

CONSTITUIÇÃO DOS CONDUTORES E CABOS DE ENERGIA



CONDUTORES E CABOS ELÉTRICOS

Tópicos

- Generalidades
 - Indicações necessárias para a escolha da especificação.
- Constituição dos condutores e cabos de energia;
 - Alma Condutora;
 - Camada Isolante;
 - Revestimentos metálicos;
 - Bainhas interiores e exteriores;
- Tipos e características dos **materiais** utilizados nos condutores e cabos de energia;

Generalidades

Os condutores e cabos de energia utilizados nas instalações eléctricas, abrangem vários tipos, em função das variadas aplicações para que estão destinados

Os cabos para transmissão de energia distinguem-se principalmente:

➤ ***Pelo tipo de instalação:***

- Domésticas,
- Industriais,
- Distribuição,
- Aplicações particulares

➤ **Pela tensão de serviço entre fases U:**

- baixa tensão $U \leq 1\,000\text{ V}$,
- média tensão $1\,000\text{ V} < U < 45\,000\text{ V}$,
- alta tensão $45\,000\text{ V} \leq U \leq 225\,000\text{ V}$,
- muito alta tensão $U > 225\,000\text{ V}$.

Podem ainda ser cabos rígidos ou flexíveis, conforme a instalação a alimentar seja fixa ou móvel, respectivamente.

Em cada caso apresentado, a escolha deverá ser feita de maneira a conferir ao cabo características e qualidades requeridas, quer no plano técnico quer económico.

Indicações necessárias para a escolha correcta da especificação

A determinação da especificação é um problema complexo, com grande número de parâmetros em jogo, **quer técnicos quer económicos.**

Na maior parte dos casos não é possível determinar com precisão a totalidade desses elementos, tanto mais que a interpretação de alguns é, por vezes, delicada.

1 - Relativamente à Rede de Alimentação

- Natureza da corrente e modo de distribuição:
 - corrente contínua,
 - corrente alternada:
 - modo de distribuição: Monofásica, bifásica, trifásica,
 - frequência;
- Tensão entre condutores no ponto da alimentação (tensão composta no caso de corrente alternada):
 - tensão nominal de serviço,
 - tensão máxima de serviço;
- Ponto neutro:
 - directamente ligado à terra,
 - ligado a terra por intermédio de uma impedância,
 - isolado (neste caso, é necessário precisar a probabilidade de ocorrência de defeitos fase-terra e as condições de eliminação dos mesmos);

2 - Relativamente à Instalação a Alimentar a às Condições de Funcionamento da Canalização

- Tensão entre condutores no ponto da utilização ou queda de tensão admissível;
- Factor de potência;
- Potência a transmitir (activa ou aparente) ou intensidade da corrente;
- Regime de carga:
 - regime permanente,
 - regime cíclico (diagrama de intensidade e duração correspondente),
 - condições de sobrecarga (intensidade, duração, probabilidade);
- Condições de curto-circuito na alma condutora e écran (intensidade, duração).

3 - Relativamente às Características do Cabo

- Tensão nominal (ou estipulada);
- Tipo de cabo (rígido, flexível, de campo radial ou não, natureza do isolamento, etc.);
- Comprimento total do cabo;
- Número de condutores;
- Natureza do metal dos condutores (alumínio, cobre);
- Condições especiais, caso existam:
 - caderno de encargos imposto,
 - referências particulares,
 - condições de recepção,
 - condições de entrega (comprimentos desejados, limitações no peso e dimensões das bobinas, ...).

4 - *Relativamente às Condições de Instalação do Cabo*

— Modo de colocação:

- ao ar - no ar livre, exposto ou não às radiações solares,
- em galeria, caleira de betão, tabuleiros ou entubado
(dimensões, ventilação eventual, ...).
- no solo - directamente,
- em caleira de betão cheia de areia,
- em tubos (comprimento, tipo, dimensões e disposição dos
tubos, ...);

— Características térmicas do local:

- temperatura do ar ambiente,
- temperatura do solo à profundidade de colocação,
- resistividade térmica do solo;

— Proximidade com outros cabos (ou fontes de calor):

- número de cabos, tipo, natureza e secção das almas condutoras, potência a transmitir,
- disposição e distância em relação ao cabo considerado (esquema se possível);

— Agressividade do local:

- natureza do solo,
- imersão em água,
- contacto com produtos químicos (natureza dos produtos, concentração, temperatura, tipo de contacto, imersão temporária ou prolongada, ...);

— Outras condições:

- colocação do cabo em instalação móvel (enrolador, grua, plataforma girante, ...),
- particularidades do traçado: colocação vertical, com desnivelamentos importantes, com desníveis aéreo-subterrâneos, travessias de estradas, rios, ...
- esforços mecânicos na colocação ou em serviço,

- riscos de fenómenos de indução, provocado por outras canalizações nas proximidades,
- etc.

5 - Relativamente aos Acessórios da Instalação

— Extremidades:

- disposição
 - no interior,
 - no exterior,
 - em celas ou caixas (dimensões, natureza do material de enchimento),
- riscos de poluição (poeiras condutoras, atmosfera salina, ...);

— Junções e derivações:

- execução,
- protecções particulares (mecânica, química, ...);

— Condições de ligação à terra.

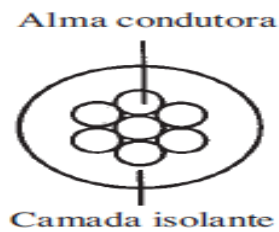
Constituição dos condutores e cabos de energia

Objectivo:

- ✓ Apresentar o tipo e características dos principais **materiais** que são utilizados nos condutores e cabos de energia ;

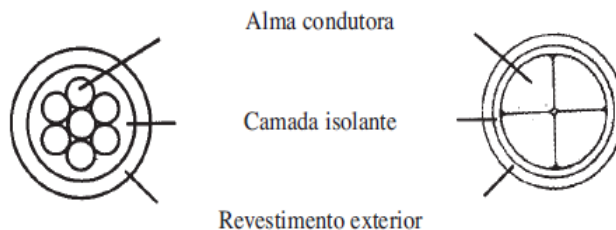
Constituição dos condutores e cabos de energia

Chama-se condutor ao conjunto constituído por uma alma condutora e camada isolante.



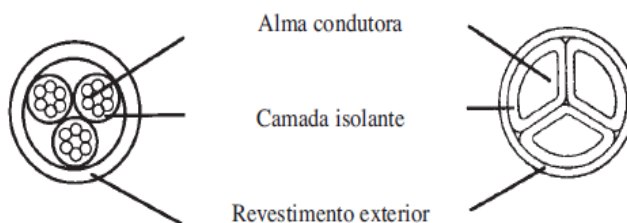
Constituição dos condutores e cabos de energia

Um condutor munido de um revestimento exterior é designado por cabo unipolar (ou monopolar ou monocondutor).



Constituição dos condutores e cabos de energia

Um cabo multipolar é formado por vários condutores electricamente distintos e mecanicamente solidários. A designação de multicondutor é, em geral, usada para cabos com mais de três condutores.



Alma condutora

Caracteriza-se principalmente pela natureza do material condutor, pela secção nominal e pela sua composição, que condicionam a flexibilidade e a resistência ohmica do condutor.

Natureza do material condutor

A alma condutora pode ser em:

- Cobre recozido, nu ou estanhado;
- Alumínio, geralmente 3/4 duro;
- Ligas de alumínio (resistência mecânica superior ao alumínio).

Quadro - Características físicas eléctricas e mecánicas

Características	Cobre Recozido	Alumínio 3/4 duro	Liga de Alumínio (Al, Mg e Si)
Grau de Pureza, %.....	> 99,9	> 99,5 (*)	—
Resistividade a 20°C, ohm . mm ² /m.....	17,241 . 10 ⁻³	28,264 . 10 ⁻³	32,8 . 10 ⁻³
Coeficiente de variação da resistência óhmica com a temperatura, a 20°C, por °C..	3,93 . 10 ⁻³	4,03 . 10 ⁻³	3,6 . 10 ⁻³
Densidade a 20°C.....	8,89	2,70	2,70
Coeficiente de dilatação linear a 20°C, por °C.....	17 . 10 ⁻⁶	23 . 10 ⁻⁶	23 . 10 ⁻⁶
Tensão de ruptura, MPa.....	230 a 250	120 a 150	295 a 350
Alongamento à ruptura, %.....	20 a 40	1 a 4	24
Temperatura de Fusão, °C.....	1080	660	780

*Utilizamos para o fabrico dos nossos cabos, lingote de alumínio com grau de pureza $\geq 99,7$.

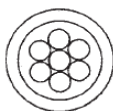
O quadro apresenta as principais características do cobre e do alumínio utilizados nos condutores e nos cabos.

Composição e forma da Alma condutora

Em função da secção nominal e do grau de flexibilidade desejado a alma condutora poderá ser:

- Maciça**, isto é, constituída por um único fio;
- Multifilar**, isto é, constituída por diversos fios cableados.

As secções das almas condutoras são, geralmente, circulares ou sectoriais. Esta última é usada sobretudo em cabos com 3 e 4 condutores, permitindo melhor ocupação do espaço destinado aos mesmos e, conseqüentemente, uma diminuição das dimensões e peso do cabo. Ainda com este objectivo as almas condutoras poderão ser compactadas.



Cabos com alma circular



Cabos com alma sectorial

Por outro lado, as almas condutoras com secção circular são constituídas por camadas concêntricas. No entanto, no caso de secções grandes, a alma condutora poderá ser segmentada, isto é, composta por vários elementos cableados, com forma sectorial, podendo ser ligeiramente isolado entre eles.

Esta constituição tem por objectivo, a redução do **efeito peculiar e de proximidade** e, por consequência, a resistência óhmica em corrente alternada, permitindo um maior aproveitamento da secção útil.

Camada Isolante

No fabrico actual de condutores e cabos de energia, usamos exclusivamente isolantes sintéticos, também, chamados, isolantes secos.

Os diferentes isolantes sintéticos que utilizamos são divididos em duas famílias:

➤ **Os materiais termoplásticos**, nos quais a temperatura provoca, de uma maneira reversível, uma variação na plasticidade.

É o caso de policloreto de vinilo (PVC) e polietileno (PE):

➤ **Os elastómeros e polímeros reticuláveis** apresentam um grande domínio de elasticidade, isto é, um comportamento elástico importante, associado a uma grande aptidão para a deformação.

É o caso do Polietileno reticulado (PEX), dos copolímeros de etilenopropileno, da borracha de silicone e ainda de outros compostos usados em diferentes tipos de cabos.

Características dos materiais utilizados no isolamento dos cabos de energia

O Polietileno (PE)

O polietileno é um polímero termoplástico sólido e opaco, branco ou acinzentado que se obtém a partir do etileno gasoso através da sua polimerização sob pressão.

O polietileno que é utilizado no isolamento dos cabos de AT é do tipo alta pressão, tendo uma baixa densidade (PEBD)

Um estudo aprofundado e comprovativo entre os vários isolantes disponíveis, confirmado por uma experiência com mais de 20 anos, mostrou que este material apresenta as características mais apropriadas para o fabrico de cabos AT.

Na ausência de impurezas e de vacúolos na sua composição, e com baixo teor em água, o PEDB oferece como qualidades específicas:

➤ É obtido por polimerização a alta pressão, sem catalizador, do etileno gasoso com elevado grau de pureza;

➤ Pode ser levado a temperaturas elevadas, a fim de ser filtrado, durante a extrusão em condições óptimas de viscosidade,

➤ É utilizado nos cabos em condições perfeitamente controláveis e reprodutíveis garantindo a ausência de vacúolos e um teor de água desprezível.

O PEBD oferece também o seguinte conjunto de características de valor elevado:

➤As suas qualidades dieléctricas são excepcionais: a resistência de isolamento e a rigidez dieléctrica são muito elevados;

➤As suas características mecânicas são igualmente favoráveis: o seu peso molecular elevado confere-lhe uma boa resistência ao choques, à fissuração e as baixas temperaturas (até -40°C). A sua densidade de 0,92 confere-lhe uma certa flexibilidade, o que permite a colocação de cabos com raios de curvatura normais.

➤Do ponto de vista físico-químico, o polietileno apresenta uma resistência elevada à grande maioria de agentes químicos e atmosféricos.

O Policloreto de vinilo

É um pó branco usado como matéria prima no fabrico, por prensagem ou extrusão em quente, de peças de elevada resistência mecânica (chapas, tubagem, etc), resistentes a óleos minerais e muitos solventes e ácidos.

O PVC reduzido a pó obtêm-se através da reacção de polimerização de uma substância gasosa – cloreto de vinilo $\text{H}_2=\text{CH}-\text{CL}$, em presença do peróxido de hidrogénio, etc

O policloreto de vinilo plastificado é um material flexível em tiras, obtido a partir do policloreto de vinilo reduzido a pó, depois misturado com plastificantes constituídos por líquidos oleosos, corantes, etc.

O Policloreto de vinilo plastificado usa-se amplamente para o isolamento de fios eléctricos de montagem, assim como para o revestimento exterior de cabos.

As propriedades necessárias são obtidas pela incorporação de plastificantes, estabilizantes, carga, etc. Por outro lado os corantes permitem obter cores vivas variadas, para proteger o material contra o desgaste causado pela luz solar, como para permitir a identificação de fios durante a montagem eléctrica.

Características do PVC

- ✓ **Boas características eléctricas:** rigidez e resistência de isolamento. No entanto as perdas dieléctricas são suficientemente importantes e podem tornar-se críticas em média tensão. O mesmo acontece com a permitividade dieléctrica relativa e a capacidade linear, que são muito elevadas;
- ✓ **Boas características mecânicas:** carga de ruptura, alongamento, resistência ao desgaste, à compressão e aos choques;
- ✓ **Boa resistência ao envelhecimento térmico;**
- ✓ **Boa resistência à água, aos agentes atmosféricos e à maioria dos produtos químicos e, em particular, aos óleos e sais minerais;**
- ✓ **Muito boa resistência à propagação da chama e a corrosão.**

As misturas à base de PVC são largamente utilizadas em baixa tensão.

O seu emprego está igualmente estendido à media tensão, no domínio das tensões de serviço inferiores a 10 kV.

Revestimento metálico

Écrans Condutores

Pela sua localização e função, distinguem-se os seguintes tipos:

✓ **Écran sobre a alma condutora** : ao criar uma superfície equipotencial uniforme à volta da alma, destina-se a evitar a concentração do campo eléctrico nas irregularidades da superfície da mesma, o que seria prejudicial a um bom funcionamento do isolante.

✓ **Écran sobre a camada isolante**: geralmente ligado à terra permite:

- criar uma superfície equipotencial à volta do isolante, orientando o campo eléctrico

- Prevenir contra efeitos indutores dos campos electrostáticos externos e internos,

- Assegurar o escoamento das correntes capacitivas bem como, a corrente de defeito a terra (curto-circuito homopolar),

- Assegurar a protecção de pessoas e bens em caso de perfuração do cabo, por um corpo condutor exterior, que é colocado desta maneira ao potencial da terra.

Para satisfazer estas últimas funções, emprega-se, geralmente, um écran metálico com a forma de uma bainha contínua, barras ou fios metálicos ou várias fitas enroladas em hélice, de maneira a que nenhum espaço livre seja visível, exteriormente

Os materiais que se utilizam para este fim são **cobre, nu ou estanhado, o alumínio e o chumbo aliado a outros metais.**

Armadura

Assegura a protecção mecânica do cabo, desde que este seja submetido a esforços importantes, transversais (compressão, choques) ou longitudinais (tracção), quer durante a c



A armadura mais corrente é constituída por duas fitas de aço macio, recozido, eventualmente zincado, enrolado em hélice, de maneira que nenhum intervalo seja visível.

No caso de esforços de tracção, durante a colocação ou em exploração (por exemplo, colocação em poços ou em terreno instável, cabos submarinos), ou no caso de solicitações mecânicas anormais (esmagamento, choque, cortes...) é preferível prever **uma armadura formada por uma ou duas camadas de fios de aço.** Estes, geralmente redondos e zincados, são enrolados em hélice

O Revestimento não metálico

O revestimento é constituído por um conjunto de materiais apropriados, destinados a conferir ao cabo uma forma determinada e assegurar a protecção contra acções exteriores.

As partes deste revestimento, que formam um tubo de matéria contínua, recebem o nome de **bainhas**.



Distinguem-se:

▪ **Bainhas de enchimento** que tem por objectivo preencher os espaços vazios entre os condutores e dar ao conjunto uma geometria determinada, geralmente cilíndrica;

▪ **Bainha de estanquidade**, que deve assegurar a protecção do isolante, contra humidade ou agentes corrosivos, podendo ser metálica ou sintética;

▪ **Revestimento exterior**, assegura a protecção química e mecânica do cabo, geralmente é formado de por uma bainha de material sintético

Bainhas interiores e exteriores

Um papel importante das bainhas interiores é o de assegurar a estanquidade do cabo, isto é, opor-se a todo e qualquer contacto entre a água, ou agentes químicos exteriores ao cabo, e a camada isolante.

Uma estanquidade satisfatória é obtida com uma bainha de material sintético que pode, além disso, desempenhar o papel de bainha de enchimento.

O emprego de bainhas de sintéticas generalizou-se na protecção exterior dos cabos.

As qualidades preponderantes que elas devem ter podem variar em função da aplicação pretendida, da natureza do material adequado, bem como a respectiva composição e deverão ser

Escolha das Bainhas interiores e exteriores

Deverão ser escolhidas de acordo com os seguintes itens:

- Resistência mecânica, na colocação ou em exploração (desgaste, descasque, choque,...);
- Resistência aos agentes atmosféricos ;
- Resistência aos agentes químicos;
- estanquidade;
- Flexibilidade;
- Resistência ao calor, ao frio, à propagação da chama;

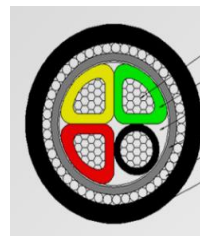
Os materiais mais utilizados são:

- ✓ Policloreto de vinilo;
- ✓ Polietileno;
- ✓ Materiais ignífugos sem halogénio;
- ✓ Borracha nitrilo-acrítica vulcanizada;
- ✓ Polietileno clorosulfuroso, (Hypalon);
- ✓ Policloropreno;
- ✓ Polietileno cloretado;
- ✓ Poliuretano.

Exemplo de cabo armado

Cabo VAV / XAV

CONDUTOR :Cobre, rígido classe 2
 ISOLAMENTO: X. Polietileno reticulado (PEX) 90 °C
 ARMAÇÃO: A. Fitas de aço
 BAINHA: V. PVC Termoplástico 70 °C
 TENSÃO: 0.6/1 kV

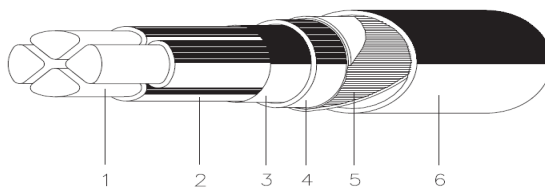


REGULAMENTO

IEC 60502-1 - Norma construtiva EN 60332-1 - Não propagador de chama IEC 60332.1 - Não propagador de chama

APLICAÇÕES E CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS

Cabos armados com fitas de aço para a distribuição de energia de baixa tensão. Resistente à acção dos roedores.
 Temperatura máxima de condutor em serviço permanente 90°C.

**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.