 | 1,7 | | | 43,3 | 3396 | 51,2 | 4594 | 58,6 | 5892 |
| 280 | 1,8 | 31,8 | 1775 | | | | | | |
| 300 | 1,8 | | | 47,4 | 4050 | 55,6 | 5225 | 63,7 | 6900 |
| 380 | 2,0 | 37,9 | 2647 | | | | | | |
| 480 | 2,2 | 41,1 | 3120 | | | | | | |
| 600 | 2,4 | 44,4 | 3620 | | | | | | |
| 740 | 2,6 | 49,4 | 4276 | | | | | | |

*Cabo com armadura amagnética em caso de tensão alternada.

Quadro 107 - Características Eléctricas dos Cabos: LXAV, LSXAV

| Secção Nominal mm ² | 1 Condutor (1) | | | 2 Condutores (5) | | | 3 e 4 Condutores (6) | | |
|-----------------------------------|------------------------|-----------------|---|------------------------|-----------------|---|------------------------|-----------------|---|
| | Instalação Subterrânea | Ao Ar | Queda de Tensão | Instalação Subterrânea | Ao Ar | Queda de Tensão | Instalação Subterrânea | Ao Ar | Queda de Tensão |
| | Intensidade (2) | Intensidade (3) | $\Delta U = V/A \text{ Km}$ $\cos\phi=0,8$ (4) | Intensidade (2) | Intensidade (3) | $\Delta U = V/A \text{ Km}$ $\cos\phi=0,8$ | Intensidade (2) | Intensidade (3) | $\Delta U = V/A \text{ Km}$ $\cos\phi=0,8$ |
| 16 | | 105 | 3,500 | 104 | 91 | 4,000 | 87 | 79 | 3,490 |
| 25 | 180 | 135 | 2,240 | 133 | 108 | 2,550 | 110 | 98 | 2,230 |
| 35 | 215 | 166 | 1,650 | 160 | 135 | 1,860 | 134 | 122 | 1,630 |
| 50 | 257 | 205 | 1,290 | 188 | 164 | 1,390 | 160 | 149 | 1,220 |
| 70 | 315 | 260 | 0,883 | 233 | 211 | 0,984 | 197 | 192 | 0,870 |
| 95 | 377 | 321 | 0,662 | 275 | 257 | 0,728 | 234 | 235 | 0,651 |
| 120 | 430 | 375 | 0,540 | 314 | 300 | 0,590 | 266 | 273 | 0,530 |
| 150 | 482 | 432 | 0,455 | 359 | 346 | 0,494 | 300 | 316 | 0,447 |
| 185 | 545 | 500 | 0,381 | 398 | 397 | 0,371 | 337 | 363 | 0,372 |
| 240 | 640 | 603 | 0,315 | 458 | 470 | 0,328 | 388 | 430 | 0,303 |
| 280 | 690 | 658 | 0,285 | | | | | | |
| 300 | 725 | 697 | 0,271 | 520 | 543 | 0,293 | 440 | 497 | 0,248 |
| 380 | 820 | 810 | 0,228 | | | | | | |
| 400 | 835 | 829 | 0,224 | | | | | | |
| 480 | 922 | 936 | 0,197 | | | | | | |
| 500 | 950 | 963 | 0,191 | | | | | | |
| 600 | 1005 | 1015 | 0,174 | | | | | | |
| 630 | 1035 | 1050 | 0,160 | | | | | | |
| 740 | 1150 | 1175 | 0,138 | | | | | | |

(1) - As intensidades de corrente são indicadas para um cabo monopolar sem influências térmicas exteriores. No caso de associações de cabos monopolares (ternos juntivos por exemplo) multiplicar os valores indicados por 0,80.

(2) - Temperatura do solo de 20°C.

(3) - Temperatura do ambiente de 30°C.

(4) - As quedas de tensão são indicadas para uma canalização trifásica.

(5) - As intensidades e quedas de tensão são indicadas para uma canalização monofásica.

(6) - As intensidades e quedas de tensão são indicadas para uma canalização trifásica.

5.3.2 - Cabos com Alma Condutora de Cobre

A – Condutores Cableados (Classe 2)

As almas condutoras, circulares ou sectoriais, são normalmente compactadas.

A forma sectorial só pode ser utilizada nas secções nominais de pelo menos 25 mm².

B – Condutores maciços (Classe 1)

As almas condutoras de cobre devem utilizar cobre recozido, nu ou revestido de camada metálica (ex. estanho).

As almas de cobre maciço devem ser circulares

1 - Cabos não Armados Tipo VV, XV, e Armados do Tipo VAV, XAV

Normas de fabrico: CEI 60502 - 1; HD 603 S1

Tensão estipulada: 0,6/ 1kV

Descrição:

- 1 - Alma condutora da classe 2
- 2 - Isolamento a PVC (VV) ou PEX (XV)
- 3 - Fita de cintagem (Poliéster)
- 4 - Bainha exterior de PVC

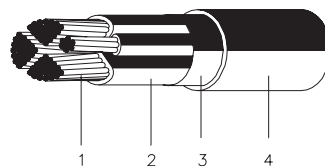


Figura 50 - Cabos não armados

Utilização:

Transporte e distribuição de energia.

Descrição:

- 1 - Alma condutora da classe 2
- 2 - Isolamento a PVC (VAV) ou PEX (XAV)
- 3 - Bainha interior de PVC
- 4 - Armadura
- 5 - Bainha exterior de PVC

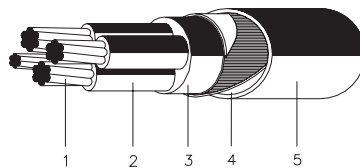


Figura 51 - Cabos armado

Utilização:

Transporte e distribuição de energia. Próprios para canalização enterrada.

**Quadro 108 - Características Dimensionais
Cabos Não Armados (VV)**

| Secção (mm ²) | Espessura Nominal do Isolamento (mm) | 1 Condutor | | 2 Condutores | | 3 Condutores | | 4 Condutores | |
|------------------------------|--|------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|
| | | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) |
| 1,5 | 0,8 | 5,8 | 50 | 10 | 130 | 10,5 | 155 | 11,2 | 180 |
| 2,5 | 0,8 | 6,2 | 60 | 10,8 | 170 | 11,3 | 200 | 12,2 | 245 |
| 4 | 1,0 | 7,1 | 85 | 12,6 | 230 | 13,3 | 290 | 14,4 | 340 |
| 6 | 1,0 | 7,6 | 105 | 13,6 | 300 | 14,4 | 360 | 15,6 | 440 |
| 10 | 1,0 | 8,9 | 155 | 16,8 | 450 | 17,8 | 560 | 19,3 | 700 |
| 16 | 1,0 | 9,9 | 220 | 18,8 | 620 | 19,8 | 780 | 21,1 | 900 |
| 25 | 1,2 | 11,6 | 340 | 22,2 | 900 | 23,6 | 1150 | 25,0 | 1320 |
| 35 | 1,2 | 12,3 | 420 | 18,4 | 850 | 21,6 | 1240 | 24,3 | 1450 |
| 50 | 1,4 | 13,9 | 550 | 21,2 | 1150 | 24,9 | 1650 | 28,3 | 1960 |
| 70 | 1,4 | 15,7 | 770 | 23,7 | 1550 | 27,9 | 2250 | 31,8 | 2650 |
| 95 | 1,6 | 17,5 | 1050 | 27,0 | 2100 | 31,9 | 3120 | 36,6 | 3660 |
| 120 | 1,6 | 19,7 | 1300 | 29,3 | 2600 | 34,7 | 3850 | 39,9 | 4550 |
| 150 | 1,8 | 21,4 | 1580 | 32,5 | 3200 | 38,8 | 4720 | 44,2 | 5150 |
| 185 | 2,0 | 23,9 | 1830 | 36,0 | 4000 | 42,9 | 5900 | 49,0 | 7000 |
| 240 | 2,2 | 27,0 | 2550 | 40,5 | 5100 | 48,2 | 7600 | 55,2 | 8900 |
| 300 | 2,4 | 29,8 | 3200 | 44,6 | 6400 | 53,4 | 9450 | 61,2 | 11100 |
| 400 | 2,6 | 33,2 | 4050 | 50,6 | 8450 | 60,5 | 12400 | 69,1 | 14450 |
| 500 | 2,8 | 36,8 | 5000 | — | — | — | — | — | — |

Quadro 109 - Cabos Armados (VAV)

| Secção (mm ²) | Espessura Nominal do Isolamento (mm) | 1 Condutor* | | 2 Condutores | | 3 Condutores | | 4 Condutores | |
|------------------------------|--|-------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|
| | | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) |
| 1,5 | 0,8 | — | — | 13,3 | 260 | 13,8 | 290 | 14,6 | 330 |
| 2,5 | 0,8 | — | — | 14,1 | 310 | 14,6 | 340 | 15,5 | 390 |
| 4 | 1,0 | — | — | 15,9 | 390 | 16,6 | 450 | 17,7 | 520 |
| 6 | 1,0 | — | — | 16,9 | 470 | 17,7 | 540 | 18,9 | 640 |
| 10 | 1,0 | 13,4 | 310 | 19,5 | 630 | 20,5 | 750 | 22,1 | 900 |
| 16 | 1,0 | 14,6 | 380 | 21,5 | 820 | 22,6 | 1000 | 23,9 | 1080 |
| 25 | 1,2 | 16,2 | 520 | 25,1 | 1160 | 26,5 | 1410 | 27,8 | 1530 |
| 35 | 1,2 | 16,8 | 620 | 22,0 | 960 | 25,2 | 1550 | 28,0 | 1800 |
| 50 | 1,4 | 18,4 | 780 | 24,9 | 1430 | 28,8 | 2000 | 32,2 | 2390 |
| 70 | 1,4 | 20,0 | 1000 | 27,4 | 1880 | 31,8 | 2660 | 35,7 | 3150 |
| 95 | 1,6 | 22,1 | 1310 | 31,9 | 2800 | 37,2 | 3950 | 41,7 | 4600 |
| 120 | 1,6 | 23,8 | 1580 | 34,2 | 3340 | 40,2 | 4750 | 46,7 | 5720 |
| 150 | 1,8 | 25,5 | 1900 | 37,8 | 4050 | 44,3 | 5700 | 49,6 | 6700 |
| 185 | 2,0 | 27,8 | 2300 | 41,3 | 4900 | 48,4 | 6980 | 54,7 | 8270 |
| 240 | 2,2 | 30,9 | 2950 | 46,0 | 6200 | 53,9 | 8900 | 61,0 | 9750 |
| 300 | 2,4 | 33,7 | 3600 | 50,5 | 7650 | 59,3 | 10900 | 67,0 | 12850 |
| 400 | 2,6 | 38,3 | 4900 | 56,7 | 9800 | 67,0 | 14200 | 75,6 | 16500 |
| 500 | 2,8 | 41,9 | 6000 | — | — | — | — | — | — |

*Cabo com armadura amagnética em caso de tensão alternada.

Quadro 110 - Características Eléctricas dos Cabos: VV, VAV

| Secção Nominal mm ² | 1 Condutor (1) | | | 2 Condutores (5) | | | 3 e 4 Condutores (6) | | |
|-----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Instalação Subterrânea Intensidade A (2) | Instalação Ao Ar Intensidade A (3) | Queda de Tensão $\Delta U = V/A \text{ Km}$ Cos $\phi=0,8$ (4) | Instalação Subterrânea Intensidade A (2) | Instalação Ao Ar Intensidade A (3) | Queda de Tensão $\Delta U = V/A \text{ Km}$ Cos $\phi=0,8$ (5) | Instalação Subterrânea Intensidade A (2) | Instalação Ao Ar Intensidade A (3) | Queda de Tensão $\Delta U = V/A \text{ Km}$ Cos $\phi=0,8$ (6) |
| 1 | | | | | | | | | |
| 1,5 | 34 | 23 | 20,200 | 30 | 14,5 | 34,800 | | 13 | 30,100 |
| 2,5 | 45 | 31 | 12,400 | 40 | 19 | 23,300 | 25 | 17 | 20,200 |
| 4 | 60 | 42 | 7,770 | 50 | 26 | 14,300 | 35 | 24 | 12,400 |
| 6 | 75 | 52 | 5,220 | 65 | 35 | 8,940 | 45 | 31 | 7,740 |
| 10 | 105 | 74 | 3,140 | 90 | 44 | 6,000 | 60 | 42 | 5,190 |
| 16 | 135 | 96 | 2,020 | 120 | 61 | 3,600 | 80 | 57 | 3,120 |
| 25 | 180 | 127 | 1,310 | 155 | 83 | 2,300 | 110 | 79 | 1,990 |
| 35 | 225 | 158 | 0,963 | 185 | 110 | 1,480 | 135 | 96 | 1,280 |
| 50 | 260 | 184 | 0,734 | 220 | 132 | 1,080 | 165 | 114 | 0,946 |
| 70 | 345 | 242 | 0,533 | 280 | 158 | 0,822 | 190 | 132 | 0,718 |
| 95 | 410 | 290 | 0,406 | 335 | 198 | 0,589 | 245 | 171 | 0,520 |
| 120 | 485 | 343 | 0,340 | 380 | 237 | 0,443 | 295 | 206 | 0,393 |
| 150 | 550 | 387 | 0,299 | 435 | 268 | 0,368 | 340 | 237 | 0,326 |
| 185 | 630 | 444 | 0,250 | 490 | 308 | 0,313 | 390 | 272 | 0,279 |
| 240 | 740 | 523 | 0,210 | 570 | 343 | 0,265 | 445 | 312 | 0,238 |
| 300 | 855 | 602 | 0,183 | 640 | 400 | 0,218 | 515 | 360 | 0,198 |
| 400 | 1015 | 721 | 0,160 | 760 | 448 | 0,188 | 590 | 413 | 0,172 |
| 500 | 1170 | 822 | 0,140 | | 536 | 0,164 | 700 | 492 | 0,150 |

(1) - As intensidades de corrente são indicadas para um cabo monopolar sem influências térmicas exteriores. No caso de associações de cabos monopolares (temos juntivos por exemplo) multiplicar os valores indicados por 0,80.

(2) - Temperatura do solo de 20°C.

(3) - Temperatura do ambiente de 30°C.

(4) - As quedas de tensão são indicadas para uma canalização trifásica.

(5) - As intensidades e quedas de tensão são indicadas para uma canalização monofásica.

(6) - As intensidades e quedas de tensão são indicadas para uma canalização trifásica.

Quadro 111 - Características Dimensionais
Cabos Não Armados (XV)

| Seção (mm ²) | Espessura Nominal do Isolamento (mm) | 1 Condutor | | 2 Condutores | | 3 Condutores | | 4 Condutores | |
|-----------------------------|--|------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|
| | | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) |
| 1,5 | 0,7 | 5,7 | 47 | 9,8 | 123 | 10,3 | 144 | 11,0 | 165 |
| 2,5 | 0,7 | 6,1 | 56 | 10,8 | 170 | 11,1 | 187 | 12,0 | 227 |
| 4 | 0,7 | 6,8 | 77 | 12,6 | 230 | 12,7 | 264 | 13,8 | 305 |
| 6 | 0,7 | 7,3 | 94 | 13,6 | 300 | 13,8 | 327 | 15,0 | 396 |
| 10 | 0,7 | 8,6 | 142 | 16,8 | 450 | 17,2 | 520 | 18,7 | 647 |
| 16 | 0,7 | 9,9 | 205 | 18,8 | 620 | 18,3 | 735 | 19,8 | 840 |
| 25 | 0,9 | 11,5 | 319 | 22,2 | 900 | 22,4 | 1087 | 23,8 | 1236 |
| 35 | 0,9 | 12,6 | 396 | 18,4 | 850 | 20,4 | 1168 | 23,1 | 1354 |
| 50 | 1,0 | 13,9 | 516 | 21,2 | 1150 | 23,5 | 1548 | 26,9 | 1824 |
| 70 | 1,1 | 15,8 | 733 | 23,7 | 1550 | 26,7 | 2139 | 30,6 | 2502 |
| 95 | 1,1 | 17,6 | 995 | 27,0 | 2100 | 29,4 | 2955 | 34,7 | 3440 |
| 120 | 1,2 | 19,4 | 1243 | 29,3 | 2600 | 30,1 | 3675 | 38,0 | 4332 |
| 150 | 1,4 | 22,2 | 1512 | 32,5 | 3200 | 36,8 | 4516 | 43,0 | 4878 |
| 185 | 1,6 | 23,8 | 1830 | 36,0 | 4000 | 40,5 | 5654 | 47,4 | 6672 |
| 240 | 1,7 | 26,4 | 2550 | 40,5 | 5100 | 45,8 | 7279 | 53,5 | 8472 |
| 300 | 1,8 | 28,9 | 3200 | 44,6 | 6400 | 50,2 | 9048 | 58,6 | 10564 |
| 400 | 2,0 | 32,7 | 4050 | 50,6 | 8450 | 57,8 | 11920 | 67,1 | 13810 |
| 500 | 2,2 | 36,0 | 5000 | | | | | | |

Quadro 112 - Cabos Armados (XAV)

| Seção (mm ²) | Espessura Nominal do Isolamento (mm) | 1 Condutor* | | 2 Condutores | | 3 Condutores | | 4 Condutores | |
|-----------------------------|--|-------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|
| | | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) | Ø (mm) | Peso (Kg/Km) |
| 1,5 | 0,7 | | | 13,1 | 253 | 13,6 | 279 | 14,4 | 315 |
| 2,5 | 0,7 | | | 13,9 | 301 | 14,4 | 327 | 15,3 | 372 |
| 4 | 0,7 | | | 15,3 | 373 | 16,0 | 424 | 17,1 | 485 |
| 6 | 0,7 | | | 16,3 | 448 | 17,1 | 507 | 18,2 | 596 |
| 10 | 0,7 | 13,1 | 297 | 18,9 | 603 | 19,9 | 710 | 21,5 | 847 |
| 16 | 0,7 | 14,3 | 365 | 20,9 | 790 | 22,0 | 955 | 23,3 | 1020 |
| 25 | 0,9 | 16,1 | 499 | 24,9 | 918 | 25,3 | 1347 | 26,6 | 1446 |
| 35 | 0,9 | 16,5 | 596 | 21,4 | 888 | 25,0 | 1478 | 27,4 | 1704 |
| 50 | 1,0 | 18,0 | 746 | 24,1 | 1362 | 28,0 | 1898 | 31,4 | 2254 |
| 70 | 1,1 | 19,7 | 963 | 26,8 | 1806 | 31,2 | 2549 | 35,1 | 3002 |
| 95 | 1,1 | 21,6 | 1255 | 30,9 | 2690 | 36,2 | 3785 | 40,7 | 4380 |
| 120 | 1,2 | 23,4 | 1523 | 33,4 | 3226 | 39,4 | 4579 | 45,9 | 5492 |
| 150 | 1,4 | 25,1 | 1832 | 37,0 | 3914 | 43,5 | 5496 | 48,8 | 6428 |
| 185 | 1,6 | 27,4 | 2218 | 40,5 | 4736 | 47,6 | 6734 | 53,9 | 7942 |
| 240 | 1,7 | 30,4 | 2843 | 45,0 | 5986 | 52,9 | 8579 | 60,0 | 9332 |
| 300 | 1,8 | 33,3 | 3466 | 49,7 | 7382 | 58,5 | 10498 | 66,2 | 12314 |
| 400 | 2,0 | 37,7 | 4740 | 55,5 | 9480 | 65,8 | 13720 | 74,4 | 15860 |
| 500 | 2,2 | 41,3 | 5806 | | | | | | |

*Cabo com armadura amagnética em caso de tensão alternada.

Quadro 113 - Características Eléctricas dos Cabos: XV, XAV

| Secção Nominal mm ² | 1 Condutor (1) | | | 2 Condutores (5) | | | 3 e 4 Condutores (6) | | |
|-----------------------------------|---|---|--|---|---|---|---|---|---|
| | Instalação Subterrânea Intensidade A (2) | Instalação Ao Ar Intensidade A (3) | Queda de Tensão $\Delta U = V/A \text{ Km}$ $\cos\varphi=0,8$ (4) | Instalação Subterrânea Intensidade A (2) | Instalação Ao Ar Intensidade A (3) | Queda de Tensão $\Delta U = V/A \text{ Km}$ $\cos\varphi=0,8$ | Instalação Subterrânea Intensidade A (2) | Instalação Ao Ar Intensidade A (3) | Queda de Tensão $\Delta U = V/A \text{ Km}$ $\cos\varphi=0,8$ |
| 1 | | 24 | 32,10 | | 24 | 37,00 | | 21 | 32,00 |
| 1,5 | 48 | 32 | 21,50 | 32 | 26 | 24,80 | 30 | 24 | 21,40 |
| 2,5 | 63 | 43 | 13,20 | 43 | 35 | 15,20 | 40 | 32 | 13,10 |
| 4 | 82 | 57 | -8,270 | 55 | 45 | 9,510 | 52 | 42 | 8,240 |
| 6 | 103 | 72 | 5,60 | 68 | 58 | 6,380 | 64 | 53 | 5,530 |
| 10 | 137 | 99 | 3,340 | 90 | 80 | 3,830 | 86 | 73 | 3,310 |
| 16 | 177 | 131 | 2,140 | 115 | 105 | 2,440 | 111 | 96 | 2,110 |
| 25 | 229 | 177 | 1,360 | 149 | 143 | 1,570 | 143 | 130 | 1,350 |
| 35 | 275 | 218 | 1,020 | 178 | 176 | 1,150 | 173 | 160 | 1,010 |
| 50 | 327 | 266 | 0,776 | 211 | 215 | 0,870 | 205 | 195 | 0,774 |
| 70 | 402 | 338 | 0,562 | 259 | 270 | 0,623 | 252 | 247 | 0,559 |
| 95 | 482 | 416 | 0,427 | 310 | 335 | 0,469 | 303 | 305 | 0,425 |
| 120 | 550 | 487 | 0,356 | 352 | 390 | 0,387 | 346 | 355 | 0,353 |
| 150 | 618 | 559 | 0,306 | 396 | 447 | 0,329 | 390 | 407 | 0,303 |
| 185 | 701 | 648 | 0,261 | 449 | 514 | 0,227 | 441 | 469 | 0,259 |
| 240 | 819 | 779 | 0,218 | 521 | 610 | 0,228 | 511 | 551 | 0,215 |
| 300 | 931 | 902 | 0,189 | | | | | | |
| 400 | 1073 | 1100 | 0,165 | | | | | | |
| 500 | 1223 | 1246 | 0,144 | | | | | | |

(1) - As intensidades de corrente são indicadas para um cabo monopolar sem influências térmicas exteriores. No caso de associações de cabos monopolares (ternos juntos por exemplo) multiplicar os valores indicados por 0,80.

(2) - Temperatura do solo de 20°C.

(3) - Temperatura do ambiente de 30°C.

(4) - As quedas de tensão são indicadas para uma canalização trifásica.

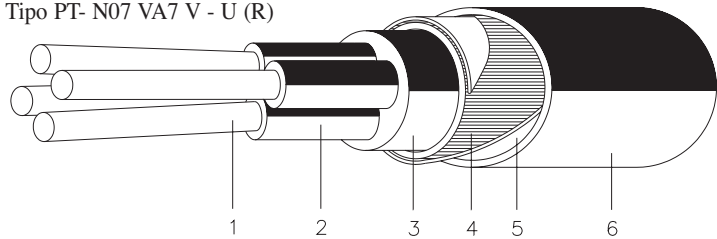
(5) - As intensidades e quedas de tensão são indicadas para uma canalização monofásica.

(6) - As intensidades e quedas de tensão são indicadas para uma canalização trifásica.

2 - Cabo do Tipo PT- N07 VA7 V - U (R)
(Antiga designação: V H V)

Norma de fabrico: NP - 3325
Tensão estipulada: 450 / 750 V

Figura 52 - Cabo do Tipo PT- N07 VA7 V - U (R)



Descrição:

- 1) Alma condutora rígida de Cobre
- 2) Isolamento de PVC
- 3) Bainha interior de PVC
- 4) Fios de continuidade em Cobre estanhado
- 5) Blindagem em fita da Alumínio
- 6) Bainha exterior de PVC

Utilização:

Transporte e distribuição de energia em edifícios e instalações industriais, comando e sinalização.
Montados ao ar livre ou em interiores em caleiras ou condutas.

Quadro 114 - Características dos cabos PT- N07 VA7 V - U (R)

| SECÇÃO mm ² | ESPESSURA DO ISOLAMENTO (mm) | 2 CONDUTORES | | | 3 CONDUTORES | | | 4 CONDUTORES | | |
|---------------------------|---------------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------------|
| | | Ø EXT. APROX. mm | PESO APROX. Kg/Km | I MÁX. ADM. A Ar Livre | Ø EXT. APROX. mm | PESO APROX. Kg/Km | I MÁX. ADM. A Ar Livre | Ø EXT. APROX. mm | PESO APROX. Kg/Km | I MÁX. ADM. A Ar Livre |
| 1,5 | 0,7 | 11,0 | 160 | 24 | 11,4 | 180 | 20 | 12,0 | 210 | 20 |
| 2,5 | 0,8 | 12,2 | 205 | 30 | 12,7 | 240 | 28 | 13,5 | 290 | 28 |
| 4 | 1,0 | 13,2 | 260 | 40 | 13,7 | 310 | 36 | 14,8 | 380 | 36 |
| 6 | 1,0 | 14,4 | 330 | 50 | 15,0 | 400 | 48 | 16,0 | 470 | 48 |
| 10 | 1,0 | 17,6 | 520 | 70 | 18,7 | 630 | 65 | 20,6 | 810 | 65 |
| 16 | 1,0 | 19,4 | 700 | 95 | 21,0 | 850 | 90 | 23,1 | 1 000 | 90 |
| 25 | 1,2 | 22,8 | 1 000 | 125 | 24,5 | 1 200 | 110 | 26,8 | 1 500 | 110 |
| 35 | 1,2 | 21,0 | 1 050 | 150 | 24,1 | 1 400 | 130 | 27,0 | 1 700 | 130 |

Os valores de intensidades máximas admissíveis referem-se às condições seguintes:

- Regime permanente;
- Temperatura ambiente de 30 °C e temperatura máxima junto à alma condutora de 70 °C.

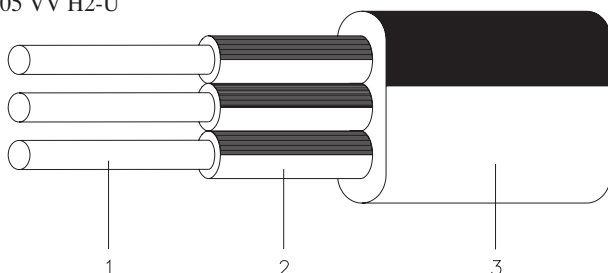
3 - Cabo do Tipo PT-N05 VV H2-U

(Antiga designação: V V D)

Norma de fabrico: NP - 3325

Tensão estipulada: 300/500 V

Figura 53 - Cabo do Tipo PT-N05 VV H2-U



Descrição:

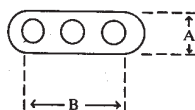
- 1) Alma condutora rígida de Cobre
- 2) Isolamento de PVC
- 3) Bainha exterior de PVC

Utilização:

Utiliza-se em instalações fixas à vista, no interior de edifícios.

Quadro 115 - Características dos cabos PT-N05 VV H2-U

| SECÇÃO mm ² | N.º DE FIOS | RESISTÊNCIA MIN. DE ISOL. M Ω/km (20 °C) | 2 CONDUTORES | | | | 3 CONDUTORES | | | |
|---------------------------|----------------|--|------------------------|-----|-------------------------|---------------------|------------------------|------|-------------------------|---------------------|
| | | | DIM. EXT. APROX. mm | | PESO APROX. Kg/Km | I MÁX. ADM. A | DIM. EXT. APROX. mm | | PESO APROX. Kg/Km | I MÁX. ADM. A |
| | | | A | B | | | A | B | | |
| 1,5 | 1 | 100 | 4,4 | 7,3 | 60 | 22 | 4,5 | 9,9 | 90 | 20 |
| 2,5 | 1 | 85 | 5,0 | 8,4 | 90 | 30 | 5,2 | 11,7 | 135 | 28 |
| 4 | 1 | 75 | 5,5 | 9,5 | 130 | 40 | 5,9 | 13,7 | 195 | 36 |



Os valores de intensidades máximas admissíveis referem-se às condições seguintes:

- Regime permanente;
- Temperatura ambiente de 30 °C e temperatura máxima junto à alma condutora de 70 °C.

4 - Condutores Tipo H 0 7 V - U (R ou K)

Norma de fabrico: NP - 2356

Tensão estipulada: 450 / 750 V

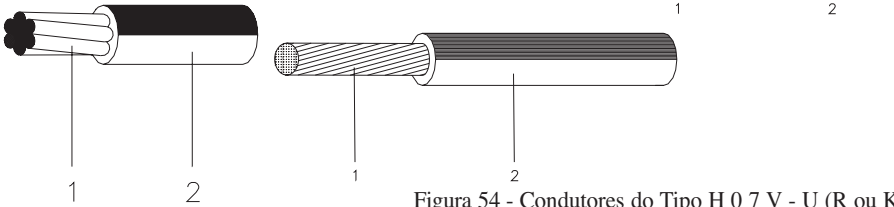


Figura 54 - Condutores do Tipo H 0 7 V - U (R ou K)

Descrição:

- 1) Alma condutora da classe 1 (U), da classe 2 (R) ou da classe 5 (K)
- 2) Isolamento de PVC

Utilização:

Aplicado na montagem de quadros eléctricos e em interiores de edifícios em instalações embebidas.

Quadro 116 - Características dos condutores H 0 7 V - U (R ou K)

| SECÇÃO mm² | ESPESSURA DO ISOLAMENTO mm | Ø EXT. APROX. mm | PESO APROX. Kg/Km | I MÁX. ADM. A | | |
|---------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------|------|-----|
| | | | | A | B | C |
| 1,5 | 0,7 | 2,8 | 20 | 17 | 22 | 27 |
| 2,5 | 0,8 | 3,4 | 32 | 22 | 3036 | |
| 4 | 0,8 | 3,9 | 47 | 29 | 40 | 48 |
| 6 | 0,8 | 4,4 | 65 | 37 | 50 | 60 |
| 10 | 0,1 | 6,1 | 110 | 50 | 70 | 85 |
| 16 | 0,1 | 7,1 | 170 | 70 | 95 | 110 |
| 25 | 1,2 | 8,9 | 265 | 95 | 125 | 145 |
| 35 | 1,2 | 9,5 | 350 | 120 | 150 | 180 |
| 50 | 1,4 | 11,1 | 475 | 140 | 180 | 210 |
| 70 | 1,4 | 12,7 | 670 | 185 | 230 | 275 |
| 95 | 1,6 | 14,8 | 950 | 225 | 275 | 330 |
| 120 | 1,6 | 16,5 | 1 200 | 265 | 315 | 390 |
| 150 | 1,8 | 18,2 | 1 450 | 320 | 360 | 440 |
| 185 | 2,0 | 20,5 | 1 800 | 350 | 410 | 505 |
| 240 | 2,2 | 23,4 | 2 400 | 415 | 480 | 595 |
| 300 | 2,4 | 26,0 | 2 950 | 480 | 550 | 685 |
| 400 | 2,6 | 29,2 | 3 800 | 580 | 650 | 820 |

Os valores de intensidades máximas admissíveis referem-se às condições seguintes:

- Regime permanente;
- Temperatura ambiente de 30 °C e temperatura máxima junto à alma condutora de 70 °C.

A - Caso de condutores, até ao máximo de 3, enfiados no mesmo tubo.

B - Caso de condutores instalados ao ar com uma distância entre si inferior ao seu diâmetro exterior.

C - Caso de condutores instalados ao ar com uma distância entre si igual ou superior ao seu diâmetro exterior.

Nota: H 0 7 V - U Secção $\leq 10 \text{ mm}^2$
H 0 7 V - R Secção $\leq 400 \text{ mm}^2$
H 0 7 V - K Secção $\leq 240 \text{ mm}^2$

5 - Condutores do Tipo H 0 5 V - U (K)

Norma de fabrico: NP - 2356

Tensão estipulada: 300/500 V

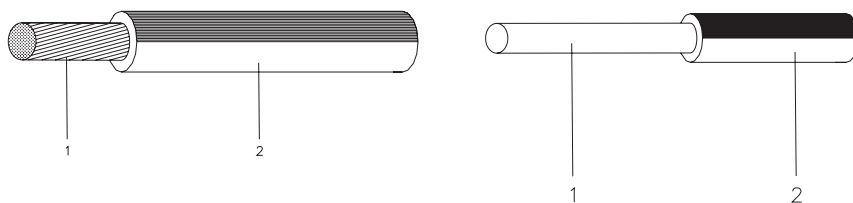


Figura 55 - Condutores do Tipo H 0 5 V - U (K)

Descrição:

- 1) Alma condutora da classe 1 (U) ou da classe 5 (K)
- 2) Isolamento a PVC

Utilização:

Em instalações fixas protegidas, estabelecidas no interior de aparelhos de utilização. Apropriados para canalizações à vista ou embebidos (protegidos por tubos) para circuitos de sinalização ou controlo.

Quadro 117 - Características dos condutores H 0 5 V - U (K)

| SECÇÃO mm ² | ESPESSURA DO ISOLAMENTO mm | Ø EXT. APROX. mm | PESO APROX. Kg/Km | I MÁX. ADM. A | | |
|---------------------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------|----|----|
| | | | | A | B | C |
| 0,5 | 0,6 | 2,0 | 8 | 8 | 11 | 13 |
| 0,75 | 0,6 | 2,5 | 14 | 10 | 14 | 17 |
| 1 | 0,6 | 3,0 | 16 | 13 | 17 | 21 |

Os valores de intensidades máximas admissíveis referem-se às condições seguintes:

- Regime permanente;
- Temperatura ambiente de 30 °C e temperatura máxima junto à alma condutora de 70 °C.

A - Caso de condutores, até ao máximo de 3, enfiados no mesmo tubo.

B - Caso de condutores instalados ao ar com uma distância entre si inferior ao seu diâmetro exterior.

C - Caso de condutores instalados ao ar com uma distância entre si igual ou superior ao seu diâmetro exterior.

6 - Cabo do Tipo H05 VV - F

Norma de fabrico: NP - 2356

Tensão estipulada: 300/500 V

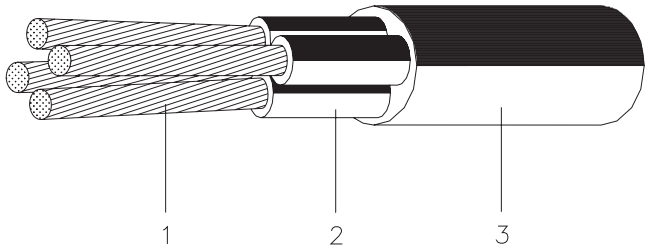


Figura 56 - Cabos do Tipo H05VV - F

Descrição:

- 1) Alma condutora flexível de Cobre
- 2) Isolamento de PVC
- 3) Bainha exterior de PVC

Utilização:

Utilizado nas ligações dos aparelhos domésticos, em sinalização e comando.

Quadro 118 - Características dos cabos H05 VV - F

| SECÇÃO mm ² | ESPESURA DO ISOLAMENTO mm | 2 CONDUTORES | | | 3 CONDUTORES | | | 4 CONDUTORES | | |
|---------------------------|------------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|
| | | Ø EXT. APROX. mm | PESO APROX. Kg/Km | I MÁX. ADM. A | Ø EXT. APROX. mm | PESO APROX. Kg/Km | I MÁX. ADM. A | Ø EXT. APROX. mm | PESO APROX. Kg/Km | I MÁX. ADM. A |
| 0,75 | 0,6 | 6,4 | 55 | 14 | 7,1 | 70 | 12 | 8,2 | 80 | 12 |
| 1 | 0,6 | 7,1 | 65 | 17 | 7,7 | 85 | 15 | 8,8 | 90 | 15 |
| 1,5 | 0,7 | 8,0 | 85 | 22 | 8,3 | 110 | 20 | 9,4 | 140 | 20 |
| 2,5 | 0,8 | 9,4 | 140 | 30 | 10,3 | 175 | 28 | 11,2 | 220 | 28 |
| 4 | 0,8 | 10,6 | 180 | 36 | 11,5 | 226 | 35 | 12,6 | 280 | 32 |

Os valores de intensidades máximas admissíveis referem-se às condições seguintes:

- Regime permanente;
- Temperatura ambiente de 30 °C e temperatura máxima junto à alma condutora de 70 °C .

7 - Cabo do Tipo H03VH - H

Norma de fabrico: NP - 2356

Tensão estipulada: 300/300 V

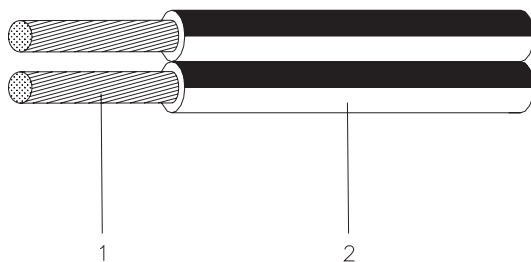


Figura 57 - Cabos do Tipo H03VH - H

Descrição:

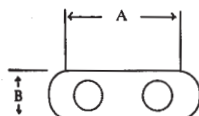
- 1) Alma condutora da classe 6
- 2) Isolamento de PVC

Utilização:

Utilizado nas ligações dos aparelhos domésticos móveis.

Quadro 119 - Características dos cabos H03VH - H

| SECÇÃO mm ² | ESPESSURA DO ISOLAMENTO mm | 2 CONDUTORES | | | 3 CONDUTORES | | |
|---------------------------|-------------------------------------|------------------------|-----|-------------------------|------------------------|-----|-------------------------|
| | | DIM. EXT. APROX. mm | | PESO APROX. Kg/Km | DIM. EXT. APROX. mm | | PESO APROX. Kg/Km |
| | | A | B | | A | B | |
| 0,3 | 0,6 | 3,8 | 2,0 | 13 | - | - | - |
| 0,5 | 0,6 | 4,3 | 2,2 | 22 | 6,5 | 2,2 | 30 |
| 0,75 | 0,6 | 5,0 | 2,5 | 28 | 7,4 | 2,5 | 40 |
| 1 | 0,6 | 5,2 | 2,7 | 40 | 7,7 | 2,7 | 50 |
| 1,5 | 0,7 | 6,3 | 3,0 | 45 | 9,2 | 3,2 | 70 |
| 2,5 | 0,8 | 7,5 | 3,8 | 70 | 11,5 | 4,0 | 115 |



8 - Cabo do Tipo H03 VV H2 - F

Norma de fabrico: NP - 2356

Tensão estipulada: 300/300 V

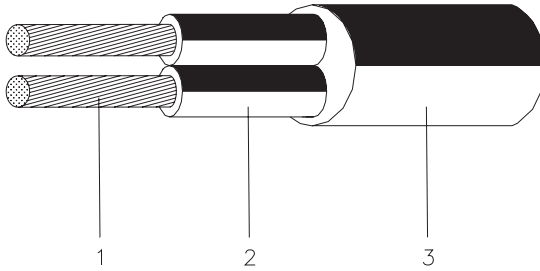


Figura 58 - Cabos do Tipo H03 VV H2 - F

Descrição:

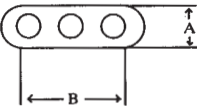
- 1) Alma condutora da classe 5
- 2) Isolamento a PVC
- 3) Bainha exterior de PVC

Utilização:

Em instalações semi-fixas ou móveis em exteriores ou interiores. Utilizado para comando e sinalização.

Quadro 120 - Características dos cabos H03 VV H2 - F

| Secção mm ² | ESPESSU- RA DO ISOLA- MENTO (mm) | 2 CONDUTORES | | | | 3 CONDUTORES | | | | 4 CONDUTORES | | | |
|---------------------------|---|------------------------|------|-------------------------|----------------|------------------------|------|-------------------------|----------------|------------------------|------|-------------------------|----------------|
| | | DIM. EXT. APROX. mm | | PESO APROX. Kg/Km | I MÁX. ADM. | DIM. EXT. APROX. mm | | PESO APROX. Kg/Km | I MÁX. ADM. | DIM. EXT. APROX. mm | | PESO APROX. Kg/Km | I MÁX. ADM. |
| | | A | B | | | A | B | | | A | B | | |
| 0,75 | 0,6 | 3,8 | 6,2 | 40 | 14 | 4,0 | 8,8 | 60 | 12 | 4,2 | 11,3 | 85 | 10 |
| 1 | 0,6 | 4,0 | 6,5 | 45 | 17 | 4,2 | 9,2 | 70 | 15 | 4,4 | 11,7 | 95 | 13 |
| 1,5 | 0,7 | 4,5 | 7,5 | 65 | 22 | 4,6 | 11,0 | 95 | 20 | 5,0 | 14,4 | 130 | 18 |
| 2,5 | 0,8 | 5,3 | 9,0 | 90 | 30 | 5,5 | 13,5 | 150 | 28 | 5,7 | 17,0 | 180 | 24 |
| 4 | 0,8 | 5,9 | 10,0 | 140 | 38 | 6,5 | 15,0 | 195 | 37 | 6,4 | 19,0 | 260 | 31 |
| 6 | 1,0 | 6,5 | 11,5 | 190 | 48 | 7,5 | 16,5 | 250 | 46 | 7,0 | 21,4 | 375 | 39 |



Os valores de intensidades máximas admissíveis referem-se às condições seguintes:

- Regime permanente;
- Temperatura ambiente de 30 °C e temperatura máxima junto à alma condutora de 70 °C.

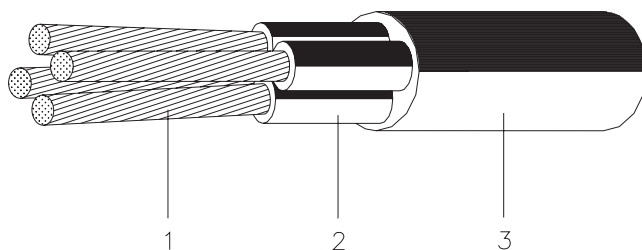
9 - Cabo do Tipo H03VV - F**Norma de fabrico:** NP - 2356**Tensão estipulada:** 300/300 V

Figura 59 - Cabos do Tipo H03VV - F

Descrição:

- 1) Alma condutora flexível de cobre
- 2) Isolamento de PVC
- 3) Bainha exterior de PVC

Utilização:

Utilizado nas ligações dos aparelhos domésticos em sinalização e comando.

Quadro 121 - Características dos cabos H03VV - F

| SECÇÃO (mm ²) | Ø EXT. APROX. (mm) | PESO APROX. (Kg/Km) | I MÁX. ADMISSÍVEL (A) |
|------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 2 x 0,5 | 5,2 | 34 | 10 |
| 2 x 0,75 | 5,6 | 41 | 13,5 |
| 3G 0,5 | 5,5 | 44 | 10 |
| 3G 0,75 | 6,0 | 54 | 13,5 |
| 4G 0,5 | 6,1 | 54 | 10 |
| 4G 0,75 | 6,5 | 66 | 13,5 |

Cabos Isolados Agrupados em Feixe (Torçada)



Capítulo V.IV

5.4 - Introdução

As redes de distribuição aérea de baixa tensão, que eram constituídas em condutores nus de cobre, alumínio ou liga de alumínio, apoiadas em isoladores, foram praticamente substituídas por redes aéreas isoladas, constituídas por «condutores isolados agrupados em feixe (torçadas), do tipo LXS e XS».

Há dois sistemas com grande aplicação: «sistema sem neutro tensor» e «sistema com neutro tensor».

O **sistema sem neutro tensor** (figura 60) consiste num feixe de condutores de igual secção, tanto para o neutro, como para as fases. A alma condutora é em alumínio multifilar compactado, sendo igual para todos os condutores, nas secções normalizadas. O esforço de tracção aplicado sobre o cabo é suportado pelos condutores principais. Este sistema «cabo torçada LXS e XS» foi adoptado em Portugal pela EDP/EP (DMA C33-209/N - Cabos Isolados para Redes de Energia).

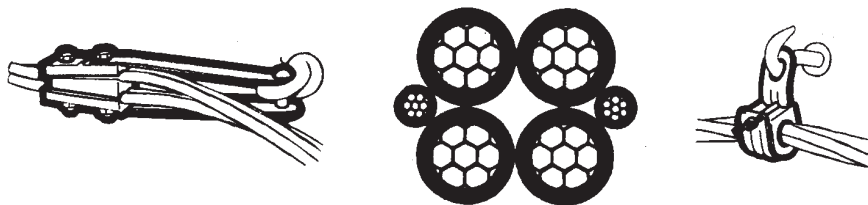


Figura 60 - Sistema sem neutro tensor

O **sistema com neutro tensor** (figura 61) consiste num feixe de condutores de fase, cableados à volta do condutor neutro, que além da função eléctrica, serve de fio tensor do conjunto. Os condutores de fase são em alumínio multifilar nas diversas secções normalizadas e o neutro tensor, também multifilar, é em liga de Al + Si + Mg normalmente de 54,6 mm² ou 80 mm² de secção, comercialmente designado por Al-melec.

Este sistema é aplicado, principalmente, em França e em Espanha.

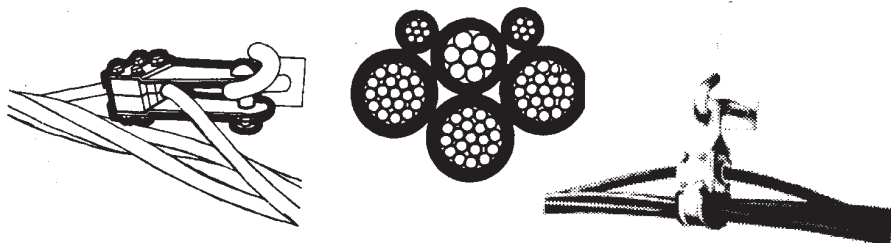


Figura 61 - Sistema com neutro tensor

Campo de aplicação dos cabos torçada: os cabos torçada aplicam-se, principalmente, nas redes rurais de distribuição pública.

Vantagens das Redes Aéreas Isoladas

A utilização, em Portugal, das redes aéreas isoladas veio proporcionar as seguintes vantagens, relativamente às redes aéreas nuas:

Na qualidade de serviço:

- diminuição do tempo de interrupção do fornecimento eléctrico, durante a eventual substituição dos troços de rede danificados;
- possibilidade de montagem, quer de novos circuitos, quer na derivação de circuitos já existentes, sem necessidade de interrupção do fornecimento de energia.
- diminuição do número de avarias, ocorridas durante a exploração das redes.

Na economia:

- redução da altura dos postes e apoios, por necessitarem de menor distância ao solo e entre condutores;
- redução da probabilidade de incêndio, originado por sobreintensidade ou queda de condutores nas proximidades da rede, nomeadamente, em zonas arborizadas;
- redução do custo da montagem da rede;
- redução do número de árvores a abater.

Na segurança:

- maior facilidade e segurança na execução dos trabalhos de conservação e exploração (possibilidade de efectuar trabalhos em tensão);
- diminuição dos riscos de contactos acidentais com peças em tensão ou entre condutores.

Na estética:

- diminui o espaço visual ocupado, em relação às redes nuas, mais notado no caso de redes em fachada;
- redução do impacto ambiental, pela redução da quantidade de árvores a abater na instalação da rede;
- melhor integração na paisagem rural e facilidade de integração nos meios urbanos (montagem nas fachadas dos edifícios).

Designação:

As torçadas são designadas pelas letras LXS ou XS, consoante se trate de condutores com almas em alumínio ou em cobre, o tipo de isolante e o tipo de aplicação. Às referidas letras, seguem-se o número de condutores constituintes da torçada e a secção nominal. Pode, ainda, ser indicada a tensão nominal dos condutores (0,6/1 kV).

Marcação dos Condutores:

A marcação de identificação de cada um é feita com tinta de cor branca:

- as fases são marcadas com «um», «dois» e «três» e comportam os algarismos 1, 2 e 3;
- o condutor de fase «um» é marcado com «X», além da indicação do número;
- os condutores de iluminação pública são marcados com «IPI» e «IP2»;
- o neutro leva a identificação do fabricante.

Além das marcações indicadas, poderá levar, eventualmente, o ano de fabrico e a marca do cliente.

As marcações referidas são espaçadas, no máximo, de 50 mm.

5.4.1 - Características Gerais das Redes em Torçada**5.4.1.1- Cabos****— Alma condutora das fases e neutro (não tensor)**

A alma condutora é multifilar cableada, de secção recta circular, em:

- alumínio duro ou 3/4 duro, para as secções de 16, 25, 35, 50, 70 e 95 mm².
- cobre macio, para as secções de 4, 6 e 10 mm².

— Neutro tensor

- liga de alumínio, magnésio e silício normalmente nas secções de 54,6 e 80 mm²

— Isolamento:

O isolamento de cada um dos condutores constituintes do feixe é:

- obtido por extrusão;
- em polietileno reticulado (PEX).

— Agrupamento dos condutores:

Os condutores são agrupados em feixe, com as seguintes designações:

• almas condutoras em **alumínio**:

| | | |
|----------|---------------|---------------|
| LXS 2x16 | LXS 4x16+Kx16 | LXS 4x95+Kx16 |
| LXS 3x16 | LXS 4x25+Kx16 | LXS 4x95+Kx25 |
| LXS 3x25 | LXS 4x35+Kx16 | |
| LXS 3x35 | LXS 4x50+Kx16 | |
| LXS 3x50 | LXS 4x70+Kx16 | |

$K = 0, 1, 2$

• almas condutoras em **cobre**:

| | |
|---------|---------|
| XS 2x4 | XS 4x6 |
| XS 2x6 | XS 4x10 |
| XS 2x10 | |

As características dimensionais e eléctricas estão mencionadas nos quadros 122 e 123.

**Quadro 122 - Características Dimensionais dos Condutores
Utilizados nos Cabos Torçada**

| SECÇÃO (mm) | ESPESSURA NOMINAL DO ISOLAMENTO (mm) | DIÂMETRO MÁXIMO EXTERIOR (mm) | PESO APROXIMADO (kg/km) | FORÇA MÍNIMA DE ROTURA (N) |
|-------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| ALUMÍNIO | | | | |
| 16 | 1,2 | 7,9 | 68 | 1900 |
| 25 | 1,4 | 9,6 | 105 | 3000 |
| 35 | 1,6 | 11,1 | 144 | 4200 |
| 50 | 1,6 | 12,3 | 185 | 6000 |
| 70 | 1,8 | 14,3 | 265 | 8400 |
| 95 | 1,8 | 15,6 | 335 | 11400 |
| LIGA DE ALUMÍNIO | | | | |
| 54,6 | 1,6 | 13,0 | 220 | 16600 |
| COBRE | | | | |
| 4 | 1,0 | 4,9 | 48 | 800 |
| 6 | 1,2 | 5,9 | 70 | 1200 |
| 10 | 1,2 | 7,0 | 110 | 2100 |

Quadro 123 - Características Dimensionais e Eléctricas dos Cabos Torçada

| SECÇÃO (mm²) | DIÂMETRO APARENTE (mm) | PESO APROXIMADO (kg/km) | INTENSIDADE ADMISSÍVEL (A) | | INTENSIDADE CURTO-CIRCUITO ADMISSÍVEL (Is) (kA) | QUEDA DE TENSÃO (ΔU = V/A . km) COS φ = 0,8 |
|-----------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------|--|--|
| | | | 30 °C | 40 °C | | |
| ALUMÍNIO | | | | | | |
| 2 x 16 | 13,0 | 143 | 93 | 85 | 1,39 | 4,03 |
| 4 x 16 | 17,0 | 285 | 82 | 75 | 1,39 | 3,49 |
| 4 x 16 + 16 | 18,4 | 355 | 82 | 75 | 1,39 | 3,49 |
| 4 x 25 | 20,4 | 440 | 109 | 100 | 2,16 | 2,23 |
| 4 x 25 + 16 | 21,0 | 510 | 109 | 100 | 2,16 | 2,23 |
| 4 x 25 + 2 x 16 | 22,5 | 580 | 109 | 100 | 2,16 | 2,23 |
| 4 x 35 | 23,2 | 575 | 131 | 120 | 3,05 | 1,63 |
| 4 x 35 + 16 | 26,0 | 645 | 131 | 120 | 3,05 | 1,63 |
| 4 x 35 + 2 x 16 | 26,7 | 715 | 131 | 120 | 3,05 | 1,63 |
| 4 x 50 | 28,3 | 780 | 163 | 150 | 4,35 | 1,22 |
| 4 x 50 + 16 | 29,5 | 850 | 163 | 150 | 4,35 | 1,22 |
| 4 x 50 + 2 x 16 | 29,5 | 920 | 163 | 150 | 4,35 | 1,22 |
| 4 x 70 | 34,0 | 1110 | 207 | 190 | 6,09 | 0,871 |
| 4 x 70 + 16 | 34,7 | 1180 | 207 | 190 | 6,09 | 0,871 |
| 4 x 70 + 2 x 16 | 34,7 | 1250 | 207 | 190 | 6,09 | 0,871 |
| 4 x 95 | 38,6 | 1340 | 252 | 230 | 8,27 | 0,694 |
| 4 x 95 + 16 | 39,1 | 1410 | 252 | 230 | 8,27 | 0,694 |
| 4 x 95 + 2 x 16 | 39,6 | 1480 | 252 | 230 | 8,27 | 0,694 |
| COBRE | | | | | | |
| 2 x 4 | 8,3 | 92 | 38 | 35 | 540 | 9,54 |
| 2 x 6 | 10,0 | 150 | 60 | 55 | 810 | 6,40 |
| 4 x 6 | 12,6 | 300 | 55 | 50 | 810 | 5,55 |
| 2 x 10 | 11,4 | 240 | 82 | 75 | 1350 | 3,85 |
| 4 x 10 | 14,0 | 480 | 76 | 70 | 1350 | 3,33 |

5.4.1.2 - Acessórios de Montagem de uma Rede em Torçada

A execução de uma rede aérea, com cabo torçada, exige a utilização de acessórios próprios, quer para a fixação dos condutores, quer para as ligações dos mesmos no plano eléctrico, sem os quais não poderá ser garantido um funcionamento seguro.

Com a grande variedade de execuções possíveis para uma rede em torçada (redes montadas em postes, nas fachadas dos edifícios, etc.), a gama de acessórios disponível é, no entanto, suficientemente versátil, para satisfazer todas as solicitações geralmente encontradas.

Os principais acessórios que equipam uma rede são enumerados a seguir:

- pinças de amarração;
- pinças de suspensão;
- ligadores bimetálicos;
- berços de guiamento;
- ganchos;
- seccionadores, com ou sem caixa de fusíveis;
- uniões de cravação;
- mangas termoretrácteis.

5.4.1.3 - Tipo de Montagem

Uma das principais razões do sucesso das redes em cabo torçada é a possibilidade de adaptação destas a percursos de difícil execução, com outro tipo de canalizações. Descrevemos, a seguir, os principais tipos de montagem utilizados:

- **redes tensas em fachada:** o cabo fica sob tensão mecânica. Devem ser aplicadas nos casos em que a forma dos edifícios permita vencer vãos superiores a 10 m. Não é necessário o recurso a postes;
- **redes pousadas em fachada:** o cabo está sem tensão mecânica. Devem ser aplicadas nos casos em que a forma dos edifícios não permita alinhamento ou as fachadas não suportem os esforços resultantes das tensões mecânicas;
- **redes tensas em apoios:** o cabo está montado, sob tensão mecânica, em apoios (postes, posteletes ou consolas). Devem ser aplicadas quando não houver possibilidade de aplicar outros tipos de montagem.

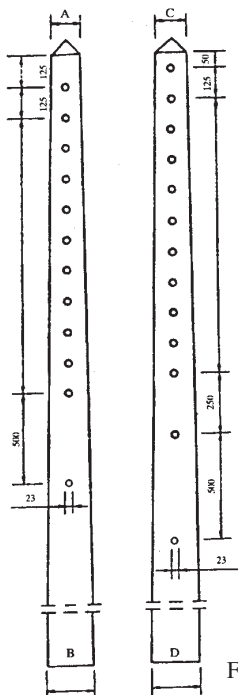
5.4.1.4 - Postes

Dos tipos de montagem atrás descritos, são as redes tensas em apoios, as que mais se utilizam, atendendo, quer à sua extensão, quer à secção dos cabos que utilizam. Os apoios correntemente usados são os postes de madeira ou de betão, os quais enumeraremos a seguir, assim como a regulamentação em vigor:

— postes de betão:

o fabrico dos postes de betão deve respeitar o disposto nas normas NP-261 e P-628. As ligações à terra dos postes de betão devem respeitar o disposto na norma P-628. Estas são constituídas por condutores de cobre nu, com 25 mm^2 de secção, protegidos por tubos isolantes até 2,5 m acima do solo e 0,45 m abaixo deste.

Dimensões Principais



Quadro 124 - Dimensões dos postes de betão

| Solicitação nominal | | A | B | C | D |
|--|-----|------|------|------|------|
| Kg* | kN* | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) |
| | | | | | |
| 1 | 1,0 | 120 | 145 | 100 | 115 |
| 200 | 2,0 | 120 | 145 | 100 | 115 |
| 400 | 3,9 | 140 | 180 | 110 | 140 |
| 800 | 7,8 | 170 | 210 | 130 | 160 |
| * Unidades ainda usadas comercialmente | | | | | |

Figura 62 - Esquema dos postes de betão

— postes de madeira:

o fabrico dos postes de madeira deve respeitar o disposto na norma NP-267. Estes são os mais indicados para as redes em torçada (aspecto económico, paisagístico e maior facilidade de transporte, em zonas rurais de difícil acesso).

Dimensões Principais

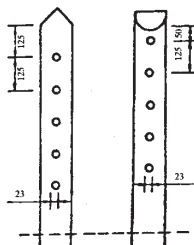


Figura 63 - Esquema dos postes de madeira

Quadro 125 - Dimensões dos postes de betão

| REFERÊNCIA DOS POSTES | COMPRIMENTO TOTAL h (m) | DIÂMETRO DA SECÇÃO DO TOPO d (mm) | DIÂMETRO DA SECÇÃO TRANSVERSAL A 1 m DA BASE D (mm) | ALTURA ÚTIL (m) | SOLICITAÇÃO NOMINAL (kN) |
|-----------------------------|-------------------------------|--|--|-----------------------|--------------------------------|
| A 7 | 7 | 150 | 200 | 5,80 | 2,16 |
| A 8 | 8 | 150 | 205 | 6,70 | 1,96 |
| A 9 | 9 | 150 | 210 | 7,60 | 1,76 |
| A 10 | 10 | 150 | 220 | 8,50 | 1,76 |
| B 7 | 7 | 130 | 180 | 5,80 | 1,57 |
| B 8 | 8 | 130 | 185 | 6,70 | 1,37 |
| B 9 | 9 | 130 | 190 | 7,60 | 1,27 |
| B 10 | 10 | 130 | 200 | 8,50 | 1,27 |

Na secção seguinte (5.4.2) iremos abordar, entre vários aspectos do dimensionamento das redes, aquele relacionado com o cálculo de postes.

5.4.2 - Dimensionamento das Redes em Torçada

A tensão estipulada das redes em torçada é 0,6/1 kV, que corresponde à tensão que define o limite de uma rede BT. Actualmente, o uso de cabos torçada já se estendeu até ao domínio da média tensão, estando em preparação a documentação, que trata a utilização deste tipo de redes.

5.4.2.1- Escolha da Secção da Alma Condutora

A escolha da secção da alma condutora dos cabos torçada é feita nas páginas seguintes, sob o ponto de vista eléctrico e térmico. Para uma melhor compreensão do método a seguir, é aconselhável a consulta do capítulo II deste guia técnico.

1 - Determinação da Intensidade a Transmitir em Regime Normal

O cálculo da intensidade a transmitir é igual ao efectuado na secção 2.2.1. Os coeficientes de simultaneidade, a aplicar nas instalações de utilização, estabelecidas em locais residenciais ou de uso profissional, que condicionam o valor da potência instalada a considerar, são os seguintes:

— para as canalizações principais, os factores de correcção são obtidos pela fórmula:

$$C = 0,2 + \frac{0,8}{\sqrt{n}}$$

C = coeficiente de simultaneidade

n = número de instalações a alimentar

— para os ramais, os factores de correcção estão indicados no quadro seguinte:

Quadro 126 - Factores de correcção

| Números de instalações de utilização situadas a jusante | Coefficiente de simultaneidade |
|---|--------------------------------|
| Até 4 | 1,00 |
| 5 a 9 | 0,78 |
| 10 a 14 | 0,63 |
| 15 a 19 | 0,53 |
| 20 a 24 | 0,49 |
| 25 a 29 | 0,46 |
| 30 a 34 | 0,44 |
| 35 a 39 | 0,42 |
| 40 a 49 | 0,41 |
| 50 e mais | 0,40 |

2 - Secção Necessária para o Aquecimento em Regime Permanente

A intensidade máxima admissível ou capacidade de transporte, em regime permanente, é o valor da intensidade que provoca, no estado de equilíbrio térmico, o aquecimento da alma dos condutores até ao valor máximo permitido e que para os cabos torçada é igual a 90 °C. Através do cálculo da intensidade fictícia (secção 2.2.2) e Quadro 123 obteremos a secção mais aconselhável.

3 - Secção Necessária para o Aquecimento em Regime Variável

O cálculo da secção das almas condutoras, quando forem previstos regimes de carga variáveis, é apresentado na secção 2.2.3. Os cabos torçada terão que ser protegidos contra eventuais sobrecargas não consideradas no dimensionamento dos mesmos. As características dos aparelhos de protecção deverão satisfazer as condições que figuram na secção 3.2 .

4 - Secção Necessária para o Aquecimento em Caso de Curto-Circuito

Em caso de curto-circuito, os cabos terão que suportar a passagem de intensidades de corrente muito superiores às consideradas em regime permanente. No quadro 123, estão indicadas as correntes de curto-circuito máximas admissíveis, durante um segundo, para as secções normalizadas dos cabos torçada. Caso seja necessário um estudo mais aprofundado, na secção 2.2.4 apresenta-se o método de cálculo que relaciona o tempo de duração do curto-circuito, a secção e composição da alma condutora com o valor da intensidade de curto-circuito.

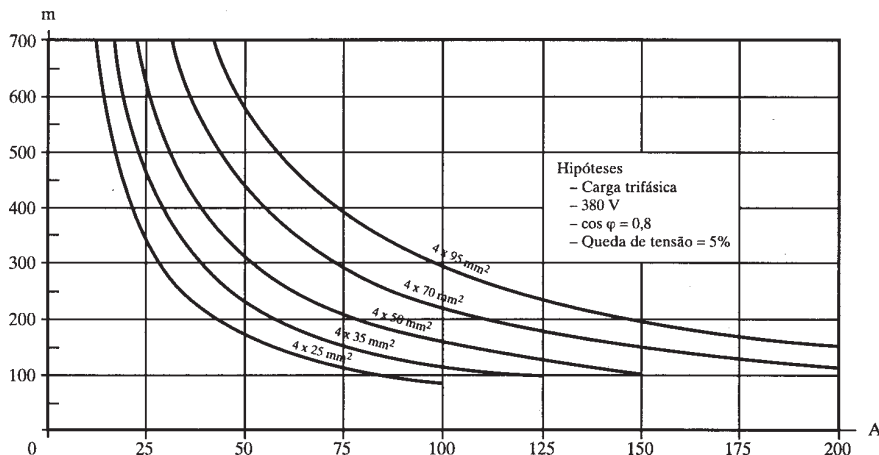
5 - Secção Necessária para a Queda de Tensão

Com a extensão, geralmente grande, rede de redes em torçada, teremos que garantir uma tensão em qualquer ponto de utilização, que permita um funcionamento

satisfatório por parte dos receptores a alimentar. Na secção 2. 2. 5, é apresentado o método de cálculo da secção da alma condutora que permite não ultrapassar a queda de tensão máxima admissível.

Apresentamos, a seguir, um método simplificado, através de um ábaco (gráfico 24) que nos dá as secções das almas condutoras, em função das piores situações encontradas.

Gráfico 24 - Ábaco para Determinação da Secção



6 - Secção Necessária do Ponto de Vista Eléctrico

Das secções para as almas condutoras, anteriormente calculadas, escolhemos aquela de maior valor e, para a secção do cabo torçada, escolhemos a secção normalizada, imediatamente superior a esta.

A secção necessária do ponto de vista económico é calculada segundo o método descrito em 2.2.7.

5.4.2.2 - Cálculo Mecânico e Condições de Montagem

1 - Instalação dos Cabos

A instalação de uma rede aérea tensa em apoios é condicionada por vários factores, nomeadamente, peso dos condutores, distância entre apoios, acção do vento, etc, que constituem as principais solicitações mecânicas às quais o cabo é sujeito.

A figura 64 especifica os parâmetros a considerar, aquando da montagem do cabo entre dois apoios (vão).

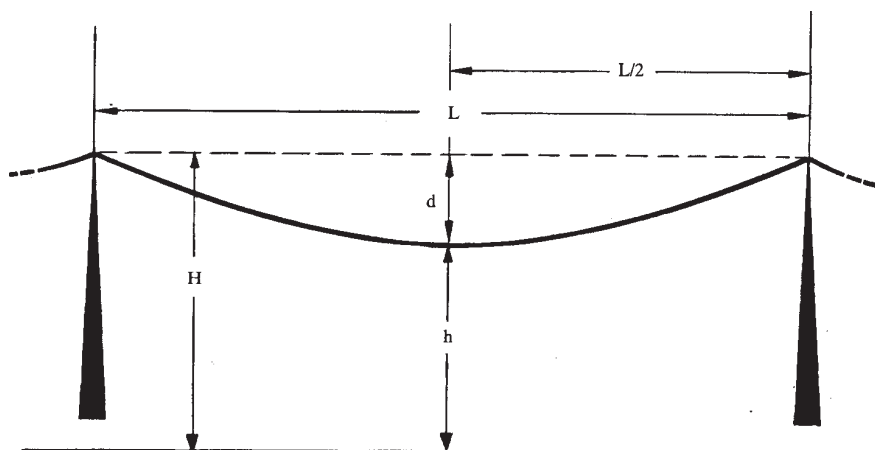


Figura 64 - Montagem do cabo entre dois apoios

h = altura mínima ao solo, m

H = altura dos apoios (não considerando a altura da fundação), m

d = flecha a meio vão, m

L = vão, m

Nos quadros 129 a 132 estão indicados os valores das flechas (f) na montagem, em função da temperatura ambiente no momento da montagem, dos vãos (a) e dos vários tipos de cabo torçada. Estes valores são designados por tabelas de regulação e estão calculados, para que não seja ultrapassado o esforço de tracção máximo (T), aplicado ao cabo.

2 - Tensões Máximas nos Cabos

O quadro 127 fornece os valores da tensão máxima (σ máx.) a aplicar aos feixes das diferentes secções utilizadas. Partindo da força mínima de ruptura (N) da alma de cada condutor (ver quadro 122) e considerando um coeficiente de segurança igual a 2,5, obtemos a tensão máxima atrás referida.

Quadro 127 - Tensão máxima nos cabos

| S (mm ²) | TÉCNICA ESCANDINAVA | | |
|-------------------------|--|---------------------------------------|----------|
| | σ Rot/2,5 (N/mm ²) | σ máx. (N/mm ²) | T (N) |
| (1) | | | |
| 16 | 47,5 | 47,5 | 3040 |
| 25 | 48 | 48 | 4800 |
| 50 | 48 | 30 | 6000 |
| 70 | 48 | 21 | 5880 |
| 95 | 48 | 16 | 6080 |
| (2) | | | |
| 6 | 80 | 80 | 1920 |
| 10 | 84 | 84 | 3360 |

(1) almas condutoras em alumínio

(2) almas condutoras em cobre

A tracção máxima (T), obtida para um feixe de quatro condutores, considera que a força aplicada é igual em todos os condutores do feixe (é necessário que os quatro condutores estejam bem fixos e de maneira igual para todos, pela cunha da pinça). Os valores de T foram calculados por forma a não se exceder uma força máxima de 6 kN, a fim de reduzir os esforços sobre os apoios nos ângulos, derivações e fins de linha.

Os valores das flechas indicados nos quadros 129 a 132 foram calculados para os valores que figuram no quadro 127 anterior, a partir da equação de mudança de estado.

3 - Verificação da Estabilidade dos Apoios de Betão

O emprego dos postes de betão, como apoios das redes aéreas isoladas, é hoje em dia a solução encontrada na grande maioria dos casos, sendo os postes de madeira reservados para aplicação em locais de difícil acesso, o que os torna preferíveis aos postes de betão, devido ao seu peso inferior. Há, ainda, a salientar o emprego dos postes de madeira, em casos em que o aspecto paisagístico é importante (por exemplo, redes em zonas florestais ou parques naturais).

Para o cálculo da estabilidade dos apoios de betão, aplica-se a seguinte simbologia:

T = tracção máxima do feixe da linha principal, N;

T_D = tracção máxima do feixe da linha derivada, N;

d = diâmetro aparente do feixe, mm;

a_m = semi-soma dos vãos adjacentes, m;

α = coeficiente de redução;

c = coeficiente de forma;

q = pressão dinâmica do vento, N/m².

Observações:

- sempre que as grandezas se refiram a linhas derivadas, o seu símbolo será afectado de um apóstrofo (exemplo: d' = diâmetro aparente do feixe da linha derivada);
- as forças resultantes da aplicação das fórmulas seguintes são expressas em Newton (N).

Apoios de Alinhamento

Nos apoios de alinhamento, havendo igualdade de tensão mecânica e de secções, o esforço sobre os apoios resume-se ao esforço devido ao vento:

$$F_v = \alpha \cdot c \cdot q \cdot s$$

$$a = 0,6$$

$$c = 1,3$$

$$q = 0,75 \times 750 = 563 \text{ N/m}^2 \text{ (75\% do valor fixado no R.S.L.A.T.)}$$

$$s = \text{área da superfície batida pelo vento, m}^2$$

$$s = d \cdot a \cdot 10^{-3}$$

$$\text{então } F_v = 439 \cdot d \cdot a_m \cdot 10^{-3}$$

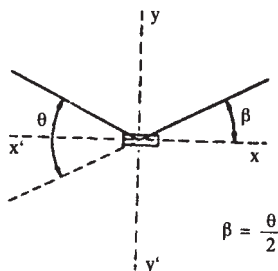
Sempre que exista desigualdade de tracções, resulta um esforço longitudinal que deve ser considerado na escolha dos apoios.

Apoios de ângulo

Nos apoios de ângulo o esforço é determinado pela expressão:

$$F = 2T \sin \frac{\theta}{2} + 439 \cdot d \cdot a_m \cos^2 \frac{\theta}{2} \cdot 10^{-3}$$

onde θ é o ângulo de desvio do traçado.



Apoios de Derivação

Para o cálculo dos apoios de derivação, consideramos o vento a actuar normalmente à direcção da linha principal (se o poste for de alinhamento), ou segundo a bissectriz do ângulo da linha principal:

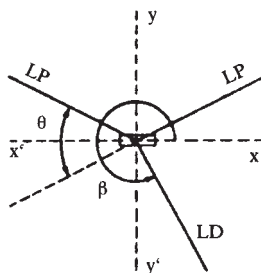
— esforço no sentido da bissectriz do ângulo da linha principal:

$$F = 439 \left(d \cdot a_m \cos^2 \frac{\theta}{2} d' \frac{a'}{2} \cos^2 \beta \right) \cdot 10^{-3} \text{ N} + 2T \sin \frac{\theta}{2} T_D \sin \beta$$

onde a' é o comprimento do vão da linha derivada adjacente.

— esforço no sentido normal à bissectriz do ângulo da linha principal:

$$F_x = T_d \cos \beta$$



Apoios de Fim de Linha

Para o cálculo dos apoios de fim de linha deve-se considerar o vento a actuar perpendicularmente à linha.

Esforço no sentido perpendicular à linha:

$$F_y = 439 \cdot d \cdot \frac{a}{2} \cdot 10^{-3}$$

a = comprimento do vão adjacente ao poste, m


Esforço na direcção da linha:

$$F_x = T$$

No quadro 128 indicam-se os esforços do vento (F_v) nos apoios de alinhamento (valores expressos em newton).

Quadro 128 - Esforços do vento (F_v) nos apoios de alinhamento

| $\begin{matrix} a \\ (m) \\ \backslash \\ S \\ (mm^2) \end{matrix}$ | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 75 | 90 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| 2 x 6 | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 | 325 | 375 | 450 |
| 2 x 10 | 55 | 85 | 110 | 140 | 165 | 195 | 220 | 250 | 280 | 305 | 330 | 360 | 415 | 500 |
| 4 x 6 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 | 360 | 390 | 450 | 540 |
| 4 x 10 | 70 | 105 | 140 | 175 | 210 | 245 | 280 | 315 | 350 | 385 | 420 | 455 | 525 | 630 |
| 4 x 15 + 16 | 90 | 135 | 180 | 225 | 270 | 315 | 360 | 405 | 450 | 495 | 540 | 585 | 675 | 810 |
| 4 x 25 + 16 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 750 | 900 |
| 4 x 50 + 16 | 130 | 195 | 260 | 325 | 390 | 455 | 520 | 585 | 650 | 715 | 730 | 845 | 975 | 1170 |
| 4 x 70 + 16 | 150 | 225 | 300 | 375 | 450 | 525 | 600 | 675 | 750 | 825 | 900 | 975 | 1125 | 1350 |
| 4 x 95 + 16 | | | | | | | | | | | | | | |

 Valores para os quais não se utilizam os postes de 100 kgf (980 N).

4 - Aplicação das Espias

Sempre que a estabilidade de um poste necessite de um reforço, é aconselhável a aplicação de espias. Estas são constituídas por cabos ou varetas com elos de ligação robustos, de aço galvanizado, possuindo uma força de rotura mínima de 600 daN. Os arames ou fios constituintes dos cabos não devem ter um diâmetro inferior a 3 mm.

Na parte enterrada das espias e numa extensão de 0,50 m fora do solo, deve ser utilizado varão de aço de diâmetro não inferior a 12 mm, devidamente protegido contra a corrosão.

O espiaamento dos postes é uma técnica que pode ser conveniente, nomeadamente, nos casos seguintes:

- apoios de ângulo, com esforço à cabeça elevado;
- apoios terminais de rede, em que a ampliação desta possa transformá-los em apoios de ângulo ou de alinhamento;
- apoios de alinhamento ou de ângulo em que se faça uma derivação.

As espias devem ser fixadas aos apoios, no furo imediatamente abaixo do das ferragens de fixação das pinças.

Na parte enterrada é utilizada uma ancora ou maciço que assegure uma conveniente amarração da espia.

Dimensionamento das Espias

No dimensionamento das espias deve atender-se a que o ângulo que a espia faz com a vertical não seja inferior a 30°C, ou seja, de acordo com a figura 65:

$$\text{arc tg} \alpha \geq 0,6 \left(\frac{d}{h} \right)$$

O valor da força F_e a suportar pela espia, é calculado pela expressão:

$$F_e = \frac{F}{\text{sen} \alpha}, \text{N}$$

F = resultante das forças de tracção dos condutores

O valor da força vertical descendente F_a a suportar pelos apoios é calculado pela expressão:

$$F_a = \frac{F}{\text{tg} \alpha}, \text{N}$$

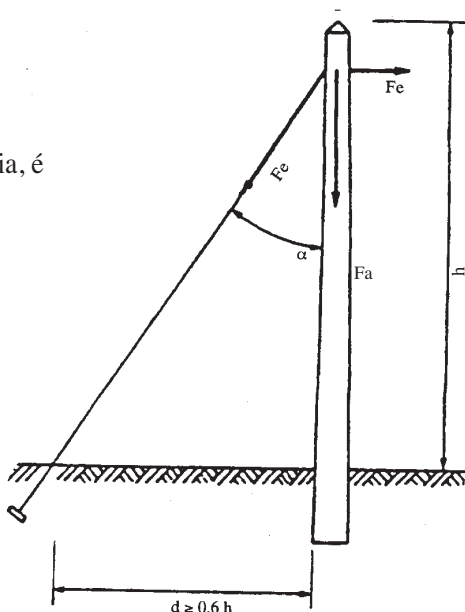


Figura 65 - Dimensionamento das espias

Exemplo:

Considerando que o esforço a suportar pelo apoio é de 6 000 N (sem espia) e que o ângulo α é de 40°, o valor a suportar pela espia é:

$$F_e = \frac{6\,000}{\text{sen } 40^\circ} = 9\,334 \text{ N}$$

e o valor da força vertical a suportar pelo apoio é:

$$F_a = \frac{6\,000}{\text{tg } 40^\circ} = 7\,151 \text{ N}$$

Como se verifica, o esforço devido à acção dos condutores (que sem espia seria inteiramente suportado pelo apoio) é totalmente suportado pela espia. O apoio apenas está sujeito ao esforço vertical.

5.4.2.3 - Tabelas de Regulação

Quadro 129 - Cabo Torçada LXS 4 x 16 + K x 16 (K = 0, 1, 2)

| DADOS | $S = 4 \times 16 \text{ mm}^2$ $P = 0,36 \text{ kg/m}$ $\phi = 29,4 \text{ mm}$ | | | | | | | | | |
|----------------|---|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| | $q = 563 \text{ MPa}$ $\theta_{\text{inv.}} = 0^\circ\text{C}$ $\theta_{\text{prim.}} = + 15^\circ\text{C}$ | | | | | | | | | |
| a (m) | 0 °C | | 10 °C | | 20 °C | | 30 °C | | 40 °C | |
| | f (cm) | T (N) | f (cm) | T (N) | f (cm) | T (N) | f (cm) | T (N) | f (cm) | T (N) |
| 5 | 0 | 3195 | 0 | 2375 | 1 | 1560 | 1 | 795 | 3 | 330 |
| 10 | 1 | 3180 | 2 | 2370 | 3 | 1590 | 5 | 920 | 8 | 535 |
| 15 | 3 | 3160 | 4 | 2365 | 6 | 1630 | 10 | 1040 | 14 | 700 |
| 20 | 6 | 3125 | 8 | 2360 | 11 | 1670 | 16 | 1155 | 21 | 840 |
| 25 | 9 | 3080 | 12 | 2350 | 16 | 1715 | 22 | 1255 | 29 | 965 |
| 30 | 13 | 3035 | 17 | 2340 | 23 | 1760 | 30 | 1340 | 38 | 1070 |
| 35 | 18 | 2985 | 24 | 2335 | 31 | 1800 | 39 | 1420 | 47 | 1165 |
| 40 | 27 | 2690 | 34 | 2125 | 42 | 1695 | 52 | 1390 | 61 | 1180 |
| 45 | 38 | 2380 | 47 | 1925 | 57 | 1590 | 67 | 1355 | 77 | 1185 |
| 50 | 53 | 2120 | 64 | 1770 | 74 | 1510 | 85 | 1325 | 95 | 1185 |
| 55 | 71 | 1920 | 82 | 1650 | 94 | 1455 | 104 | 1305 | 115 | 1185 |
| 60 | 91 | 1770 | 103 | 1565 | 115 | 1410 | 126 | 1285 | 136 | 1190 |
| 65 | 114 | 1660 | 127 | 1500 | 138 | 1375 | 149 | 1275 | 160 | 1190 |
| 70 | 140 | 1580 | 152 | 1455 | 163 | 1350 | 175 | 1260 | 185 | 1190 |
| 75 | 167 | 1520 | 179 | 1415 | 191 | 1330 | 202 | 1255 | 213 | 1190 |
| 80 | 196 | 1470 | 208 | 1385 | 220 | 1310 | 231 | 1245 | 242 | 1190 |
| 85 | 227 | 1435 | 239 | 1360 | 251 | 1300 | 262 | 1240 | 273 | 1190 |
| 90 | 260 | 1405 | 272 | 1340 | 284 | 1285 | 295 | 1235 | 306 | 1190 |
| a _c | 19 | 2980 | 25 | 2330 | 32 | 1810 | 40 | 1435 | 49 | 1180 |

a - vão (m)

f - flecha (cm)

T - tração (n)

Quadro 130 - Cabo Torçada LXS 4 x 25 + K x 16 (K = 0, 1, 2)

| DADOS | $q = 563 \text{ MPa}$ $\theta_{\text{inv.}} = 0^\circ\text{C}$ $\theta_{\text{prim.}} = +15^\circ\text{C}$ | | | | | | | | | |
|----------------|--|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| | $S = 4 \times 25 \text{ mm}^2$ $P = 0,512 \text{ kg/m}$ $\phi = 23,4 \text{ mm}$ | | | | | | | | | |
| a | 0 °C | | 10 °C | | 20 °C | | 30 °C | | 40 °C | |
| | f (cm) | T (N) | f (cm) | T (N) | f (cm) | T (N) | f (cm) | T (N) | f (cm) | T (N) |
| 5 | 0 | 4995 | 0 | 3715 | 1 | 2440 | 1 | 1230 | 3 | 485 |
| 10 | 1 | 4985 | 2 | 3715 | 3 | 2480 | 5 | 1405 | 8 | 780 |
| 15 | 3 | 4960 | 4 | 3720 | 6 | 2540 | 9 | 1590 | 14 | 1040 |
| 20 | 5 | 4930 | 7 | 3720 | 10 | 2620 | 15 | 1760 | 20 | 1250 |
| 25 | 8 | 4900 | 11 | 3730 | 15 | 2690 | 21 | 1920 | 28 | 1440 |
| 30 | 12 | 4160 | 15 | 3730 | 21 | 2770 | 28 | 2060 | 36 | 1610 |
| 35 | 16 | 4810 | 21 | 3740 | 28 | 2840 | 36 | 2190 | 45 | 1760 |
| 40 | 21 | 4770 | 27 | 3745 | 35 | 2910 | 44 | 2310 | 54 | 1900 |
| 45 | 27 | 4720 | 35 | 3750 | 44 | 2980 | 54 | 2420 | 64 | 2030 |
| 50 | 35 | 4590 | 43 | 3690 | 53 | 2990 | 64 | 2480 | 76 | 2120 |
| 55 | 46 | 4240 | 56 | 3470 | 67 | 2880 | 79 | 2450 | 91 | 2130 |
| 60 | 59 | 3930 | 70 | 3170 | 83 | 2780 | 95 | 2420 | 107 | 2140 |
| 65 | 74 | 3660 | 87 | 3120 | 100 | 2700 | 113 | 2390 | 125 | 2150 |
| 70 | 91 | 3440 | 105 | 2990 | 119 | 2640 | 132 | 2370 | 145 | 2160 |
| 75 | 110 | 3260 | 125 | 2880 | 139 | 2590 | 153 | 2360 | 166 | 2170 |
| 80 | 132 | 3110 | 147 | 2790 | 161 | 2540 | 175 | 2340 | 188 | 2180 |
| 85 | 155 | 2990 | 170 | 2720 | 184 | 2510 | 198 | 2330 | 212 | 2180 |
| 90 | 179 | 2890 | 194 | 2670 | 209 | 2480 | 223 | 2320 | 237 | 2190 |
| a _c | 33 | 4680 | 40 | 3755 | 50 | 3025 | 61 | 2490 | 72 | 2115 |

Quadro 131 - Cabo Torçada LXS 4 x 50 + K x 16 (K = 0, 1, 2)

| DADOS | $S = 4 \times 50 \text{ mm}^2$ $P = 0,848 \text{ kg/m}$ $\phi = 29,9 \text{ mm}$ | | | | | | | | | |
|----------------|--|----------|-----------|----------|-----------|---|-----------|----------|-----------|----------|
| | $q = 563 \text{ MPa}$ $\theta_{\text{inv.}} = 0^\circ\text{C}$ $\theta_{\text{prim.}} = +15^\circ\text{C}$ | | | | | $c = 1,3$ $\alpha = 23 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ $E = 56000 \text{ N/mm}^2$ | | | | |
| a (m) | 0 °C | | 10 °C | | 20 °C | | 30 °C | | 40 °C | |
| | f (cm) | T (N) | f (cm) | T (N) | f (cm) | T (N) | f (cm) | T (N) | f (cm) | T (N) |
| 5 | 0 | 5990 | 1 | 3460 | 2 | 1305 | 4 | 600 | 6 | 420 |
| 10 | 2 | 5960 | 3 | 3555 | 6 | 1775 | 10 | 1070 | 13 | 800 |
| 15 | 4 | 5920 | 6 | 3680 | 11 | 2165 | 16 | 1470 | 21 | 1145 |
| 20 | 7 | 5860 | 11 | 3815 | 17 | 2490 | 23 | 1815 | 29 | 1460 |
| 25 | 11 | 5795 | 17 | 5795 | 24 | 2765 | 31 | 2120 | 38 | 1750 |
| 30 | 17 | 5725 | 23 | 4060 | 32 | 3005 | 40 | 2385 | 48 | 2005 |
| 35 | 23 | 5660 | 31 | 4165 | 40 | 3210 | 50 | 2625 | 58 | 2245 |
| 40 | 30 | 5660 | 40 | 4260 | 50 | 3390 | 60 | 2835 | 69 | 2460 |
| 45 | 39 | 5530 | 49 | 4340 | 60 | 3550 | 71 | 3025 | 81 | 2655 |
| 50 | 52 | 5085 | 64 | 4145 | 76 | 3510 | 87 | 3060 | 97 | 2740 |
| 55 | 68 | 4720 | 81 | 3985 | 93 | 3465 | 104 | 3085 | 115 | 2800 |
| 60 | 86 | 4440 | 99 | 3860 | 111 | 3430 | 123 | 3105 | 134 | 2855 |
| 65 | 106 | 4230 | 119 | 3760 | 132 | 3405 | 143 | 3120 | 155 | 2900 |
| 70 | 128 | 4070 | 141 | 3685 | 154 | 3380 | 166 | 3135 | 177 | 2935 |
| 75 | 151 | 3945 | 165 | 3625 | 177 | 3360 | 189 | 3150 | 201 | 2965 |
| 80 | 176 | 3845 | 190 | 3575 | 203 | 3350 | 215 | 3160 | 227 | 2995 |
| 85 | 203 | 3775 | 217 | 3535 | 230 | 3335 | 242 | 3165 | 254 | 3020 |
| 90 | 232 | 3705 | 245 | 3500 | 258 | 3325 | 271 | 3170 | 283 | 3040 |
| a _c | 39 | 5530 | 50 | 4350 | 61 | 3560 | 72 | 3035 | 82 | 2665 |

Quadro 132 - Cabo Torçada LXS 4 x 70 + K x 16 (K = 0, 1, 2)

| DADOS | $S = 4 \times 70 \text{ mm}^2$ $P = 1,156 \text{ kg/m}$ $\phi = 34,7 \text{ mm}$ | | | | | | | | | |
|----------------|--|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| | $q = 563 \text{ MPa}$ $\theta_{\text{inv.}} = 0^\circ\text{C}$ $\theta_{\text{prim.}} = +15^\circ\text{C}$ | | | | | | | | | |
| | $c = 1,3$ $\alpha = 23 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ $E = 56000 \text{ N/mm}^2$ | | | | | | | | | |
| | $\sigma_{\text{máx.}} = 20 \text{ N/mm}^2$ $a_c = 36 \text{ m}$ | | | | | | | | | |
| a | 0 °C | | 10 °C | | 20 °C | | 30 °C | | 40 °C | |
| (m) | f (cm) | T (N) | f (cm) | T (N) | f (cm) | T (N) | f (cm) | T (N) | f (cm) | T (N) |
| 5 | 1 | 5580 | 2 | 2310 | 4 | 913 | 6 | 610 | 7 | 480 |
| 10 | 3 | 5520 | 5 | 2770 | 9 | 1570 | 13 | 1140 | 16 | 930 |
| 15 | 6 | 5445 | 10 | 3150 | 16 | 2085 | 20 | 1605 | 24 | 1240 |
| 20 | 11 | 5360 | 17 | 3460 | 23 | 2505 | 29 | 2005 | 34 | 1710 |
| 25 | 17 | 5280 | 24 | 3700 | 32 | 2845 | 38 | 2355 | 44 | 2040 |
| 30 | 25 | 5215 | 33 | 3895 | 42 | 3130 | 49 | 2655 | 56 | 2335 |
| 35 | 34 | 5160 | 44 | 4050 | 53 | 3365 | 61 | 2915 | 68 | 2595 |
| 40 | 48 | 4775 | 58 | 3960 | 68 | 3415 | 76 | 3030 | 84 | 2750 |
| 45 | 66 | 4420 | 76 | 3830 | 86 | 3405 | 95 | 3090 | 103 | 2840 |
| 50 | 86 | 4180 | 97 | 3735 | 106 | 3400 | 115 | 3130 | 124 | 2920 |
| 55 | 109 | 4015 | 119 | 3670 | 129 | 3390 | 138 | 3165 | 147 | 2980 |
| 60 | 134 | 3900 | 144 | 3615 | 154 | 3390 | 163 | 3195 | 172 | 3030 |
| 65 | 160 | 3810 | 171 | 3580 | 180 | 2285 | 190 | 3215 | 199 | 3070 |
| 70 | 189 | 3740 | 200 | 3545 | 209 | 3380 | 219 | 3235 | 228 | 3105 |
| 75 | 220 | 3690 | 231 | 3525 | 241 | 3380 | 250 | 3250 | 259 | 3135 |
| 80 | 254 | 3645 | 264 | 3505 | 274 | 3380 | 284 | 3260 | 293 | 3160 |
| 85 | 289 | 3610 | 299 | 3490 | 309 | 3375 | 319 | 3270 | 328 | 3180 |
| 90 | 327 | 3580 | 337 | 3470 | 347 | 3375 | 357 | 3280 | 366 | 3200 |
| a _c | 37 | 5145 | 47 | 4090 | 56 | 3425 | 64 | 2980 | 72 | 2665 |

Cabos Isolados de Média e Alta Tensão



V_v
Capítulo

5.5 - Cabos Isolados de Média e Alta Tensão

5.5.1 - Descrição do processo de fabrico

A SOLIDAL, após vultuoso investimento industrial realizado, adquiriu capacidade para a partir de agora, incluir os cabos isolados de ALTA TENSÃO na sua gama de fabrico.

Efectivamente com o investimento realizado durante o ano de 1998, a SOLIDAL adquiriu a mais recente tecnologia de fabrico e equipamento que lhe permitem fabricar cabos acima dos 45 kV pela 1ª vez em Portugal.

A linha de fabrico agora instalada, linha de Vulcanização em Catenária de Azoto (CCVL - **Continuous Catenary Vulcanization Line**), está preparada para o fabrico de cabos isolados até aos **225 kV**.

As isolações destes cabos são constituídas pela extrusão de compostos quer de **Polietileno Reticulado (PEX)**, quer de **Borracha de Etileno-Propileno de alto módulo de elasticidade (HEPR)**, satisfazendo ambos as necessidades da globalidade do mercado.

A tecnologia referida mantém a utilização do processo de tripla extrusão simultânea, introduzindo no entanto inovações importantes entre as quais se destacam:

- A operação de reticulação, efectuada em contínuo durante a extrusão, é processada em **atmosfera seca e sobreaquecida de azoto**.
Refira-se a este propósito que os valores normais do conteúdo residual de água neste processo é da ordem dos 30 a 80 ppm, enquanto que no processo de reticulação em água ou vapor se situam acima de 1000 ppm.
- A movimentação/transferência de matérias primas para a alimentação das extrusoras da linha de produção é efectuada em circuito fechado a partir de **salas limpas respeitando as exigências da “classe 1000”**, assegurando deste modo a impossibilidade de contaminação das mesmas antes do seu processamento, minimizando as possibilidades de formação de inclusões ou vacúolos.
- O controlo dimensional dos cabos é efectuado por intermédio de **câmaras “Raios X”**, mediante as quais é possível **controlar, em curso do processo de fabrico, os diâmetros, as espessuras e as excentricidades das várias camadas extrudidas**. Em função deste controlo, é realizada permanentemente e com elevada precisão a regulação automática dos parâmetros de fabrico, de modo a que sejam respeitadas os valores pré-estabelecidos.
- A utilização das gerações mais recentes de matérias primas com características melhoradas.

Todo este conjunto de inovações propiciam à SOLIDAL:

- **a melhoria da qualidade “standard” dos cabos produzidos, promovendo uma maior segurança e longevidade das instalações eléctricas que incorporem estes cabos;**
- **o alargamento da sua gama para fabricos do mais elevado nível tecnológico;**
- **a satisfação das exigências técnicas do mercado nacional e internacional, neste sector.**

5.5.2 - Cabos de Média Tensão

Normas de referência:

CEI 60502 - 2; HD 620 51

Características Principais:

| | |
|------------------------|---|
| Alma condutora: | Alumínio ou cobre multifilar compactado |
| Semicondutor interior: | Composto semicondutor extrudido |
| Isolante: | PEX - Polietileno reticulado ou HEPR - Borracha de etileno propileno de alto módulo de elasticidade |
| Semicondutor interior: | Composto semicondutor extrudido |
| Blindagem: | Fios e fita de cobre ou fita de cobre |
| Bainha exterior: | PVC ou PE (de baixa, média ou alta densidade) |

Características de bloqueio á penetração de humidade:

| | |
|----------------------------|--|
| Estanquidade: longitudinal | No condutor e/ou na blindagem, conforme definido no Capítulo I, parágrafo 1.2.6 Colocada apenas sob encomenda |
| Estanquidade: transversal | Sob a bainha exterior, por aplicação de fitas metálicas aderentes á bainha exterior Colocada apenas sob encomenda |
| Protecção mecanica: | Armadura em fitas de aço ou alumínio colocadas apenas sob encomenda |

Tipos de Cabo:

Figura 66 — Cabo monopolar



Figura 67 — Cabo tripolar armado



Figura 68 — Torçada aérea

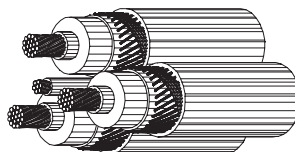
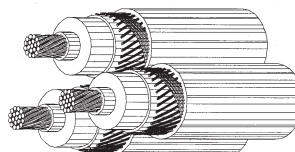


Figura 69 — Trimonopolar



Nota:

1 - Os quadros 133 ao 136, apresentam as características dimensionais e eléctricas dos cabos monopolares de 6/10kV, 8,7/15kV, 12/20kV e 18/30kV. As intensidades admissíveis estão indicadas no ponto 5.5.2.1 (quadro 137), nas condições de instalação indicadas.

2 - Nos quadros 138 a 140 estão indicadas as características dos cabos tripolares, torçada aérea e trimonopulares de média tensão.

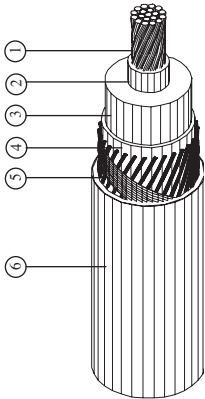
Quadro 133 - Características Técnicas
Cabo Monopolar LXHIV / LXHIOV / XHIV / XHIOV
Tensão - 6/10 kV

| Características Dimensionais | | | | | Características Eléctricas | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------|------|--|-------|----------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------------|------|
| Seção Nominal (mm) | Espessura Isolação (mm) | Diâmetro sobre Isolação (mm) | Espessura Bãlha (mm) | Diâmetro exterior (mm) | Peso Aproximado (kg/km) | | Resistência eléctrica DC a 20°C (Ω/Km) | | Capacidade C (μF/km) | Indutância L (mH/km) | Reatância XL (Ω/km) | Impedância Z _{90°C} (Ω/km) | |
| | | | | | Al | Cu | Al | Cu | | | | Al | Cu |
| 35 | | 15.4 | 1.6 | 22.5 | 600 | 810 | 0.868 | 0.524 | 0.24 | 0.419 | 0.132 | 1.12 | 0.68 |
| 50 | | 16.4 | 1.7 | 23.5 | 660 | 950 | 0.641 | 0.387 | 0.26 | 0.403 | 0.127 | 0.83 | 0.51 |
| 70 | | 18.2 | 1.7 | 25.5 | 760 | 1180 | 0.443 | 0.268 | 0.30 | 0.378 | 0.119 | 0.58 | 0.36 |
| 95 | | 19.8 | 1.8 | 27.0 | 880 | 1460 | 0.320 | 0.193 | 0.33 | 0.361 | 0.113 | 0.43 | 0.27 |
| 120 | | 21.4 | 1.8 | 29.0 | 980 | 1720 | 0.253 | 0.153 | 0.36 | 0.346 | 0.109 | 0.34 | 0.22 |
| 150 | 3.4 | 22.7 | 1.9 | 30.5 | 1100 | 2010 | 0.206 | 0.124 | 0.39 | 0.337 | 0.106 | 0.28 | 0.19 |
| 185 | | 24.8 | 1.9 | 32.5 | 1250 | 2380 | 0.164 | 0.099 | 0.43 | 0.324 | 0.102 | 0.23 | 0.16 |
| 240 | | 26.9 | 2.0 | 34.5 | 1460 | 2950 | 0.125 | 0.075 | 0.48 | 0.313 | 0.098 | 0.19 | 0.14 |
| 300 | | 29.2 | 2.1 | 37.0 | 1730 | 3570 | 0.100 | 0.060 | 0.52 | 0.304 | 0.095 | 0.16 | 0.12 |
| 400 | | 31.9 | 2.2 | 40.0 | 2020 | 4380 | 0.078 | 0.047 | 0.58 | 0.295 | 0.093 | 0.14 | 0.11 |
| 500 | | 34.9 | 2.3 | 43.0 | 2400 | 5490 | 0.061 | 0.037 | 0.64 | 0.286 | 0.090 | 0.12 | 0.10 |
| 630 | | 38.9 | 2.4 | 47.5 | 2870 | 6810 | 0.047 | 0.028 | 0.72 | 0.276 | 0.087 | 0.11 | 0.09 |

Nota: Os valores da tabela são fornecidos a título indicativo, considerando uma instalação em trevo conjunto.

Descrição:

- 1 - Alma rígida em alumínio ou cobre
- 2 - Baínha semicondutora interior
- 3 - Isolção em PEX
- 4 - Camada semicondutora exterior
- 5 - Écran metálico em cobre (fita ou fios e fita)
- 6 - Baínha exterior em PVC (poderá ser em PE, sob encomenda).



Quadro 134 - Características Técnicas

Cabo Monopolar LXHIV / LXHIOV / XHIV / XHIOV

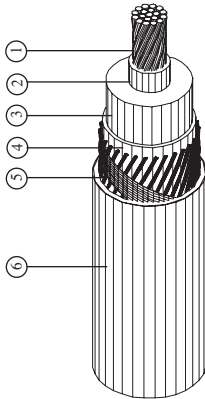
Tensão - 8,7/15 kV

| Características Dimensionais | | | | | Características Eléctricas | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------|------|--|-------|--|-------|----------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------------|------|
| Seção Nominal (mm) | Espessura Isolação (mm) | Diâmetro sobre Isolação (mm) | Espessura Bãinha (mm) | Diâmetro exterior (mm) | Peso Aproximado (kg/km) | | Resistência eléctrica DC a 20°C (Ω/Km) | | Resistência eléctrica AC a 90°C (Ω/Km) | | Capacidade C (µF/km) | Indutância L (mH/km) | Reatância XL (Ω/km) | Impedância Z _{90°C} (Ω/km) | |
| | | | | | Al | Cu | Al | Cu | Al | Cu | | | | Al | Cu |
| 35 | | 17.6 | 1.7 | 25.0 | 680 | 900 | 0.868 | 0.524 | 1.113 | 0.668 | 0.19 | 0.440 | 0.138 | 1.12 | 0.68 |
| 50 | | 18.6 | 1.7 | 26.0 | 740 | 1030 | 0.641 | 0.387 | 0.822 | 0.493 | 0.21 | 0.421 | 0.132 | 0.83 | 0.51 |
| 70 | | 20.4 | 1.8 | 28.0 | 860 | 1280 | 0.443 | 0.268 | 0.568 | 0.342 | 0.24 | 0.396 | 0.124 | 0.58 | 0.36 |
| 95 | | 22.0 | 1.8 | 29.5 | 970 | 1550 | 0.320 | 0.193 | 0.410 | 0.246 | 0.26 | 0.377 | 0.118 | 0.43 | 0.27 |
| 120 | | 23.6 | 1.9 | 31.0 | 1100 | 1830 | 0.253 | 0.153 | 0.324 | 0.195 | 0.29 | 0.362 | 0.114 | 0.34 | 0.23 |
| 150 | 4.5 | 24.9 | 1.9 | 32.5 | 1200 | 2110 | 0.206 | 0.124 | 0.264 | 0.158 | 0.31 | 0.352 | 0.110 | 0.29 | 0.19 |
| 185 | | 27.0 | 2.0 | 35.0 | 1380 | 2500 | 0.164 | 0.099 | 0.210 | 0.126 | 0.34 | 0.338 | 0.106 | 0.24 | 0.17 |
| 240 | | 29.1 | 2.1 | 37.0 | 1600 | 3080 | 0.125 | 0.075 | 0.160 | 0.096 | 0.38 | 0.327 | 0.103 | 0.19 | 0.14 |
| 300 | | 31.4 | 2.1 | 39.5 | 1850 | 3690 | 0.100 | 0.060 | 0.128 | 0.077 | 0.41 | 0.315 | 0.099 | 0.16 | 0.13 |
| 400 | | 34.1 | 2.2 | 42.5 | 2160 | 4510 | 0.078 | 0.047 | 0.100 | 0.060 | 0.45 | 0.305 | 0.096 | 0.14 | 0.11 |
| 500 | | 37.1 | 2.3 | 45.5 | 2540 | 5630 | 0.061 | 0.037 | 0.078 | 0.047 | 0.50 | 0.296 | 0.093 | 0.12 | 0.10 |
| 630 | | 41.1 | 2.4 | 49.5 | 3030 | 6970 | 0.047 | 0.028 | 0.060 | 0.036 | 0.56 | 0.285 | 0.090 | 0.11 | 0.10 |

Nota: Os valores da tabela são fornecidos a título indicativo, considerando uma instalação em trevo conjunto.

Descrição:

- 1 - Alma rígida em alumínio ou cobre
- 2 - Baíha semicondutora interior
- 3 - Isolação em PEX
- 4 - Camada semicondutora exterior
- 5 - Écran metálico em cobre (fita ou fios e fita)
- 6 - Baíha exterior em PVC (poderá ser em PE, sob encomenda).



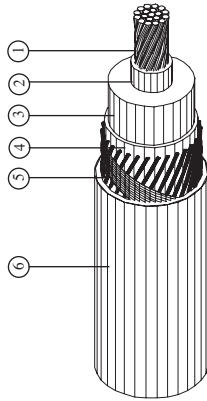
Quadro 135 - Características Técnicas
Cabo Monopolar LXHIV / LXHIOV / XHIV / XHIOV
Tensão - 12/20 kV

| Características Dimensionais | | | | | Características Eléctricas | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|------|--|-------|--|-------|----------------------|----------------------|---------------------|------------------------------|------|
| Seção Nominal (mm) | Espessura Isolação (mm) | Diâmetro sobre Isolação (mm) | Espessura Bafinha (mm) | Diâmetro exterior (mm) | Peso Aproximado (kg/km) | | Resistência eléctrica DC a 20°C (Ω/Km) | | Resistência eléctrica AC a 90°C (Ω/Km) | | Capacidade C (µF/km) | Indutância L (mH/km) | Reatância XL (Ω/km) | Impedância $Z_{90°C}$ (Ω/km) | |
| | | | | | Al | Cu | Al | Cu | Al | Cu | | | | Al | Cu |
| 35 | | 19.6 | 1.8 | 27.0 | 770 | 980 | 0.868 | 0.524 | 1.113 | 0.668 | 0.17 | 0.457 | 0.144 | 1.12 | 0.68 |
| 50 | | 20.6 | 1.8 | 28.0 | 830 | 1130 | 0.641 | 0.387 | 0.822 | 0.493 | 0.18 | 0.438 | 0.138 | 0.83 | 0.51 |
| 70 | | 22.4 | 1.9 | 30.0 | 960 | 1380 | 0.443 | 0.268 | 0.568 | 0.342 | 0.21 | 0.411 | 0.129 | 0.58 | 0.37 |
| 95 | | 24.0 | 1.9 | 31.5 | 1080 | 1660 | 0.320 | 0.193 | 0.410 | 0.246 | 0.23 | 0.391 | 0.123 | 0.43 | 0.28 |
| 120 | | 25.6 | 2.0 | 33.5 | 1210 | 1940 | 0.253 | 0.153 | 0.324 | 0.195 | 0.25 | 0.376 | 0.118 | 0.35 | 0.23 |
| 150 | 5.5 | 26.9 | 2.0 | 34.5 | 1320 | 2220 | 0.206 | 0.124 | 0.264 | 0.158 | 0.26 | 0.365 | 0.115 | 0.29 | 0.20 |
| 185 | | 29.0 | 2.1 | 37.0 | 1500 | 2630 | 0.164 | 0.099 | 0.210 | 0.126 | 0.29 | 0.350 | 0.110 | 0.24 | 0.17 |
| 240 | | 31.1 | 2.1 | 39.0 | 1710 | 3200 | 0.125 | 0.075 | 0.160 | 0.096 | 0.32 | 0.337 | 0.106 | 0.19 | 0.14 |
| 300 | | 33.4 | 2.2 | 41.5 | 1990 | 3830 | 0.100 | 0.060 | 0.128 | 0.077 | 0.35 | 0.326 | 0.103 | 0.16 | 0.13 |
| 400 | | 36.1 | 2.3 | 44.5 | 2310 | 4660 | 0.078 | 0.047 | 0.100 | 0.060 | 0.38 | 0.315 | 0.099 | 0.14 | 0.12 |
| 500 | | 39.1 | 2.4 | 47.5 | 2710 | 5800 | 0.061 | 0.037 | 0.078 | 0.047 | 0.42 | 0.305 | 0.096 | 0.12 | 0.11 |
| 630 | | 43.1 | 2.5 | 52.0 | 3210 | 7150 | 0.047 | 0.028 | 0.060 | 0.036 | 0.47 | 0.294 | 0.092 | 0.11 | 0.10 |

Nota: Os valores da tabela são fornecidos a título indicativo, considerando uma instalação em trevo conjunto.

Descrição:

- 1 - Alma rígida em alumínio ou cobre
- 2 - Baíha semicondutora interior
- 3 - Isolação em PEX
- 4 - Camada semicondutora exterior
- 5 - Écran metálico em cobre (fita ou fios e fita)
- 6 - Baíha exterior em PVC (podrá ser em PE, sob encomenda).



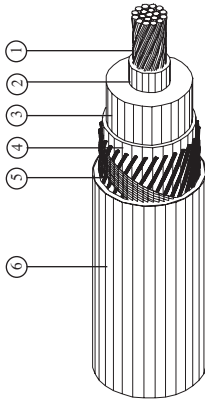
Quadro 136 - Características Técnicas
Cabo Monopolar LXHIV / LXHIOV / XHIV / XHIOV
Tensão - 18/30 kV

| Características Dimensionais | | | | | Características Eléctricas | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------|------|--|-------|--|-------|----------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------------|------|
| Seção Nominal (mm) | Espessura Isolação (mm) | Diâmetro sobre Isolação (mm) | Espessura Bãinha (mm) | Diâmetro exterior (mm) | Peso Aproximado (kg/km) | | Resistência eléctrica DC a 20°C (Ω/Km) | | Resistência eléctrica AC a 90°C (Ω/Km) | | Capacidade C (μF/km) | Indutância L (mH/km) | Reatância XL (Ω/km) | Impedância Z _{90°C} (Ω/km) | |
| | | | | | Al | Cu | Al | Cu | Al | Cu | | | | Al | Cu |
| 35 | | 24.6 | 1.9 | 32.0 | 1010 | 1220 | 0.868 | 0.524 | 1.113 | 0.668 | 0.13 | 0.493 | 0.155 | 1.12 | 0.69 |
| 50 | | 25.6 | 2.0 | 33.5 | 1090 | 1380 | 0.641 | 0.387 | 0.822 | 0.493 | 0.14 | 0.473 | 0.149 | 0.84 | 0.52 |
| 70 | | 27.4 | 2.0 | 35.0 | 1220 | 1640 | 0.443 | 0.268 | 0.568 | 0.342 | 0.16 | 0.443 | 0.139 | 0.58 | 0.37 |
| 95 | | 29.0 | 2.1 | 37.0 | 1360 | 1940 | 0.320 | 0.193 | 0.410 | 0.246 | 0.17 | 0.423 | 0.133 | 0.43 | 0.28 |
| 120 | | 30.6 | 2.1 | 39.0 | 1490 | 2220 | 0.253 | 0.153 | 0.324 | 0.195 | 0.19 | 0.405 | 0.127 | 0.35 | 0.23 |
| 150 | 8.0 | 31.9 | 2.2 | 40.0 | 1630 | 2540 | 0.206 | 0.124 | 0.264 | 0.158 | 0.20 | 0.394 | 0.124 | 0.29 | 0.20 |
| 185 | | 34.0 | 2.2 | 42.0 | 1810 | 2940 | 0.164 | 0.099 | 0.210 | 0.126 | 0.22 | 0.377 | 0.118 | 0.24 | 0.17 |
| 240 | | 36.1 | 2.3 | 44.5 | 2060 | 3550 | 0.125 | 0.075 | 0.160 | 0.096 | 0.24 | 0.363 | 0.114 | 0.20 | 0.15 |
| 300 | | 38.4 | 2.4 | 47.0 | 2360 | 4200 | 0.100 | 0.060 | 0.128 | 0.077 | 0.26 | 0.351 | 0.110 | 0.17 | 0.13 |
| 400 | | 41.1 | 2.5 | 50.0 | 2700 | 5060 | 0.078 | 0.047 | 0.100 | 0.060 | 0.28 | 0.338 | 0.106 | 0.15 | 0.12 |
| 500 | | 44.1 | 2.6 | 53.0 | 3130 | 6220 | 0.061 | 0.037 | 0.078 | 0.047 | 0.31 | 0.327 | 0.103 | 0.13 | 0.11 |
| 630 | | 48.1 | 2.7 | 57.5 | 3670 | 7610 | 0.047 | 0.028 | 0.060 | 0.036 | 0.34 | 0.314 | 0.099 | 0.12 | 0.11 |

Nota: Os valores da tabela são fornecidos a título indicativo, considerando uma instalação em trevo conjunto.

Descrição:

- 1 - Alma rígida em alumínio ou cobre
- 2 - Baíha semicondutora interior
- 3 - Isolação em PEX
- 4 - Camada semicondutora exterior
- 5 - Écran metálico em cobre (fita ou fios e fita)
- 6 - Baíha exterior em PVC (poderá ser em PE, sob encomenda).



5.5.2.1 - Intensidade em regime permanente para cabos monopolares

Quadro 137- Cabos monopolares isolados a XLPE
Tensão 3,6/6 kV a 18/30 kV

| Secção Nominal condutor | Cabos enterrados directamente no solo | | | | Cabos entubados | | | | Instalação ao ar | | | | | |
|-------------------------------|--|-----|--------------------|-----|-----------------|-----|--------------------|-----|------------------|-----|--------------------|-----|--------------------|-----|
| | Trevo Juntivo | | Esteira horizontal | | Trevo juntivo | | Esteira horizontal | | Trevo Juntivo | | Esteira horizontal | | Esteira horizontal | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | mm2 | Al. | Cu | Al. | Cu | Al. | Cu | Al. | Cu | Al. | Cu | Al. | Cu | Al. |
| 16 | 84 | 109 | 88 | 113 | 80 | 103 | 81 | 104 | 97 | 125 | 99 | 128 | 116 | 150 |
| 25 | 108 | 140 | 112 | 144 | 102 | 132 | 103 | 133 | 127 | 163 | 130 | 167 | 153 | 196 |
| 35 | 129 | 166 | 134 | 172 | 122 | 157 | 123 | 159 | 154 | 198 | 157 | 203 | 185 | 238 |
| 50 | 152 | 196 | 157 | 203 | 144 | 186 | 146 | 188 | 184 | 238 | 189 | 243 | 222 | 286 |
| 70 | 186 | 239 | 192 | 246 | 176 | 227 | 178 | 229 | 230 | 296 | 236 | 303 | 278 | 356 |
| 95 | 221 | 285 | 229 | 293 | 210 | 271 | 213 | 274 | 280 | 361 | 287 | 369 | 338 | 434 |
| 120 | 252 | 323 | 260 | 332 | 240 | 308 | 242 | 311 | 324 | 417 | 332 | 426 | 391 | 500 |
| 150 | 281 | 361 | 288 | 366 | 267 | 343 | 271 | 347 | 368 | 473 | 376 | 481 | 440 | 559 |
| 185 | 317 | 406 | 324 | 410 | 303 | 387 | 307 | 391 | 424 | 543 | 432 | 550 | 504 | 637 |
| 240 | 367 | 469 | 373 | 470 | 351 | 447 | 356 | 453 | 502 | 641 | 511 | 647 | 593 | 745 |
| 300 | 414 | 526 | 419 | 524 | 397 | 504 | 402 | 510 | 577 | 735 | 586 | 739 | 677 | 846 |
| 400 | 470 | 590 | 466 | 572 | 451 | 564 | 457 | 571 | 673 | 845 | 676 | 837 | 769 | 938 |

Quadro 137A - Cabos monopolares isolados a EPR/HEPR
Tensão 3,6/6 kV a 18/30 kV

| Secção Nominal condutor | Cabos enterrados directamente no solo | | | | Cabos entubados | | | | Instalação ao ar | | | | | |
|-------------------------------|--|-----|--------------------|-----|-----------------|-----|--------------------|-----|------------------|-----|--------------------|-----|--------------------|-----|
| | Trevo Juntivo | | Esteira horizontal | | Trevo juntivo | | Esteira horizontal | | Trevo Juntivo | | Esteira horizontal | | Esteira horizontal | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | mm2 | Al. | Cu | Al. | Cu | Al. | Cu | Al. | Cu | Al. | Cu | Al. | Cu | Al. |
| 16 | 82 | 106 | 84 | 109 | 77 | 99 | 78 | 100 | 90 | 116 | 92 | 119 | 107 | 138 |
| 25 | 105 | 136 | 109 | 140 | 99 | 128 | 100 | 129 | 119 | 153 | 121 | 156 | 141 | 181 |
| 35 | 126 | 162 | 130 | 167 | 118 | 153 | 120 | 154 | 144 | 186 | 147 | 190 | 171 | 221 |
| 50 | 149 | 192 | 153 | 198 | 140 | 181 | 142 | 183 | 174 | 224 | 178 | 229 | 207 | 266 |
| 70 | 182 | 234 | 188 | 242 | 172 | 222 | 174 | 224 | 218 | 280 | 223 | 287 | 259 | 334 |
| 95 | 217 | 280 | 224 | 289 | 206 | 266 | 208 | 269 | 266 | 343 | 273 | 352 | 317 | 409 |
| 120 | 247 | 319 | 256 | 329 | 235 | 303 | 238 | 306 | 309 | 398 | 317 | 407 | 368 | 474 |
| 150 | 277 | 357 | 287 | 369 | 264 | 341 | 267 | 344 | 352 | 454 | 361 | 465 | 419 | 540 |
| 185 | 314 | 403 | 325 | 417 | 300 | 386 | 303 | 390 | 406 | 522 | 417 | 534 | 484 | 621 |
| 240 | 364 | 467 | 377 | 484 | 350 | 449 | 354 | 454 | 483 | 619 | 495 | 634 | 575 | 736 |
| 300 | 411 | 526 | 426 | 545 | 397 | 509 | 401 | 515 | 556 | 712 | 570 | 728 | 659 | 843 |
| 400 | 471 | 597 | 487 | 618 | 456 | 580 | 462 | 588 | 651 | 825 | 667 | 843 | 770 | 977 |

Temperatura máxima do condutor 90°C

Temperatura máxima ao ar livre 30°C

Temperatura máxima do solo 20°C

Profundidade de instalação 0,8m

Resistência térmica do solo 1,5K.m/W

Resistência térmica nos tubos 1,2K.m/W

Modo de ligação das blindagens - Ligação á terra em ambas as extremidade

5.5.2.2 - Cabo Tripolar LXHIAV / LXHIOAV / XHIAV / XHIOAV

Tensões: 6/10 kV, 8, 7/15 kV, 12/20 kV, 18/30 kV

Descrição:

- 1- Alma rígida em alumínio ou cobre
- 2 - Bainha semi-condutora extrudida
- 3 - Camada isolante em PEX
- 4 - Bainha semi-condutora extrudida
- 5 - Fita semi-condutora
- 6 - Êcran metálico em cobre
- 7 - Bainha de enchimento
- 8 - Armadura em fita de aço
- 9 - Bainha exterior

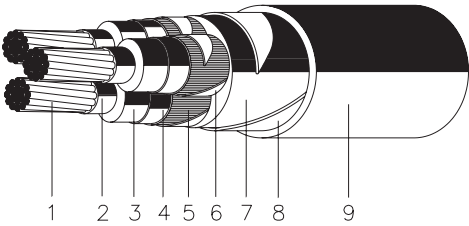


Figura 70 - Cabo tripolar

Quadro 138 - Características Dimensionais

| Seção nominal mm² | 6 / 10 kV | | | 8,7 / 15 kV | | | 12 / 20 kV | | |
|----------------------|----------------------------|-------|-----------------------------------|----------------------------|-------|-----------------------------------|----------------------------|-------|-----------------------------------|
| | Peso Aproximado kg / km | | Diâmetro exterior aprox. mm | Peso Aproximado kg / km | | Diâmetro exterior aprox. mm | Peso Aproximado kg / km | | Diâmetro exterior aprox. mm |
| | Al | Cu | | Al | Cu | | Al | Cu | |
| 3 x 25 | | 3000 | 41,0 | | 3480 | 48,0 | | 4700 | 55,0 |
| 3 x 35 | | 3550 | 44,0 | 3690 | 4260 | 50,5 | | 4900 | 55,0 |
| 3 x 50 | 3300 | 4150 | 47,0 | 4010 | 4880 | 53,0 | 4700 | 5600 | 58,0 |
| 3 x 70 | 3850 | 5100 | 51,0 | 4710 | 5930 | 57,0 | 5300 | 6500 | 63,0 |
| 3 x 95 | 4450 | 6250 | 55,0 | 5350 | 7140 | 61,5 | 6000 | 7800 | 65,5 |
| 3 x 120 | 5150 | 7350 | 58,5 | 5990 | 8240 | 66,0 | 6700 | 8900 | 69,5 |
| 3 x 150 | 5500 | 8400 | 62,0 | 6800 | 9450 | 69,0 | 7400 | 10000 | 73,0 |
| 3 x 185 | 6500 | 10000 | 66,5 | 7730 | 11280 | 71,5 | 9300 | 12500 | 78,0 |
| 3 x 240 | 7600 | 12100 | 72,0 | 9290 | 13600 | 78,0 | 10300 | 14900 | 85,0 |

5.5.2.3 - Cabos Auto-suportados (S) trimonopolares cableados subterrâneos e torçadas aéreas (isolamento em PEX)

Tensões: 6/10 kV, 8,7/15 kV, 12/20 kV, 18/30 kV

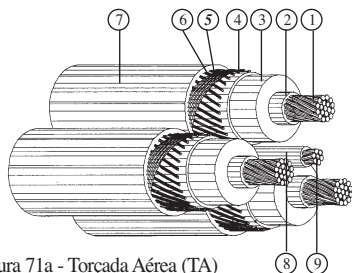


Figura 71a - Torçada Aérea (TA)

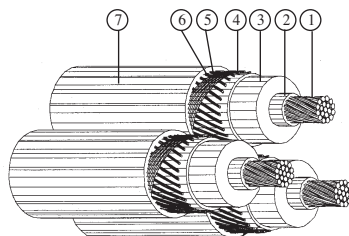


Figura 71b - Cabo trimonopolar Cableado Subterrâneo (T)

Descrição:

Torçada aérea

- 1 - Alma rígida em alumínio
- 2 - Camada semi-condutora extrudida
- 3 - Camada isolante em PEX
- 4 - Camada semi-condutora extrudida
- 5 - Ecran metálico em cobre
- 6 - Fita hidroexpansiva (opcional)
- 7 - Bainha em PVC, PEX ou PE
- 8 - Bainha em PVC, PEX ou PE
- 9 - Tensor em aço

Trimonopolar

- 1 - Alma rígida em alumínio
- 2 - Camada semi-condutora extrudida
- 3 - Camada isolante em PEX
- 4 - Camada semi-condutora extrudida
- 5 - Ecran metálico em cobre
- 6 - Fita hidroexpansiva (opcional)
- 7 - Bainha em PVC, PEX ou PE

Quadro 139 - Características Dimensionais / Intensidade em Regime Permanente













| Diâmetro exterior aproximado (mm) | | | | | | Secção Nominal | Queda de tensão $\Delta U = V/A \cdot \text{km}$ (***) $\cos \varphi = 0,8$ V |
|-----------------------------------|-------------|------------|--------------------|-------------|------------|----------------|---|
| Trimonopolar (*) | | | Torçada Aérea (**) | | | | |
| 6 / 10 kV | 8,7 / 15 kV | 12 / 20 kV | 6 / 10 kV | 8,7 / 15 kV | 12 / 20 kV | | |
| 44,0 | 50,0 | 54,5 | 49 | 54,5 | 60,0 | 35 | 1,7 |
| 48,5 | 53,5 | 60,0 | 53,0 | 57,5 | 64,0 | 50 | 1,3 |
| 52,0 | 58,0 | 62,5 | 56,5 | 61,0 | 67,0 | 70 | 0,92 |
| 55,5 | 62,0 | 66,5 | 60,5 | 65,5 | 71,0 | 95 | 0,69 |
| 59,0 | 63,5 | 68,0 | 63,5 | 68,5 | 73,0 | 120 | 0,56 |
| 62,5 | 67,5 | 71,5 | 66,5 | 71 | 76,0 | 150 | 0,48 |

(*) Fabrico para 18/30 kV sob encomenda.













(**) Com cabo portador de 50 mm² de aço. Outras secções do cabo portador podem ser fornecidas, sob pedido.

5.5.2.4 - Intensidade em regime permanente para cabos tripolares

Quadro 140 - Cabos tripolares isolados a XLPE
Tensão 3,6/6 kV a 18/30 kV

| Secção Nominal condutor | Cabos não armados | | | | | | Cabos armados | | | | | |
|-------------------------|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|--|
| | Enterrado directamente no solo | | Enterrado em tubo | | Ao ar | | Enterrado directamente no solo | | Enterrado em tubo | | Ao ar | |
| |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| mm ² | Al. | Cu | Al. | Cu | Al. | Cu | Al. | Cu | Al. | Cu | Al. | Cu |
| 16 | 78 | 101 | 67 | 87 | 84 | 109 | 78 | 101 | 68 | 88 | 85 | 110 |
| 25 | 100 | 129 | 87 | 112 | 110 | 142 | 100 | 129 | 87 | 112 | 111 | 143 |
| 35 | 119 | 153 | 103 | 133 | 132 | 170 | 119 | 154 | 104 | 134 | 133 | 172 |
| 50 | 140 | 181 | 122 | 158 | 158 | 204 | 140 | 181 | 123 | 158 | 159 | 205 |
| 70 | 171 | 221 | 150 | 193 | 196 | 253 | 171 | 220 | 150 | 194 | 196 | 253 |
| 95 | 203 | 262 | 179 | 231 | 236 | 304 | 204 | 263 | 180 | 232 | 238 | 307 |
| 120 | 232 | 298 | 205 | 264 | 273 | 351 | 232 | 298 | 206 | 264 | 274 | 352 |
| 150 | 260 | 334 | 231 | 297 | 309 | 398 | 259 | 332 | 231 | 296 | 309 | 397 |
| 185 | 294 | 377 | 262 | 336 | 355 | 455 | 293 | 374 | 262 | 335 | 354 | 453 |
| 240 | 340 | 434 | 305 | 390 | 415 | 531 | 338 | 431 | 304 | 387 | 415 | 529 |
| 300 | 384 | 489 | 346 | 441 | 475 | 606 | 380 | 482 | 343 | 435 | 472 | 599 |
| 400 | 438 | 553 | 398 | 501 | 552 | 696 | 432 | 541 | 393 | 492 | 545 | 683 |

Quadro 140A - Cabos tripolares isolados a EPR/HEPR
Tensão 3,6/6 kV a 18/30 kV

| Secção Nominal condutor | Cabos não armados | | | | | | Cabos armados | | | | | |
|-------------------------|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|--|
| | Enterrado directamente no solo | | Enterrado em tubo | | Ao ar | | Enterrado directamente no solo | | Enterrado em tubo | | Ao ar | |
| |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| mm ² | Al. | Cu | Al. | Cu | Al. | Cu | Al. | Cu | Al. | Cu | Al. | Cu |
| 16 | 76 | 98 | 65 | 84 | 80 | 104 | 76 | 98 | 66 | 85 | 81 | 104 |
| 25 | 97 | 125 | 84 | 109 | 105 | 135 | 97 | 125 | 85 | 109 | 105 | 136 |
| 35 | 116 | 150 | 101 | 130 | 127 | 164 | 116 | 150 | 101 | 131 | 127 | 164 |
| 50 | 137 | 176 | 119 | 154 | 151 | 195 | 137 | 177 | 120 | 155 | 153 | 197 |
| 70 | 167 | 216 | 147 | 189 | 189 | 243 | 168 | 216 | 147 | 190 | 190 | 244 |
| 95 | 200 | 258 | 176 | 227 | 229 | 296 | 200 | 257 | 176 | 227 | 230 | 296 |
| 120 | 227 | 292 | 201 | 258 | 263 | 339 | 227 | 292 | 201 | 259 | 264 | 339 |
| 150 | 255 | 328 | 226 | 291 | 299 | 385 | 254 | 327 | 226 | 291 | 300 | 385 |
| 185 | 289 | 371 | 257 | 330 | 343 | 441 | 288 | 368 | 257 | 328 | 343 | 439 |
| 240 | 335 | 429 | 300 | 384 | 406 | 519 | 332 | 424 | 299 | 381 | 402 | 513 |
| 300 | 378 | 482 | 340 | 434 | 462 | 590 | 374 | 475 | 338 | 429 | 459 | 583 |
| 400 | 432 | 545 | 392 | 494 | 538 | 678 | 426 | 534 | 387 | 485 | 530 | 666 |

Temperatura máxima do condutor 90°C

Temperatura máxima ao ar livre 30°C

Temperatura máxima do solo 20°C

Profundidade de instalação 0,8m

Resistência térmica do solo 1,5K.m/W

Resistência térmica nos tubos 1,2K.m/W

Modo de ligação das blindagens - Ligação á terra em ambas as extremidade

5.5.3 - Cabos de Alta Tensão

Normas de referência:

CEI 60840; HD 632 S1

Características Principais:

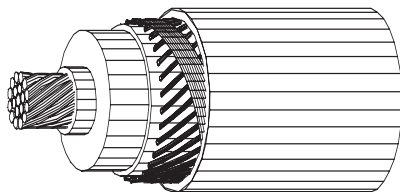
| | |
|------------------------|---|
| Alma condutora: | Alumínio ou cobre multifilar compactado |
| Semicondutor interior: | Composto semicondutor extrudido |
| Isolante: | PEX - Polietileno reticulado ou HEPR - Borracha de etileno propileno de alto módulo de elasticidade |
| Semicondutor interior: | Composto semicondutor extrudido |
| Blindagem: | Fios e fita de cobre ou fita de cobre |
| Bainha exterior: | PVC ou PE (de baixa, média ou alta densidade) |

Características de bloqueio á penetração de humidade:

| | |
|----------------------------|--|
| Estanquidade: longitudinal | No condutor e/ou na blindagem, conforme defenido no Capitulo I, parágrafo 1.2.6 Colocada apenas sob encomenda |
| Estanquidade: transversal | Sob a bainha exterior, por aplicação de fitas metálicas aderentes á bainha exterior Colocada apenas sob encomenda |

Tipos de Cabo:

Figura 72 — Cabo monopolar



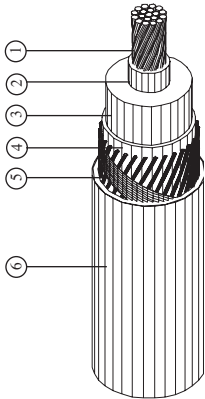
Nota:

1 - Os quadros 141 ao 145, apresentam as características dimensionais e eléctricas das composições mais simples dos cabos 26/45kV, 36/60kV, 64/110kV, 76/138kV, e 87/150kV. Dadas as particularidades das instalações de Alta Tensão, as intensidades admissíveis não estão indicadas, mas poderão ser fornecidas mediante indicação das condições de instalação.

2 - Nos pontos 5.5.3.1 são apresentados os cabos de 36/60kV adoptados pela EDP - Electricidade de Portugal, incluindo capacidade de transporte nas condições de instalação indicadas MS DMA C33 - 281/N, caractrísticas dimensionais e eléctricas.

Quadro 141 - Características Técnicas
Cabo Monopolar LXHIV / LXHIOV / XHIV / XHIOV
Tensão - 26/45 kV

| Características Dimensionais | | | | | | | | | | Características Eléctricas | | | | | |
|------------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------|---------------------------------------|-------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------------|------|
| Seção Nominal (mm) | Espessura Isolação (mm) | Diâmetro sobre Isolação (mm) | Espessura Bafinha (mm) | Diâmetro exterior (mm) | Peso Aproximado (kg/km) | | Resistência elétrica DC a 20°C (Ω/Km) | | Resistência elétrica AC a 90°C (Ω/Km) | | Capacidade C (μF/km) | Indutância L (mH/km) | Reatância XL (Ω/km) | Impedância Z _{90°C} (Ω/km) | |
| | | | | | Al | Cu | Al | Cu | Al | Cu | | | | Al | Cu |
| 120 | | 32.0 | 2.2 | 41.0 | 1650 | 2380 | 0.253 | 0.153 | 0.324 | 0.195 | 0.18 | 0.417 | 0.131 | 0.35 | 0.24 |
| 150 | | 33.3 | 2.2 | 42.5 | 1770 | 2680 | 0.206 | 0.124 | 0.264 | 0.158 | 0.19 | 0.405 | 0.127 | 0.29 | 0.20 |
| 185 | | 35.4 | 2.3 | 44.5 | 1990 | 3120 | 0.164 | 0.099 | 0.210 | 0.126 | 0.21 | 0.388 | 0.122 | 0.24 | 0.18 |
| 240 | | 37.5 | 2.4 | 47.0 | 2250 | 3730 | 0.125 | 0.075 | 0.160 | 0.096 | 0.23 | 0.374 | 0.117 | 0.20 | 0.15 |
| 300 | 8.5 | 39.8 | 2.4 | 49.0 | 2540 | 4370 | 0.100 | 0.060 | 0.128 | 0.077 | 0.25 | 0.360 | 0.113 | 0.17 | 0.14 |
| 400 | | 42.5 | 2.5 | 52.0 | 2890 | 5240 | 0.078 | 0.047 | 0.100 | 0.060 | 0.27 | 0.347 | 0.109 | 0.15 | 0.12 |
| 500 | | 45.5 | 2.6 | 55.5 | 3320 | 6410 | 0.061 | 0.037 | 0.078 | 0.047 | 0.30 | 0.335 | 0.105 | 0.13 | 0.12 |
| 630 | | 49.5 | 2.7 | 59.5 | 3880 | 7820 | 0.047 | 0.028 | 0.060 | 0.036 | 0.33 | 0.322 | 0.101 | 0.12 | 0.11 |
| 800 | | 53.7 | 2.9 | 64.0 | 4640 | 9590 | 0.037 | 0.022 | 0.047 | 0.028 | 0.36 | 0.311 | 0.098 | 0.11 | 0.10 |
| 1000 | | 57.8 | 3.0 | 68.5 | 5400 | 11590 | 0.029 | 0.018 | 0.037 | 0.022 | 0.40 | 0.301 | 0.095 | 0.10 | 0.10 |



Nota: Os valores da tabela são fornecidos a título indicativo, considerando uma instalação em trevo conjunto.

Descrição:

- 1 - Alma rígida em alumínio ou cobre
- 2 - Bainha semicondutora interior
- 3 - Isolação em PEX
- 4 - Camada semicondutora exterior
- 5 - Écran metálico em cobre (fita ou fios e fita)
- 6 - Bainha exterior em PVC (poderá ser em PE, sob encomenda).

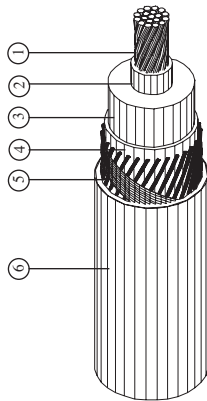
Quadro 142 - Características Técnicas
Cabo Monopolar LXHIV / LXHIOV / XHIV / XHIOV
Tensão - 36/66 kV

| Características Dimensionais | | | | | | | Características Eléctricas | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|-------|---------------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|----------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------------|------|
| Seção Nominal (mm) | Espessura Isolação (mm) | Diâmetro sobre Isolação (mm) | Espessura Baita (mm) | Diâmetro exterior (mm) | Peso Aproximado (kg/km) | | Resistência elétrica DC a 20°C (Ω/Km) | | Resistência elétrica AC a 90°C (Ω/Km) | | Capacidade C (μF/km) | Indutância L (mH/km) | Reatância XL (Ω/km) | Impedância Z _{90°C} (Ω/km) | |
| | | | | | Al | Cu | Al | Cu | Al | Cu | | | | Al | Cu |
| 120 | | 35.0 | 2.3 | 44.0 | 1860 | 2590 | 0.253 | 0.153 | 0.324 | 0.195 | 0.16 | 0.432 | 0.136 | 0.35 | 0.24 |
| 150 | | 36.3 | 2.3 | 45.5 | 1990 | 2900 | 0.206 | 0.124 | 0.264 | 0.158 | 0.17 | 0.419 | 0.132 | 0.30 | 0.21 |
| 185 | | 38.4 | 2.4 | 48.0 | 2220 | 3340 | 0.164 | 0.099 | 0.210 | 0.126 | 0.19 | 0.402 | 0.126 | 0.25 | 0.18 |
| 240 | | 40.5 | 2.5 | 50.0 | 2490 | 3970 | 0.125 | 0.075 | 0.160 | 0.096 | 0.20 | 0.387 | 0.122 | 0.20 | 0.16 |
| 300 | 10.0 | 42.8 | 2.5 | 52.5 | 2790 | 4630 | 0.100 | 0.060 | 0.128 | 0.077 | 0.22 | 0.373 | 0.117 | 0.17 | 0.14 |
| 400 | | 45.5 | 2.6 | 55.5 | 3150 | 5510 | 0.078 | 0.047 | 0.100 | 0.060 | 0.24 | 0.359 | 0.113 | 0.15 | 0.13 |
| 500 | | 48.5 | 2.7 | 58.5 | 3610 | 6700 | 0.061 | 0.037 | 0.078 | 0.047 | 0.26 | 0.346 | 0.109 | 0.13 | 0.12 |
| 630 | | 52.5 | 2.8 | 62.5 | 4180 | 8120 | 0.047 | 0.028 | 0.060 | 0.036 | 0.29 | 0.332 | 0.104 | 0.12 | 0.11 |
| 800 | | 56.7 | 3.0 | 67.5 | 4970 | 9920 | 0.037 | 0.022 | 0.047 | 0.028 | 0.32 | 0.321 | 0.101 | 0.11 | 0.10 |
| 1000 | | 60.8 | 3.1 | 71.5 | 5750 | 11940 | 0.029 | 0.018 | 0.037 | 0.022 | 0.35 | 0.311 | 0.098 | 0.10 | 0.10 |

Nota: Os valores da tabela são fornecidos a título indicativo, considerando uma instalação em trevo conjunto.

Descrição:

- 1 - Alma rígida em alumínio ou cobre
- 2 - Baíha semicondutora interior
- 3 - Isolação em PEX
- 4 - Camada semicondutora exterior
- 5 - Écran metálico em cobre (fita ou fios e fita)
- 6 - Baíha exterior em PVC (podrá ser em PE, sob encomenda).



Quadro 143 - Características Técnicas

Cabo Monopolar LXHIV / LXHIOV / XHIV / XHIOV

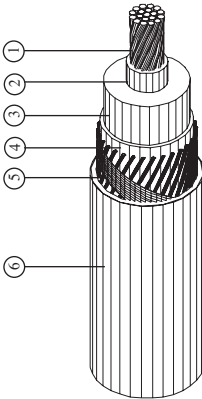
Tensão - 64/110 kV

| Características Dimensionais | | | | | Características Eléctricas | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------|-------|--|-------|--|-------|----------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------------|------|
| Seção Nominal (mm) | Espessura Isolação (mm) | Diâmetro sobre Isolação (mm) | Espessura Bainha (mm) | Diâmetro exterior (mm) | Peso Aproximado (kg/km) | | Resistência eléctrica DC a 20°C (Ω/Km) | | Resistência eléctrica AC a 90°C (Ω/Km) | | Capacidade C (μF/km) | Indutância L (mH/km) | Reatância XL (Ω/km) | Impedância Z _{90°C} (Ω/km) | |
| | | | | | Al | Cu | Al | Cu | Al | Cu | | | | Al | Cu |
| 240 | | 52.5 | 2.9 | 63.0 | 3610 | 5100 | 0.125 | 0.075 | 0.160 | 0.096 | 0.15 | 0.433 | 0.136 | 0.21 | 0.17 |
| 300 | | 54.8 | 2.9 | 65.0 | 3960 | 5790 | 0.100 | 0.060 | 0.128 | 0.077 | 0.16 | 0.417 | 0.131 | 0.18 | 0.15 |
| 400 | | 57.5 | 3.1 | 68.5 | 4410 | 6770 | 0.078 | 0.047 | 0.100 | 0.060 | 0.17 | 0.401 | 0.126 | 0.16 | 0.14 |
| 500 | 16.0 | 60.5 | 3.1 | 71.5 | 4900 | 7990 | 0.061 | 0.037 | 0.078 | 0.047 | 0.18 | 0.386 | 0.121 | 0.14 | 0.13 |
| 630 | | 64.5 | 3.3 | 75.5 | 5590 | 9530 | 0.047 | 0.028 | 0.060 | 0.036 | 0.20 | 0.370 | 0.116 | 0.13 | 0.12 |
| 800 | | 68.7 | 3.4 | 80.0 | 6430 | 11380 | 0.037 | 0.022 | 0.047 | 0.028 | 0.22 | 0.355 | 0.112 | 0.12 | 0.12 |
| 1000 | | 72.8 | 3.5 | 84.5 | 7300 | 13490 | 0.029 | 0.018 | 0.037 | 0.022 | 0.24 | 0.344 | 0.108 | 0.11 | 0.11 |

Nota: Os valores da tabela são fornecidos a título indicativo, considerando uma instalação em trevo junto.

Descrição:

- 1 - Alma rígida em alumínio ou cobre
- 2 - Bainha semicondutora interior
- 3 - Isolação em PEX
- 4 - Camada semicondutora exterior
- 5 - Êcran metálico em cobre (fita ou fios e fita)
- 6 - Bainha exterior em PVC (poderá ser em PE, sob encomenda).



Quadro 144 - Características Técnicas

Cabo Monopolar LXHIV / LXHIOV / XHIV / XHIOV

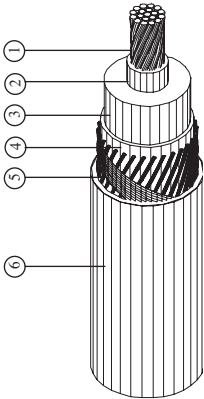
Tensão - 76/138 kV

| Características Dimensionais | | | | | Características Eléctricas | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------|-------|--|-------|--|-------|----------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------------|------|
| Secção Nominal (mm) | Espessura Isolação (mm) | Diâmetro sobre Isolação (mm) | Espessura Bainha (mm) | Diâmetro exterior (mm) | Peso Aproximado (kg/km) | | Resistência eléctrica DC a 20°C (Ω/Km) | | Resistência eléctrica AC a 90°C (Ω/Km) | | Capacidade C (µF/km) | Indutância L (mH/km) | Reatância XL (Ω/km) | Impedância Z _{90°C} (Ω/km) | |
| | | | | | Al | Cu | Al | Cu | Al | Cu | | | | Al | Cu |
| 240 | | 56.5 | 3.0 | 67.0 | 4030 | 5520 | 0.125 | 0.075 | 0.160 | 0.096 | 0.14 | 0.446 | 0.140 | 0.21 | 0.17 |
| 300 | | 58.8 | 3.1 | 69.5 | 4420 | 6260 | 0.100 | 0.060 | 0.128 | 0.077 | 0.15 | 0.430 | 0.135 | 0.19 | 0.16 |
| 400 | | 61.5 | 3.2 | 72.5 | 4870 | 7220 | 0.078 | 0.047 | 0.100 | 0.060 | 0.16 | 0.413 | 0.130 | 0.16 | 0.14 |
| 500 | 18.0 | 64.5 | 3.3 | 75.5 | 5410 | 8500 | 0.061 | 0.037 | 0.078 | 0.047 | 0.17 | 0.398 | 0.125 | 0.15 | 0.13 |
| 630 | | 68.5 | 3.4 | 80.0 | 6090 | 10030 | 0.047 | 0.028 | 0.060 | 0.036 | 0.19 | 0.381 | 0.120 | 0.13 | 0.12 |
| 800 | | 72.7 | 3.5 | 84.5 | 6970 | 11920 | 0.037 | 0.022 | 0.047 | 0.028 | 0.20 | 0.366 | 0.115 | 0.12 | 0.12 |
| 1000 | | 76.8 | 3.7 | 89.0 | 7900 | 14090 | 0.029 | 0.018 | 0.037 | 0.022 | 0.22 | 0.354 | 0.111 | 0.12 | 0.11 |

Nota: Os valores da tabela são fornecidos a título indicativo, considerando uma instalação em trevo conjunto.

Descrição:

- 1 - Alma rígida em alumínio ou cobre
- 2 - Baínha semicondutora interior
- 3 - Isolação em PEX
- 4 - Camada semicondutora exterior
- 5 - Êcran metálico em cobre (fita ou fios e fita)
- 6 - Baínha exterior em PVC (poderá ser em PE, sob encomenda).



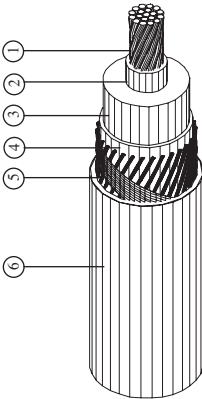
Quadro 145 - Características Técnicas

Cabo Monopolar LXHIV / LXHIOV / XHIV / XHIOV

Tensão - 87/150 kV

| Características Dimensionais | | | | | | Características Eléctricas | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|--|-------|--|-------|----------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------------|------|
| Seção Nominal (mm) | Espessura Isolação (mm) | Diâmetro sobre Isolação (mm) | Espessura Bafinha (mm) | Diâmetro exterior (mm) | Peso Aproximado (kg/km) | | Resistência eléctrica DC a 20°C (Ω/Km) | | Resistência eléctrica AC a 90°C (Ω/Km) | | Capacidade C (μF/km) | Indutância L (mH/km) | Reatância XL (Ω/km) | Impedância Z _{90°C} (Ω/km) | |
| | | | | | Al | Cu | Al | Cu | Al | Cu | | | | Al | Cu |
| 240 | 20.0 | 60.5 | 3.2 | 71.5 | 4510 | 6000 | 0.125 | 0.075 | 0.160 | 0.096 | 0.13 | 0.458 | 0.144 | 0.22 | 0.17 |
| 300 | | 62.8 | 3.2 | 74.0 | 4890 | 6730 | 0.100 | 0.060 | 0.128 | 0.077 | 0.14 | 0.441 | 0.139 | 0.19 | 0.16 |
| 400 | | 65.5 | 3.3 | 76.5 | 5350 | 7710 | 0.078 | 0.047 | 0.100 | 0.060 | 0.15 | 0.425 | 0.133 | 0.17 | 0.15 |
| 500 | | 68.5 | 3.4 | 80.0 | 5910 | 9000 | 0.061 | 0.037 | 0.078 | 0.047 | 0.16 | 0.409 | 0.128 | 0.15 | 0.14 |
| 630 | | 72.5 | 3.5 | 84.0 | 6630 | 10570 | 0.047 | 0.028 | 0.060 | 0.036 | 0.17 | 0.391 | 0.123 | 0.14 | 0.13 |
| 800 | 20.0 | 76.7 | 3.7 | 88.5 | 7570 | 12520 | 0.037 | 0.022 | 0.047 | 0.028 | 0.19 | 0.376 | 0.118 | 0.13 | 0.12 |
| 1000 | | 80.8 | 3.8 | 93.0 | 8490 | 14680 | 0.029 | 0.018 | 0.037 | 0.022 | 0.20 | 0.363 | 0.114 | 0.12 | 0.12 |

Nota: Os valores da tabela são fornecidos a título indicativo, considerando uma instalação em trevo junto.



Descrição:

- 1 - Alma rígida em alumínio ou cobre
- 2 - Bainha semicondutora interior
- 3 - Isolação em PEX
- 4 - Camada semicondutora exterior
- 5 - Êcran metálico em cobre (fita ou fios e fita)
- 6 - Bainha exterior em PVC (poderá ser em PE, sob encomenda).

5.5.3.1 - Cabos Isolados de 60kV

As características dos cabos de Alta Tensão são definidas de forma a garantir o cumprimento dos ensaios prescritos na normalização europeia de referência, a CEI 60840 e o HD 632 S1.

As empresas distribuidoras de energia definem as características dos produtos que incorporam as suas redes, sintetizando-as em especificações próprias, definindo:

- As características e composição dos cabos
- As secções normalizadas adoptadas
- As condições de instalação
- Os ensaios a que devem ser submetidos em fábrica
- Os ensaios a realizar após instalação

A título de exemplo, indicamos as características tipo dos cabos isolados de 60kV que a SOLIDAL produz designados por LXHIOLE:

Composição dos cabos LXHIOLE

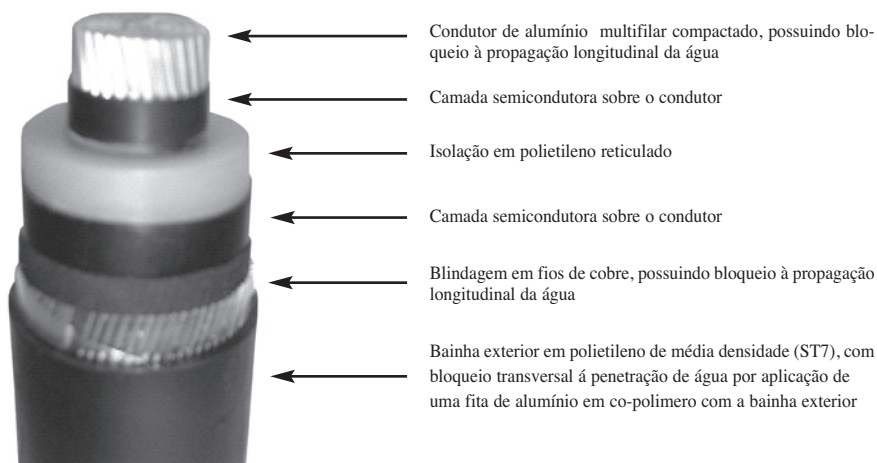


Figura 73 - Cabo Isolado de Alta Tensão

As características de algumas das secções normalizadas são indicadas nos quadros 147 a 149.

A NP 665 (Sistema de designação de cabos eléctricos isolados - ver ponto 1.6 da pág. 58) de Julho de 2006 define que a aplicação do símbolo “(cbe)” a seguir à designação do cabo, identifica cabos com condutor e blindagem estanque, ou seja, que possuem bloqueio á propagação longitudinal da água no condutor e blindagem.

Podem ser utilizadas várias secções de blindagem adequadas à correntes de defeito prevista na instalação. Por exemplo, são definidas as secções de blindagem de 60mm² e 135mm², para as seguintes correntes de defeito monofásico:

- 60mm², para corrente de curto-circuito de 11 kA/0,6s.
- 135mm², para a corrente de curto-circuito de 25 kA/0,6s.

5.5.3.1.1 – Condições de instalação

Dada a variedade de combinações possíveis, a título indicativo, apresentamos no quadro 147 as intensidades nas seguintes condições de instalação:

Cabos directamente enterrados

| | |
|--|---|
| Tipo de instalação | Cabos enterrados directamente no solo |
| Profundidade de instalação | 1,3 m (ao centro do trevo juntivo) |
| Resistividade térmica do solo | 1,2 °C x m / W |
| Temperatura máxima do solo á profundidade de instalação | 20°C |
| Arranjo de cada circuito na vala | 3 cabos em trevo juntivo |
| Distância entre centros de circuitos (no caso de dois circuitos trifásicos em operação simultânea) | 40 cm - secções de 185 e 400mm ² |
| | 50 cm - secção de 630 mm ² |
| | 70 cm - secção de 1000 mm ² |
| Modo de ligação das blindagens | Ligação á terra em ambas as extremidades da linha |
| Sem proximidade com outros cabos e sem travessias | Afastamento a outros circuitos superior a 1,5m |
| Regime de carga | 24 h – 100% |
| Temperatura de serviço no condutor | 90°C |

Cabos ao ar livre

| | |
|---|---|
| Tipo de instalação | Cabos protegidos da exposição solar directa fixados directamente a uma parede |
| Temperatura ambiente máxima (ao nível do mar) | 30°C |
| Modo de ligação das blindagens | Ligação á terra em ambas as extremidades da linha |
| Regime de carga | 24 h – 100% |
| Temperatura de serviço no condutor | 90°C |

5.5.3.1.2 – Capacidade de transporte

A intensidade máxima em regime permanente é condicionada por todos os parâmetros da instalação, pelo que qualquer alteração ás condições de instalação indicadas deverá ser cuidadosamente analisada para verificar o seu efeito na capacidade de transporte dos cabos.

Os valores indicados no quadro 147 baseiam-se nas condições de instalação definidas em 5.5.3.1.1.

As intensidades no quadro 147 são indicadas apenas para o caso da ligação das blindagens á terra nos dois extremos da linha (“Both Ends”).

Dependendo dos cabos e das exigências da instalação poderão ser utilizados casos especiais de ligação de blindagens: permutação de blindagens (“Cross-Bonding”) e ligação á terra num dos extremos da linha (“Single Point”).

Quadro 147 – Capacidade de transporte em regime permanente

| Cabo | Cabos directamente enterrados | | Cabos ao ar livre a) | |
|----------------------------------|-------------------------------|--|-----------------------------|--|
| | 1 circuito | 2 circuitos em operação simultânea | 1 circuito | 2 circuitos em operação Simultânea |
| | | | | |
| LXHIOLE (cbe) 1x185/60 36/60kV | 335 | 285 | 428 | |
| LXHIOLE (cbe) 1x400/60 36/60kV | 494 | 417 | 661 | |
| LXHIOLE (cbe) 1x630/60 36/60kV | 636 | 541 | 878 | |
| LXHIOLE (cbe) 1x1000/60 36/60kV | 789 | 685 | 1115 | |
| | | | | |
| LXHIOLE (cbe) 1x185/135 36/60kV | 331 | 281 | 427 | |
| LXHIOLE (cbe) 1x400/135 36/60kV | 481 | 404 | 652 | |
| LXHIOLE (cbe) 1x630/135 36/60kV | 609 | 516 | 852 | |
| LXHIOLE (cbe) 1x1000/135 36/60kV | 742 | 642 | 1059 | |

a) Para utilização de dois circuitos em operação simultânea a capacidade de transporte ao ar livre não é reduzida desde que:

- O volume de ar e a ventilação natural sejam suficientes para dissipar as perdas térmicas;
- O espaçamento entre ternos de cabos seja superior a $4 \times d$ (sendo d o diâmetro exterior do cabo);
- O espaçamento entre cabos seja superior a $2 \times d$ (sendo d o diâmetro exterior do cabo) ou ternos de cabos;

No âmbito do fornecimento de cabos de Alta Tensão a SOLIDAL está disponível para:

- Efectuar o apoio na execução do projecto
- Fornecer os materiais necessários á execução da obra (cabos, acessórios, ...)
- Garantir a execução dos acessórios
- Realizar a supervisão do desenrolamento
- Realizar os ensaios finais

Quadro 148 – Características dimensionais

| Seção nominal condutor (mm) | Seção nominal blindagem (mm) | Espessura nominal isolamento (mm) | Diâmetro sobre isolamento (mm) | Diâmetro exterior (mm) | Peso Aproximado (Kg/Km) | Esforço de tração máximo no condutor da N | Raio de curvatura mínimo durante o desenrolamento |
|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------|-------------------------|---|---|
| 185 | 60 | 13 | 44,9 | 60 | 3180 | 1110 | 1500 |
| 400 | | | 52,1 | 67 | 4140 | 2400 | 1680 |
| 630 | | | 59,1 | 74 | 5180 | 3780 | 1850 |
| 1000 | 135 | 13 | 67,8 | 82 | 6700 | 6000 | 2050 |
| 185 | | | 44,9 | 62 | 3920 | 1110 | 1550 |
| 400 | | | 52,1 | 70 | 4880 | 2400 | 1750 |
| 630 | | | 59,1 | 77 | 5920 | 3780 | 1930 |
| 1000 | | | 67,8 | 85 | 7440 | 6000 | 2130 |

Quadro 149 – Características eléctricas

| Seção nominal condutor/blindagem (mm2) | Resistência máxima do condutor 20°C/90°C a 50Hz Ω/Km | Resistência máxima da blindagem 20°C c.c. Ω/Km | Capacidade $\mu F/Km$ | Reactância indutiva (trevo juntivo) Ω/Km | Impedância a 90°C Ω/Km | Intensidade de c.c. máxima no condutor kA / 1s | Intensidade de c.c. máxima na blindagem 1,0s / 0,6s kA |
|--|---|---|-----------------------|---|-------------------------------|--|--|
| 185/60 | 0,164 / 0,2108 | 0,33 | 0,16 | 0,13 | 0,25 | 17,4 | 8,6 / 11,2 |
| 400/60 | 0,0778 / 0,1010 | | 0,20 | 0,12 | 0,16 | 37,6 | |
| 630/60 | 0,0469 / 0,0625 | | 0,23 | 0,11 | 0,13 | 59,2 | |
| 1000/60 | 0,0291 / 0,0413 | 0,14 | 0,28 | 0,10 | 0,11 | 94,0 | 19,4 / 25,1 |
| 185/135 | 0,164 / 0,2108 | | 0,16 | 0,14 | 0,25 | 17,4 | |
| 400/135 | 0,0778 / 0,1010 | | 0,20 | 0,12 | 0,16 | 37,6 | |
| 630/135 | 0,0469 / 0,0625 | | 0,23 | 0,11 | 0,13 | 59,2 | |
| 1000/135 | 0,0291 / 0,0413 | | 0,28 | 0,10 | 0,11 | 94,0 | |