

Hilton Moreno



**CORDEIRO**  
FIOS E CABOS ELÉTRICOS

**100**

**PERGUNTAS &  
RESPOSTAS SOBRE  
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS  
DE BAIXA TENSÃO**



GRUPO  
**MELOCORDEIRO**



**100**

**Perguntas & Respostas  
Sobre Instalações Elétricas  
de Baixa Tensão**

**Hilton Moreno**

**Engenheiro Eletricista, consultor,  
professor universitário, palestrante**



**Autor:**  
**Hilton Moreno**

Formado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), Hilton Moreno é Engenheiro Eletricista e possui diversos cursos de especialização em engenharia, administração e marketing. Ex-professor do Departamento de Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia Mauá (SP), onde lecionou de 1987 a 2004, é autor e co-autor de várias publicações técnicas na área elétrica e também palestrante ativo, tendo já ministrado centenas de conferências aos mais variados públicos em todo o Brasil e, inclusive, no exterior.

Com amplo conhecimento na área de normalização técnica, participa há mais de 20 anos de diversos comitês técnicos da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), tendo ocupado as funções de secretário e coordenador de importantes comissões de estudo, como as responsáveis pelas normas para instalações elétricas de baixa tensão (NBR 5410) e de instalações elétricas de média tensão (NBR 14039) que, juntas, cobrem 100% das instalações elétricas feitas no Brasil.

Desde 1999 dirige o escritório da NEMA (National Electrical Manufacturers Association) no Brasil, tornando-se presidente da Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Elétricos NEMA Brasil a partir da sua fundação, em março de 2006. Atualmente, é também membro da NFPA - National Fire Protection Association; do Conselho Consultivo da UL do Brasil Certificações e da ABEE-SP (Associação Brasileira de Engenheiros Eletricistas, Seção São Paulo); além de articulista e colaborador permanente de diversas publicações do setor elétrico. Atua também como consultor técnico.

**Realização e Apoio:**  
**Grupo Melo Cordeiro**

Genuinamente brasileiro, o Grupo Melo Cordeiro é reconhecido pela alta qualidade de seus produtos e serviços. Tem seu foco no aprimoramento tecnológico e no aperfeiçoamento constante de seus sistemas de qualidade. Tem como intuito fornecer uma base sólida, equilibrada, justa e confiável às empresas integrantes do grupo.

Firmada sobre uma estrutura segura e planejada, a Cordeiro Fios e Cabos Elétricos foi fundada em 1980. Crescendo com a força de seu fundador e em-



preendedor, iniciou sua produção com apenas dois produtos em uma modesta fábrica em Itaquera, bairro de São Paulo. Atuando também no mercado internacional, hoje a Cordeiro possui uma moderna e funcional fábrica no município de Ferraz de Vasconcelos - SP, com seu foco principal em energia, tendo obtido em 1996 a Certificação ISO 9001:2000, atendendo a grandes concessionárias como CELESC, CEEE, COELBA, COSERN, CELPE, CELG, CEMIG, CEMAT, CEAM, CEPISA, ESCELSA, CEAL, COPEL, BANDEIRANTE ENERGIA, ELETROPAULO e grandes clientes como Petrobras, Usiminas, Acesita, Votorantim, Infraero, Mendes Junior, Camargo Correa, Odebrecht, entre tantas outras parcerias de sucesso.

Com uma sólida estrutura de distribuidores e preocupada com o treinamento e a profissionalização de sua equipe, consolidou-se no mercado com base em valores humanos. Potencializando seu quadro de colaboradores, nomeando novas diretorias, reestruturando sua força de vendas a fim de melhor atender seus clientes e atingir uma maior cobertura de mercado.

Desde 1980 atuando no mercado, a Cordeiro vem crescendo com uma potencial estratégia de lançamento de novos produtos, serviços e inovações, marcando com muita grandeza e solidez sua atuação no mercado nacional.

### **Direitos Reservados**

É proibida a reprodução total ou parcial desta obra sem a autorização expressa do Grupo Melo Cordeiro.

São Paulo, SP, Brasil.  
Março de 2008  
1ª edição


**Índice**


Conceitos fundamentais.....	6
Sistemas de distribuição em baixa tensão.....	9
Visão geral de uma instalação elétrica.....	10
Condutores elétricos.....	19
Dimensionamento dos condutores.....	31
Proteção contra choques elétricos.....	41
Aterramento e equipotencialização das instalações elétricas de baixa tensão.....	46
Seccionamento automático de alimentação elétrica.....	68
Dimensionamento de condutores na presença de harmônicas.....	74
Proteção das instalações elétricas contra sobretensões.....	81
AABNT NBR 5410.....	87
NR-10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade.....	89
Bibliografia.....	92

## Conceitos Fundamentais

### 1- O que é preciso saber para entender as instalações elétricas?

Para se compreender os diversos aspectos relativos ao projeto, instalação, operação, manutenção, consumo de energia, características dos produtos e equipamentos, etc., é necessário ter em mente os quatro conceitos fundamentais da eletricidade que estão física e matematicamente relacionados entre si: tensão elétrica, corrente elétrica, potência elétrica e energia elétrica.

Resumidamente, a tensão elétrica (ou diferença de potencial elétrico) é a causa que pode provocar a circulação de uma corrente elétrica por um circuito fechado. Matematicamente, o produto da tensão pela corrente é a potência elétrica e o produto da potência pelo tempo é a energia elétrica resultante naquela situação específica. Podemos traduzir estas relações em equações, a saber:

$$P = I \times U \quad [1]$$

$$E = P \times \Delta t \quad [2]$$

Onde:

P = potência elétrica, medida em watt (W);

I = corrente elétrica, medida em ampere (A);

U = tensão elétrica, medida em volt (V);

E = energia elétrica, medida em watt-hora (Wh);

$\Delta t$  = intervalo de tempo, medido em hora (h).

### 2- Onde encontrar as potências típicas de alguns aparelhos e equipamentos eletroeletrônicos mais utilizados em instalações residenciais?

A Tabela 1 apresenta potências elétricas típicas de alguns aparelhos e equipamentos eletroeletrônicos usualmente encontrados em instalações



elétricas. É importante notar que estas potências podem variar muito de aparelho para aparelho e de fabricante para fabricante. Assim sendo, a tabela 1 deve ser entendida apenas como um exemplo que serve para ilustrar alguns tópicos deste livro. No caso de ser importante conhecer a potência exata de um aparelho ou equipamento, deve ser consultado o manual do fabricante, placa ou etiqueta do mesmo.

**Tabela 1: potências nominais típicas de aparelhos eletroeletrônicos**

Aparelho ou Equipamento	Potência nominal típica (W)
Aquecedor de água central (boiler elétrico)	1.000 (até 100 litros)
	1.500 (150 a 250 litros)
	2.500 (400 litros)
Aquecedor de água de passagem (instantâneo)	8.000
Ar condicionado (tipo janela)	900 (7.000 btu/h)
	1.400 (10.000 btu/h)
	1.600 (12.000 btu/h)
	2.600 (18.000 btu/h)
	2.800 (21.000 btu/h)
Computador com monitor LCD	300
Chuveiro elétrico	6.000
Ferro de passar roupa	1.500
Freezer (residencial)	600
Forno elétrico (residencial)	4.000
Forno de microondas	1.500
Geladeira (residencial)	600
Lavadora de pratos (residencial)	2.000
Lavadora de roupas somente água fria (residencial)	600
Lavadora de roupas com água quente (residencial)	2.000
Televisor	75 a 500
Torneira elétrica	6.000



### 3- Pode-se fazer alguns exemplos de cálculos utilizando as fórmulas 1 e 2 e a Tabela 1?

- Calcular a corrente elétrica de um chuveiro elétrico ligado em 220 V e outro chuveiro elétrico ligado em 127 V.

Pela Tabela 1, temos  $P = 6.000 \text{ W}$ .

Usando  $P = I \times U$ , temos:

- chuveiro em 220 V  $\rightarrow 6.000 \text{ W} = I \times 220 \text{ V} \rightarrow I = 6000 / 220 = 27,3 \text{ A}$

- chuveiro em 127 V  $\rightarrow 6.000 \text{ W} = I \times 127 \text{ V} \rightarrow I = 6000 / 127 = 47,2 \text{ A}$

- Calcular a energia elétrica consumida por um computador com monitor LCD quando ligados 10 horas por dia durante 30 dias.

Pela Tabela 1, temos  $P = 300 \text{ W}$ .

Usando  $E = P \times \Delta t$ , temos:  $E = 300 \times 10 \times 30 = 90.000 \text{ Wh} = 90 \text{ kWh}$   
(quilo Watt-hora)

### 4- O consumo de energia elétrica de um chuveiro ligado em 127 volts é o mesmo de um chuveiro ligado em 220 volts?

Para responder a esta pergunta, vamos considerar a energia elétrica consumida em 30 dias pelos dois chuveiros quando ligados uma hora por dia.

Usando  $E = P \times \Delta t$ , temos:

- chuveiro em 220 V  $\rightarrow E = 6.000 \text{ W} \times 1 \text{ h} \times 30 \text{ dias} = 180.000 \text{ Wh} = 180 \text{ kWh}$  (quilo watt-hora)

- chuveiro em 127 V  $\rightarrow E = 6.000 \text{ W} \times 1 \text{ h} \times 30 \text{ dias} = 180.000 \text{ Wh} = 180 \text{ kWh}$  (quilo watt-hora)

Portanto, a energia elétrica consumida é a mesma nos dois casos, não importando se o chuveiro está ligado em 127 ou em 220 volts. A diferença entre ligar os chuveiros em 127 ou 220 volts está no valor da corrente

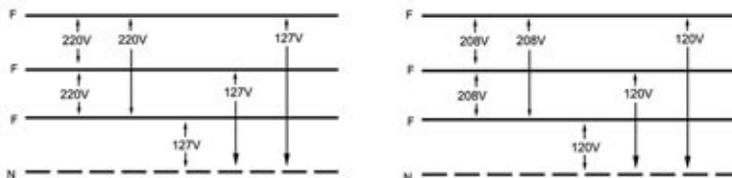
que circula pela instalação e pelo chuveiro, sendo menor no caso da ligação em 220 volts, conforme calculado anteriormente. Como veremos mais adiante, por apresentar uma corrente elétrica menor, o chuveiro ligado em 220 volts pode utilizar um condutor elétrico (fio ou cabo) de seção nominal (bitola) menor do que o chuveiro elétrico ligado em 127 volts.

## Sistemas de distribuição em baixa tensão

### 5- Por quê em alguns lugares a tensão elétrica é 110 volts e em outros é 220 volts?

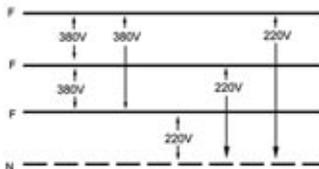
Em função dos diferentes países de origem das concessionárias de energia elétrica que eletrificaram o Brasil na primeira metade do Século XX, existem diferentes tipos de sistemas de distribuição públicos em baixa tensão atendendo as instalações elétricas no País, conforme indicado na Figura 1.

SISTEMAS TRIFÁSICOS A 4 CONDUTORES (ESTRELA).



$$127 = \frac{220}{\sqrt{3}}$$

$$120 = \frac{208}{\sqrt{3}}$$



$$220 = \frac{380}{\sqrt{3}}$$

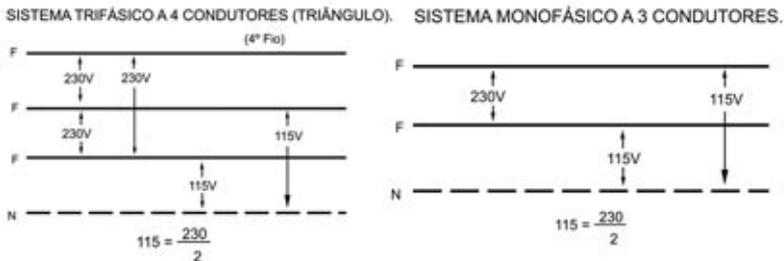


Figura 1: sistemas de distribuição em baixa tensão

E dependendo da localização da unidade consumidora (cidade ou bairro), existem diferentes tensões nominais de fornecimento de energia elétrica em baixa tensão, a saber:  $U_0/U = 115/230 \text{ V}$ ,  $120/208 \text{ V}$ ,  $127/220 \text{ V}$  e  $220/380 \text{ V}$  ( $U_0$  é a tensão fase-neutro e  $U$  é a tensão fase-fase).

Antes de iniciar uma instalação elétrica ou de ligar um aparelho em uma instalação já existente, consulte a concessionária local de energia elétrica para saber a tensão nominal de fornecimento na localidade de interesse. Infelizmente, ao contrário de outros países, o Brasil não possui desenhos diferentes de tomadas e plugues de acordo com a tensão nominal do aparelho elétrico. A existência dessas tomadas e plugues diferentes em função da tensão evitaria a queima de muitos aparelhos e a diminuição no risco de choques elétricos.

## Visão geral de uma instalação elétrica

**6- Quando se pensa numa instalação elétrica, ela parece complexa, com diversos produtos, equipamentos, aparelhos, etc. Lembra-se de um quebra-cabeça. É isto mesmo?**

Por definição, uma instalação elétrica é um conjunto de componentes elétricos associados e coordenados entre si, composto para um fim específico. Os componentes mencionados referem-se a equipamentos elétricos e linhas elétricas. Desta forma, pensarmos numa instalação elétrica como um grande quebra-cabeça não é de todo estranho. Na realidade, pensando bem, uma instalação elétrica é, DE FATO, um grande quebra-cabeça, formado por equipamentos e linhas elétricas que têm que ser escolhidos corretamente e montados numa ordem certa.

## 7- Quais são exemplos de equipamentos elétricos?

São exemplos de equipamentos elétricos os geradores, transformadores, motores, aparelhos de medição (medidores), dispositivos de proteção (disjuntores, fusíveis, relés, etc), dispositivos de seccionamento (chaves), dispositivos de controle, quadros elétricos, etc. Incluem-se também nesta lista os aparelhos elétricos tais como os aparelhos eletrodomésticos, aparelhos eletrofissionais e aparelhos de iluminação (luminárias + lâmpadas + reatores, se for o caso).

## 8- O que são linhas elétricas?

As linhas elétricas são, por definição, constituídas por um ou mais condutores (fios e cabos), com os elementos de fixação ou suporte. Assim, por exemplo, os condutores podem ser fixados à parede por meio de abraçadeiras ou presos a isoladores em postes. Podem também ser instalados em condutos, formados, por exemplo, por eletrodutos, eletrocalhas, canaletas, bandejas, escadas para cabos, etc.

A figura 2 fornece uma visão geral de uma instalação elétrica de pequeno porte alimentada diretamente pela rede pública de baixa tensão e mostra os seus componentes principais.

## 9- Na Figura 2, a Caixa de Medição é a mesma em qualquer lugar do Brasil?

Não, ela pode variar de acordo com as normas de cada concessionária de energia elétrica do Brasil. Assim, consulte sempre as instruções da concessionária local para saber qual o padrão utilizado na sua região.

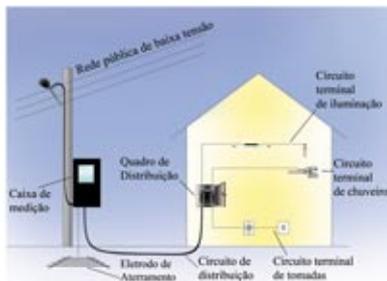


Figura 2: visão geral de uma instalação elétrica de pequeno porte



## **10- O que significam os termos “circuito de distribuição” e “circuito terminal”?**

De um modo geral, um circuito é um conjunto de componentes da instalação alimentados a partir da mesma origem e protegidos pelo mesmo dispositivo de proteção. No caso da Figura 2, a origem é a rede de distribuição da concessionária.

O circuito de distribuição é aquele que alimenta um ou mais quadros de distribuição. E quadro de distribuição é um equipamento elétrico que recebe energia de uma alimentação (às vezes de mais de uma alimentação – quando há geradores, por exemplo) e a distribui para um ou mais circuitos de distribuição.

O circuito terminal, por sua vez, é aquele que alimenta diretamente equipamentos de utilização específicos ou tomadas de corrente de uso geral. Conseqüentemente, um quadro terminal é aquele que alimenta exclusivamente circuitos terminais.

## **11- Existem limites para o número de quadros e circuitos numa instalação elétrica?**

Não há limites impostos em normas, por exemplo, mas há limites impostos pelo bom senso. Tais limites quase sempre são determinados pela área da instalação e pela potência das cargas a serem alimentadas.

Desta forma, obras com áreas relativamente pequenas possuem, geralmente, apenas um quadro terminal que alimenta alguns circuitos terminais. Por outro lado, podem existir obras com grandes áreas e elevado número de cargas que irão necessitar de pelo menos um quadro de distribuição e mais do que um quadro terminal. Tudo depende do bom senso do profissional encarregado da definição do leiaute mais adequado daquela instalação em particular. Por exemplo, é muito usual casas térreas de até 150 ou 200 m<sup>2</sup> possuírem apenas um quadro terminal, enquanto sobrados podem ter um quadro de distribuição e dois quadros terminais, um alimentando o andar de baixo e outro o andar de cima do sobrado.

O número de circuitos terminais depende da quantidade e potência das cargas e de como será feita a divisão de circuitos da instalação.



Existem disponíveis no mercado quadros de diferentes tamanhos em função da quantidade de circuitos terminais da instalação.

## 12- Quais as principais exigências e recomendações sobre os quadros elétricos?

De acordo com 6.5.4 da ABNT NBR 5410, os quadros montados em fábrica devem atender à norma ABNT NBR IEC 60439-1 e os quadros montados em obra devem apresentar segurança e desempenho equivalentes aos montados em fábrica. Isto significa que os quadros montados em obra devem ser inspecionados e testados conforme as recomendações da norma mencionada.

Devem ser previstos espaços de reserva no interior dos quadros visando a futuras ampliações. O espaço mínimo a ser deixado no quadro está indicado na Tabela 59 da norma reproduzida na Tabela 2 seguir.

Tabela 2: espaço de reserva em quadros

Quantidade de circuitos efetivamente disponível N	Espaço mínimo destinado a reserva (em número de circuitos)
Até 6	2
7 a 12	3
13 a 30	4
N > 30	0,15 N

Por exemplo, um quadro com 10 circuitos, não importando se são circuitos monofásicos, bifásicos ou trifásicos, deve possuir, no mínimo, 3 espaços destinados a futuros circuitos. Uma boa prática de engenharia, neste caso, é prever para cada um dos 3 circuitos o maior espaço possível, ou seja, se existirem circuitos trifásicos no quadro, então podem ser previstos espaços para 3 futuros circuitos trifásicos. Se existirem circuitos bifásicos e não trifásicos, então se prevêem 3 espaços para



circuitos bifásicos e o mesmo no caso de apenas existirem circuitos monofásicos.

É muito importante lembrar ainda que os quadros devem prever espaços para a instalação imediata ou futura de dispositivos protetores de surto (DPS), além dos dispositivos diferenciais residuais praticamente obrigatórios.

Os quadros elétricos também devem possuir, além da porta (externa), uma tampa interna que serve de barreira na proteção contra choques elétricos.

Os quadros devem ser instalados em locais de fácil acesso, sem objetos que obstruam a sua abertura, longe de botijões e pontos de gás. A menos que sejam especificamente construídos para esta finalidade, os quadros não devem ser instalados em locais freqüentemente molhados ou com muita umidade, tais como no interior de banheiros com chuveiros ou em saunas.

### **13- Existe alguma exigência sobre identificação dos quadros e seus componentes?**

Os quadros devem possuir identificação pelo lado externo que seja legível e não facilmente removível. Todos os seus componentes devem ser identificados de tal forma que possam ser reconhecidos os circuitos a eles associados e as suas funções. Estas identificações devem ser legíveis e corresponderem à notação que foi utilizada no projeto.

Em 6.5.4.10 e 6.5.4.11 da ABNT NBR 5410, surge uma importante exigência, qual seja, a fixação no quadro (externa ou internamente) vinda de fábrica ou fixada na obra da seguinte advertência:

## Advertência

**1. Quando um disjuntor ou fusível atua, desligando algum circuito ou a instalação inteira, a causa pode ser uma sobrecarga ou um curto-circuito. Desligamentos freqüentes são sinal de sobrecarga. Por isso, NUNCA troque seus disjuntores ou fusíveis por outros de maior corrente (maior amperagem), simplesmente. Como regra, a troca de um disjuntor ou fusível por outro de maior corrente requer, antes, a troca dos fios e cabos elétricos, por outros de maior seção (bitola).**

**2. Da mesma forma, NUNCA desative ou remova a chave automática de proteção contra choques elétricos (dispositivo DR), mesmo em caso de desligamentos sem causa aparente. Se os desligamentos forem freqüentes e, principalmente, se as tentativas de religar a chave não tiverem êxito, isso significa, muito provavelmente, que a instalação elétrica apresenta internamente anomalias internas, que só podem ser identificadas e corrigidas por profissionais qualificados. A DESATIVAÇÃO OU REMOÇÃO DA CHAVE SIGNIFICA A ELIMINAÇÃO DE MEDIDA PROTETORA CONTRA CHOQUES ELÉTRICOS E RISCO DE VIDA PARA OS USUÁRIOS DA INSTALAÇÃO.**

**14- Foi mencionado na resposta da questão 11 a divisão de circuitos da instalação. Existem critérios para a criação de circuitos terminais?**

De acordo com a ABNT NBR 5410, os circuitos terminais devem ser individualizados pela função dos equipamentos de utilização que alimentam. Assim, por exemplo, não é permitido misturar no mesmo circuito um chuveiro elétrico e lâmpadas. Mas por exemplo, podem ser ligados no mesmo circuito, embora isto não seja necessariamente recomendável, dois chuveiros.

Em particular, a norma determina que, em qualquer tipo de instalação, devem ser previstos circuitos terminais separados para pontos de iluminação e para pontos de tomada. No entanto, em 9.5.3.3, a norma admite que, em algumas situações de instalações residenciais, pontos de



iluminação e tomadas possam ser alimentados por circuito comum, desde que respeitadas algumas condições apresentadas no texto. Deve-se notar que, nestes casos, a junção de iluminação e tomadas no mesmo circuito é opcional, não havendo obrigação de juntar as cargas no mesmo circuito.

Outras exigências da norma sobre divisão de circuitos são as seguintes:

- Todo ponto de utilização previsto para alimentar, de modo exclusivo ou virtualmente dedicado, equipamento com corrente nominal superior a 10 A deve constituir um circuito independente. Isto se aplica, por exemplo, a chuveiros elétricos (exclusivo), aparelhos de ar condicionado (exclusivo), ferro de passar roupa (virtual).

- Os pontos de tomada de cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos devem ser atendidos por circuitos exclusivamente destinados à alimentação de tomadas desses locais. Ou seja, não é permitido, por exemplo, misturar no mesmo circuito as tomadas da cozinha com as do quarto. Mas é permitido, por exemplo, misturar no mesmo circuito as tomadas da cozinha com as da lavanderia.

Embora não seja uma exigência da norma, uma boa sugestão prática é que, nos circuitos de iluminação e tomadas em geral, limite-se a corrente do circuito terminal a 10 ampêres, o que facilita a operação e manutenção da instalação.

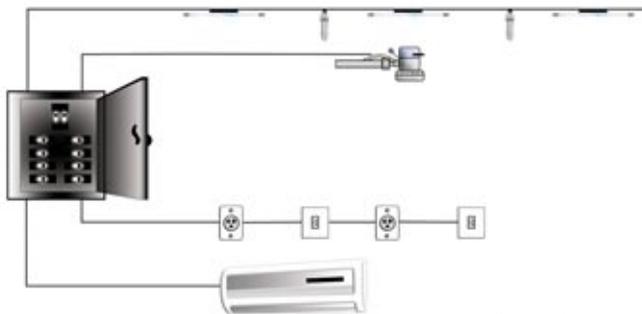


Figura 3: divisão de circuitos

## 15- O condutor neutro pode ser comum a vários circuitos?

A norma estabelece em 6.2.6.2.1 que “o condutor neutro não pode ser comum a mais de um circuito”. Esta situação está indicada na Figura 4. Para ficar bem claro, recorremos ao vocabulário eletrotécnico, onde se define circuito (elétrico) como sendo um “conjunto de componentes da instalação alimentados a partir de uma mesma origem e protegidos contra sobrecorrentes pelos mesmos dispositivos de proteção”.

De acordo com esta definição, tem-se um circuito na Figura 4 com seu condutor neutro e dois circuitos na Figura 5, cada um com seu condutor neutro, enquanto que, na Figura 6, existem dois circuitos que compartilham o mesmo condutor neutro, o que não é permitido em 6.2.6.2.1.



Figura 4: um circuito monofásico (ou bifásico) com três condutores vivos (FFN) alimentando equipamentos de iluminação ligados entre fase e neutro

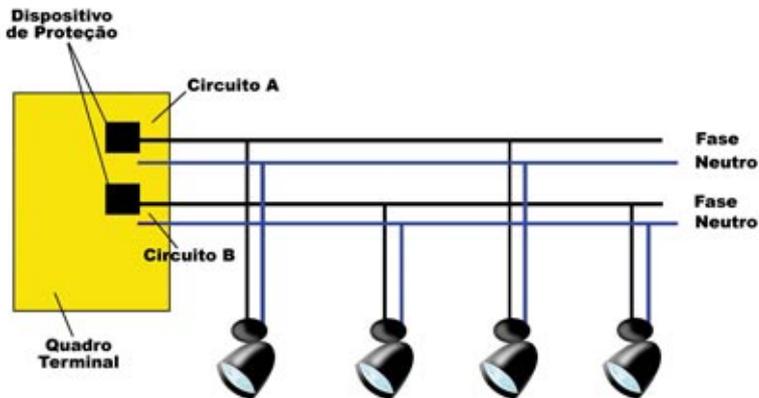


Figura 5: dois circuitos monofásicos com dois condutores vivos cada (FN) alimentando equipamentos de iluminação ligados entre fase e neutro

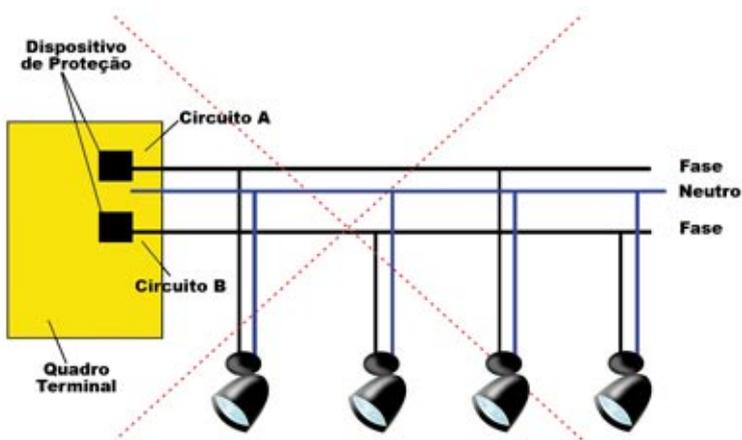


Figura 6: dois circuitos monofásicos, compartilhando o mesmo condutor neutro, alimentando equipamentos de iluminação ligados entre fase e neutro. Esta situação é proibida pela ABNT NBR 5410



### 16- Existem diferentes TIPOS DE CONDUTORES elétricos quanto a forma como são construídos ou são todos basicamente iguais?

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

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

### 17- O que são condutores isolados e cabos unipolares e multipolares?

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 (presentes 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.

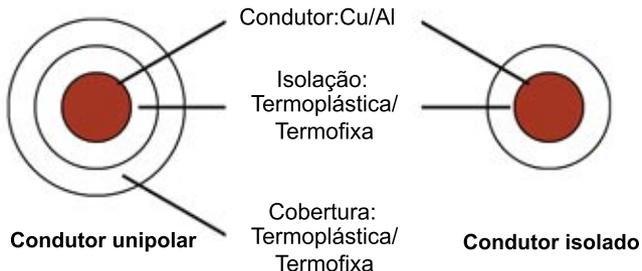


Figura 7: cabo unipolar e condutor isolado



### **18- O que é tensão de isolamento?**

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 450/750 V, enquanto que os cabos unipolares e multipolares possuem a 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.

A principal característica construtiva dos cabos associada com a tensão elétrica é a espessura da isolação. Ela varia de acordo com a classe de tensão do cabo e da qualidade do material utilizado e é fixada pelas respectivas normas técnicas aplicáveis. Em geral, quanto maior a tensão elétrica de operação do cabo, maior a espessura da isolação.

### **19- Quais os tipos de metal do condutor?**

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 três principais diferenças entre o cobre e o alumínio são: condutividade elétrica, peso e conexões.

### **20- O que é condutividade elétrica?**

Todos os materiais conduzem corrente elétrica de um modo melhor ou pior. 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), adotada em praticamente todos os Países, é fixada em 100% 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 seja de 0,01724 mm<sup>2</sup>/m (a resistividade e a condutividade variam com a temperatura ambiente) . Dessa forma, esse é o padrão de condutividade adotado, o que significa que todos os demais condutores, sejam em cobre, alumínio ou outro metal qualquer, têm suas condutividades sempre referidas a aquele condutor. A tabela 3 ilustra essa relação entre condutividades.

Tabela 3: 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 3 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 10 mm<sup>2</sup> de cobre, seu equivalente em alumínio será de 10 x 1,6= 16 mm<sup>2</sup>. Diz-se aproximadamente porque a relação entre as seções não é apenas geométrica e também depende de alguns fatores que consideram certas condições de fabricação do condutor, tais como eles serem nus ou recobertos, sólidos ou encordoados, etc.

Para que o cobre apresente as condutividades indicadas na tabela 3, 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. É proibido fabricar condutores elétricos com purezas inferiores às indicadas.



## 21- Qual a diferença de peso entre cobre e alumínio?

A densidade do alumínio é de  $2,7 \text{ g/cm}^3$  e a do cobre de  $8,9 \text{ g/cm}^3$ . 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 peso, mas é o espaço ocupado pelos condutores, escolhe-se o cobre por possuir um 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 do local.

Deve-se ressaltar que, embora clássica, essa divisão entre a utilização de condutores de cobre e alumínio possui exceções, devendo ser cuidadosamente analisada em cada caso.

## 22- Os comportamentos das conexões entre condutores são muito diferentes nos casos de cobre e alumínio?

Uma das diferenças mais marcantes entre cobre e 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. Assim, em condições normais, se encostarmos um condutor de alumínio em outro, é como se estivéssemos colocando em contato dois isolantes elétricos, ou seja, não haveria bom contato elétrico entre eles.

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. Além disso, quase sempre são empregados compostos que inibem a formação de uma nova camada de óxido, uma vez removida a camada anterior.

### **23- Por quê existem condutores mais rígidos e outros mais flexíveis?**

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, é definida pelas normas técnicas da ABNT a chamada classe de encordoamento. De acordo com essa classificação apresentada pela ABNT NBR 6880, são estabelecidas classes de encordoamento, numeradas de 1 a 6. A norma define ainda como caracterizar cada uma das classes, o que está indicado na coluna “características” da Tabela 4.

Tabela 4: Classes de encordoamento de condutores

Classe de encordoamento	Descrição	Características
1	condutores sólidos (fios)	é estabelecida uma resistência elétrica máxima a 20°C em $\Omega/\text{km}$
2	condutores encordoados, compactados ou não	é estabelecida uma resistência elétrica máxima a 20°C em $\Omega/\text{km}$ e um número mínimo de fios no condutor
3	condutores encordoados, não compactados	é estabelecida uma resistência elétrica máxima a 20°C em $\Omega/\text{km}$ e um número mínimo de fios no condutor
4, 5 e 6	condutores flexíveis	é estabelecida uma resistência elétrica máxima a 20°C em $\Omega/\text{km}$ e 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 compactado” é uma corda na qual foram reduzidos os espaços entre os fios componentes. Essa redução é realizada por compressão mecânica ou trefilação. O resultado desse processo é um condutor de menor diâmetro em relação ao “não compactado”, porém com menos flexibilidade.

Observe que a ABNT NBR 6880 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 possuam diferentes construções de condutores para uma mesma seção nominal (por exemplo, 10 mm<sup>2</sup>). 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.



## **24- Quais as principais diferenças entre os cabos rígidos e flexíveis?**

Uma questão muito freqüente formulada pelos profissionais é sobre quais as diferenças básicas, além do aspecto construtivo, entre os condutores rígidos e flexíveis.

Em princípio, sem descermos a muitos detalhes, a única diferença entre tais condutores 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.

Graças a isso, o tempo necessário para instalar os cabos flexíveis é menor do que para os cabos não flexíveis, o que implica numa redução na mão de obra de instalação.

## **25- Qual a função da isolamento elétrica num condutor?**

A função básica da isolamento é confinar o campo elétrico gerado pela tensão aplicada ao condutor no seu interior. Com isso, é reduzido ou eliminado o risco de choques elétricos e curtos-circuitos.

Podemos comparar a camada isolante de um cabo com a parede de um tubo de água. No caso do tubo, a parede impede que a água saia de seu interior e molhe a área ao seu redor. Da mesma forma, a camada isolante mantém as linhas de campo elétrico (geradas pela tensão aplicada) “presas” sob ela, impedindo que as mesmas estejam presentes no ambiente ao redor do cabo.

No caso do tubo, não pode haver nenhum dano à sua parede, tais como furos e trincas, sob pena de haver vazamento de água. Da mesma forma, não podem haver furos, trincas, rachaduras ou qualquer outro dano à isolamento, uma vez que isso poderia significar um “vazamento” de linhas de campo elétrico, com subseqüente aumento na corrente de fuga do cabo, o que provocaria aumento no risco de choques, curtos-circuitos e até incêndios.



## **26- Existem diferentes tipos utilizados como material de isolamento?**

Existem vários materiais isolantes sólidos utilizados na isolamento dos fios e cabos elétricos, sendo que os dois compostos isolantes mais utilizados atualmente são o PVC e o EPR.

## **27- Quais as principais características do PVC?**

Os cabos com isolamento em PVC (Cloro 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.

A temperatura de serviço contínuo, como o nome diz, é aquela que pode ser aplicada permanentemente no cabo durante toda a sua vida útil. Conforme estabelecido na norma de fabricação do produto (a ABNT NBR 7288: Cabos de Potência com Isolação Sólida Extrudada de Cloro de Polivinila (PVC) para Tensões de 1 a 20 kV - Especificação), a temperatura de sobrecarga é admitida, no máximo, durante 100 horas consecutivas ou 500 horas durante a vida do cabo. A temperatura 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.

## **28- Quais as principais características do EPR?**

Os cabos com isolamento 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 norma de construção e ensaios de cabos isolados em EPR: Cabos de Potência com Isolação Sólida Extrudada de Borracha Etileno Propileno (EPR) para Tensões de 1 a 35 kV - Especificação.

## **29- Existem padrões de cores para os fios e cabos de baixa tensão?**

A identificação por cores dos condutores em uma instalação elétrica tem como finalidade facilitar a execução das conexões, emendas e todas as intervenções em geral para manutenção. Além disso, a correta



identificação aumenta em muito a segurança das pessoas que lidam com o sistema.

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 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 PEN (proteção e neutro): deve ser usada a cor azul-claro, com anilhas verde-amarelo nos pontos visíveis ou acessíveis, na isolação do condutor isolado ou da veia do cabo multipolar, ou na cobertura do cabo unipolar."

- Condutor de Fase: poderá ser usada qualquer cor exceto as indicadas para o condutor neutro, de proteção ou PEN. Por razões de segurança, não deve ser usada a cor da isolação exclusivamente amarela, onde existir o risco de confusão com a dupla coloração verde-amarelo, cores exclusivas do condutor de proteção.

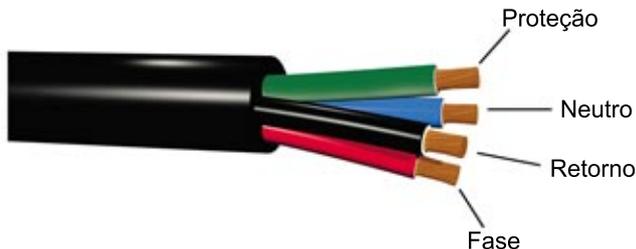


Figura 8: cores dos fios

### 30- E permitido instalar condutores isolados, cabos unipolares e cabos multipolares de qualquer forma ou há maneiras normalizadas de instalar estes condutores elétricos?

A norma de instalações elétricas de baixa tensão ABNT NBR 5410:2004 estabelece que os cabos unipolares e multipolares (dotados de cobertura) podem ser empregados em todas as maneiras de instalar (tipos de linhas elétricas) previstas, sejam em condutos abertos (linhas aéreas, bandejas, escadas para cabos, leitos, etc.) ou condutos fechados (eletrodutos, eletrocalhas, canaletas, etc).

### 31- O que são condutos fechados e abertos?

Conduto é um elemento de uma linha elétrica destinado a conter condutores elétricos. Estes condutos podem ser fechados, sejam por construção (como no caso de eletrodutos), sejam pela colocação de uma tampa (como no caso das eletrocalhas) ou podem ser abertos, onde há acesso direto aos condutores (como no caso de bandejas).



Figura 9: condutos



### **32- Qual a diferença entre bandeja e eletrocalha?**

Apesar de ambas possuírem uma base na forma de “U”, a bandeja é um conduto aberto (sem tampa), enquanto que a eletrocalha é um conduto fechado (com tampa). Ambas podem ter superfícies perfuradas ou lisas.

### **33- O que são perfilados?**

Perfilados são bandejas (sem tampa) ou eletrocalhas (com tampa) de reduzidas dimensões, geralmente até 80 a 100 mm de largura.

### **34- E permitido instalar condutores isolados em perfilados?**

Sim, mas apenas se o perfilado estiver situado a, pelo menos, 2,5 metros do nível do chão.

### **35- Existem regras específicas para instalar condutores em eletrodutos?**

Sim, existem algumas regras específicas, conforme descrito a seguir:

- Admite-se que os condutos fechados em geral, e os eletrodutos em particular, contenham condutores de mais de um circuito se as seções nominais dos condutores de fase estiverem contidas dentro de um intervalo de três valores normalizados sucessivos, tais como 1,5, 2,5 e 4 mm<sup>2</sup>, ou 6, 10 e 16 mm<sup>2</sup> ou 35, 50 e 70 mm<sup>2</sup>, etc. Assim, por exemplo, pode-se colocar dentro de um eletroduto cabos com seções de 1,5, 2,5 e 4 mm<sup>2</sup>, mas não se pode colocar juntos num eletroduto cabos com seções 1,5, 6 e 10 mm<sup>2</sup>.

- A quantidade máxima de condutores dentro de um eletroduto também é fixada pela norma técnica, a qual estabelece o espaço máximo interno de um eletroduto que pode ser ocupado pelos condutores. É preciso deixar uma boa área livre no interior do eletroduto para facilitar a dissipação do calor gerado pelos condutores e para facilitar a enfição e retirada dos condutores.

A Tabela 5 mostra a quantidade máxima de condutores que podem ser colocados no interior dos eletrodutos de forma a respeitar a norma.

Seção nominal (mm <sup>2</sup> )	Número de condutores				
	2	3	4	5	6
	Tamanho nominal do eletroduto (mm)				
1,5	16	16	16	16	16
2,5	16	16	16	20	20
4	16	16	20	20	20
6	16	20	20	25	25
10	20	20	25	25	32
16	20	25	25	32	32
25	25	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	32	40	40	50	50
70	40	40	50	60	60
95	40	50	60	60	75
120	50	50	60	75	75
150	50	60	75	75	85
185	50	75	75	85	85
240	60	75	85	-	-

- Outro aspecto muito importante sobre a instalação em eletroduto diz respeito ao número máximo de curvas que podem existir na tubulação. A norma determina que os trechos contínuos de tubulação, sem interposição de caixas ou equipamentos, não devem exceder 15 metros de comprimento para linhas internas às edificações e 30 metros para as linhas em áreas externas às edificações, se os trechos forem retilíneos. Se os trechos incluírem curvas, o limite de 15 m e o de 30 m devem ser reduzidos em 3 m para cada curva de 90°. No total, são permitidas, no máximo, três curvas de 90° consecutivas sem a instalação de caixa de passagem.

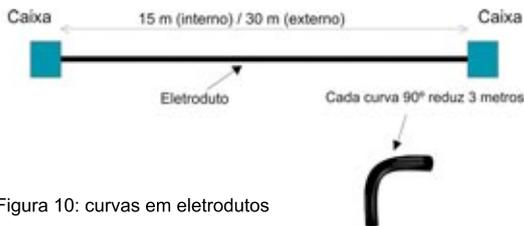


Figura 10: curvas em eletrodutos

## Dimensionamento dos condutores

### 36- Como se determina corretamente a bitola dos condutores dos circuitos de uma instalação elétrica?

Em primeiro lugar, vamos esclarecer que o termo correto utilizado nas normas técnicas é seção nominal ao invés de bitola.

Para se dimensionar corretamente um dado circuito, é necessário determinar a seção nominal do condutor e escolher o disjuntor ou fusível que irá protegê-lo contra sobrecargas e curtos-circuitos.

### 37- Como se determina a seção nominal do condutor?

Para determinar a seção nominal do condutor, é preciso conhecer a seção mínima permitida para o tipo de circuito em questão, conhecer a corrente que irá percorrer-lo e determinar qual seção de condutor suporta esta corrente e, finalmente, assegurar que a queda de tensão no circuito esteja dentro dos limites estabelecidos na norma.

### 38- Como é o critério da seção mínima?

A seção mínima é fixada pela norma ABNT NBR 5410 e está indicada na Tabela 6:

Tabela 6: seção mínima

Seção mínima (mm <sup>2</sup> )	Tipo de circuito
1,5	Iluminação
2,5	Força (tomadas, motores, chuveiros, etc.)

Por exemplo, se o circuito que se quer instalar tiver a finalidade de iluminação, parte-se do dimensionamento com a seção mínima de 1,5 mm<sup>2</sup>, independentemente da carga. Ou seja, mesmo que a carga seja baixa e pudesse ser alimentada com um condutor de seção nominal menor do que 1,5 mm<sup>2</sup>, não é permitido usar menos do que 1,5 mm<sup>2</sup>. O mesmo vale para o caso dos circuitos de força, incluindo tomadas, onde a seção nominal mínima é 2,5 mm<sup>2</sup>.



### **39- Como é o critério da capacidade de condução de corrente?**

A corrente elétrica que um condutor suporta em funcionamento permanente é chamada de capacidade de condução de corrente e depende de vários fatores, tais como: tipo de material de isolamento do condutor (PVC, EPR, etc.), temperatura ambiente, maneira de instalar os condutores (eletroduto, eletrocalha, bandeja, etc.) e número de circuitos agrupados no conduto.

### **40- Como é o critério da Queda de tensão?**

A norma ABNT NBR 5410 fixa que o valor máximo de queda de tensão numa instalação elétrica alimentada diretamente em baixa tensão pela concessionária de energia é de 5%, sendo que admite-se, no máximo, 4% de queda de tensão nos circuitos terminais. Assim, se a queda máxima admitida no circuito terminal é de 2%, sobram então 3% para quedas de tensões em outros trechos no sentido da entrada de energia.

### **41- Como é o critério da proteção contra sobrecarga?**

O critério de dimensionamento relativo à proteção contra sobrecarga está relacionado à correta escolha da corrente nominal do dispositivo de proteção (disjuntor ou fusível) de forma a interromper o circuito quando temperaturas superiores às suportadas pelos condutores puderem ser atingidas. Tipicamente, uma sobrecarga é identificada como uma corrente elétrica algumas vezes maior do que a corrente nominal que circula pela instalação por tempos relativamente longos, que podem variar de alguns segundos até algumas horas. Tais correntes elevam significativamente a temperatura nos condutores que podem se danificar.

### **42- Como é o critério da proteção contra curto-circuito?**

O critério de dimensionamento relativo à proteção contra curto-circuito está relacionado à correta escolha da corrente nominal do dispositivo de proteção (disjuntor ou fusível) de forma a interromper o circuito quando temperaturas superiores às suportadas pelos condutores puderem ser atingidas. Tipicamente, um curto-circuito é identificado como uma corrente elétrica muitas vezes maior do que a corrente nominal que circula



pela instalação por tempos relativamente curtos, que podem variar de alguns milésimos de segundos até alguns segundos. Tais correntes elevam significativamente a temperatura nos condutores que podem se danificar.

#### **43- O que são os disjuntores e como especificá-los?**

Os disjuntores são dispositivos de proteção de condutores e equipamentos contra sobrecargas e curtos-circuitos.

Os tipos mais usuais de disjuntores encontrados no Brasil são os termomagnéticos que executam as duas proteções: sobrecarga e curto-circuito. Existem também disjuntores apenas térmicos (sobrecarga) e apenas magnéticos (curto-circuito).

#### **44- Apesar de todas as variáveis envolvidas na determinação da seção nominal de um condutor, é possível apresentar um modo prático para escolha da seção nominal de condutores para uso em situações mais comuns?**

As tabelas 8 e 10 a seguir fornecem a seção nominal mínima de alguns circuitos elétricos dimensionados em função da corrente nominal do dispositivo de proteção que protege os condutores da instalação. E as Tabelas 9 e 11 fornecem o comprimento máximo dos circuitos em função da seção nominal dos condutores, considerando-se uma queda de tensão máxima no circuito de 3%. O uso combinado das Tabelas 8 e 9 e das Tabelas 10 e 11 permite um dimensionamento rápido e seguro dos circuitos mais usuais.

As Tabelas 8 e 9 são para circuitos compostos por dois condutores carregados e as Tabelas 10 e 11 são para circuitos compostos por três condutores carregados, conforme Tabela 7:



Tabela 7: número de condutores carregados

Número de condutores carregados a considerar	Tipo de circuito a ser dimensionado
2	Fase-Neutro Fase-Neutro-Proteção Fase-Fase Fase-Fase-Proteção
3	Fase-Fase-Neutro Fase-Fase-Neutro-Proteção Fase-Fase-Fase Fase-Fase-Fase-Proteção Fase-Fase-Fase-Neutro-Proteção (equilibrado)

As tabelas 8 e 10 admitem que:

- a corrente de projeto do circuito é igual a, no máximo, a corrente nominal do disjuntor eletromagnético que protege o condutor;
- a temperatura ambiente é de 30°C;
- os condutores são em cobre e isolados em PVC (condutores isolados ou cabos unipolares);
- os condutores sejam instalados em um dos seguintes condutos fechados:

- o eletrodutos aparentes
- o eletrodutos embutidos em alvenaria
- o eletrocalhas
- o perfilados com tampas
- o canaletas (com tampas) sobre paredes
- o canaletas fechadas (com tampas) embutidas no piso



Tabela 8: Seção nominal do condutor x Corrente nominal máxima do disjuntor eletromagnético para 2 condutores carregados

Seção nominal do condutor (mm <sup>2</sup> )	Corrente nominal máxima do disjuntor eletromagnético (A)			
	1 circuito por conduto	2 circuitos por conduto	3 circuitos por conduto	4 circuitos por conduto
1,5	16	10	10	10
2,5	20	16	15	10
4	32	25	20	20
6	40	32	25	25
10	50	40	36	32
16	70	50	50	40
25	100	80	70	63
35	125	100	80	80
50	150	100	100	100
70	175	125	125	100
95	225	175	150	125
120	250	200	175	150
150	300	225	200	175
185	350	250	225	225
240	400	300	250	250



Tabela 9: comprimento máximo dos circuitos em função da seção nominal dos condutores para 2 condutores carregados

Seção nominal máxima do condutor (mm <sup>2</sup> )	Comprimento máximo do circuito em metros para queda de tensão de 3% e fator de potência = 0,8							
	1 circuito por conduto		2 circuitos por conduto		3 circuitos por conduto		4 circuitos por conduto	
	127V	220V	127V	220V	127V	220V	127V	220V
1,5	10	18	17	29	17	29	16	28
2,5	14	24	17	29	18	31	27	47
4	13	23	17	29	21	37	21	37
6	16	28	20	35	26	45	26	45
10	22	37	27	47	30	52	34	58
16	24	41	34	58	34	58	42	73
25	25	44	32	55	36	63	40	70
35	27	47	34	59	43	74	43	74
50	30	51	44	77	44	77	44	77
70	34	59	48	82	48	82	60	103
95	34	59	44	75	51	88	61	105
120	36	63	45	78	52	90	60	105
150	34	59	46	79	51	89	59	102
185	34	59	48	82	53	92	53	92
240	33	57	44	76	53	91	53	91



Tabela 10: Seção nominal do condutor x Corrente nominal máxima do disjuntor eletromagnético para 3 condutores carregados

Seção nominal do condutor (mm <sup>2</sup> )	Corrente nominal máxima do disjuntor eletromagnético (A)			
	1 circuito por conduto	2 circuitos por conduto	3 circuitos por conduto	4 circuitos por conduto
1,5	16	10	10	10
2,5	20	16	10	10
4	25	20	16	16
6	35	25	25	20
10	50	40	35	32
16	63	50	40	40
25	80	63	50	50
35	100	80	70	63
50	125	100	80	80
70	150	100	100	90
95	200	150	125	125
120	225	175	150	125
150	250	200	175	150
185	300	225	200	175
240	350	250	225	225



Tabela 11: comprimento máximo dos circuitos em função da seção nominal dos condutores para 3 condutores carregados

Seção nominal máxima do condutor (mm <sup>2</sup> )	Comprimento máximo do circuito em metros para queda de tensão de 3% e fator de potência = 0,8(m)							
	1 circuito por conduto		2 circuitos por conduto		3 circuitos por conduto		4 circuitos por conduto	
	127V	220V	127V	220V	127V	220V	127V	220V
1,5	11	18	17	29	17	29	16	28
2,5	14	24	17	29	27	47	27	47
4	17	29	21	37	26	46	26	45
6	19	32	26	45	26	46	32	56
10	22	37	27	47	31	53	34	58
16	27	46	33	58	42	73	42	73
25	32	55	40	70	51	88	51	88
35	34	59	43	74	49	84	54	93
50	35	61	44	77	55	96	55	96
70	40	69	60	103	60	103	66	114
95	38	66	51	88	61	105	61	105
120	40	70	52	90	60	105	73	126
150	41	71	51	89	59	102	69	119
185	40	69	53	92	60	103	68	118
240	38	65	53	91	58	101	58	101

#### 45- Como usar as tabelas indicada na resposta 44?

Alguns exemplos de utilização das Tabelas:



#### - Circuito de iluminação

Seja um circuito terminal que alimenta 10 lâmpadas incandescentes de 100 W cada, ligadas em 127 volts (fase-neutro). A linha elétrica é em eletroduto embutido em alvenaria, são utilizados condutores de cobre isolados em PVC, sendo que, no total, há 3 circuitos dentro do eletroduto em seu trecho mais carregado de condutores. A temperatura ambiente é 30°C, a distância da última lâmpada ao quadro é de 10 metros e aceita-se uma queda de tensão máxima neste circuito de 3%.

Calculamos:  $P = I \times U \rightarrow 10 \times 100 = I \times 127 \rightarrow I = 7,9 \text{ A}$

Usamos a Tabela 8, pois ela é indicada para 2 condutores carregados (fase-neutro).

Passamos para a coluna de 3 circuitos por conduto (eletroduto). Como  $I = 7,9 \text{ A}$ , procuramos na coluna de 3 circuitos o valor de corrente nominal do disjuntor igual ou imediatamente mais próximo para cima deste valor. No caso, escolhemos o valor de 10 A e olhamos na primeira coluna da tabela a seção nominal do condutor resultante, que é, neste caso, de 1,5 mm<sup>2</sup>.

Como o circuito é de iluminação, sua seção mínima é também 1,5 mm<sup>2</sup>. Verificamos agora se o comprimento do circuito está adequado para a queda de tensão de 3%: na Tabela 9, entrando na coluna de 3 circuitos por conduto, 127 V,  $S = 1,5 \text{ mm}^2$ , encontramos o comprimento máximo de circuito de 17 metros, atendendo assim o limite de queda de tensão de 3%.

Assim sendo, o circuito em questão resultou em uma seção nominal do condutor de 1,5 mm<sup>2</sup> protegido contra sobrecargas e curtos-circuitos por um disjuntor termomagnético de corrente nominal igual a 10 A.

#### - Circuito de tomadas de uso geral

Seja um circuito terminal que alimenta 6 tomadas de uso geral, sendo três tomadas de 200 W cada e 3 tomadas de 600 W cada, ligadas em 127 volts (fase-neutro). A linha elétrica é em eletroduto aparente, são utilizados condutores de cobre isolados em PVC, sendo que, no total,



há 2 circuitos dentro do eletroduto em seu trecho mais carregado de condutores. A temperatura ambiente é 30°C, a distância da última tomada ao quadro é de 15 metros e aceita-se uma queda de tensão máxima neste circuito de 3%.

$$\text{Calculamos: } P = I \times U \rightarrow (3 \times 200 + 3 \times 600) = I \times 127 \rightarrow I = 18,9 \text{ A}$$

Usamos a Tabela 8, pois ela é indicada para 2 condutores carregados (fase-neutro).

Passamos para a coluna de 2 circuitos por conduto (eletroduto). Como  $I = 18,9 \text{ A}$ , procuramos na coluna de 2 circuitos o valor de corrente nominal do disjuntor igual ou imediatamente mais próximo para cima deste valor. No caso, escolhemos o valor de 25 A e olhamos na primeira coluna da tabela a seção nominal do condutor resultante, que é, neste caso, de 4 mm<sup>2</sup>.

Como o circuito é de tomada (força), sua seção mínima é 2,5 mm<sup>2</sup>.

Verificamos agora se o comprimento do circuito está adequado para a queda de tensão de 3%: na Tabela 9, entrando na coluna de 2 circuitos por conduto, 127 V,  $S = 4 \text{ mm}^2$ , encontramos o comprimento máximo de circuito de 17 metros, atendendo assim o limite de queda de tensão de 3%.

#### - Circuito de chuveiro elétrico

Seja um circuito terminal que alimenta um chuveiro elétrico de 6.000 W, ligado em 220 volts (fase-neutro ou fase-fase, dependendo da região do Brasil). A linha elétrica é em eletroduto aparente, são utilizados condutores de cobre isolados em PVC, sendo que, no total, há somente o circuito do próprio chuveiro dentro do eletroduto. A temperatura ambiente é 30°C, a distância do chuveiro ao quadro é de 20 metros e aceita-se uma queda de tensão máxima neste circuito de 3%.

$$\text{Calculamos: } P = I \times U \rightarrow 6.000 = I \times 220 \rightarrow I = 27,3 \text{ A}$$

Usamos a Tabela 8, pois ela é indicada para 2 condutores carregados (fase-neutro ou fase-fase).

Passamos para a coluna de 1 circuito por conduto (eletroduto).



Como  $I = 27,3 \text{ A}$ , procuramos na coluna de 1 circuito o valor de corrente nominal do disjuntor igual ou imediatamente mais próximo para cima deste valor. No caso, escolhemos o valor de 32 A e olhamos na primeira coluna da tabela a seção nominal do condutor resultante, que é, neste caso, de  $4 \text{ mm}^2$ .

Como o circuito é de força, sua seção mínima é  $2,5 \text{ mm}^2$ .

Verificamos agora se o comprimento do circuito está adequado para a queda de tensão de 3%: na Tabela 9, entrando na coluna de 1 circuito por conduto, 220 V,  $S = 4 \text{ mm}^2$ , encontramos o comprimento máximo de circuito de 23 metros, atendendo assim o limite de queda de tensão de 3%.

## Proteção contra choques elétricos



### 46- Eletricidade é mesmo perigosa para os seres humanos?

Tudo o que o corpo humano sente é produzido, de uma forma ou de outra, por sinais elétricos. As células nervosas enviam mensagens ao cérebro por meio de pequenas tensões e correntes elétricas. A maioria destes sinais elétricos individuais tem uma intensidade muito reduzida para chamar nossa atenção, mas, sentimos frio, queimaduras, cortes porque muitas células nervosas foram ativadas. Assim, de modo inverso, uma reação similar causada pela passagem de uma corrente elétrica externa através das células nervosas pode ser sentida e confundida com outras respostas sensoriais. O coração, por exemplo, é muito receptivo ao estímulo elétrico. Quando células cardíacas estão em estado de repouso e um sinal elétrico, seja do próprio mecanismo do coração, seja de uma outra fonte externa, é aplicado e se espalha pelo coração, o resultado é uma contração coordenada do órgão, ou seja, um batimento cardíaco. No entanto, imediatamente após o início da contração, quando apenas algumas células retornaram ao repouso e outras ainda estão se contraindo, um sinal elétrico aplicado adicionalmente pode produzir contrações desorganizadas, conhecidas por fibrilação. Em alguns casos, pode ser impossível restabelecer o batimento coordenado necessário para promover a circulação do sangue. Assim, a



passagem de correntes elétricas pelo coração é um tema vital para a segurança das pessoas, mesmo para aquelas que não têm problemas cardíacos.

#### **47- Como é a reação do corpo humano à passagem de corrente elétrica?**

Vejamos algumas descobertas sobre os efeitos das correntes elétricas no corpo humano em frequências de 50 e 60 Hz, que são as mais usuais nas instalações elétricas em todo o mundo.

O “limiar de percepção” da passagem da corrente elétrica pelo corpo depende de diversos parâmetros, tais como a área do corpo que está em contato com o condutor de eletricidade, se a pele está molhada ou seca, sua temperatura, as condições psicológicas do indivíduo (calmo, estressado, etc.). Em geral, um valor de 0,5 mA é considerado como o limiar de percepção.

Uma vez que os impulsos nervosos do cérebro para os músculos que comandam os movimentos são também de natureza elétrica, há um ponto além do qual a corrente elétrica que flui através do corpo provoca um estímulo do nervo e uma pessoa que está em contato com um condutor vivo não é mais capaz de soltá-lo (tetanização). Este limiar, chamado de “limite de largar” também depende de diversos fatores, situando-se, nas frequências de 50 e 60 Hz, entre 6 e 14 mA (média 10 mA) em mulheres, entre 9 e 23 mA (média 16 mA) em homens. Para corrente contínua, o valor médio é de 51 mA em mulheres e 76 mA em homens.

O limiar da fibrilação ventricular depende igualmente de vários fatores próprios de cada indivíduo, assim como de parâmetros elétricos (duração e caminho da corrente, tipo de corrente CA ou CC, etc.). No caso de correntes alternadas de 50 e 60 Hz, há uma considerável redução neste limiar de fibrilação quando a corrente circula por mais de um ciclo cardíaco. Nestes casos, os músculos cardíacos começam a vibrar muito rapidamente e o resultado é que o coração não é mais capaz de bombear sangue para o organismo, reduzindo a pressão arterial para zero, pro-



vocando desmaio e parada respiratória, quase sempre fatal. Experiências práticas têm mostrado que correntes de 5 mA provocam choques desconfortáveis e, nos casos de crianças e pessoas em mesas de operação, esta corrente pode causar sérios desconfortos e complicações até mesmo fatais.

#### **48- Quais as medidas para proteger as pessoas contra choques elétricos recomendadas pela norma ABNT NBR 5410 que resultam em uma instalação segura?**

No capítulo 5.1 da norma, “Proteção contra choques elétricos”, está definido o princípio fundamental para que uma instalação seja segura em relação à proteção contra choques elétricos. Tal princípio determina que partes vivas perigosas não devem ser acessíveis e que massas não devem oferecer perigo em condições normais e no caso de falhas. Para atender a este princípio, as medidas mais usuais a serem implementadas, em conjunto, nas instalações elétricas são as seguintes:

- Prover as partes vivas com uma isolamento básica;
- Usar barreiras ou invólucros apropriados para manter as partes vivas inacessíveis;
- Aterrar e equipotencializar a instalação;
- Prover seccionamento automático da instalação como um todo ou de circuitos específicos.

#### **49- O que são partes vivas e massas?**

Partes vivas são condutores destinados a serem energizados em condições de uso normais (condutores de fase), incluindo também o condutor neutro.

Massa é uma parte condutora que pode ser tocada e que normalmente não é viva, mas pode tornar-se viva em caso de falha da isolamento. São exemplos de massa as carcaças metálicas dos equipamentos eletroeletrônicos, dos quadros, dos motores, dos transformadores, etc.

## 50- Como fazer para prover as partes vivas com uma isolação básica?

Em muitos casos, a isolação básica já vem no produto de fábrica como, por exemplo, a isolação dos fios e cabos elétricos (Figura 11). Em outros casos, pode-se prover a isolação básica em campo como, por exemplo, recobrimdo-se uma emenda de condutores com fita isolante ou recobrimdo-se um barramento com uma manta, tubo ou luva isolante. Ou então isolando as extremidades dos condutores com conectores de torção, conforme Figura 12.

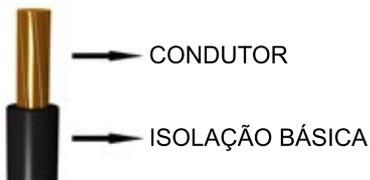


Figura 11: Exemplo de isolação básica provida de fábrica: condutor isolado

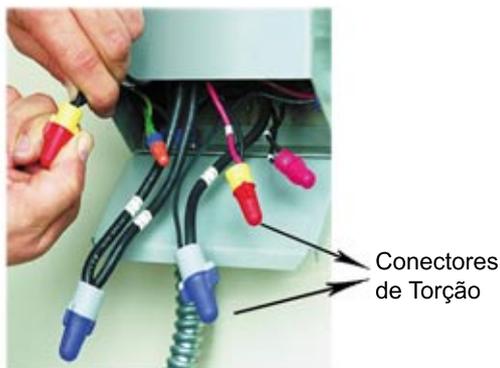


Figura 12: Exemplo isolação básica provida no campo: conectores de torção (cortesia 3M)

## 51- O que são barreiras e invólucros?

Barreira é um elemento que assegura proteção contra contatos diretos de uma pessoa com partes vivas em todas as direções usuais de acesso. É o caso, por exemplo, de uma tampa colocada sob a porta dos quadros elétricos que impede o contato das pessoas com os barramentos vivos no interior do quadro.

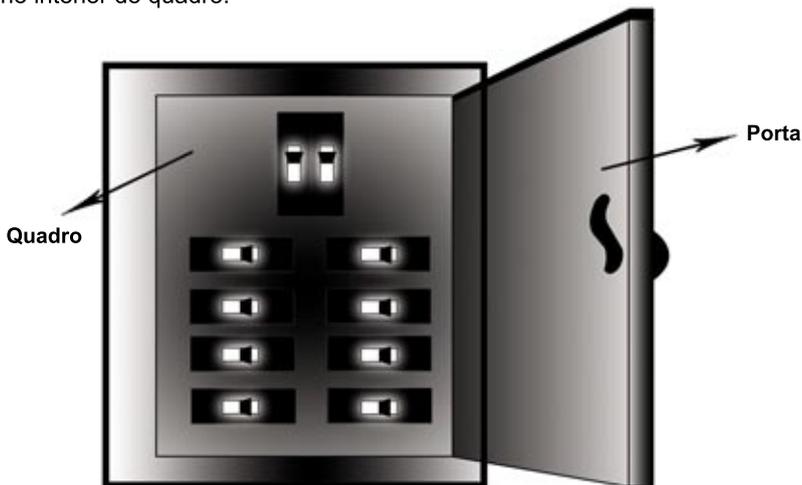


Figura 13: Quadro com porta e tampa

Invólucro é um elemento que assegura proteção contra contatos diretos em qualquer direção. É um conceito semelhante ao da barreira, porém mais amplo, uma vez que o invólucro deve “envolver” completamente o componente, impedindo o acesso direto às suas partes vivas partindo de qualquer e todas as direções. É o caso, por exemplo, de uma caixa de ligação de tomadas, interruptores ou motores provida de tampa.

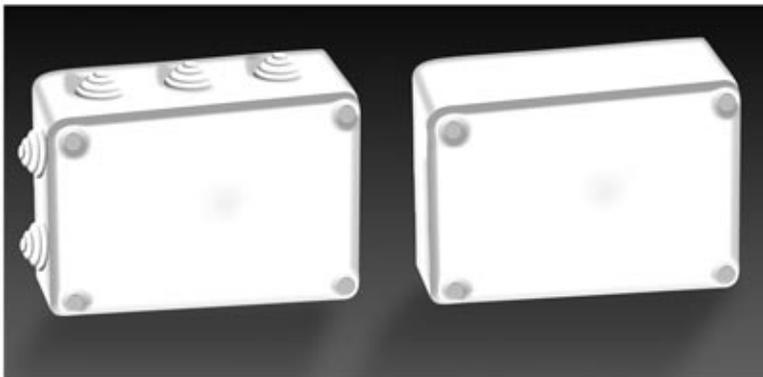


Figura 14: Alguns invólucros

## Aterramento e equipotencialização das instalações elétricas de baixa tensão



### 52- O que significa aterrar e equipotencializar a instalação?

Numa instalação elétrica de baixa tensão, o aterramento e a equipotencialização são partes fundamentais para a garantia do funcionamento adequado dos sistemas de proteção contra choques elétricos, sobretensões, descargas atmosféricas, descargas eletrostáticas, além de ajudar a garantir o funcionamento adequado dos equipamentos de tecnologia de informação (computadores, centrais telefônicas, modems, controladores lógicos, etc).

As normas de instalações elétricas e as boas práticas de engenharia fornecem diversas recomendações de como realizar adequados sistemas de aterramento e de equipotencialização de modo a serem atingidos graus ótimos de proteção e operação das instalações e seus equipamentos.



Para entender a diferença entre aterramento e equipotencialização, vejamos as definições a seguir:

- Terra de referência: massa condutora da terra, cujo potencial elétrico, em qualquer ponto, é convencionalmente considerado igual a zero;
- Aterramento: ligação elétrica intencional e de baixa impedância com a terra;
- Eletrodo de aterramento: condutor ou conjunto de condutores enterrados no solo e eletricamente ligados à terra, para fazer um aterramento.
- Sistema de aterramento: conjunto de todos os condutores e peças condutoras com o qual é constituído um aterramento, num dado local;
- Ligação equipotencial: ligação elétrica que coloca massas e elementos condutores praticamente no mesmo potencial;
- Elemento condutor: elemento que não faz parte da instalação elétrica, mas que pode nela introduzir um potencial, geralmente o da terra. Canalizações metálicas de água e esgoto, dutos metálicos de ar condicionado, pisos elevados metálicos, caixilhos metálicos de janelas, etc, são alguns exemplos de elementos condutores.

Note que o conceito de “aterramento” envolve necessariamente algum tipo de contato das massas e elementos condutores com a terra de referência, visando a levar todos os componentes do sistema de aterramento a ficarem no potencial mais próximo possível da terra. Assim, por exemplo, quando “aterramos” um motor elétrico, queremos que sua massa fique idealmente no potencial da terra de referência (Figura 15).

Por outro lado, o conceito de “eqüipotencialização” não envolve diretamente a terra, mas está relacionado ao objetivo de colocarmos todas as massas e elementos condutores no mesmo potencial entre si, independentemente de qual é este potencial em relação à terra (Figura 16). Aqui surge o exemplo clássico do avião, onde todas as massas e elementos condutores da aeronave são interligados (eqüipotencializados), mas é obviamente impossível ligar tais massas e elementos condutores à terra propriamente dita. De qualquer forma, a eqüipotencialização realizada na aeronave é fundamental para a operação segura da instalação elétrica do avião, mesmo não existindo aqui a figura do “aterramento”. No caso do avião, a existência de uma diferença de potencial entre o sistema elétrico do avião e a terra pode não ser importante, mas, na maioria das instalações elétricas, é muito importante que as massas, os elementos condutores e a terra estejam o mais próximo possível do mesmo potencial (Figura 17), evitando riscos de choques elétricos, mau funcionamento e danos aos equipamentos eletroeletrônicos.

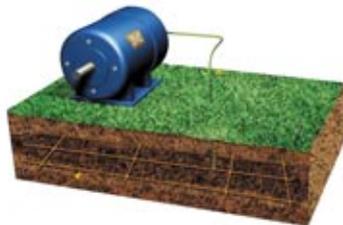


Figura 15: exemplo que ilustra o conceito de “aterramento”: a massa é colocada intencionalmente no potencial do eletrodo de aterramento



Figura 16: exemplo que ilustra o conceito de “eqüipotencialização”: as massas M são colocadas no mesmo potencial entre si, mas podem estar em um potencial diferente em relação ao eletrodo de aterramento.

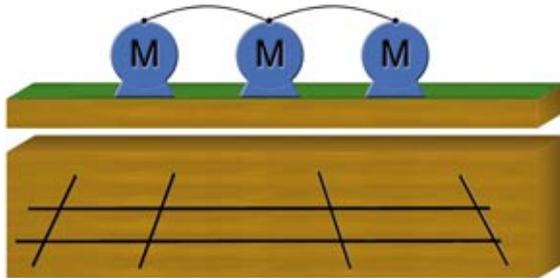


Figura 16: exemplo que ilustra o conceito de "equipotencialização"

As massas M são colocadas no mesmo potencial entre si, mas podem estar em um potencial diferente em relação ao eletrodo de aterramento.

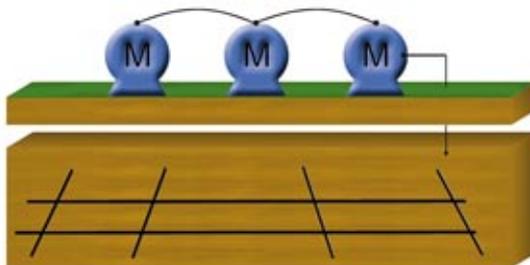


Figura 17: aterramento e equipotencialização

Talvez a maneira mais fácil de compreender os conceitos de aterramento e equipotencialização seja através de uma analogia com um sistema hidráulico.

Observamos na figura 18 que a Caixa 1 está interligada ao Reservatório por uma tubulação e ambos estão no mesmo nível (potencial). Nesta situação, não há movimento de água pela tubulação. Nesta figura, o reservatório seria o eletrodo de aterramento, a caixa seria a massa e a tubulação seria o condutor de aterramento, condição similar à da Figura 15 anterior.

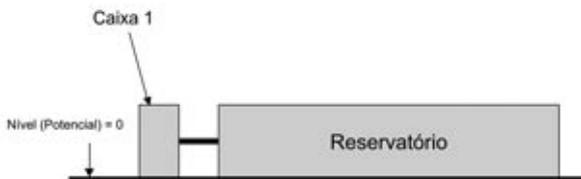


Figura 18

Na figura 19, temos o reservatório no seu mesmo nível (potencial) igual a zero, colocamos todas as caixas em um nível igual a dez e interligadas por uma tubulação, sem haver nenhuma ligação entre as caixas e o reservatório. Nestas condições, as caixas estão todas no mesmo potencial (equipotencializadas), não havendo, portanto, circulação de água entre elas. No entanto, embora estejam equipotencializadas (entre si), elas estão em um nível (potencial) diferente do reservatório, condição similar à da Figura 16 anterior. Isto ilustra também o caso do avião, onde todos os seus componentes estão equipotencializados num mesmo potencial que é diferente de um eventual terra de referência localizado no solo.

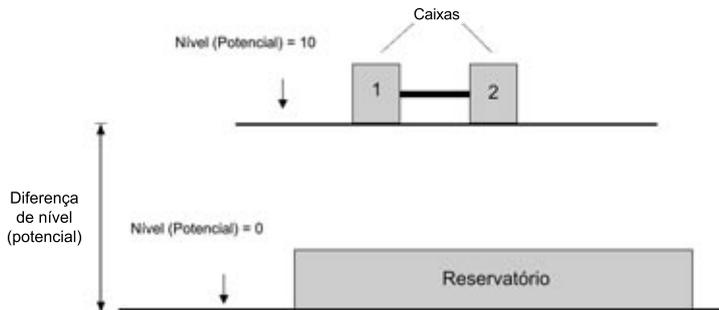


Figura 19

Na figura 20, temos o reservatório no nível (potencial) igual a zero, colocamos as caixas no mesmo nível zero, interligadas por uma tubulação entre si e com o reservatório. Nestas condições, as caixas estão todas no mesmo potencial (equipotencializadas), que é o mesmo potencial do reservatório, não havendo, portanto, circulação de água entre elas e entre elas e o reservatório, condição similar à da Figura 17 anterior.



Figura 20



### **53- Quais são os principais componentes de um sistema de aterramento e equipotencialização elaborado de acordo com a norma?**

Os principais componentes de um sistema de aterramento e equipotencialização são os seguintes (Figura 21):

1- Eletrodo de aterramento (infraestrutura de aterramento): condutor ou conjunto de condutores enterrados no solo e eletricamente ligados à terra, para fazer um aterramento. Este eletrodo pode ser constituído pelas armaduras de concreto das fundações; por fitas, barras ou cabos metálicos imersos no concreto das fundações; por malhas metálicas enterradas; por hastes, tubos, chapas metálicas enterradas.

2- Condutor de aterramento: condutor de proteção que liga o barramento de equipotencialização principal ao eletrodo de aterramento;

3- BEP (Barramento de Equipotencialização Principal): barramento destinado a servir de via de interligação de todos os elementos incluíveis na equipotencialização principal, como, por exemplo, armaduras de concretos e outras estruturas metálicas, tubulações metálicas de água, esgoto, etc, dutos metálicos de ar condicionado, condutos metálicos de linhas elétricas, condutor neutro da concessionária, etc;

4- Condutor de equipotencialização principal: condutor ou condutores que interligam o BEP aos elementos incluíveis na equipotencialização principal;

5- Condutor de proteção principal: condutor ou condutores de proteção que estão diretamente ligados ao BEP;



6- Condutor de equipotencialização suplementar: condutor ou condutores que interligam o BEL às massas ou aos elementos condutores estranhos à instalação elétrica;

7- Condutor de proteção: condutor prescrito em certas medidas de proteção contra choques elétricos e destinado a interligar eletricamente massas, elementos condutores estranhos à instalação, terminal (ou barra) de aterramento e/ou pontos de alimentação ligados à terra.

8- BEL (Barramento de Equipotencialização Local): barramento destinado a servir de via de interligação de todos os elementos incluíveis numa equipotencialização local, como, por exemplo, armaduras de concretos e outras estruturas metálicas, tubulações metálicas de água, esgoto, etc, dutos metálicos de ar condicionado, condutos metálicos de linhas elétricas, perfis e esquadrias metálicas, etc;

9- Elemento condutor estranho à instalação elétrica: elemento que não faz parte da instalação elétrica, mas que pode nela introduzir um potencial, geralmente o da terra. Canalizações metálicas de água e esgoto, dutos metálicos de ar condicionado, pisos elevados metálicos, caixilhos metálicos de janelas, etc, são alguns exemplos de elementos condutores;

10- Massa: parte condutora que pode ser tocada e que normalmente não é viva, mas pode tornar-se viva em condições de falta. A carcaça metálica dos quadros elétricos, equipamentos elétricos (motores, por exemplo), equipamentos eletroeletrônicos, eletrodomésticos, etc, são bons exemplos de massas.

#### LEGENDA:

- 1 - Eletrodo de aterramento (infraestrutura de aterramento)
- 2 - Condutor de aterramento
- 3 - BEP (Barramento de Equipotencialização Principal)
- 4 - Condutor de equipotencialização principal

- 5 - Condutor de proteção principal
- 6 - Condutor de equipotencialização suplementar
- 7 - Condutor de proteção
- 8 - BEL (Barramento de Equipotencialização Local)
- 9 - Elemento condutor estranho à instalação elétrica
- 10 - Massa

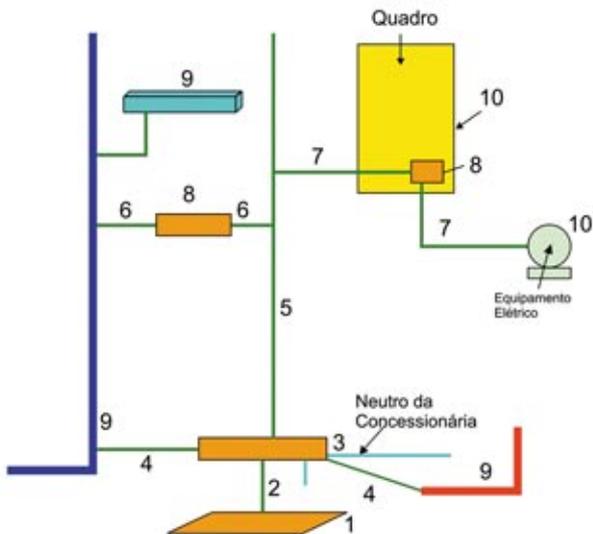


Figura 21: principais componentes dos sistemas de aterramento e equipotencialização

#### 54- É obrigatória a ligação do neutro da concessionária ao BEP conforme indicado na Figura 21?

Quando a instalação for alimentada em baixa tensão pela concessionária, o condutor neutro deve ser sempre ligado ao BEP.

#### 55- Já que é obrigatório ligar o neutro ao BEP, podemos usar o neutro como condutor de proteção (fio terra)?

Um tipo de raciocínio imediato que poderia ocorrer é: se o neutro está ligado ao BEP, então, automaticamente, ele é um bom fio terra para ser ligado à carcaça dos equipamentos. A questão toda é que a verdade não é bem essa e vejamos porque.

Vamos considerar o circuito ilustrado na Figura 22. Nele, temos duas cargas pertencentes a um mesmo circuito, alimentadas entre fase e neutro. Aproveitando que o condutor neutro já foi levado até as cargas e, já que ele é chamado de neutro, vamos usá-lo também como condutor de proteção (PE), o nosso velho conhecido fio terra. Observe então, na Figura 23, o caminho de circulação da corrente quando as duas cargas estão ligadas. Veja que ela circula pelo condutor de fase do mesmo modo que pelo condutor neutro. A partir dessa figura, temos duas maneiras de analisar o circuito em questão para mostrar que o neutro não deve ser utilizado como PE.

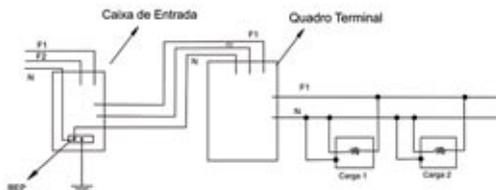


Figura 22

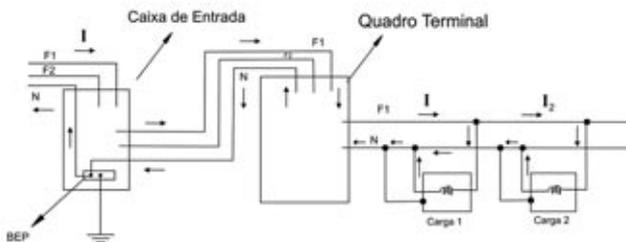


Figura 23

A primeira forma, mais qualitativa, está apresentada na Figura 24 e mostra uma pessoa não isolada da terra tocando a carcaça do equipamento. Essa situação é muito comum e corresponde à maneira mais clássica que as pessoas têm morrido eletrocutadas. Ao tocar a carcaça, a pessoa estabelece um caminho em paralelo com o condutor neutro para o retorno da corrente à fonte. Recordando que em um circuito a corrente elétrica divide-se inversamente proporcional ao valor da resistência, quanto menor a diferença entre as resistências do circuito e do corpo da pessoa, maior a chance de a pessoa ser eletrocutada. Observe um fato curioso que pode ocorrer em uma ligação como a mostrada na Figura 25: a pessoa poderá levar um choque na carga 1, mesmo com ele desligado, se a carga 2 estiver ligada.

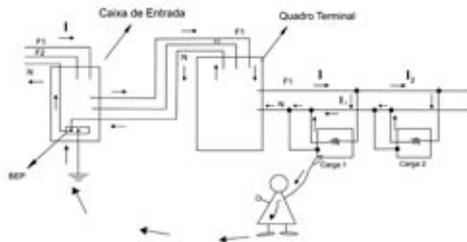


Figura 24

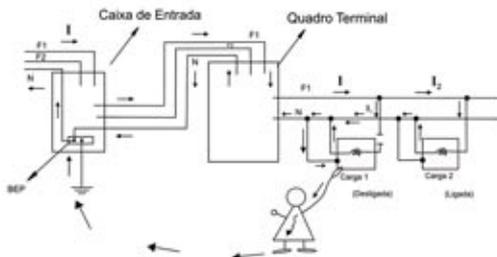


Figura 25

Uma outra forma de entender o problema do uso do neutro como “terra” é mais quantitativa e pode ser apresentada por meio do conceito da queda de tensão no condutor neutro. Observe a Figura 26, onde se vê o circuito fisicamente e em termos de sua equivalência elétrica. Note que, ao ser percorrido por corrente, haverá uma queda de tensão no condutor neutro que é diretamente proporcional à sua impedância. Isso significa que, próximo ao eletrodo de aterramento, a tensão entre neutro e terra é praticamente nula e, na medida em que se afasta da origem, a tensão entre neutro e terra aumenta. Dessa forma, dependendo da posição em que se realizar a ligação do condutor neutro à carcaça do equipamento, poderemos estar transferindo um potencial maior ou menor para esse ponto, chegando até a colocar em risco de morte as pessoas que eventualmente tocarem a carcaça do aparelho.

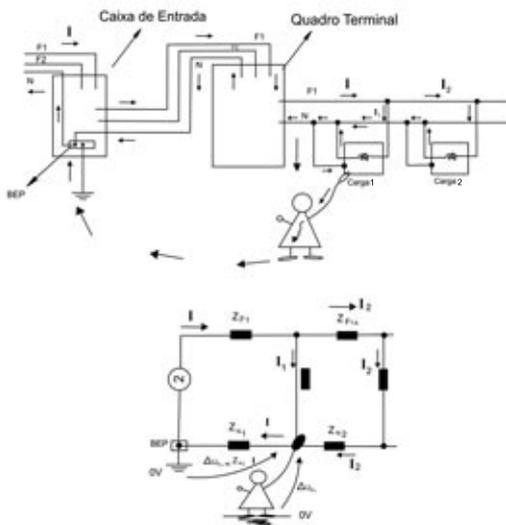


Figura 26

Observando agora a Figura 27, podemos entender que a utilização de um condutor neutro separado do condutor PE resolve as questões abordadas até aqui. Como pelo condutor PE circula apenas a eventual corrente de falta, a queda de tensão nesse condutor é muito pequena e o potencial da carcaça permanece praticamente sempre em torno do potencial de terra, garantindo a segurança contra choques. A corrente que circula pelo neutro não afeta o potencial da carcaça do equipamento.

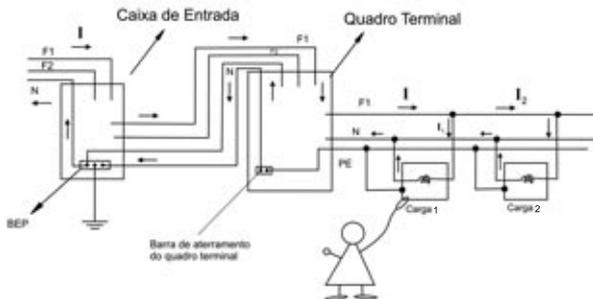


Figura 27

Uma vez feitas essas considerações, podemos concluir que a utilização do neutro como terra não é adequada, mesmo no caso previsto no item 6.4.6.2 – Condutor PEN da ABNT NBR 5410. Nesse item, a norma admite a utilização do condutor neutro como condutor de proteção, em esquemas TN, quando a seção do PE for maior ou igual a 10 mm<sup>2</sup> em cobre ou 16 mm<sup>2</sup> em alumínio. Quando se estabeleceram essas seções mínimas na norma, pensou-se em não permitir, na prática, a utilização de condutores PEN na enorme maioria dos circuitos terminais de uma instalação residencial ou comercial, locais esses, via de regra, utilizados por pessoas BA1 (normais) e BA2 (crianças). Dito de outra forma e mais claramente, a norma (e o bom senso) não permite, por exemplo, usar o neutro de uma instalação para aterrar o chuveiro. Também não pode usar o neutro para aterrar as tomadas de uso geral de uma instalação qualquer. E assim por diante...



Em resumo, neutro é neutro e terra e terra. E se neutro fosse terra, ele se chamaria terra e se terra fosse neutro, ele se chamaria neutro. Como neutro é neutro e terra é terra, eles não são a mesma coisa. Fácil, não é mesmo?

### **56- É obrigatório o uso de fio terra em circuitos abaixo de 220 volts?**

Estudos reconhecidamente válidos mostram que as pessoas não suportam tensões de contato (choque) acima de determinados valores em função da combinação de características pessoais e do meio que as circundam. Esses limites de tensão suportáveis estão estabelecidos na ABNT NBR 5410, onde é indicado que valores acima de 50V em corrente alternada para a situações normais, acima de 25V para situações onde a pessoa possa estar úmida ou molhada e acima de 12V nas situações onde a pessoa está imersa (banheira, piscina, etc) são extremamente perigosas. Nestas condições, é evidente que tanto os circuitos “110 volts” quanto os “220 volts” devem possuir o fio terra.

### **57- É obrigatório o uso de fio terra em circuitos em áreas “secas” (quartos, salas, etc.) também ou somente em áreas molhadas (cozinha, área de serviço, banheiro, garagens, etc.)?**

Qualquer que seja a situação, deve sempre existir um condutor de proteção da instalação elétrica ligado às massas, sendo que em nenhum momento a norma prevê medidas diferentes para áreas “secas” ou “molhadas”.

### 58) Um condutor de proteção (fio terra) pode ser compartilhado por mais de um circuito?

Os condutores de proteção podem ser individuais por circuito (Figura 28) ou, conforme 6.4.3.1.5 da ABNT NBR 5410, “um condutor de proteção pode ser comum a dois ou mais circuitos, desde que esteja instalado no mesmo conduto que os respectivos condutores de fase”. (Figura 29)



Figura 28: caso em que cada circuito tem seu próprio condutor de proteção (PE)



Figura 29: caso em que cada o condutor de proteção (PE) é comum a mais de um circuito

### **59- Que tipo de tomada deve ser utilizada nas instalações residenciais e análogas visando a proteção contra choques elétricos?**

A ABNT NBR 5410 estabelece em 5.1.2.2.3.6 que todo circuito deve dispor de condutor de proteção, em toda sua extensão. E acrescenta em 6.5.3.1 que todas as tomadas de corrente fixas das instalações devem ser do tipo com contato de aterramento (PE), sendo que as tomadas de uso residencial e análogo devem ser conforme ABNT NBR NM 60884-1 e ABNT NBR 14136.

Desta forma, de acordo com a norma, é obrigatório distribuir o condutor de proteção (fio terra) em todos os circuitos e utilizar TODAS as tomadas de corrente na configuração 2P + T (dois pólos e terra). Conseqüentemente, todas as caixas de derivação e passagem deverão disponibilizar o condutor de proteção (verde ou verde-amarelo) em seu interior.

A título de esclarecimento, a ABNT NBR NM 60884-1 é a norma que testa as tomadas em geral, qualquer que seja o seu desenho (configuração) e a ABNT NBR 14136 é a norma que padroniza o formato das tomadas para uso residencial e análogo até 20 A – 250 V (Figura 30).



Figura 30: tomada padrão ABNT NBR 14136

### **60- As carcaças (massas) das luminárias também devem ser ligadas a fios terra?**

A ABNT NBR 5410 estabelece em 5.1.2.2.3.6 que todo circuito deve dispor de condutor de proteção, em toda sua extensão. Isto inclui as carcaças das luminárias, quando elas forem feitas de material condutor



(aço, alumínio, etc.), obviamente. Caso a luminária não venha de fábrica com um terminal específico para a ligação do condutor de proteção, o instalador deve procurar uma forma adequada de providenciar esta ligação no campo.

### 61- Todos os aparelhos eletroeletrônicos devem vir com fio terra?

Diferentemente da instalação elétrica que deve possuir condutor de proteção em toda sua extensão e, por conseqüência, ele deve estar presente em todas as caixas de ligação, de derivação e de passagem, os aparelhos eletroeletrônicos não necessariamente devem vir com o condutor de proteção. Isto porque há muitos casos em que os aparelhos possuem a chamada dupla isolação (classe II), que consiste na isolação de suas partes vivas por meio de uma isolação básica acrescida de uma isolação suplementar. Nestas condições, as normas técnicas dispensam a existência do condutor de proteção do aparelho.

### 62- Como deve ser dimensionada a seção nominal do condutor de proteção (fio terra) individual?

A seção nominal do condutor de proteção pode ser determinada através da tabela 58 da ABNT NBR 5410 reproduzida a seguir. Quando a aplicação da tabela conduzir a seções não padronizadas, devem ser escolhidos condutores com a seção padronizada mais próxima.

Tabela 12: seção mínima do condutor de proteção

Seção dos condutores de fase S mm <sup>2</sup>	Seção mínima do condutor de proteção correspondente mm <sup>2</sup>
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2



Por exemplo, se a seção dos condutores de fase de um dado circuito for  $35 \text{ mm}^2$ , então a seção mínima do condutor de proteção deverá ser  $35/2 = 17,5 \text{ mm}^2$ , cuja seção padronizada mais próxima é  $25 \text{ mm}^2$ .

### **63- Como deve ser dimensionada a seção nominal do condutor de proteção (fio terra) comum a mais de um circuito?**

Conforme 6.4.3.1.5 da ABNT NBR 5410, a seção do condutor de proteção comum a mais de um circuito deve ser selecionada conforme a tabela 12, com base na maior seção de condutor de fase desses circuitos.

Por exemplo, num eletroduto, a seção dos condutores de fase de um dado circuito é  $35 \text{ mm}^2$ , a de outro é  $16 \text{ mm}^2$  e a de outro é  $25 \text{ mm}^2$ , então a seção mínima do condutor de proteção comum a estes três circuitos deverá ser  $35/2 = 17,5 \text{ mm}^2$ , cuja seção padronizada mais próxima é  $25 \text{ mm}^2$ .

### **64- Como deve ser dimensionada a seção nominal do condutor de proteção (fio terra) no caso de um circuito formado por vários condutores em paralelo por fase?**

Embora não esteja tratado de modo explícito no texto da norma, nos casos em que um dado circuito é composto por cabos em paralelo por fase, sob o ponto de vista elétrico pode-se considerar cada conjunto de condutores vivos (RSTN) como um circuito independente para efeito de aplicação da prescrição de 6.4.3.1.5.

Assim, por exemplo, se um circuito tem 3 cabos por fase  $120 \text{ mm}^2$ , considera-se como se 3 circuitos de  $120 \text{ mm}^2$  estivessem instalados no mesmo conduto, sendo então  $120 \text{ mm}^2$  a maior seção de condutor de fase desses circuitos, resultando em um condutor de proteção de  $70 \text{ mm}^2$  de seção nominal ( $120 / 2 = 60 \text{ mm}^2$ ).

**65- Como deve ser dimensionada a seção nominal do condutor de aterramento?**

O condutor de aterramento é dimensionado da mesma forma que um condutor de proteção.

**66- Como deve ser dimensionada a seção nominal do condutor de equipotencialização principal?**

Os condutores de equipotencialização principal devem ser dimensionados conforme 6.4.4.1.1 da ABNT NBR 5410. Assim, suas seções nominais não devem ser inferior à metade da seção do condutor de proteção de maior seção da instalação, com um mínimo de  $6 \text{ mm}^2$  e um máximo de  $25 \text{ mm}^2$ , em cobre.

Por exemplo, supondo que o maior condutor de proteção da instalação tenha seção nominal  $70 \text{ mm}^2$ , então metade da seção é  $35 \text{ mm}^2$ , porém, pela regra acima, a seção nominal de TODOS os condutores de equipotencialização principal pode ser  $25 \text{ mm}^2$ .

**67- Como deve ser dimensionada a seção nominal do condutor de equipotencialização suplementar?**

Os condutores de equipotencialização suplementar devem ser dimensionados conforme 6.4.4.1.2 da ABNT NBR 5410. Neste caso, a norma prevê duas situações: condutor interligando duas massas e condutor interligando uma massa e um elemento condutor estranho à instalação. Assim, temos:

- a) o condutor em cobre ou alumínio destinado a interligar (equipotencializar) duas massas deve ter uma seção igual ou superior à do condutor de proteção de menor seção ligado a essas massas (Figura 31);

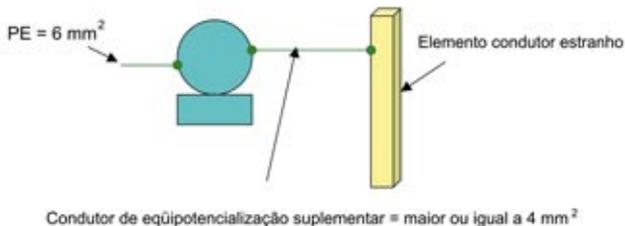


Figura 31: exemplo de dimensionamento de condutor de equipotencialização entre duas massas

No caso do exemplo da Figura 31, se o PE da massa tem seção  $6 \text{ mm}^2$ , então  $S_{PE}/2 = 3 \text{ mm}^2$  e, portanto, a seção mínima do condutor de equipotencialização será  $4 \text{ mm}^2$  que é a seção nominal padronizada mais próxima.

- b) o condutor em cobre ou alumínio destinado a interligar (equipotencializar) uma massa e um elemento condutor estranho à instalação elétrica deve ter uma seção igual ou superior à metade da do condutor de proteção ligado à massa (Figura 32).

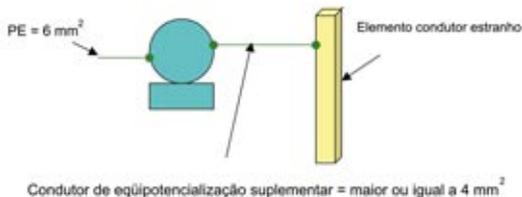


Figura 32: exemplo de dimensionamento de condutor de equipotencialização entre uma massa e um elemento condutor estranho à instalação elétrica



c) em qualquer dos casos anteriores a) ou b), o condutor de equipotencialização suplementar deve atender ao estabelecido em 6.4.3.1.4. Este, por sua vez, trata da seção mínima de condutores de proteção que não façam parte do mesmo cabo multipolar ou não estejam contidos no mesmo conduto fechado que os condutores de fase. Esta é, por sinal, uma situação muito usual de instalação do condutor de equipotencialização suplementar.

Desta forma, a norma estabelece a seção mínima de 2,5 mm<sup>2</sup> em cobre para o condutor de equipotencialização suplementar, se for provida proteção ao condutor contra danos mecânicos (com sua instalação em eletroduto ou eletrocalha, por exemplo); ou uma seção mínima de 4 mm<sup>2</sup> em cobre para o condutor de equipotencialização suplementar, se não for provida proteção ao condutor contra danos mecânicos.

### **68- Como deve ser dimensionado o BEP (Barramento de Equipotencialização Principal)?**

O BEP (Barramento de Equipotencialização Principal) é um conceito, mais do que um componente físico da instalação. Ele é um “ponto de encontro” dos condutores da equipotencialização principal e do condutor de aterramento. Não é determinado na ABNT NBR 5410:2004 nenhum formato para o BEP. No entanto, na prática, a maneira mais usual de executar o BEP tem sido através do uso de uma barra geralmente de cobre. Neste caso, é natural que, por coerência, a capacidade de condução de corrente desta barra (e sua seção por consequência) não deve ser inferior à capacidade de condução de corrente do condutor de aterramento, cuja seção nominal é determinada conforme item anterior. O comprimento (L) e largura (h) do BEP devem ser tais que seja fisicamente possível realizar todas as ligações necessárias dos condutores de equipotencialização principais existentes. O número de ligações e a seção dos condutores a serem ligados ao BEP variam de projeto para projeto (Figura 33).

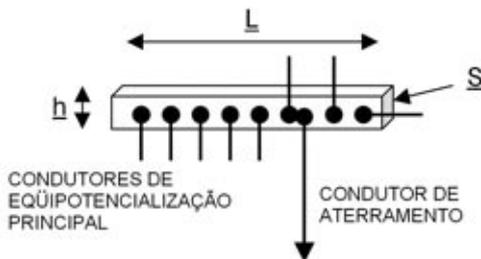


Figura 33: as dimensões físicas de um BEP na forma de barra dependem de cada projeto.

### 69- Como deve ser dimensionado o BEL (Barramento de Equipotencialização Local)?

Para o BEL, valem os mesmos comentários feitos para o BEP.

## Seccionamento automático da alimentação elétrica

### 70- Do que se trata exatamente a medida de proteção contra choques elétricos por seccionamento automático?

Esta medida de proteção contra choques elétricos é aquela que se relaciona ao seccionamento automático da instalação no caso da ocorrência de uma situação que possa resultar em perigo de choque elétrico. Neste ponto, estamos falando em desligar automaticamente toda instalação ou parte dela para que o perigo seja eliminado e a pessoa protegida.

Para compreender melhor este tema, vamos observar a Figura 34.

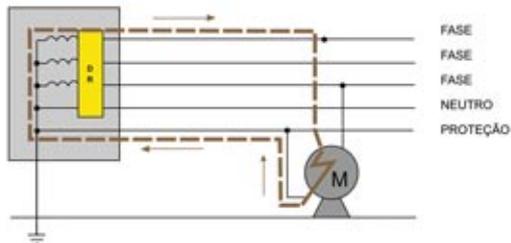


Figura 34

Ocorrendo em qualquer ponto uma falta de impedância desprezível entre um condutor de fase e o condutor de proteção ou uma massa, conforme indicado na Figura 34, um dispositivo de seccionamento automático deve desligar o circuito em um tempo bastante reduzido e seguro.

### **71- Os circuitos de iluminação também devem ser seccionados no caso de perigo de choque elétrico?**

Os circuitos de iluminação também devem ser seccionados, pois a norma não faz diferenciação entre circuitos de iluminação e força quanto à medida de seccionamento automático da alimentação na proteção contra choques elétricos.

### **72- Podemos utilizar disjuntores ou fusíveis para realizar o seccionamento automático contra choques elétricos?**



Embora a norma permita, sob certas circunstâncias, o uso de disjuntores ou fusíveis como dispositivos de seccionamento automático, recomenda-se que seja sempre utilizado um dispositivo “especialista” nesta função que é o chamado Dispositivo Diferencial Residual ou, simplesmente, Dispositivo DR.

**73) Embora em alguns casos seja permitido o uso de disjuntores ou fusíveis na proteção contra choques elétricos (apesar de não ser recomendável usa-los), há situações em que é obrigatório o uso apenas de dispositivo DR (diferencial residual)?**

A ABNT NBR 5410 estabelece que devem ser utilizados exclusivamente dispositivos DR e, além disso, de alta sensibilidade, isto é, com corrente diferencial-residual nominal igual ou inferior a 30 mA, nos seguintes casos:

- Nos circuitos que, em locais de habitação, sirvam a pontos de utilização (iluminação e força) situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens. Há uma exceção a esta regra para os casos de pontos de iluminação situados a mais de 2,50 m do piso.
- Nos circuitos que, em edificações não-residenciais, sirvam a pontos de tomada situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens.
- Nos circuitos que, em qualquer tipo de edificação, sirvam a pontos de utilização (iluminação e força) situados em locais contendo banheira ou chuveiro.
- Nos circuitos que, em qualquer tipo de edificação, sirvam a tomadas de corrente situadas em áreas externas à edificação ou tomadas de corrente situadas em áreas internas mas que possam vir a alimentar equipamentos no exterior da edificação.

## 74- É obrigatório o uso de DRs individuais por circuitos ou posso proteger mais de um circuito com um DR?

Os dispositivos DRs podem ser individuais por circuitos, ou por grupos de circuitos ou pode ainda ser usado um único DR protegendo todos os circuitos de uma instalação (Figura 35).

Em 6.3.3.2.6, a norma lembra que os DRs devem ser escolhidos e os circuitos devem ser divididos de tal modo que a soma das correntes de fuga à terra que podem circular pelo DR durante o funcionamento normal das cargas não seja suficiente para provocar a atuação do dispositivo.

Como as normas de DRs indicam que eles já podem atuar a partir de 50% de sua corrente de disparo nominal, é preciso conhecer com bastante detalhe as cargas que serão alimentadas por um único DR. Por exemplo, um DR de corrente nominal de disparo de 30 mA pode disparar a partir de correntes de fuga à terra maiores ou iguais a 15 mA. E dependendo da natureza das várias cargas ligadas a um único DR de 30 mA, este valor (15 mA) pode ser facilmente atingido, resultando em constantes desligamentos da instalação e causando enorme desconforto aos usuários. Uma solução que pode conciliar custo com continuidade de operação é o uso de um DR para um determinado grupo de circuitos.

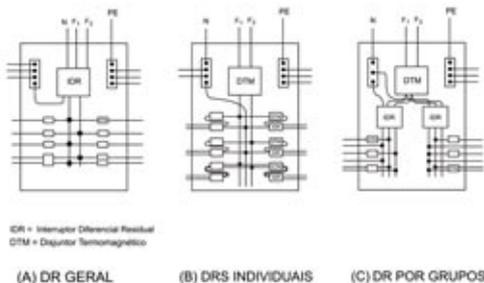
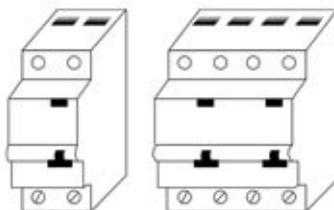


Figura 35: DR geral, DRs individuais e DR por grupos de circuitos.

## 75- Quais os tipos de DRs mais comuns?

Os tipos mais usuais de DRs encontrados no Brasil são aqueles para instalação em quadros e geralmente são comercializados nas versões bipolares e tetrapolares (Figura 36).

Podem ainda ser na versão INTERRUPTOR DR ou DISJUNTOR DR: no primeiro caso, o dispositivo atua apenas para seccionar o circuito no caso de correntes de fuga à terra, enquanto que no segundo caso, atua adicionalmente na proteção do circuito contra sobrecargas e curtos-circuitos.



BIPOLAR

TETRAPOLAR

Figura 36: tipos mais usuais de INTERRUPTORES DRs

Geralmente são comercializados nas seguintes combinações de correntes nominais (A) e correntes nominais de atuação (mA):

Tabela 13: correntes nominais de DRs

$I_{\Delta n}$ (atuação)	$I_n$ (A)
30 mA, 100 mA, 300 mA e 500 mA	25
	40
	63
	80
	100
	125

## 76- Como os DRs são ligados?

Em 6.3.3.2.5, a norma determina que o circuito magnético do DR deve envolver todos os condutores vivos do circuito ou grupo de circuitos protegidos, inclusive o neutro, mas não pode envolver o condutor de proteção, o qual deve passar “por fora” do DR.

As Figura 37 mostra exemplos de ligação de dispositivos DR em circuitos terminais típicos.

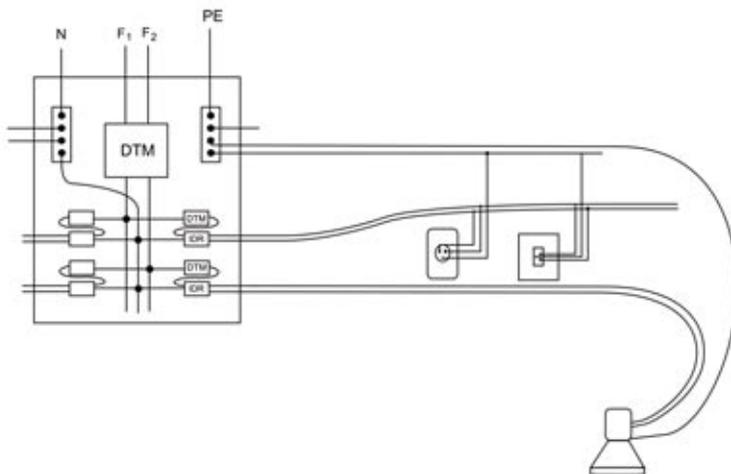


Figura 37: Exemplos de circuitos terminais protegidos por dispositivos DR

## Dimensionamento de condutores na presença de harmônicas

### 77- O que são “harmônicas”?

Desde que a utilização de equipamentos eletrônicos em residências, edificações comerciais e industriais começou a crescer, na década de 1990, as perturbações harmônicas nas instalações elétricas tornaram-se cada vez mais freqüentes. Equipamentos como computadores pessoais, reatores eletrônicos, variadores de velocidade e fontes de alimentação em geral são exemplos de cargas que têm seu funcionamento baseado em componentes de eletrônica de potência, tais como diodos, tiristores, transistores, triacs e diacs, entre outros.

Os circuitos destes aparelhos introduzem deformações nas senóides que estão presentes nas redes elétricas. A decomposição destes sinais deformados em somas de senóides perfeitas de diferentes freqüências e amplitudes resulta no aparecimento das componentes harmônicas de um sinal (Figura 38). Deste modo, nas instalações onde antes só havia a presença de sinais na freqüência de 60 Hz, agora existem outros sinais em freqüências múltiplas, como 180, 300, 420 Hz, etc.

Caso os diversos componentes desta instalação não tenham sido projetados e especificados levando-se em conta a presença de sinais com diversas freqüências, eles poderão sofrer danos ou ter seu funcionamento e desempenho afetados.

Os principais efeitos provocados pela presença de tensões e correntes harmônicas em uma instalação são os seguintes: aquecimentos excessivos em condutores, motores, geradores e transformadores, disparos intempestivos de disjuntores e dispositivos DR, queimas inexplicáveis de fusíveis e vibrações e ruídos excessivos em painéis elétricos, transformadores e motores.



Outros efeitos observados são o surgimento de interferências eletromagnéticas nas redes de comunicações e dados e o aparecimento de tensões inaceitáveis entre neutro e terra em circuitos de computadores, além da diminuição do fator de potência da instalação e aumentos nas quedas de tensão nos condutores elétricos.

Particularmente os condutores elétricos devem ser escolhidos considerando-se o aquecimento produzido pelas harmônicas, o que resulta, via de regra, em condutores de fase e neutro com maiores seções. Em particular, deve-se abandonar uma antiga prática nas instalações elétricas que era a de reduzir a seção do condutor neutro de circuitos trifásicos pela metade. Modernamente, ao contrário, em muitas situações o neutro pode ter a sua seção até dobrada em relação à seção do condutor de fase, com o objetivo de compensar o aquecimento adicional provocado pelas harmônicas.

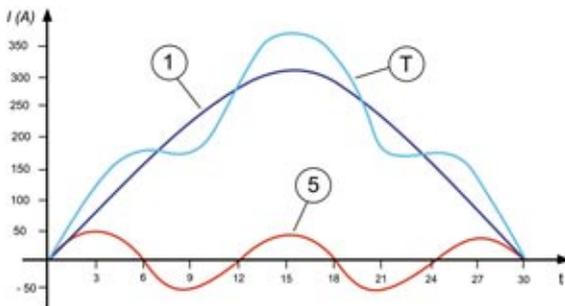


Figura 38: harmônicas



## 78- Como dimensionar os condutores de fase na presença de correntes harmônicas?

Em 6.2.6.1.2.a, a norma ABNT NBR 5410 indica que a capacidade de condução de corrente dos condutores de fase deve ser igual ou superior à corrente de projeto ( $I_B$ ) do circuito, incluindo as componentes harmônicas.

O valor eficaz da corrente de projeto ( $I_B$ ) em um circuito percorrido por correntes harmônicas de ordem 1, 2, ..., n, com valores eficazes respectivamente  $I_1, I_2, \dots, I_n$  é dado por:

$$I_B = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots + I_n^2}$$

- Dimensionamento dos condutores de fase em um circuito de duas fases.

a) seja um circuito de 2 fases que alimenta um quadro de distribuição de um setor de uma instalação, conforme indicado na Figura 39. As correntes que estão presentes nesse circuito são de ordens 1 (fundamental), 3 (terceira harmônica), 5 (quinta) e 7 (sétima), com intensidades (valores eficazes) de, respectivamente, 110 A, 57 A, 25 A e 17 A. Nessas condições, a corrente de projeto  $I_B$  a considerar no cálculo da seção dos condutores desse circuito é calculada por:

$$I_B = \sqrt{I_1^2 + I_3^2 + I_5^2 + I_7^2} = \sqrt{(110)^2 + (57)^2 + (25)^2 + (17)^2} = 127 \text{ A}$$



Supondo que esse circuito esteja sozinho no interior de um eletroduto aparente, com temperatura ambiente de 30°C e que sejam utilizados condutores com isolamento em PVC, aplicando-se diretamente a tabela 8 (pág. 35) obtemos:  $S_{\text{fase}} = 50 \text{ mm}^2$ .

Observe que, se o presente dimensionamento fosse realizado sem levar em consideração a presença das harmônicas, mas tão somente o valor da corrente fundamental (110 A), a seção dos condutores resultaria em  $S_{\text{fase}} = 35 \text{ mm}^2$ .

- Dimensionamento dos condutores de fase em um circuito de três fases e neutro

Sejam agora as mesmas correntes do exemplo anterior, porém percorrendo um circuito com 3 fases e neutro (Figura 40). As correntes em cada fase são exatamente iguais, tanto a fundamental quanto as harmônicas.

Em relação à corrente de projeto  $I_b$  que percorre as fases não há nenhuma diferença no cálculo em relação ao exemplo anterior e seu valor eficaz é de 127 A.

Em 6.2.5.6, a ABNT NBR 5410:2004 estabelece que, em circuitos trifásicos com neutro com taxas de terceiras harmônicas e suas múltiplas superiores a 15% nos condutores de fase, o circuito deve ser considerado como constituído de 4 condutores carregados e deve ser aplicado um fator de correção devido ao carregamento do neutro igual a 0,86, independentemente do método de instalação. Este fator é aplicado sobre a capacidade de corrente válida para três condutores carregados.

Em nosso caso, a taxa de 3ª harmônica é igual a 52% (57/110), muito acima dos 15% mínimos da norma. Desta forma, a corrente fictícia de

projeto ( $I'_B$ ) a ser utilizada para determinar a seção do condutor de fase será  $I'_B = 127 / 0,86 = 148$  A. Entrando com esse valor na tabela 10 (pág. 37), 3 condutores carregados, vemos que a seção dos condutores de fase será  $S_{\text{fase}} = 70$  mm<sup>2</sup>.

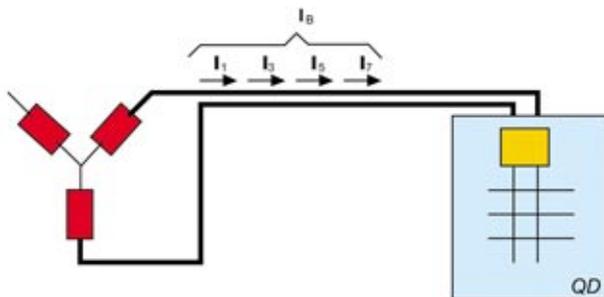


Figura 39

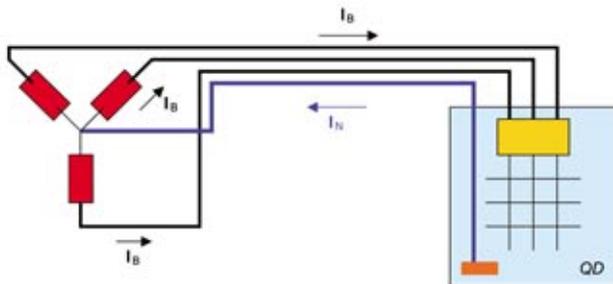


Figura 40



## 79- Como dimensionar o condutor neutro na presença de correntes harmônicas?

Em 6.2.6.2, são feitas considerações sobre o dimensionamento do condutor neutro em função da taxa de terceira harmônica (e suas múltiplas) presentes no circuito. Desta forma, são consideradas três situações: taxa inferior a 15%, taxa entre 15% e 33% e taxa superior a 33% (Tabela 14).

Tabela 14: taxas de harmônicas

Taxa de 3ª harmônica e múltiplas menor que 15%	Taxa de 3ª harmônica e múltiplas entre 15% e 33% inclusive	Taxa de 3ª harmônica e múltiplas superior a 33%
Neutro pode ser menor que o fase	Neutro pode ser igual ao fase	Neutro pode ser maior que o fase

Vejamos cada caso em separado:

### - Neutro pode ser menor que o fase

Em 6.2.6.2.6, admite-se que num circuito trifásico com neutro, onde os condutores de fase tenham seção maior que 25 mm<sup>2</sup>, a seção do neutro pode ser menor que a do fase, limitada aos valores da tabela 48, desde que (1) o circuito seja equilibrado, (2) a taxa de 3ª harmônica e múltiplas seja menor que 15% e (3) que o neutro seja protegido contra sobrecorrentes. Ora, na prática, garantir o atendimento a estas três condições não é nada fácil e, conseqüentemente, reduzir a seção do neutro deve ser uma decisão tomada somente após uma análise muito criteriosa do caso. Note que a norma não obriga a redução do neutro, mas apenas deixa uma possibilidade para que esta redução aconteça.



- Neutro pode ser igual ao fase

Em 6.2.6.2.3 e 6.2.6.4, admite-se que, respectivamente, num circuito trifásico com neutro e num circuito duas fases com neutro, a seção do neutro pode ser igual a do fase desde que a taxa de terceira harmônica (e suas múltiplas) presentes no circuito seja maior ou igual a 15% e menor ou igual a 33%.

- Neutro pode ser maior que fase

Em 6.2.6.2.5, admite-se que num circuito trifásico com neutro ou num circuito duas fases com neutro, a seção do neutro pode ser maior que a do fase desde que a taxa de terceira harmônica (e suas múltiplas) presentes no circuito seja maior ou igual a 33%. Tais taxas são muito comuns em circuitos que alimentam, por exemplo, computadores e outros equipamentos de tecnologia de informação.

De acordo com o anexo F da norma, a seção do neutro nestas condições pode ser determinada calculando-se a corrente por:

$$I_N = f_h I_B$$

onde  $I_N$  é a corrente no neutro considerando a presença das harmônicas de 3ª ordem e suas múltiplas,  $f_h$  é um fator obtido na tabela F.1 e  $I_B$  é a corrente de projeto no condutor de fase, incluindo todas as harmônicas, calculada por:

$$I_B = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2}$$



A norma faz uma observação que é muito útil na prática e que resulta num dimensionamento a favor da segurança: na falta de estimativa mais precisa da taxa de 3ª harmônica, recomenda-se a adoção dos maiores fatores da tabela, ou seja, 1,73 e 1,41, respectivamente, para circuitos trifásicos e duas fases.

Vejamos um exemplo onde  $I_1 = 110$  A,  $I_3 = 57$  A e  $I_5 = 29$  A, circuito trifásico com neutro.

$$\text{Temos } I_B = \sqrt{110^2 + 57^2 + 29^2} = 127 \text{ A}$$

$$\text{THD}_3 = 100 \times 57 / 110 = 52\%$$

Entrando com 52% na tabela F.1, temos  $f_h = 1,45$

$$\text{Então, } I_N = f_h I_B = 1,45 \times 127 = 184 \text{ A}$$

No caso do condutor de fase, entrando com 127 A na tabela 10, (pág 37), 3 condutores carregados, encontramos a seção do condutor de **70 mm<sup>2</sup>**. E para a corrente de 184 A, nas mesmas condições, a seção encontrada é de **95 mm<sup>2</sup>**. Na prática, isso significa que esse circuito seria especificado, de acordo com a norma como sendo **3 x 70 mm<sup>2</sup> + 1 x 95 mm<sup>2</sup>**.

## Proteção das instalações elétricas contra sobretensões



### 80- O que são sobretensões?

Todos os sistemas e equipamentos elétricos suportam certos valores máximos de tensão em função de suas características e normas próprias. Uma sobretensão é aquela tensão cujo valor máximo ultrapassa o valor máximo de tensão suportável pelos sistemas e equipamentos. Por esta



explicação, é fácil entender que uma determinada tensão pode representar uma sobretensão para um dado equipamento, mas não representar uma sobretensão para outro, mesmo ambos estando ligados à mesma instalação. Isto explica porque, em certas circunstâncias, um equipamento queima e outro não quando da ocorrência de uma sobretensão numa instalação elétrica qualquer. Desta forma, é possível dizer que existem sistemas e equipamentos elétricos mais ou menos sensíveis às sobretensões.

### **81- Quais as causas mais comuns de sobretensões?**

As instalações elétricas estão sujeitas a danos provocados por sobretensões que têm origem na queda direta de raios na edificação ou nos componentes da instalação, assim como na queda de raios nas proximidades do local ou, finalmente, resultantes de manobras (aberturas e fechamentos) bruscas nas redes de distribuição da concessionária de energia elétrica.

### **82- Quais os possíveis efeitos das sobretensões nas instalações elétricas?**

As sobretensões podem causar a queima de aparelhos eletroeletrônicos e eletrodomésticos, tais como TVs, aparelhos de DVD's, fax, secretárias eletrônicas, telefones sem fio, computadores, impressoras, scanners, etc. Embora os principais efeitos das sobretensões estejam relacionados a danos nos equipamentos, elas podem ocasionalmente representar perigo também para as pessoas, sobretudo aquelas localizadas próximas aos equipamentos atingidos pelas sobretensões.

### **83- Todas as instalações elétricas devem ser protegidas contra sobretensões?**

A ABNT NBR 5410 determina, em 5.4.2.1, que deve ser provida proteção contra sobretensões a instalação alimentada por linha total ou parcialmente aérea e que se localize em regiões onde ocorram mais de 25 dias de



trovoadas por ano. Levando-se em conta os sistemas de distribuição públicos existentes no País e analisando-se os mapas disponíveis, é possível concluir que a maior parte das instalações elétricas está obrigada a possuir proteção contra sobretensões de acordo com as exigências da norma. Ficariam de fora apenas as instalações situadas em zonas de distribuição pública subterrânea, pouco usuais no Brasil.

Uma outra situação na qual é obrigatória a proteção contra sobretensões é aquela na qual possa existir a queda direta de raios nos componentes da instalação elétrica. Este pode ser o caso, por exemplo, de postes de iluminação em estacionamentos, torres de resfriamento em coberturas de edifícios e, de um modo mais geral, de instalações elétricas situadas em edificações que possuam sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA).

#### **84- Como proteger as instalações elétricas contra sobretensões?**

A proteção contra sobretensões de uma instalação elétrica deve ser feita pelo emprego de um ou mais Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS) devidamente selecionados e instalados de acordo com as recomendações da ABNT NBR 5410.

#### **85- O que são DPS?**

Os Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS) são componentes que limitam as sobretensões eventualmente presentes nas instalações, evitando ou atenuando os seus efeitos. São uma espécie de “barragem” que tem a função de “segurar” total ou parcialmente as ondas de sobretensões que se deslocam pelas instalações elétricas (ver Figura 41).

#### **86- Quais os tipos de DPS?**

Há dois tipos principais: os DPS de energia e os DPS de sinal.



Dentre os DPS de energia, dependendo da sua capacidade de suportar maiores ou menores sobretensões, os DPS são classificados conforme a classe I (maior energia), classe II ou classe III (menor energia), existindo ainda DPS que combinam as classes I e II (I/II) no mesmo dispositivo. A informação sobre a classe de um DPS pode ser obtida nos catálogos dos fabricantes.

### 87- Onde instalar os DPS?

Uma maneira simples de entender a finalidade dos DPS e, conseqüentemente, a sua localização numa instalação, é comparar uma sobretensão a uma tsunami (onda gigante) prestes a atingir uma localidade qualquer (Figura 41).

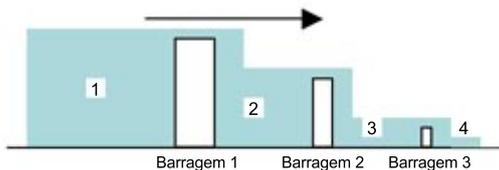


Figura 41

Na região 1 da figura, a onda gigante vem com sua energia máxima (sobretensão) e, ao atingir a Barragem 1 (DPS1), perde energia, diminui de intensidade, mas continua se deslocando (propagando) pela Região 2 até atingir a Barragem 2 (DPS2). Aqui, novamente a onda perde energia, diminui de intensidade e continua se propagando pela Região 3 até atingir a Barragem 3 (DPS3), onde o fenômeno se repete. Desta figura podemos tirar algumas conclusões:

- a intensidade (energia) da onda vai diminuindo (atenuando) à medida que ela vai atingindo cada barragem e se propagando pela localidade;



- não necessariamente as barragens seguram a totalidade da onda, permitindo assim que uma parte de seu volume (energia) continue se propagando pela localidade. A parte da onda que não se propagou para a região seguinte volta para o “mar”;
- para suportar a quantidade e velocidade de água (energia) que circula pela localidade, a Barragem 1 tem que ser mais forte do que a Barragem 2, que tem que ser mais forte que a Barragem 3;
- as edificações situadas na Região 1 têm que ser mais resistentes que as da Região 2 e assim sucessivamente para que se mantenham inteiras após a passagem da onda gigante. Caso não sejam suficientemente resistentes para a região onde estão situadas, as edificações serão danificadas parcial ou totalmente.

Fazendo uma analogia da situação da Figura 41 com uma instalação elétrica, concluímos que:

- devemos instalar pelo menos um DPS (Barragem 1) no ponto de entrada da instalação (DPS1), que é definido como o local onde uma linha externa penetra numa edificação. Com isto, atenuamos logo de início a sobretensão que irá penetrar e se propagar pela instalação interna. Quanto mais longe do ponto de entrada se instalar o primeiro DPS, mais a sobretensão de intensidade máxima se propaga pela instalação e mais danos ela pode causar. Na prática, o DPS1 deveria estar localizado, no máximo, na Caixa Geral de Entrada da edificação (Figura 42);
- é conveniente a instalação de DPS adicionais (Barragens 2 e 3) ao longo da instalação (DPS2 e DPS3), visando a atenuação da sobretensão que ainda se propaga, reduzindo assim os possíveis danos aos equipamentos. Na prática, o DPS2 pode ser instalado no interior dos quadros de distribuição ou quadro terminal e o DPS3 é instalado junto aos equipamentos e aparelhos eletroeletrônicos e eletrodomésticos (Figura 42);
- as capacidades dos DPS 1, 2 e 3 podem ser diferentes porque lidam com níveis de energia diferentes. Assim, o DPS1 deve possuir maior capacidade que o DPS2 e assim por diante.



Figura 42: localização dos DPS

### 88- Como é ligado um DPS no interior de um quadro?

Nas instalações residenciais, onde o condutor neutro é aterrado no padrão de entrada da edificação, os DPS são ligados entre os condutores de fase e a barra de aterramento do quadro de distribuição. Nestes casos, não é instalado DPS entre neutro e a barra de aterramento.

Os DPS podem ser ligados antes ou depois do dispositivo geral de proteção do quadro mas, via de regra, é recomendável ligá-los antes da proteção, conforme Figura 43.

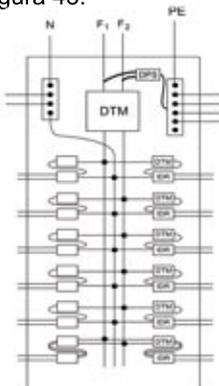


Figura 43: ligação de DPS em quadro terminal

**89- O que é a ABNT NBR 5410?**

A norma ABNT NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão foi preparada pela Comissão CE 03:64.01 da ABNT e publicada em setembro de 2004, com validade a partir de 1º de abril de 2005. Trata-se de um documento de aplicação obrigatória, uma vez que é mencionada em leis e regulamentos oficiais.

**90- Qual a abrangência da ABNT NBR 5410?**

A ABNT NBR 5410 aplica-se principalmente às instalações elétricas novas e a reformas de edificações residenciais, comerciais, industriais, públicas, de serviços, agropecuárias, etc. Aplica-se também a áreas descobertas externas às edificações, locais de acampamentos, canteiros de obras, feiras, exposições e outras instalações temporárias (circos, parques de diversões, etc.).

**91- Quais os objetivos da ABNT NBR 5410?**

A norma tem por objetivo estabelecer as condições mínimas a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança das pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a preservação dos bens.

A ABNT NBR 5410 entende por baixa tensão os circuitos alimentados por tensão nominal igual ou inferior a 1.000 volts em corrente alternada com frequências inferiores a 400 Hz.

**92- Quais os princípios fundamentais nos quais a ABNT NBR 5410 se baseia para atingir seus objetivos?**



A ABNT NBR 5410 orienta seus objetivos baseada nos princípios de que devem ser garantidas pela instalação elétrica as proteções das pessoas, animais e bens contra choques elétricos, contra aquecimentos (riscos de incêndios e queimaduras), contra sobrecorrentes (sobrecargas e curtos-circuitos) e contra sobretensões.

### **93- A ABNT NBR 5410 refere-se à qualificação das pessoas que executam serviços nas instalações elétricas?**

A norma estabelece que o projeto, a execução, a verificação e a manutenção das instalações elétricas devem ser confiados somente a pessoas qualificadas a conceber e executar tais trabalhos em conformidade com a norma.

### **94- Os componentes utilizados numa instalação devem atender a normas técnicas?**

A ABNT NBR 5410 estabelece que os componentes da instalação elétrica devem ser conforme as normas técnicas aplicáveis e possuir características compatíveis com as condições elétricas, ambientais e operacionais a que forem submetidos.

### **95- Como é feita a verificação se um componente atende a uma norma técnica?**

Em primeiro lugar, a informação relativa a que norma técnica um determinado componente atende deve ser fornecida pelo fabricante do componente, seja pela gravação da norma no corpo do produto (quando exigido e possível), seja pela literatura disponibilizada.

Além disso, o Brasil possui um sistema de avaliação da conformidade de produtos gerenciado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – Inmetro, o qual visa a garantir, através de procedimentos definidos em documentos oficiais, que um determinado componente atende aos requisitos de uma norma ou de um regulamento técnico.



Na área de instalações elétricas existem vários componentes que obrigatoriamente devem ser avaliados por este sistema e ostentar os selos de conformidade do Inmetro. Dentre estes componentes, destacam-se os fios e cabos elétricos isolados em PVC 450/750 volts e os cabos unipolares e multipolares isolados e cobertos em PVC 0,6/1 kV.

### **96- As instalações elétricas devem ser inspecionadas?**

Em seu Capítulo 7, a ABNT NBR 5410 estabelece que qualquer instalação deve ser inspecionada e ensaiada durante a sua execução e/ou quando concluída, antes de ser posta em serviço pelo usuário, verificando assim se a mesma atende as prescrições da norma que garantem a segurança das pessoas, animais e bens.

As verificações devem ser realizadas por profissionais qualificados, com experiência e competência comprovada em inspeções desta natureza.

As verificações estão divididas em três grupos: análise de documentação da instalação (plantas, esquemas, memoriais, etc.), inspeção visual e realização de alguns ensaios.

## **NR-10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade**

### **97- O que é a NR-10?**

Esta norma foi preparada e emitida pelo Ministério do Trabalho através da publicação da Portaria 598 no Diário Oficial da União de 8/12/2004. Trata-se de um documento de aplicação obrigatória, estando os seus infratores sujeitos a aplicações de penas de várias naturezas (multas, fechamentos de estabelecimentos, etc).

### **98- Qual a abrangência da NR-10?**



A NR-10 se aplica às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades, observando-se as normas técnicas oficiais, via de regra emitidas pela ABNT.

### **99- Qual o objetivo da NR-10?**

Seu objetivo é assegurar a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade. Desta forma, pensando no usuário de eletricidade, o importante é que a instalação elétrica seja segura. E, pensando no trabalhador, o importante que exista segurança na execução do trabalho que lida com eletricidade.

Para atingir o objetivo de uma instalação segura para o usuário, todos os requisitos das normas ABNT NBR 5410, 14039, 5419, etc, devem ser atendidos.

Para atingir o objetivo de segurança no trabalho com eletricidade, todos os requisitos da NR-10 devem ser atendidos e podem ser resumidos em:

- Existência de procedimentos de trabalho em instalações desenergizadas;
- Existência de procedimentos de trabalho em instalações energizadas;
- Existência de procedimentos de serviços em alta tensão;
- Cuidados com segurança na construção, montagem, operação e manutenção de sistemas elétricos em geral;
- Habilitação, qualificação, capacitação e autorização dos profissionais que trabalham com eletricidade.



## **100- Como aplicar a NR-10 nas fase de projeto e execução de serviços?**

No caso da fase de projeto de sistemas e instalações elétricas, os profissionais responsáveis devem seguir as normas técnicas aplicáveis, além de atender a várias prescrições adicionais existentes na NR-10 sobre seccionamento, aterramento, sinalização, espaços, iluminação, etc.

No caso da fase de execução dos serviços com eletricidade, são definidas na NR-10 medidas de controle de risco de acidentes que podem ser resumidas em:

- MEDIDAS DE PROTEÇÃO COLETIVA: visam a diminuição do risco de acidentes;
- MEDIDAS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL: visam a diminuição do dano ao trabalhador decorrente de um acidente que não pode ser evitado;
- PROCEDIMENTOS DE TRABALHO: visam a fornecer diversas informações aos trabalhadores envolvidos com os serviços elétricos.

Além dos requisitos anteriores, a NR-10 aborda outros aspectos relativos a segurança dos trabalhadores que lidam com eletricidade, tais como proteção contra incêndio e explosão e elaboração de plano de emergência (resgate, primeiros socorros, etc).