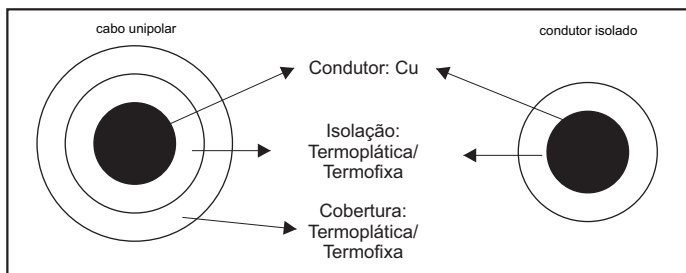


Há diferentes tipos de condutores elétricos principalmente no que se diz respeito aos seguintes aspectos:

- existência ou não de cobertura (condutores isolados e cabos unipolares e multipolares);
- tensão de isolamento;
- tipo de metal condutor;
- flexibilidade do condutor;
- tipo do material de isolamento.



O que caracteriza a construção dos **condutores isolados** é a existência do condutor elétrico e da isolação.

O que caracteriza a construção dos **cabos unipolares e multipolares** é a existência, além do condutor e da isolação (presente nos condutores isolados) também de uma cobertura. A finalidade desta última camada do cabo é proteger a isolação contra danos mecânicos e contra ataques de eventuais agentes químicos presentes no ambiente.

A **tensão de isolamento** de um condutor elétrico é designada por  $U_0/U$ , ou seja, tensão fase-terra / tensão fase-fase. Por exemplo, os condutores isolados mais comuns possuem tensão de isolamento de 0,6/1 kV. Desta forma, tanto os condutores isolados quanto os cabos unipolares e multipolares podem ser utilizados nas instalações elétricas mais usuais tais como 127/220 V, 220/380 V e 254/440 V.

Em função de suas propriedades elétricas, térmicas, mecânicas e custos, o cobre e o alumínio são os metais mais utilizados desde os primórdios da indústria de fabricação de fios e cabos elétricos.

As principais diferenças entre o **cobre e o alumínio** são: condutividade elétrica, peso e conexões. O número que expressa a capacidade que um material tem de conduzir a corrente é chamado de **condutividade elétrica**. Ao contrário, o número que indica a propriedade que os materiais possuem de dificultar a passagem da corrente é chamado de **resistividade elétrica**.

Segundo a norma "International Annealed Copper Standard" (IACS), a condutividade de um fio de cobre de 1 metro de comprimento com 1 mm<sup>2</sup> de seção e cuja resistividade a 20°C é de 0,01724Ωmm<sup>2</sup>/m (a resistividade e a condutividade variam com a temperatura ambiente) é fixada em 100%.

## Condutividade relativa entre diferentes materiais

Material	Condutividade relativa IACS (%)
cobre mole	100,0
cobre meio-duro	97,7
cobre duro	97,2
alumínio	60,6

A tabela acima pode ser entendida da seguinte forma: o alumínio, por exemplo, conduz 39,4% (100 / 60,6) menos corrente elétrica que o cobre mole. Na prática, isso significa que, para conduzir a mesma corrente, um condutor em alumínio precisa ter uma seção aproximadamente 60% maior que a de um fio de cobre mole. Ou seja, se tivermos um condutor de 10mm<sup>2</sup> de cobre, seu equivalente em alumínio será de 10 X 1,6 = 16 mm<sup>2</sup>.

Para que o cobre apresente as condutividades indicadas na tabela acima, é fundamental que sua pureza seja de no mínimo, 99,99% e o alumínio de 99,5%. Qualquer tipo de contaminação do metal, como aquela presente nas sucatas, causa uma queda significativa na sua condutividade.

A densidade do alumínio é de 2,7 g/cm<sup>3</sup> e a do cobre de 8,9 g/cm<sup>3</sup>. Se calcularmos a relação entre o peso de um condutor de cobre e o peso de um condutor de alumínio, ambos transportando a mesma corrente elétrica, verificamos que, apesar de o condutor de alumínio possuir uma seção cerca de 60% maior, seu peso é da ordem da metade do peso do condutor de cobre.

A partir dessa realidade física, estabeleceu-se uma divisão clássica entre a utilização do cobre e do alumínio nas redes elétricas. Quando o maior problema em uma instalação envolver o peso próprio dos condutores, prefere-se o alumínio por sua leveza. Esse é o caso das linhas aéreas em geral, onde as dimensões de torres e postes e os vãos entre eles dependem diretamente do peso dos cabos por eles sustentados. Por outro lado, quando o principal aspecto não é o peso, mas é o espaço ocupado pelos condutores, escolhe-se o cobre por possuir uma menor diâmetro. Essa situação é encontrada nas instalações internas, onde os espaços ocupados pelos eletrodutos, eletrocalhas, bandejas e outros são importantes na definição da arquitetura local.

Uma das diferenças mais marcantes entre o cobre e o alumínio está na forma como se realizam as conexões entre condutores ou entre condutor e conector. O cobre não apresenta requisitos especiais quanto ao assunto, sendo relativamente simples realizar as ligações dos condutores de cobre.

No entanto, o mesmo não ocorre com o alumínio. Quando exposta ao ar, a superfície do alumínio é imediatamente recoberta por uma camada invisível de óxido, de difícil remoção e altamente isolante.

Nas conexões em alumínio, um bom contato somente será conseguido se rompermos essa camada de óxido. Essa função é obtida através da utilização de conectores apropriados que, com o exercício de pressão suficiente, rompem a camada de óxido.

Um condutor elétrico pode ser constituído por uma quantidade variável de fios de cobre, desde um único fio até centenas deles. Essa quantidade de fios determina a **flexibilidade do cabo**. Quanto mais fios, mais flexível o condutor. Para identificar corretamente o grau de flexibilidade de um condutor, foi definida pelas normas técnicas da ABNT a chamada classe de encordoamento (ABNT NBR NM-280), sendo:

## Classes de encordoamento de condutores

Classe de encordoamento	Descrição	Características
1	condutores sólidos (fios)	é estabelecida uma resistência elétrica máxima a 20°C em Ω/km
2	condutores encordoados, compactados ou não	é estabelecida uma resistência elétrica máxima a 20°C em Ω/km e um número mínimo de fios no condutor
3	condutores encordoados, não compactados	é estabelecida uma resistência elétrica máxima a 20°C em Ω/km e um número mínimo de fios no condutor
4, 5 e 6	condutores flexíveis	é estabelecida uma resistência elétrica máxima a 20°C em Ω/km e um diâmetro máximo dos fios elementares do condutor

Um "**fio**" é um produto maciço, composto por um único elemento condutor. O termo "**condutor encordoado**" tem relação com a construção de uma corda, ou seja, partindo-se de uma série de fios elementares, eles são reunidos (torcidos) entre si, formando então o condutor. Um "**condutor compacto**" é uma corda na qual foram reduzidos os espaços entre os fios componentes. Essa redução é realizada por compressão mecânica ou trificação. O resultado desse processo é um condutor de menor diâmetro em relação ao "**não compactado**", porém com menos flexibilidade.

Observe que a ABNT NBR NM-280 estabelece valores de resistência elétrica máxima, número mínimo e diâmetro máximo dos fios que compõem um dado condutor. Isso, na prática, resulta que diferentes fabricantes possam diferentes construções de condutores para uma mesma seção nominal. A garantia de que o valor da **resistência elétrica máxima** não seja ultrapassada está diretamente relacionada à qualidade e à pureza do cobre utilizado na confecção do condutor.

Além do aspecto construtivo, a única diferença entre os condutores rígidos e flexíveis está no grau de flexibilidade final do cabo. Nos demais aspectos, como tensão de operação, capacidade de corrente, queda de tensão, suportabilidade às sobrecargas e curtos-circuitos não há nenhuma diferença significativa. Dessa forma, os cabos flexíveis são utilizados nas mesmas aplicações que os rígidos, com a vantagem de uma maior facilidade no seu manuseio, o que implica numa redução na mão de obra de instalação.

A função básica de **isolamento** é confinar o campo elétrico gerado pela tensão aplicada ao condutor no seu interior ou eliminando o risco de choques elétricos e curtos-circuitos.

No entanto, não podem haver furos, trincas, rachaduras ou qualquer outro dano à isolação, uma vez que isso poderia significar um aumento na corrente de fuga do cabo, o que provocaria aumento no risco de choques, curtos-circuitos e até incêndios.

Existem vários **materiais isolantes** utilizados na isolação dos fios e cabos elétricos, sendo que os mais utilizados atualmente são o PVC e o EPR.

Os cabos com **isolação em PVC** (Cloroeto de Polivinila) possuem uma temperatura máxima em serviço contínuo de 70°C, uma temperatura de sobrecarga de 100°C e de curto-circuito de 160°C.

Os cabos com **isolação em EPR** (Borracha Etileno Propileno) possuem uma temperatura máxima em serviço contínuo de 90°C, uma temperatura de sobrecarga de 130°C e de curto-circuito de 250°C.

A temperatura de serviço contínuo é aquela que pode ser aplicada permanentemente no cabo durante toda a sua vida útil. Já a de sobrecarga é admitida, no máximo, durante 100 horas consecutivas ou 500 horas durante a vida do cabo e a de curto-circuito, por sua vez, só é permitida por, no máximo, 5 segundos. Caso estes valores sejam ultrapassados, o cabo deverá ser imediatamente substituído.

A norma brasileira de instalações de baixa tensão (ABNT NBR 5410:2004) faz as seguintes prescrições a respeito da maneira adequada para se identificar os condutores elétricos:

- **Condutor Neutro**: deve ser usada a cor azul-claro na isolação do condutor isolado ou da veia do cabo multipolar, ou na cobertura do cabo unipolar.

- **Condutor de Proteção** ("fio terra"): deve ser usada a dupla coloração verde-amarelo na isolação do condutor isolado ou da veia do cabo multipolar, ou na cobertura do cabo unipolar. Na falta da dupla coloração verde-amarelo, admite-se o uso apenas da cor verde.

- **Condutor de Fase**: poderá ser usada qualquer cor exceto as indicadas para o condutor neutro e de proteção.