



VOLUME

IV

Electricidade

José M. Barreira Abrantes

3.^a edição, revista e actualizada

Escola Nacional de Bombeiros

SINTRA - 2009



Electricidade

Ficha Técnica

Título

Electricidade
(vol. IV)

Colecção

Manual de Formação Inicial do Bombeiro

Edição

Escola Nacional de Bombeiros
Quinta do Anjinho – Ranholas
2710-460 Sintra
Telef.: 219 239 040
Fax: 219 106 250
E.mail: edicao@enb.pt

Texto

José M. Barreira Abrantes

Comissão de Revisão Técnica e Pedagógica

Carlos Ferreira de Castro
J. Barreira Abrantes
Luis Abreu
Sónia Rufino

Ilustração

Oswaldo Medina
Ricardo Blanco
Victor Hugo

Fotografia

Rogério Oliveira
Victor Hugo

Grafismo e maquetização

Victor Hugo Fernandes

Impressão

Offsetmais - Artes gráficas, S.A.

ISBN: 972-8792-10-7
Depósito Legal n.º 174177/01
1.ª edição: Março de 2002
2.ª edição: Julho de 2003
3.ª edição: Janeiro de 2009
Tiragem: 10.000 exemplares
Preço de capa: € 10,00 (pvp)
€ 5,00 (bombeiros)



VOLUME

IV

Electricidade

Prefácio

3

Prosseguindo o ciclo de edição dos capítulos que integram o Manual de Formação Inicial do Bombeiro, lançamos nesta ocasião o Volume IV do referido Manual, dedicado à Electricidade.

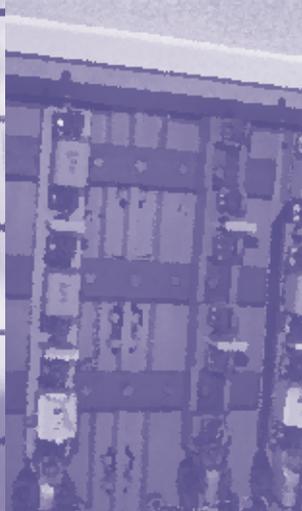
Tal como se refere na introdução deste volume, ele tem por objectivo «dar a conhecer aspectos gerais sobre a forma como é utilizada a electricidade, as suas características, os seus efeitos e os cuidados que o bombeiro deve ter sempre presentes quando chamado a intervir».

Subjacente a esta definição, está o objectivo transversal ao Manual de Formação Inicial do Bombeiro e a toda a formação em geral, isto é, garantir ao bombeiro em operação o máximo de conhecimentos possíveis, de modo a garantir a sua segurança individual e de todos os que ele socorre.

Assim, com a saída das segundas versões revistas e actualizadas, começa a ganhar forma o projecto estruturante que representa o Manual de Formação Inicial do Bombeiro, um empreendimento de vulto, tanto no ponto de vista pedagógico como financeiro, que contribuirá, decisivamente, para a credibilização do «edifício» formativo dos bombeiros portugueses.

Duarte Caldeira

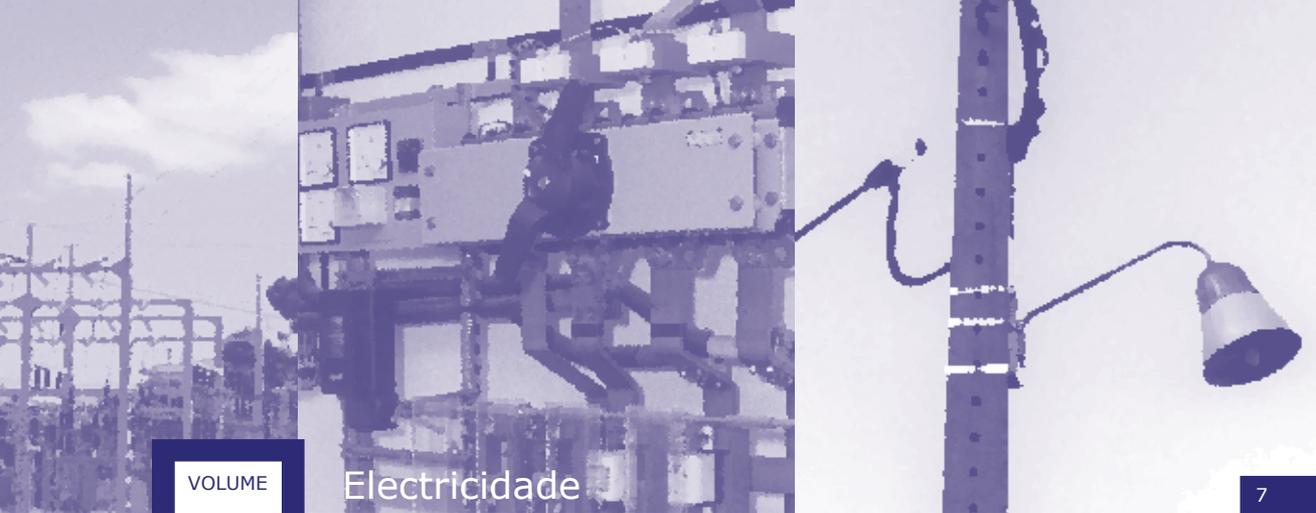
Presidente da direcção da E.N.B.



Sumário

- 1 Introdução 9
- 2 Constituição da matéria 10
- 3 Analogia entre o circuito eléctrico e a hidráulica 11
- 4 Principais grandezas eléctricas 15
- 5 Produção, transporte e distribuição de energia 21
- 6 Instalações de utilização 31
- 7 Intervenção em instalações eléctricas 35
- 8 A electricidade estática 36
- 9 Ocorrências em instalações eléctricas 37
- 10 Procedimentos de segurança 43
- 11 Uso e conservação do equipamento de segurança 47
- Bibliografia - Glossário - Índices 51





VOLUME

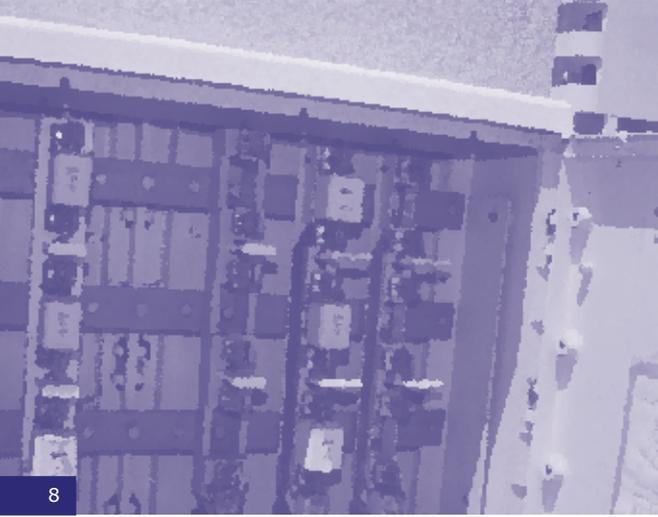
IV

Electricidade

7

Siglas

APC	Alto poder de corte
AT	Alta tensão
BT	Baixa tensão
MT	Média tensão
QGBT	Quadro geral de baixa tensão
PT	Posto de transformação
SE	Subestação



1 Introdução

O presente volume tem por objectivo dar a conhecer aspectos gerais sobre a forma como é utilizada a electricidade, as suas características, os seus efeitos e os cuidados que o bombeiro deve ter sempre presentes quando chamado a intervir nas situações em que a presença da corrente eléctrica pode colocar em perigo a sua vida e a de terceiros.

O estudo começa pelo conhecimento genérico das principais unidades eléctricas e sua relação, bem como de alguns aspectos relacionados com a produção, transporte e distribuição da electricidade até chegar ao utilizador.

Serão abordadas questões como os níveis de tensão, o tipo de locais específicos onde as tensões são transformadas e os aspectos de segurança no acesso a essas instalações.

No que se refere às instalações de utilização, serão explanados os tipos mais comuns de condutores, de equipamento de comando e protecção, a forma de distribuição da energia, a tipologia das instalações e, ainda, alguns dos procedimentos e cuidados no manuseamento do material de combate, na protecção e segurança individuais e nos procedimentos a observar face à situação com que o bombeiro é confrontado.

Por fim, refere-se o uso e a conservação do equipamento para intervenção em presença da corrente eléctrica.

Chama-se molécula⁽¹⁾ ao mais pequeno «grão» de uma substância que ainda contém as suas propriedades. As moléculas são ainda constituídas por um certo número de átomos.

Por exemplo, uma molécula de água é constituída por um átomo de oxigénio e dois átomos de hidrogénio.

São conhecidos cerca de 100 átomos diferentes. Os átomos são, pois, as mais pequenas partículas características dos elementos. São exemplos, o hidrogénio, o cobre, o zinco, o carbono, etc..

O átomo (fig. 1) é como que uma esfera que tem, ao centro, um núcleo à volta da qual giram, com grande velocidade, corpúsculos indivisíveis de carga negativa, a que se deu o nome de **electrões**.

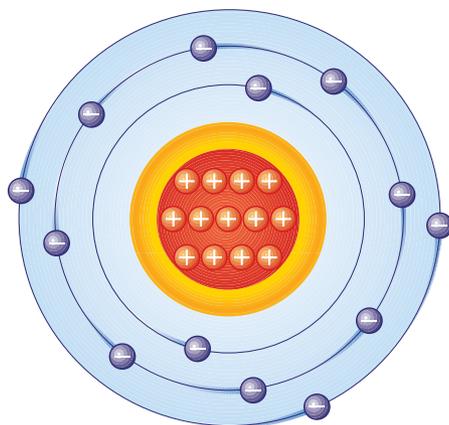


Fig. 1 Exemplo da estrutura de um átomo.

O núcleo, que contém praticamente toda a massa do átomo, é formado por um conjunto de corpúsculos de carga positiva, denominados **protões**.

A quantidade de cargas positivas dos protões é igual à quantidade de cargas negativas dos electrões. No núcleo ainda estão presentes os **neutrões** que são electricamente neutros.

Um átomo é, pois, constituído por igual número de electrões e protões e, também, por um certo número de neutrões.

⁽¹⁾ Consultar o Volume VII – Fenomenologia da Combustão e Extintores.

Os átomos diferenciam-se pelo número de electrões que possuem.

Existem fenómenos físicos que traduzem a influência que os corpos exercem entre si. De experiências realizadas em laboratório pode concluir-se que as **cargas do mesmo sinal se repelem e que as cargas de sinais contrários se atraem.**

Como é positivo, o núcleo central do átomo exerce atracção sobre os electrões que giram à sua volta.

3 Analogia entre o circuito eléctrico e a hidráulica

Para melhor se compreenderem os conceitos de corrente eléctrica e de diferença de potencial (tensão), considere-se um modelo hidráulico constituído por dois reservatórios com água, situados a alturas diferentes e ligados entre si por meio de um tubo dotado de torneira. Fazendo a respectiva correspondência com um circuito eléctrico, será certamente mais fácil de entender, pela observação física, a relação entre as unidades eléctricas.

3.1. Modelo hidráulico

No modelo hidráulico (fig. 2) assim constituído, podem fazer-se agora algumas experiências. Quando o nível de água for o mesmo nos dois reservatórios, ao abrir a torneira, verifica-se que a água não circula. Para que a água possa fluir pelo tubo, há que criar uma diferença de alturas entre os níveis dos reservatórios. Observar-se-á uma corrente de água do reservatório mais

elevado para o de nível de água mais baixo. O mesmo se passa num circuito eléctrico. Assim, fazendo a analogia entre os dois sistemas, tem-se:

diferença de nível dos reservatórios \Rightarrow diferença de potencial ou tensão
corrente de água no tubo \Rightarrow corrente eléctrica
diâmetro do tubo \Rightarrow secção do condutor

Há, assim, uma certa semelhança entre uma instalação hidráulica e um circuito eléctrico.

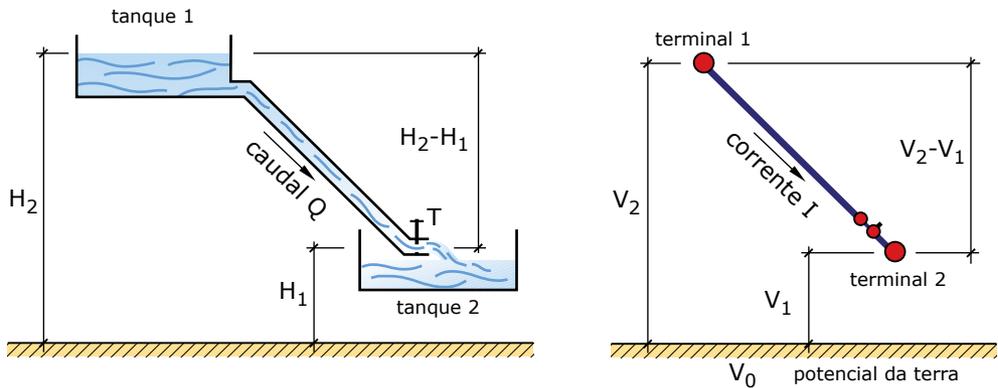


Fig. 2 Modelo hidráulico de um circuito eléctrico.

3.2. Condutores eléctricos

A corrente eléctrica é, assim, definida como o movimento orientado dos electrões ao longo de um condutor.

E poderá a electricidade deslocar-se através de todos os corpos, sempre que haja a chamada diferença de potencial?

Existem dois tipos de materiais que, face à possibilidade de poderem ser atravessados pela corrente eléctrica, se classificam em (fig. 3):

- **Bons condutores** – quando se deixam atravessar facilmente pelas cargas eléctricas. São bons exemplos, o cobre, o alumínio, o ferro, água, a prata, o latão e o mercúrio, entre outros;
- **Maus condutores ou isoladores** – quando as cargas eléctricas neles se movimentam com dificuldade ou não se movimentam. Por exemplo: os plásticos, a madeira, a borracha, etc..

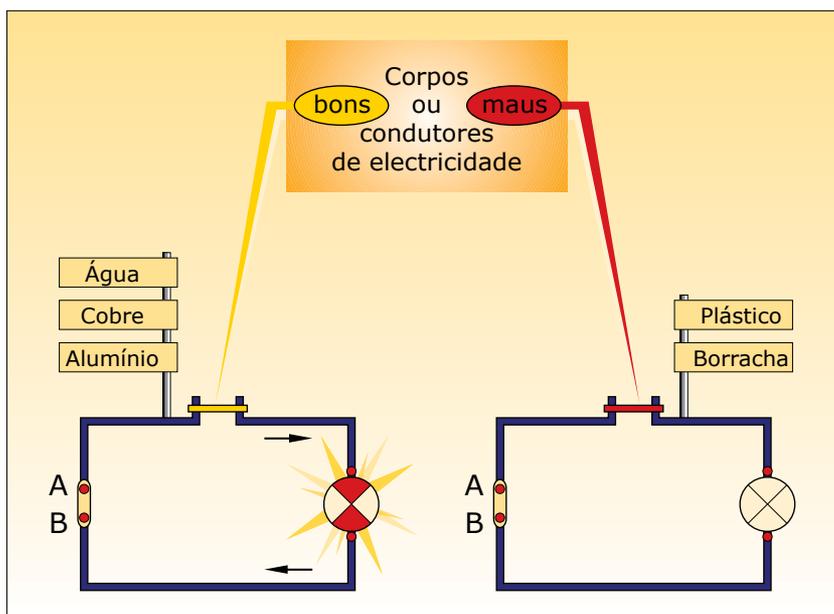


Fig. 3 Corpos bons e maus condutores.

Olhando para o modelo hidráulico, verifica-se que a corrente de água se interrompe quando não existe diferença de níveis. No entanto, é possível manter a circulação de água no dispositivo hidráulico colocando-se uma bomba que ligue os dois reservatórios.

De igual modo, num circuito eléctrico (fig. 4), ao intercalar um gerador, de forma a manter a diferença de potencial durante largo tempo entre dois pontos, criam-se condições para que a corrente circule no condutor.

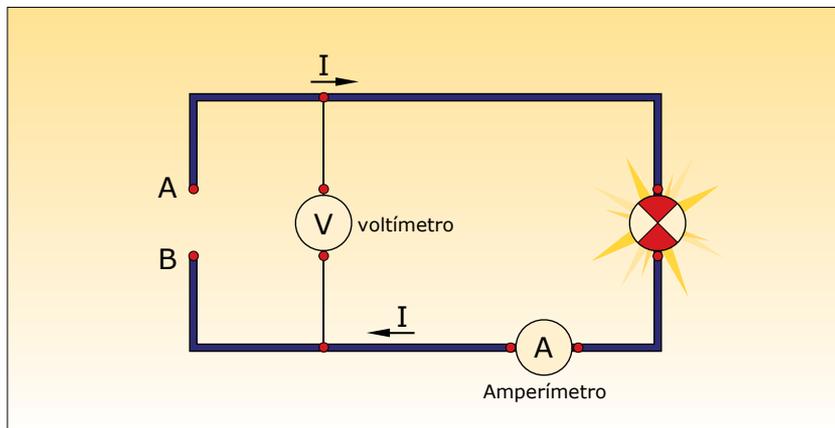


Fig. 4 Circuito eléctrico.

Um circuito eléctrico simples é constituído pelos condutores, pelo gerador de corrente e pelos receptores. Estes últimos são elementos que consomem electricidade, ou seja, que transformam a energia transportada. São exemplos o televisor, o frigorífico, a máquina de lavar roupa, as lâmpadas, a aparelhagem sonora, o aspirador, o computador, etc..

Os efeitos da passagem de corrente eléctrica são de vária ordem, sendo mais notados e conhecidos os seguintes (fig. 5 e 6):

- **Calorífico** – aquecimento do filamento de uma lâmpada incandescente;
- **Luminoso** – emissão de luz proveniente da colocação ao rubro do filamento;
- **Magnético** – desvio da agulha magnética;
- **Químico** – decomposição da água em oxigénio e hidrogénio.

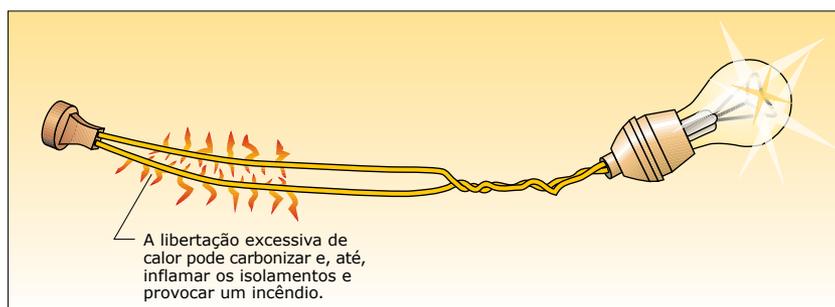


Fig. 5 Efeitos calorífico e luminoso.

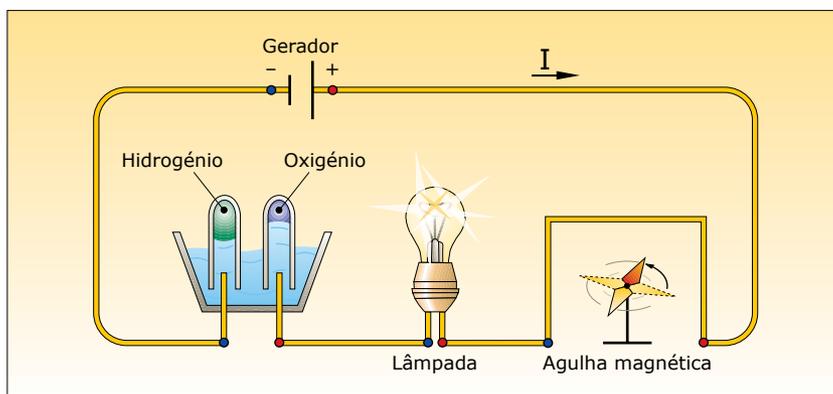


Fig. 6 Efeitos químico, luminoso e magnético.

Aborda-se, sobretudo, o efeito calorífico, na medida em que muitos dos incêndios são originados por este efeito. A corrente eléctrica que passa ao longo de um condutor faz aumentar a sua temperatura, podendo, a partir de um certo valor, provocar a deterioração do seu isolamento, que poderá arder. Por esta razão, todos os circuitos eléctricos estão protegidos, no seu início, por fusíveis ou por disjuntores que têm a função de limitar o valor da corrente.

Os efeitos produzidos pela corrente eléctrica, quando esta atravessa um receptor, são tanto mais importantes quanto maior for a corrente.

4 Principais grandezas eléctricas

4.1. Intensidade da corrente

Sendo a corrente eléctrica o movimento orientado dos electrões ao longo do condutor, convencionou-se que o seu sentido seja do extremo de potencial positivo para o extremo de potencial negativo (fig. 7).

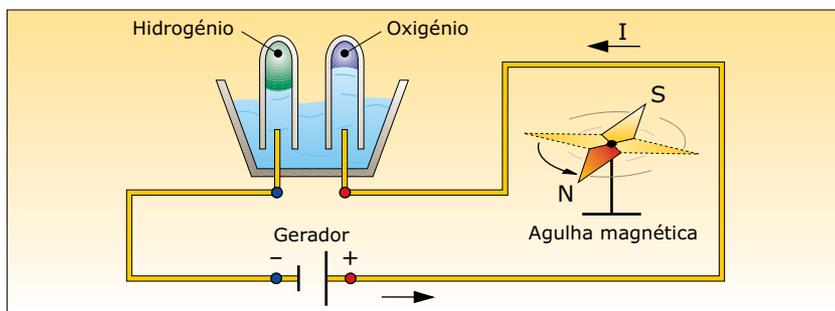


Fig. 7 Sentido convencionado da corrente eléctrica.

Define-se **intensidade de corrente** eléctrica (fig. 8), num dado instante, como a carga Q que atravessa a secção de um condutor, durante um intervalo de tempo t . A intensidade da corrente mede-se com um aparelho designado por amperímetro, instrumento caracterizado por um «A» no mostrador, que é colocado em série no circuito para que toda a corrente que se pretende medir passe por ele.

A intensidade de corrente que passa no filamento de uma lâmpada não é a mesma que passa num radiador eléctrico, se ambos os aparelhos estiverem ligados à mesma tensão. Cada receptor trabalha convenientemente com uma determinada intensidade: é a **intensidade nominal**.

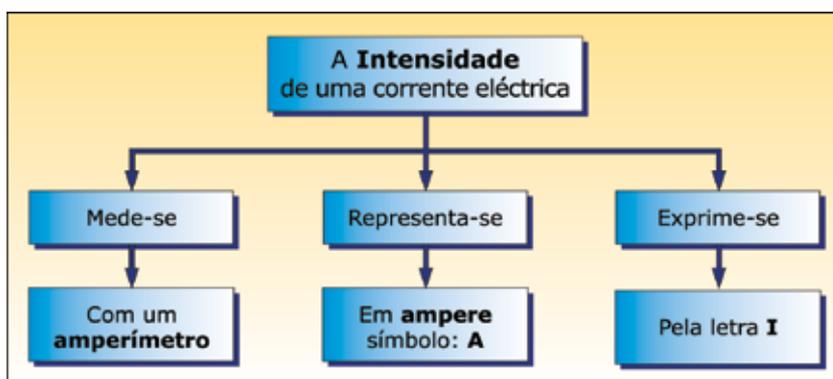


Fig. 8 A intensidade de corrente.

Se a corrente eléctrica tiver sempre o mesmo sentido, trata-se de **corrente contínua** (fig. 9A). Se variar constantemente de sentido, está-se na presença de **corrente alternada** (fig. 9B).

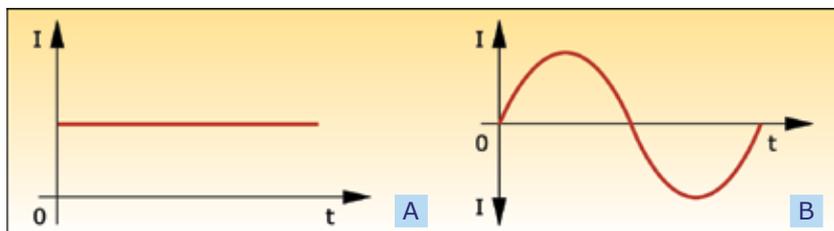


Fig. 9 Corrente contínua e corrente alternada.

No caso das redes de corrente alternada, esta troca de sentido do movimento de electrões faz-se 100 vezes em cada segundo, ou seja, a sua **frequência** é de 50 ciclos por segundo ($f=50$ Hz).⁽¹⁾

Quanto à sua natureza, os condutores classificam-se em:

- Condutor(es) de fase – condutor afecto à transmissão da energia eléctrica, incluindo o condutor neutro em corrente alternada e o condutor de equilíbrio em corrente contínua;
- Condutor neutro (N) – condutor ligado ao ponto neutro de uma rede, podendo contribuir para o transporte da energia eléctrica;
- Condutor de protecção (PE) – condutor ao qual são ligados os condutores de protecção e o condutor de «terra».

A palavra «terra» designa uma região do solo suficientemente afastada ou isolada das instalações eléctricas para que o seu potencial (potencial zero) permaneça fixo, quaisquer que sejam os valores da tensão das instalações.

No caso de circuitos em que existam três fases (circuito trifásico), estas são assinaladas pelas letras L_1 , L_2 e L_3 (fig. 10).

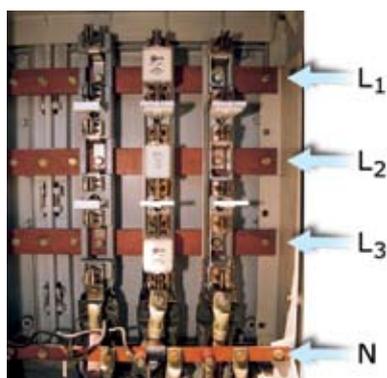


Fig. 10 Barramento trifásico.

⁽¹⁾ Hz = Hertz = 1 ciclo por segundo.

4.2. Diferença de potencial ou tensão

Como se referiu, a **diferença de potencial ou tensão** «U» (fig. 11) é uma diferença de níveis de electrização. É a diferença de potencial entre dois pontos de um condutor que provoca o aparecimento da corrente eléctrica nesse condutor.

Todas as instalações e equipamentos, qualquer que seja a sua finalidade, são classificados em função da mais elevada das tensões nominais existentes conforme se apresenta:

- Entre quaisquer dois dos seus condutores;
- Entre qualquer condutor e a terra.

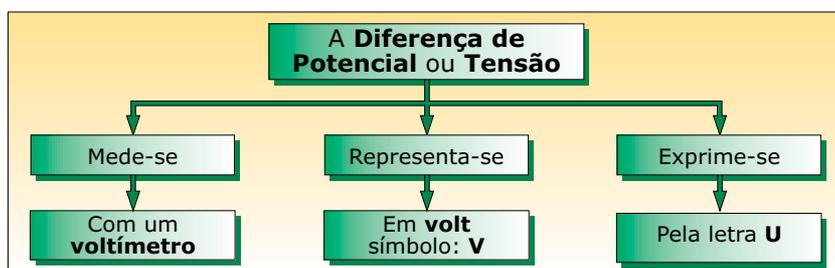


Fig. 11 A tensão.

No que concerne às tensões, são classificadas por domínios, conforme se indica no quadro I.

As experiências demonstram que, para o mesmo receptor, há uma relação bem definida entre a tensão e a corrente, que se traduz na muito conhecida Lei de *Ohm* (fig. 12): «é constante o quociente entre a tensão a que é submetido um receptor e a intensidade da corrente que o atravessa, desde que a sua temperatura se mantenha inalterável».

QUADRO I
DOMÍNIOS DA TENSÃO

Domínios da tensão	Domínios da tensão	Valor da tensão nominal	
		Em corrente alternada	Em corrente contínua
BT I	Tensão reduzida	$U_n \leq 50 \text{ V}$	$U_n \leq 120 \text{ V}$
BT II	Baixa tensão	$U_n \leq 1000 \text{ V}$	$120 \leq U_n \leq 1500 \text{ kV}$
	Média tensão	$1 \text{ kV} \leq U_n \leq 45 \text{ kV}$	
MT-AT	Alta tensão	$45 \text{ kV} \leq U_n \leq 110 \text{ kV}$	$U_n > 1500 \text{ V}$
	Muito alta tensão	$U_n > 110 \text{ V}$	

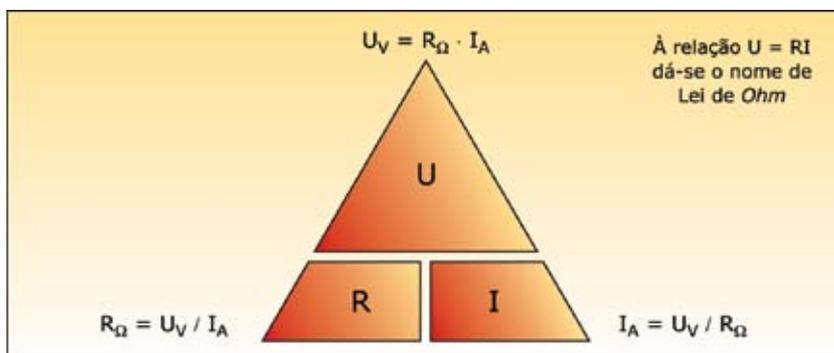


Fig. 12 Lei de Ohm.

4.3. Resistência eléctrica

Como se viu anteriormente, existe uma relação constante entre a diferença de potencial e a intensidade de corrente. Essa constante representa a resistência (fig. 13) da passagem da corrente pelo condutor. Recorrendo-se ao modelo hidráulico, referido no capítulo 3, verifica-se que a resistência de um tubo à passagem da água é tanto maior quanto mais comprido e mais fino for o tubo.

De igual modo, quanto mais comprido é um condutor de determinado material e secção, maior é a resistência que oferece à passagem da corrente. Para condutores do mesmo comprimento e material, a resistência é tanto menor quanto maior for a sua secção.

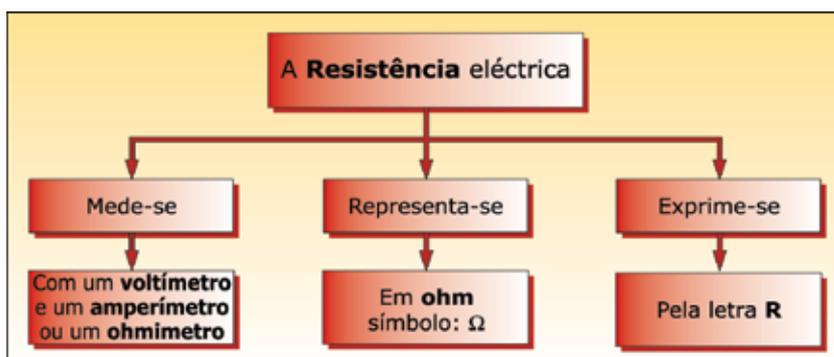


Fig. 13 A resistência eléctrica.

Para os condutores com o mesmo comprimento e a mesma secção, a resistência varia com o material de que são constituídos. Assim, a resistência de um condutor depende de três factores:

- Da natureza do material;
- Do seu comprimento (a resistência de um condutor é maior se aumenta o seu comprimento);
- Da sua secção (a resistência de um condutor aumenta se diminui a sua secção; por semelhança hidráulica, os tubos mais largos oferecem menos resistência que os tubos mais estreitos).

4.4. Potência e energia

Num circuito eléctrico, o gerador fornece **energia** às cargas eléctricas que se deslocam de um para outro lado. Todas as cargas regressam ao gerador com menos energia, depois de percorrerem todo o circuito, na medida em que se foram transformando noutras formas de energia.

Para realizar estas transformações de energia, tanto no gerador como na própria corrente, houve que realizar um certo trabalho que é directamente proporcional à intensidade de corrente, à tensão e ao tempo.

Sendo a energia a capacidade de produzir trabalho, conclui-se que as unidades de trabalho são as mesmas que as de energia.

O que caracteriza uma máquina é o trabalho que pode realizar em cada unidade de tempo, isto é, a sua **potência** (fig. 14).

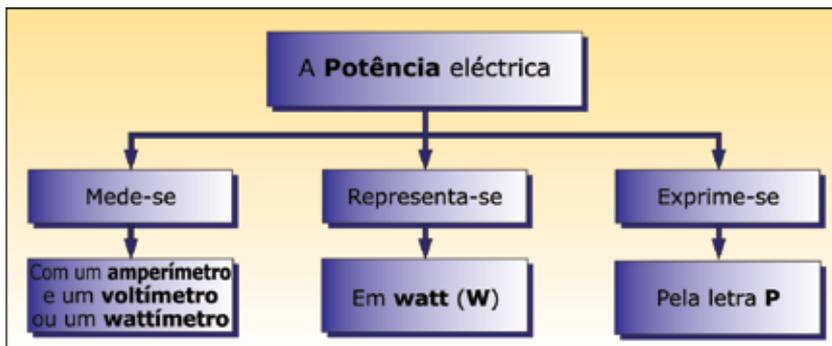


Fig. 14 A potência.

5 Produção, transporte e distribuição de energia

5.1. Produção

A produção de energia eléctrica em grandes quantidades é realizada em centrais que se podem classificar em:

- Centrais hidroeléctricas;
- Centrais termoeléctricas (convencionais e nucleares);
- Centrais eólicas – utilizando a força do vento.

As centrais hidroeléctricas (fig. 15) aproveitam a energia contida nas grandes massas de água (rios, mares, etc.) para produzirem movimento em turbinas acopladas a alternadores, os quais transformam esse movimento em energia eléctrica.

As centrais termoeléctricas convencionais (fig. 16) utilizam a energia térmica obtida a partir da queima de combustíveis (fuel, carvão, etc.) para produzir vapor, o qual vai fazer funcionar grupos turbo-alternadores.

Sendo resultado de precipitações (chuva), a energia hidráulica é renovável, quer dizer, é teoricamente inesgotável. O mesmo não acontece com o recurso a outras fontes de energia, como o petróleo, o carvão, etc., utilizadas nas centrais termoeléctricas.



Fig. 15 Central hidroeléctrica.



Fig. 16 Central termoeléctrica.

5.2. Transporte

Situando-se os centros produtores de energia eléctrica a longas distâncias dos centros de consumo, o transporte de energia até estes locais é efectuado em diversos níveis de tensão. É uma questão técnica e económica que está fora do âmbito desta disciplina. No entanto, entende-se razoável ter uma noção dos valores das tensões actualmente estipulados, que se indicam esquematicamente na figura 17.

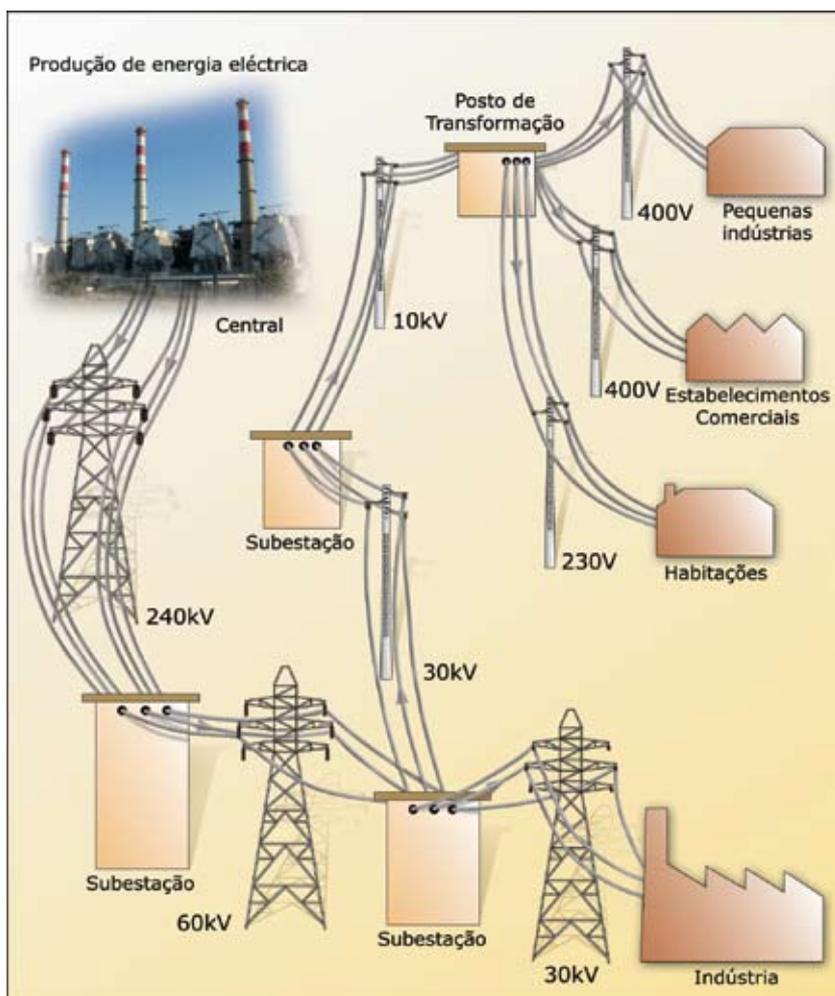


Fig. 17 Esquema das redes de transporte e distribuição.

A estrutura actual do sistema de transmissão eléctrica em Portugal divide-se em **sistema de transporte** e **sistema de distribuição**.

O **sistema de transporte** é composto, essencialmente, pelos seguintes elementos:

- Subestações transformadoras de elevação de tensão;
- Linhas de transporte de energia e de interligação a 150, 240 ou 400 kV (fig. 18).

O **sistema de distribuição** é composto essencialmente por:

- Redes primárias de distribuição (60 kV);
- Subestações da distribuição;
- Redes secundárias de distribuição (10 – 15 – 30 kV);
- Postos de transformação;
- Redes de distribuição de baixa tensão (400/230 V).



Fig. 18 Linhas de alta tensão.

5.3. Subestações eléctricas

Uma subestação (fig. 19) é uma instalação eléctrica de alta ou média tensão⁽¹⁾ onde se encontram localizados transformadores, que elevam ou diminuem a tensão da rede de transporte ou de distribuição, e também os órgãos de protecção, corte e comando das linhas que dela saem para as várias zonas de consumo industrial e doméstico do País.

A rede de distribuição primária trabalha à tensão de 60 kV, chegando às subestações (SE) para ser transformada nas tensões gerais de distribuição – 30 kV, 15 kV ou 10 kV, consoante a zona geográfica do País.



Fig. 19 Subestação Eléctrica.

5.4. Postos de transformação

Os postos de transformação (PT) são locais onde se efectua a transformação da média para a baixa tensão (400/230 V), sendo de vários tipos: rural, alvenaria de cabina baixa (fig. 20) e do tipo prédio. Os postos de transformação do tipo rural são alimentados por linhas aéreas (fig. 21), enquanto que os outros tipos são, normalmente, alimentados por cabos enterrados.

⁽¹⁾ Alta tensão – $U > 60$ kV.

Média tensão – 10 kV $< U \leq 45$ kV.

Os postos de transformação de alvenaria, em cabina baixa ou em prédio, são constituídos por celas – de entrada, de saída, de transformação e, eventualmente, de reserva – devidamente equipadas com aparelhagem de corte e protecção.

Da cela do transformador saem cabos especiais que vão alimentar o quadro geral de baixa tensão – QGBT (fig. 22), a partir do qual saem os cabos, devidamente protegidos por fusíveis de alto poder de corte (APC), que vão alimentar os diversos consumidores.



Fig. 20 Posto de transformação do tipo «cabina baixa».



Fig. 21 PT aéreo.



Fig. 22 Quadro geral de baixa tensão.

Do que atrás se referiu, no interior de um posto de transformação existem dois níveis de tensão: a média tensão (10, 15 ou 30 kV) e a baixa tensão (400/230 V). O bombeiro deverá tomar sempre as necessárias precauções, não só no equipamento de protecção individual, como também no material de extinção que utilizará, quando tiver que actuar num PT.

5.5. Redes de distribuição em baixa tensão

As redes de distribuição em baixa tensão podem ser aéreas ou subterrâneas e são sempre trifásicas. As redes aéreas são constituídas por condutores em feixe do tipo torçada (fig. 23), em que o alumínio é o condutor mais utilizado.

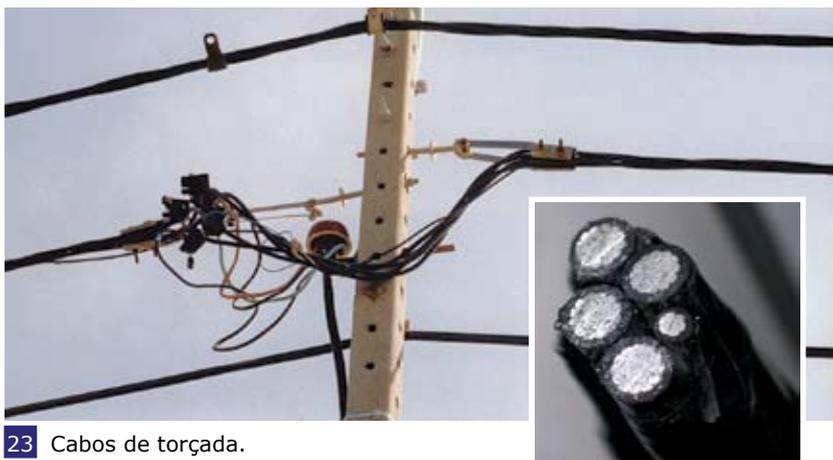


Fig. 23 Cabos de torçada.

Os apoios de betão utilizados nas linhas aéreas são dimensionados de forma a resistir aos esforços originados pelo peso próprio das linhas e pela acção do vento.

Porém, em muitos locais do nosso País, ainda se vêem algumas redes de baixa tensão construídas com condutores nus de cobre ou de alumínio, apoiados em isoladores de porcelana brancos e/ou castanhos. De notar que o isolador castanho serve para identificar o condutor neutro.

As redes de distribuição subterrânea são estabelecidas em valas ao longo dos passeios a uma profundidade de cerca de 60 cm. Na vala, os condutores estão protegidos mecanicamente e são assinalados com fita plástica e lajetas de betão. Os condutores saem do quadro geral de baixa tensão do posto de transformação (PT) e vão a armários de distribuição, metálicos⁽¹⁾ ou em poliéster, colocados nos passeios.

Daqui saem outros condutores, devidamente protegidos por fusíveis, que vão alimentar as instalações de utilização (prédios, lojas, etc.). Naqueles armários (fig. 24), todos os condutores devem estar identificados com o número do circuito e respectivo destino. Por exemplo, cabo n.º 1234 do tipo LVAV 3x185+95 para alimentar o prédio n.º XY, da rua ABC.

⁽¹⁾ Os armários metálicos estão a ser substituídos, gradualmente, por outros de poliéster.



Fig. 24 Armário de distribuição fechado (A) e aberto (B).

Se autorizado pelo distribuidor, o bombeiro pode retirar os fusíveis que estão a proteger o cabo que vai alimentar a instalação onde se verifica a ocorrência, utilizando um equipamento específico denominado saca fusíveis e nunca o alicate universal, e protegendo-se.

5.6. Componentes das instalações eléctricas

Define-se **instalação eléctrica** de utilização em edifícios como sendo o conjunto de equipamentos eléctricos associados visando uma dada aplicação. Por sua vez, **circuito eléctrico** (de uma instalação) é o conjunto dos equipamentos eléctricos de uma instalação, alimentados a partir da mesma origem e protegidos.

As instalações podem ter origem num dos seguintes pontos:

- a) Nas instalações alimentadas directamente por uma rede pública de distribuição em BT nomeadamente:
 - Nos ligadores de saída da portinhola;
 - Nos ligadores de entrada do quadro de colunas, no caso de não existir portinhola;
 - Nos ligadores de entrada do equipamento de contagem ou nos ligadores dos aparelhos de corte da entrada, quando este estiver a montante do equipamento de contagem, no caso de não existir portinhola nem quadro de colunas.

- b) Nas instalações alimentadas por um posto de transformação privativo, nos ligadores de entrada do(s) quadro(s) de entrada.

As instalações eléctricas estão limitadas, a jusante, pelos terminais dos aparelhos de utilização ou pelas tomadas.

A aparelhagem deve possuir placas identificadoras ou outros meios apropriados de identificação que permitam reconhecer a sua finalidade. As canalizações eléctricas devem ser estabelecidas ou marcadas de modo a permitir a sua identificação.

Os dispositivos de protecção podem ser agrupados em quadros e devem ser colocados e marcados por forma a que, facilmente, se identifiquem os circuitos por eles protegidos.

5.6.1. Os Condutores

Apresentam-se, algumas definições mais correntes de condutores:

- **Condutor nu** – condutor que não possui qualquer isolamento eléctrico contínuo. Os condutores nus podem ter a forma de barra, de vareta, de tubo ou de trança. São utilizados na distribuição em média e baixa tensão e constituídos por cobre ou alumínio;
- **Condutor isolado** – alma condutora revestida por uma ou mais camadas de material que asseguram o seu isolamento eléctrico;
- **Cabo isolado** ou simplesmente **cabo** – condutor isolado dotado de bainha ou conjunto de condutores isolados devidamente agrupados.

Deve notar-se que quando se fala em «condutor» trata-se de condutores nus ou isolados. A expressão «cabo» refere-se sempre a cabos isolados.

Actualmente, excepto em alguns casos muito particulares, as almas dos condutores mais utilizadas são em cobre ou alumínio.

Para que os condutores se distingam entre si, foi estabelecido um código de cores (fig. 25) que, de acordo com o regulamento em vigor, é o seguinte:

- **Condutores de fase:** castanho, preto e cinzento. Ainda existem no mercado os cabos preto-preto-castanho ou preto-castanho-castanho que tendem a acabar;
- **Condutor neutro:** azul;
- **Condutor de protecção:** verde/amarelo.



Fig. 25 Conductor constituído por três fases +neutro +terra.

Cada tipo e secção de condutor deve suportar uma intensidade de corrente eléctrica máxima, cujo valor depende do tipo de canalização, do número de condutores e das condições de estabelecimento e de utilização.

A escolha, para cada caso, da secção mais adequada dos condutores é feita em função da potência a alimentar e com recurso às tabelas das intensidades admissíveis para a secção calculada. As protecções a utilizar são definidas em função das condições eléctricas, em conformidade com o que está regulamentado.

5.6.2. Aparelhagem de protecção

Os aparelhos eléctricos inseridos numa instalação de baixa tensão classificam-se, de acordo com a sua função, em aparelhagem de:

- Ligação;
- Corte;
- Comando;
- Protecção.

Abordam-se, de uma forma muito resumida, os aparelhos que se destinam a proteger os condutores e os receptores de uma instalação eléctrica contra sobreintensidades.

Uma **sobreintensidade** é uma intensidade de corrente de valor superior à nominal da canalização (condutores) ou do receptor eléctrico. As sobreintensidades podem ser originadas por **curto-circuito** ou por **sobrecarga**.

Os danos provocados por curto-circuito, se não houver protecção adequada, são imediatos, podendo carbonizar os isolamentos e fundir as almas dos condutores. Por isso, os aparelhos de protecção contra curto-circuitos deverão actuar o mais rapidamente possível e num tempo, pelo menos, inferior ao necessário para carbonizar ou fundir os condutores.

Como consequência de uma sobrecarga pode referir-se o excesso de aquecimento a que vão estar sujeitas as canalizações, diminuindo, por isso, a resistência do isolamento.

Os aparelhos de protecção contra sobreintensidades, usuais nas instalações de baixa tensão, são os **fusíveis** (fig. 26) e os **disjuntores** (fig. 27).

O processo mais simples para proteger um circuito eléctrico contra sobreintensidades consiste em colocar um **fusível** no início do circuito.

As características mais importantes de um **corta-circuito fusível** são:

- Calibre ou intensidade nominal (I_n);
- Tensão nominal;
- Poder de corte.



Fig. 26 Fusível APC.



Fig. 27 Disjuntor.

O **disjuntor** é um aparelho de corte, comando e protecção, cuja actuação contra sobreintensidades se faz automaticamente perante condições predeterminadas.

As características a considerar são as seguintes:

- **Calibre ou intensidade nominal** – valor para que foi dimensionado, suportando-o sem que haja disparo;

- **Intensidade de funcionamento** – valor limite da intensidade que faz disparar o disjuntor;
- **Poder de corte** – valor máximo da intensidade que o disjuntor pode interromper sem alterar as suas características físicas. Em geral, é menor do que o dos corta-circuitos fusíveis;
- **Tempo de resposta** – intervalo compreendido entre o instante em que é solicitado para actuar e o instante em que interrompe o circuito.

6 Instalações de utilização

Define-se **instalação de utilização** como sendo a instalação eléctrica destinada a permitir aos seus utilizadores a aplicação da energia eléctrica pela sua transformação noutra forma de energia.

Nos edifícios, as instalações eléctricas de baixa tensão (BT) podem ser subdivididas em:

- Instalações de utilização de energia eléctrica;
- Instalações colectivas de edifícios e entradas.

Em geral, das instalações de utilização constam os seguintes elementos:

- Origem da instalação de utilização;
- Quadro;
- Circuitos de utilização;
- Aparelhos de utilização.

O quadro de distribuição (fig. 28) deverá ser dotado de um **interruptor geral de corte**, cuja intensidade nominal é igual ou superior à potência prevista para a instalação, sendo colocado no local servido pela instalação de utilização e, tanto quanto possível, junto ao seu acesso normal.

Cada instalação de utilização, num edifício, tem o seu início no quadro eléctrico de entrada do andar respectivo e termina em cada um dos pontos de ligação dos aparelhos de utilização.

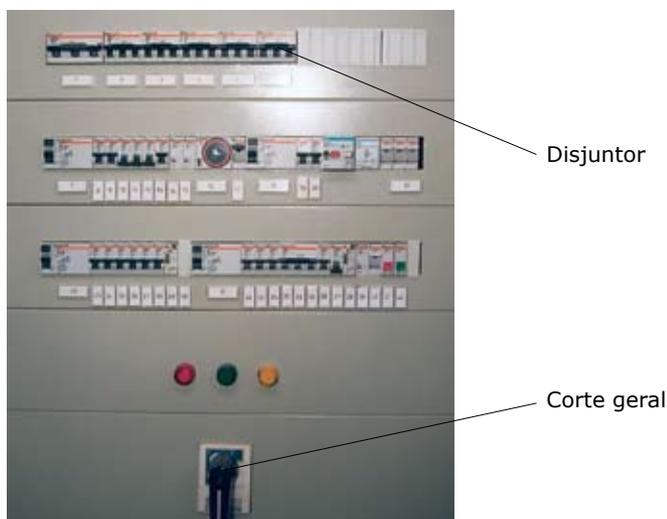


Fig. 28 Quadro de distribuição.

6.1. Instalações colectivas em edifícios e entradas

6.1.1. Definições e constituição

Uma instalação colectiva (fig. 29) estabelecida no interior de um edifício com o fim de servir diversas instalações de utilização tem o seu início numa portinhola, ou no próprio quadro de colunas, e termina na última caixa de coluna.

No **quadro de colunas** concentram-se os aparelhos de protecção contra sobrecorrentes das colunas e é, normalmente, alimentado por um ramal.

A **coluna principal** ou, simplesmente, coluna é a canalização eléctrica colectiva que tem início num quadro de colunas e vai até à última caixa de coluna.

Coluna derivada é a canalização eléctrica colectiva que tem início numa caixa de coluna da coluna principal.

Caixa de coluna é o quadro existente numa coluna, principal ou derivada, para ligação de entradas ou de colunas derivadas e contendo, ou não, os respectivos aparelhos de protecção contra sobrecorrentes.

Entrada é a canalização eléctrica de baixa tensão, geralmente compreendida entre uma caixa de coluna ou um quadro de colunas e a origem de uma instalação de utilização (inquilino). Normalmente é monofásica.

Todos os aparelhos de utilização deverão ser dotados de um **ligador de terra**, ao qual será ligado o condutor de protecção da instalação.

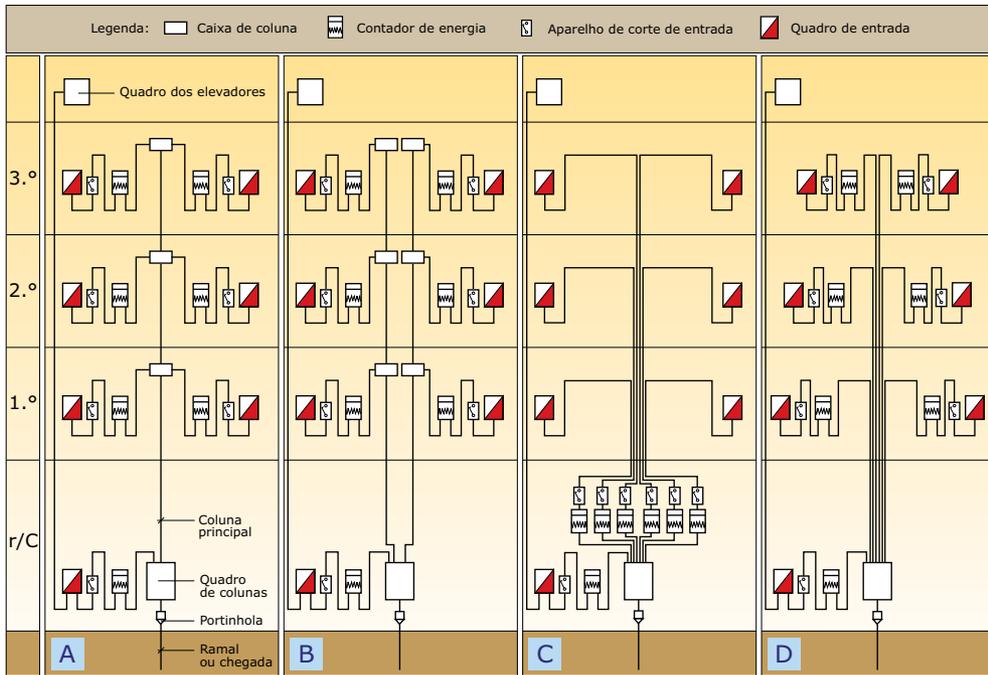


Fig. 29 Esquemas de colunas. A – 1 coluna montante; B – 2 colunas montantes; C – colunas montantes individuais a partir de quadro de colunas (contagens agrupadas); D – Idem, com contagens individuais junto ao quadro do inquilino.

6.1.2. Disposições regulamentares

Tendo em atenção que a intervenção em incêndios urbanos ocorre, com mais frequência, nos edifícios de habitação, enunciam-se, algumas determinações regulamentares, que visam facilitar a intervenção dos que têm a responsabilidade de acorrer àquele tipo de ocorrências. São elas:

- Em geral, cada edifício deverá ser dotado de um único quadro de colunas. Isto significa que só existe um local onde se pode cortar toda a corrente ao edifício;

- O quadro de colunas deve estar instalado, no interior do edifício, junto à entrada e ser de fácil acesso;
- O quadro de colunas é trifásico e é constituído por (fig. 30):
 - Caixa de corte geral;
 - Caixa de barramento;
 - Caixas de protecção de saídas;
- As colunas deverão ser estabelecidas nas zonas dos edifícios (escadas, patamares, corredores, etc.) para utilização colectiva, em locais de fácil acesso do ponto de vista de exploração e conservação;
- As colunas deverão ser trifásicas e dotadas de condutor de protecção;
- Nas canalizações, os tubos deverão ser rígidos;
- Num edifício poderá haver uma ou mais colunas para alimentar as diversas instalações de utilização;
- As caixas de coluna deverão ser instaladas nos andares correspondentes às instalações de utilização servidas pelas entradas;
- Em regra, as caixas de coluna são instaladas entre **2 m** e **2,80 m** acima do pavimento;
- No interior das caixas de coluna, o ligador destinado exclusivamente ao neutro deve ser identificado pelo símbolo N e o ligador de terra pelo símbolo \perp .



Fig. 30 Quadro de colunas.

A intervenção dos bombeiros, sobretudo em incêndios urbanos ou industriais, pressupõe que, as instalações eléctricas existentes se possam encontrar sob tensão, pelo que devem ser observadas algumas regras que conduzam não só à sua protecção, como também a evitar que uma prática menos prudente possa pôr em causa a sua vida. Assim, recomendam-se os seguintes procedimentos:

- Desligar a instalação eléctrica com segurança, sempre que possível;
- Haver disponíveis e prontos a utilizar, sempre que necessário, os aparelhos respiratórios;
- Ventilar o local após a extinção do incêndio;
- Não mexer nos materiais queimados, porque poderão ser prova da causa do incêndio;
- Utilizar o equipamento de protecção individual (luvas isolantes, óculos ou viseiras de protecção, capacete, calçado de protecção, ...) adaptado aos trabalhos a efectuar;
- Não usar objectos pessoais metálicos (fios, pulseiras,...);
- Usar ferramentas isoladas ou isolantes de acordo com as normas em vigor;
- Conhecer os equipamentos onde vão intervir, pois podem conter isolantes que apresentem um risco acrescido; conhecer as prescrições e as instruções do fabricante sobre a matéria;
- Verificar se, quando numa intervenção num posto de transformação ou num transformador de tensão, o corte está visível;
- Não permitir fumar ou utilizar «chamas nuas» dentro das salas de baterias de acumuladores;
- Antes de entrar numa sala de baterias de acumuladores, o bombeiro deve observar se existe ventilação suficiente;
- Nunca deitar a água sobre o ácido de uma bateria;
- Não empregar ferramentas ou elementos metálicos que, no caso de caírem sobre os terminais da bateria, possam produzir chispas.

7.1. Intervenções em locais com risco de explosão

A intervenção num local onde exista risco de explosão, a instalação eléctrica ali existente deve impor os seguintes procedimentos:

- Não intervir enquanto não forem tomadas medidas para eliminar o perigo de explosão;
- Ventilar permanente e controle da atmosfera;

O accionamento de um equipamento num local com risco de explosão só poderá ser efectuado após verificação de ausência do próprio perigo.

Independentemente do risco de explosão ligado à electricidade será necessário ter em conta a existência de outras fontes de ignição em presença de atmosferas explosivas nomeadamente: chamas, faíscas de origem mecânica, fontes de calor, fontes de radiação, ...

8 A electricidade estática

A electricidade estática resulta do contacto de duas substâncias más condutoras diferentes, seguido da sua separação e isolamento eléctrico por meio de uma substância não condutora que é, na maior parte das vezes, o ar (fig. 31).

Como o isolamento eléctrico nunca é perfeito, a quantidade de cargas acumuladas, num dado instante, depende de dois factores, a saber:

- Velocidade de produção das cargas;
- Velocidade com que as cargas se escoam.

Sempre que a produção de cargas eléctricas for superior à sua dissipação, haverá acumulação de cargas e, conseqüente, aumento de tensão até atingir um potencial suficiente para originar a faísca, que descarregará as cargas eléctricas.

Estas faíscas, que poderão ser visíveis ou não, são fontes de calor e, portanto, fontes de ignição. As suas origens mais vulgares são: a agitação de líquidos combustíveis, fricção de sólidos, etc..

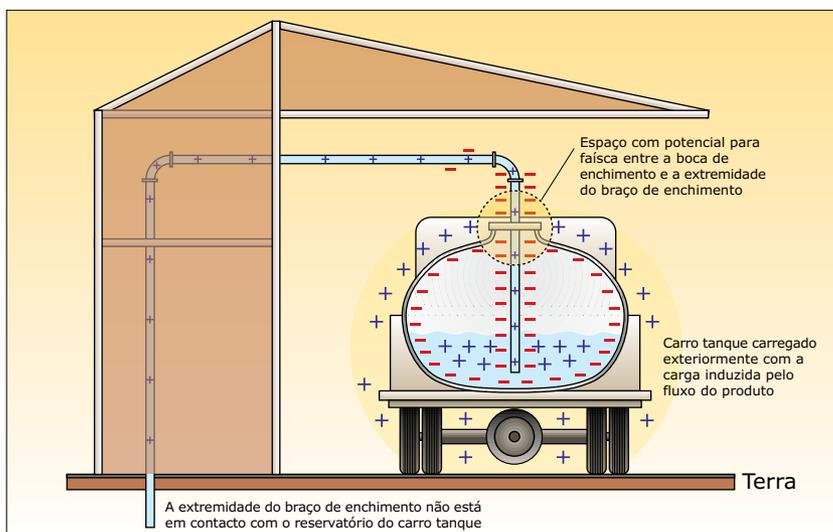


Fig. 31 Exemplo de localização da electricidade estática, não existindo ligação à terra.

O método mais comum para fazer o escoamento das cargas é o da «ligação à terra». No entanto, outros cuidados devem ser tidos em atenção, tais como:

- Não permitir que os bombeiros utilizem fatos de fibras sintéticas;
- Colocar o tubo de enchimento de um tanque de combustível próximo do fundo;
- Estabelecer a ligação entre o veículo a encher e a estação de enchimento;
- Evitar o choque e o atrito entre peças metálicas.

9 Ocorrências em instalações eléctricas

Estudos relativamente recentes, realizados para analisar os efeitos biofisiológicos da energia eléctrica, mostraram que o perigo para pessoas e animais não resulta da tensão aplicada, mas sim da intensidade de corrente que atravessa o seu corpo. Os resultados da passagem da corrente eléctrica através

do corpo humano dependem, entre outros, das partes do corpo afectadas e, sobretudo, dos seguintes factores:

- Intensidade de corrente;
- Duração do efeito;
- Percurso e variação brusca da corrente.

É claro que também contribui para o risco de electrocussão o choque psicológico, o estado do coração e o envelhecimento geral do organismo, ou melhor, a resistência do corpo humano.

Existem diversas formas de sentir a corrente eléctrica:

- **A percepção** – reacção provocada pelo efeito da passagem da corrente eléctrica que apenas produz uma sensação de formigueiro. O limiar de percepção depende de vários parâmetros, tais como a área do corpo em contacto com o condutor, as condições do contacto e outros factores fisiológicos da pessoa.
- **O limite de largar** – valor máximo da corrente que uma pessoa pode suportar até largar o condutor activo. Com o aumento da intensidade da corrente eléctrica, começam a processar-se contracções musculares que impedem o controlo das suas reacções. O valor do limiar de largar é aceite como sendo de 10 mA (miliampére).

Para uma melhor compreensão destas situações apresenta-se, de seguida, uma tabela relativa às sensações fisiológicas duma corrente alternada de 50 Hz, entrando pela mão e numa amostragem feita em 500 pessoas.

Os efeitos principais de uma corrente eléctrica, ao passar pelo corpo humano, são os ferimentos e, no extremo, a morte. No entanto, devido, também, ao efeito de dissipação de calor provocado pela passagem da corrente eléctrica, podem ainda resultar queimaduras, cegueira, etc..

Os acidentes mais frequentes são provocados por contacto directo ou indirecto com o equipamento ou com as instalações operando em corrente alternada. Acontecem, também, acidentes por acção da electricidade estática, por acção de descargas atmosféricas ou por defeito do isolamento do equipamento. Estes defeitos são, sobretudo, devidos à fadiga dos materiais e à corrosão.

De seguida descrevem-se alguns dos casos referidos.

TABELA I
SENSAÇÕES PROVOCADAS PELA CORRENTE ELÉCTRICA

Sensação Fisiológica	Percentagem de indivíduos e valor da corrente (mA)		
	5%	50%	95%
Ligeira percepção na palma da mão	0.7	1.2	1.7
Ligeiro formigueiro na palma da mão	1.0	2.0	3.0
Formigueiro nas palmas e pulsos	1.5	2.5	3.5
Ligeira vibração nas mãos e pulsos	2.0	3.2	4.4
Ligeiro espasmo no antebraço, como se o pulso fosse comprimido	2.5	4.0	5.5
Ligeiro espasmo no braço	3.2	5.2	7.2
As mãos tornam-se rígidas	4.2	6.2	8.2
Convulsões no antebraço, mãos rígidas, formigueiro em todo o braço	4.3	6.6	8.9
Convulsão nos músculos do braço até aos ombros e limiar da corrente de largar	7.0	11.0	15.0

9.1. Choque eléctrico

O choque eléctrico (fig. 32) é, normalmente, provocado pela passagem de corrente eléctrica através do corpo humano, devido ao contacto directo com um condutor ou com uma superfície com defeito de isolamento.

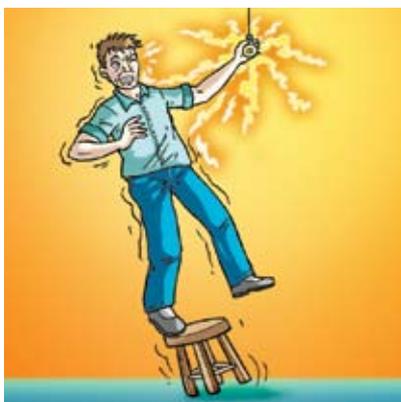


Fig. 32 Choque eléctrico.

As ligações à terra das instalações eléctricas desempenham um importante papel no comportamento das redes eléctricas e na segurança dos bombeiros. Fundamentalmente, estes devem ser protegidos contra dois tipos de riscos:

- **Contactos directos** – quando os condutores nus a tensões diferentes são tocados directamente ou quando uma aparelhagem eléctrica que se encontra em tensão é tocada (fig. 33);
- **Contactos indirectos** – quando se toca na massa ou numa parte de uma estrutura dos equipamentos eléctricos que possam ficar sob tensão em caso de se verificar um defeito de isolamento nos condutores (fig. 34).



Fig. 33 Contacto directo.



Fig. 34 Contacto indirecto num motor eléctrico.

A protecção contra estes contactos é feita, essencialmente, na ligação à terra das massas metálicas e do controlo da corrente de defeito. Devem, por isso, ligar-se à terra todas as partes metálicas dos equipamentos.

Esta ligação deverá ser feita ao eléctrodo de terra de protecção, sendo proibida a utilização das canalizações de água ou gás para servirem de eléctrodos de terra. A razão resulta do facto de poderem ser modificadas e, conseqüentemente, serem alteradas as características eléctricas.

9.2. Cegueira e queimaduras

Pode ocorrer uma situação de cegueira, temporária ou definitiva, quando o bombeiro se encontra muito perto do local onde ocorre um curto circuito. A situação de cegueira permanece quase sempre durante um

período relativamente curto. Estes acidentes são, sobretudo, originados pela energia libertada durante a formação do arco eléctrico que provoca, também, queimaduras extensas e profundas.

As queimaduras são, possivelmente, a consequência mais gravosa dos acidentes eléctricos.

Em acidentes com alta tensão, as queimaduras tendem a ser de maior gravidade, cobrindo largas áreas do corpo e podendo ser dos tipos que a seguir se indicam:

- **Queimaduras por contacto**, quando a vítima toca um condutor em tensão;
- **Queimaduras por arco**, resultantes da faísca provocada, que pode ou não atingir a vítima, sendo normalmente graves.

9.3. Contrações musculares

A passagem da corrente através de um músculo leva a que este fique sujeito a uma série de sucessivos choques, que ocorrem em intervalos de tempo cada vez mais curtos. Conforme o trajecto da corrente e o tipo de músculo, assim se terão consequências diferentes:

- No caso de músculos do antebraço, o bombeiro é incapaz de se desprender do ponto onde se dá o contacto. Esta contração só abrandará quando se desligar a corrente eléctrica. Não sendo a corrente rapidamente interrompida, as contrações alargam-se a outros músculos, podendo conduzir à situação de asfixia no caso de serem atingidos os músculos que controlam os movimentos respiratórios.
- Em músculos extensores, o bombeiro pode ser projectado em resultado de uma contração violenta e brusca. No caso dos músculos dorsais pode haver lugar a queda.

A contração muscular ocorre quando a corrente eléctrica afecta os músculos respiratórios (peitorais e do diafragma). Neste caso produz-se, então, asfixia e o bombeiro vai ficando com uma cor cada vez mais azulada (cianose). Pode, também, ocorrer perda de consciência.

A fibrilhação ventricular pode acontecer quando o trajecto da corrente eléctrica passa pelo músculo cardíaco, dando origem à paragem da circulação

sanguínea e consequentes lesões cerebrais. As lesões poderão ser irreversíveis se a duração do fenómeno da fibrilhação ultrapassar três minutos, aproximadamente.

Muitos dos acidentes eléctricos mortais são causados por fibrilhação ventricular.

9.4. Incêndio

A energia libertada nos condutores sob a forma de calor, que é originada por correntes de intensidade excessiva (**sobreintensidades**), pode provocar o início do processo de ignição dos materiais e dar origem a incêndios.

As origens das sobreintensidades podem ser:

- **Sobrecargas** – aumento, para além do limite admissível, da corrente que percorre o condutor;
- **Curto-circuitos** – ligação accidental entre pontos do mesmo circuito que se encontravam a tensões diferentes;
- **Defeito de isolamento** – ligação accidental, por falha do isolamento, entre dois pontos que podem não pertencer ao mesmo circuito;
- **Resistência eléctrica** – resultante de uma ligação eléctrica através de um contacto defeituoso.

Em caso de incêndio numa instalação eléctrica ou na sua vizinhança, os bombeiros devem proceder ao combate, observando as prescrições relativas a este tipo de intervenção e ainda as seguintes indicações:

- Colocar fora de tensão, sempre que possível, o(s) aparelho(s) incendiado(s) e preferencialmente as instalações vizinhas;
- Munir-se do aparelho respiratório;
- Fechar todas as portas, janelas, que não sejam especialmente previstas para exaustão de fumos.

9.5. Prescrições quanto à utilização de extintores

Utilizar o agente extintor adequado à classe de fogo e tendo em atenção a existência ou não da presença de tensão.

Em instalações em tensão ou susceptíveis de o estar, só é permitido utilizar extintores portáteis mantendo entre o difusor do extintor e as partes activas da instalação um afastamento mínimo de (salvo indicações em contrário no próprio extintor):

- Instalações BT: 0,5 m
- Instalações MT ($U < 45 \text{ kV}$): 2m

Em instalações com $U \geq 60 \text{ kV}$, a utilização de extintores só é autorizada quando houver a certeza que a parte afectada está fora de tensão.

A utilização de extintores com a indicação «Não usar em presença de tensão eléctrica» é rigorosamente interdita, a menos que a instalação tenha sido previamente colocada fora de tensão.

Extintores com a indicação «Não utilizar sobre tensões superiores a X volts» só podem ser utilizados dentro desta limitação, a menos que a instalação tenha sido previamente colocada fora de tensão.

A extinção de fogos por jacto de água é proibida em instalações eléctricas.

Após a extinção do incêndio, deve assegurar-se a evacuação de todos os gases tóxicos por ventilação do local.

10

Procedimentos de segurança

A segurança é sempre uma preocupação presente e integrante da actividade dos bombeiros e tem que manifestar-se em todas as suas intervenções. Em qualquer momento e em qualquer situação, cada bombeiro tem de assumir a sua actividade tendo como objectivo «zero acidentes de origem eléctrica» através da consciência das condições de segurança na realização da prestação dos serviços.

A segurança é uma atitude e uma vontade que, a todo o momento, se afirma pela aplicação das regras e normas. Nenhuma situação ou urgência de serviço pode justificar pôr em perigo a vida do bombeiro, a dos seus colegas de trabalho e a de quem estão a socorrer.

Não sendo especialistas nesta matéria, os bombeiros não devem esquecer-se de que, como regra geral, é ao pessoal do distribuidor de electricidade que compete intervir em todos os acidentes eléctricos, **antes** de qualquer bombeiro. Nenhum bombeiro pode ter acesso a uma instalação eléctrica sem, para isso, estar autorizado pelo pessoal do piquete do distribuidor e ter conhecimentos de electricidade.

Todos os bombeiros envolvidos em acções de socorro, onde se verifique a presença da corrente eléctrica, devem utilizar os equipamentos e as ferramentas apropriadas à sua acção. Existirão procedimentos gerais e comuns e outros mais específicos.

Em todas as situações, devem os bombeiros observar o seguinte:

- Proceder à sinalização no local da intervenção;
- Observar as recomendações emanadas pelo distribuidor;
- Utilizar o extintor adequado para cada caso, em função da tensão de serviço;
- Ter muita atenção aos fios condutores e a toda a instalação eléctrica.

Apresentam-se, agora, algumas das situações mais comuns em que o bombeiro é chamado a intervir e o modo mais correcto e, por isso mesmo, menos perigoso de actuar.

- **Afastar a vítima do contacto com um condutor em tensão** – para tal deve:
 - Cortar-se imediatamente a corrente, se existir um aparelho de corte no local do acidente;
 - Caso não exista aparelho de corte no local e se a instalação for de baixa tensão, provocar-se um curto circuito, a fim de obter os mesmos resultados;
 - Proteger-se, se não for possível cortar a corrente, utilizando materiais isolantes adequados ao nível da tensão (luvas, varas, tapetes, etc.), lembrando-se que a presença de humidade pode torná-los condutores.

Neste tipo de acção, o bombeiro deve ter o cuidado necessário para não se colocar em contacto directo, ou por intermédio de outros condutores, com uma peça em tensão.

- **Em subestações** – relativamente aos aspectos de segurança para o bombeiro, face a qualquer ocorrência num destes locais, deve dizer-se que está interdita a entrada em qualquer subestação, até indicação em contrário do responsável pela rede de distribuição.
- **Queda de uma linha de alta ou média tensão** – os bombeiros não devem tocar nem avançar com qualquer solução sem primeiro terem conhecimento do «isolamento» da própria linha, que é feito por pessoal especializado do distribuidor.

Estando os condutores em contacto com o solo, directamente ou através do apoio e para tensões superiores a 30 kV, o bombeiro não deve aproximar-se a menos de 12 metros dos pontos de contacto antes de ter sido desligada a corrente (para evitar acidentes pela tensão de passo no solo) (fig. 36). Qualquer bombeiro que se movimente dentro daquela distância deve fazê-lo com passos muito curtos, sempre no sentido do afastamento do ponto de contacto.

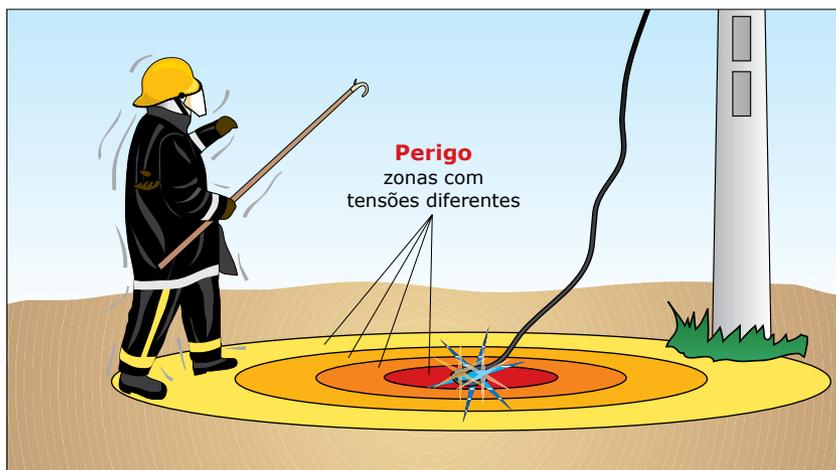


Fig. 36 Tensão de passo.

Aos bombeiros competirá isolar a zona onde a linha se encontra caída com meios de sinalização bem visíveis (fitas) e chamar o piquete

do distribuidor. Como procedimento geral, os bombeiros devem comunicar sempre com a central do seu quartel e fornecer todas as indicações necessárias como, por exemplo, o local, o acesso, o número do apoio (se o suporte for de betão), etc..

- **Incêndio no interior de um posto de transformação** – a entrada dos bombeiros é sempre condicionada às orientações dos técnicos do distribuidor, que deverão proceder às manobras necessárias para evitar a existência de tensão.

De qualquer modo, o bombeiro só deverá entrar numa cabina após autorização do pessoal credenciado pelo distribuidor. São raros os incêndios em postos de transformação. No entanto, quando se verificam, situam-se, geralmente, no quadro geral de baixa tensão ou no transformador. Nunca esquecer que a água é boa condutora, pelo que é interdita a sua utilização, e que os extintores de pó químico seco são próprios para utilização em incêndios onde a tensão máxima é de 1000 V.

- **Incêndio numa instalação de baixa tensão a montante da alimentação de edifícios** – o bombeiro deverá evitar fazer cortes nos condutores da rede, sem que primeiro mande chamar o piquete do distribuidor. Não sendo possível a presença daquele, o bombeiro deve, então, actuar no ramal que alimenta a instalação em perigo, cortando-a no ponto mais baixo e enrolando o condutor no poste. Para isso deve utilizar sempre as ferramentas adequadas e proteger-se com o seu equipamento, usando o capacete com viseira, botas com sola isolante, luvas de borracha próprias para trabalhos em tensão, alicates de punhos isolados, etc..
- **Queda de um condutor torçada** – estes casos não oferecem perigo de maior, podendo o bombeiro movimentá-lo com relativa facilidade para locais seguros, tendo o cuidado de deixar o cabo devidamente assinalado.

- **Incêndio em edifícios** – podem obrigar o bombeiro a actuar no sentido de retirar os fusíveis do quadro de colunas ou da portinhola. Em qualquer dos casos, deve estar sempre protegido e utilizar o saca fusíveis e não um alicate universal, mesmo que seja de punhos isolados. Não deve esquecer-se de que, retirando os fusíveis da portinhola, corta a corrente a todo o edifício. Se retirar os fusíveis das caixas de saída do quadro de colunas, existirá ainda corrente em todos os circuitos ligados aos serviços comuns do edifício (elevadores, iluminação da escada, porteiro, etc.).

11 Uso e conservação do equipamento de segurança

Os bombeiros deverão ser sempre os primeiros a saber utilizar todo o equipamento de que o seu corpo de bombeiros dispõe, dando-lhe a necessária atenção e olhando constantemente pelo seu estado de conservação. Indicam-se algumas regras que devem ser tidas em consideração **antes** de ser colocado nos veículos ou guardado nas arrecadações.

Para além do equipamento de protecção individual⁽¹⁾, os bombeiros devem dedicar uma atenção especial ao que é utilizado nas intervenções onde exista a presença de corrente eléctrica devendo adoptar o procedimento que a seguir se indica:

a) Luvas isolantes

As luvas isolantes devem ser adequadas (fig. 36) à tensão das instalações onde os bombeiros vão intervir. Quando nas operações a efectuar haja o risco de serem rasgadas ou perfuradas, as luvas isolantes devem ser usadas sob luvas de protecção mecânica (no caso de existência de tensão devem ser utilizadas luvas de protecção mecânica siliconizadas).

⁽¹⁾ Consultar o Volume VIII – Segurança e Protecção Individual.

As luvas isolantes devem ser verificadas com regularidade e antes de usar enchendo-as de ar e enrolando o canhão várias vezes sobre si mesmo. Se houver perfuração (fuga de ar) ou apresentarem qualquer tipo de vincos, arranhões ou fissuras, não devem ser utilizadas e o par deve ser destruído.



Fig. 36 Luvas isolantes de borracha.

Depois de utilizadas, as luvas isolantes devem ser limpas, polvilhadas com pó de talco e guardadas na respectiva embalagem, sem as dobrar nem vincar. Devem, também, ser objecto de ensaios de isolamento periódicos, de acordo com as fichas técnicas respectivas.

b) Escadas portáteis

Em acções de socorro em edifícios, o bombeiro deverá utilizar escadas portáteis com o troço superior em material isolante, desde que o último troço em alumínio fique a, pelo menos, 2 m da peça nua em tensão mais próxima.

Sempre que o utilizador tenha que desenvolver trabalhos apoiado numa escada deve estar equipado com arnês de protecção contra quedas e fixo a um ponto de ancoragem que não a própria escada.

O afastamento do pé da escada relativamente à parede deve ser sensivelmente $1/4$ da altura da mesma.

É interdita a subida simultânea de mais que um utilizador na mesma escada.

c) Tapetes e estrados isolantes

Os tapetes e estrados isolantes (fig. 37) permitem isolar o operador do solo e devem ser adaptados à tensão nominal das instalações onde vão ser utilizados.

Antes da utilização de um estrado isolante, é necessário assegurar que os seus pés estão apoiados numa superfície regular, que os isoladores são adequados e em bom estado e que a plataforma do estrado está suficientemente afastada de qualquer estrutura condutora ligada à terra.

O bombeiro deve posicionar-se no centro do estrado ou do tapete e deve evitar qualquer contacto com as massas metálicas.

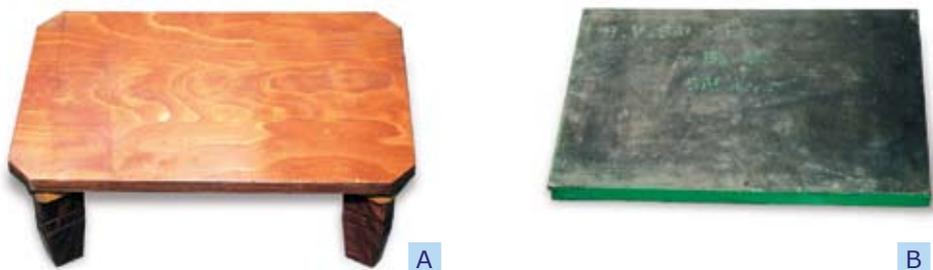


Fig. 37 Estrado (A) e tapete isolante (B).

d) Verificador de ausência de tensão

É um pequeno aparelho (fig. 38) destinado a verificar a ausência de tensão ou o valor da tensão ou a distinguir a fase do neutro dado que as indicações fornecidas pelo busca-pólos são muito imprecisas. O emprego das luvas é obrigatório.

Estes aparelhos podem ser do tipo sonoro e/ou do tipo luminoso e sempre adaptados ao nível de tensão das instalações onde vão ser utilizados.



Fig. 38 Verificador de tensão.

Imediatamente antes de qualquer operação efectuada com este equipamento e imediatamente após esta, é indispensável verificar o bom funcionamento do aparelho.

e) Croque e vara isolantes

As varas isolantes destinam-se a permitir executar à distância, determinadas manobras, medições ou intervenções sobre um elemento da rede. Devem ter um isolamento e um comprimento adequado à tensão de serviço da instalação onde vai ser utilizada.

Antes de serem manuseados deve verificar-se que não há qualquer defeito ou estrago no seu exterior e se não estão húmidos nem sujos.

Se o croque e a vara (fig. 39) possuírem isoladores ou punhos isolantes, deve comprovar-se se estão limpos e não têm fissuras. Alguns destes equipamentos possuem verificadores de tensão com um indicador luminoso, permitindo assim, reconhecer a presença da tensão por um simples contacto com o condutor. A utilização do croque isolante requer muito cuidado do seu utilizador, que deve estar totalmente isolado.



Fig. 39 Croque e vara isolantes.

f) Equipamentos e ferramentas eléctricas

Os equipamentos e ferramentas devem estar em bom estado, em particular os cabos de alimentação quando o isolamento for em borracha ou material equivalente.

Antes de serem utilizados os equipamentos e ferramentas eléctricas devem ser objecto de uma verificação visual pelo utilizador sobre o seu estado aparente e do seu funcionamento normal. Qualquer defeito ou suspeita de defeito no isolamento ou no funcionamento deve ser assinalado e o equipamento deve ser imediatamente retirado para reparação.

Bibliografia

Decreto Regulamentar n.º 90/84, de 26 de Dezembro – Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão

EDP – Electricidade de Portugal, SA – Noções Básicas de Electricidade

EDP – Electricidade de Portugal, SA – Sistemas de gestão da segurança – Manual de segurança – Prevenção do risco eléctrico

MATIAS, Carreira e LEOTE, Nobre (1990) – Produção, Transporte e Distribuição de Energia Eléctrica

MORAIS, J.M. Simões (1987) – Elementos de Electricidade

Portaria 949-A/2006, de 11 de Setembro – Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão

VASCONCELOS, J.F e PINTO L.V. (1989) – A utilização da electricidade com toda a segurança

VASQUEZ, J.R. (1990) – Instalações eléctricas



Glossário

- Alma de condutor** – Elemento metálico por onde circula a corrente eléctrica, podendo ser constituído por um fio, por um conjunto de fios devidamente reunidos ou por perfis adequados
- Alta tensão** – Tensão entre fases cujo valor eficaz é superior a 45 kV e igual ou inferior a 110 kV
- Alternador** – Aparelho que converte a tensão e a corrente contínua em corrente alternada
- Ampere** – Unidade da intensidade de corrente eléctrica
- Aparelho de comando** – Aparelho destinado a modificar o regime de funcionamento de uma instalação
- Aparelho de corte** – Aparelho destinado a ligar, desligar ou isolar uma instalação ou um aparelho de utilização
- Aparelho de ligação** – Aparelho destinado a ligar entre si dois ou mais troços de uma canalização
- Aparelho de protecção** – Aparelho destinado a impedir ou limitar os efeitos perigosos ou prejudiciais da energia eléctrica a que possam estar sujeitas as pessoas, coisas ou instalações
- Armário de distribuição** – Dispositivo intercalado nas redes subterrâneas constituído por invólucro, bastidor e suporte de cabos e que está aplicado sobre um maciço de betão no passeio
- Átomo** – Unidade mais pequena da matéria que pode tomar parte numa reacção química, não podendo ser dividida quimicamente numa substância mais simples

- Baixa Tensão** – Tensão cujo valor é de 230 volts em instalações monofásicas e de 400 volts em instalações trifásicas
- Cabo** – Conjunto constituído por um ou mais condutores isolados
- Cabo torçada** – Conjunto de condutores enrolados sobre si mesmo, estabelecidos sobre apoios e destinados ao transporte de energias e à ligação de instalações
- Caixa de barramento** – Caixa do quadro de colunas com barramentos de cobre e intercalada entre o corte geral e as saídas
- Caixa de coluna** – Quadro existente numa coluna para ligação de entradas e contendo ou não os aparelhos contra sobreintensidades
- Caixa de corte geral** – Caixa do quadro de colunas que contém o interruptor de corte geral
- Caixa de derivação** – Caixas dispostas, no seu interior, de ligadores para permitir a derivação de condutores isolados ou cabos
- Caixa de junção** – Dispositivo que permite fazer a ligação de uma canalização eléctrica a um aparelho de utilização
- Caixa de passagem** – Caixa disposta ao longo de uma canalização comprida e que permite o enfiamento mais fácil dos condutores
- Caixa de protecção de saídas** – Caixa do quadro de colunas que contém as protecções das colunas montante e dos serviços comuns de uma instalação de utilização
- Calibre** – Ver «Intensidade nominal»
- Canalização eléctrica** – Conjunto constituído por um ou mais condutores eléctricos e pelos elementos que asseguram o seu isolamento eléctrico, as suas protecções mecânicas, químicas e eléctricas e a sua fixação, devidamente agrupados e com aparelhos de ligação comuns
- Carga eléctrica** – O equivalente ao número de electrões
- Cela do transformador** – Espaço limitado num posto de transformação onde se encontra o transformador de potência
- Central eólica** – Central produtora de energia eléctrica movida pelo vento
- Central hidroeléctrica** – Central produtora de energia movida a água
- Central termoeléctrica** – Central produtora de energia eléctrica movida a fuel ou carvão
- Choque eléctrico** – Passagem de corrente eléctrica pelo corpo humano ou animal resultante de um contacto directo ou indirecto

- Circuito aberto** – Circuito interrompido onde não passam os electrões
- Circuito eléctrico** – Conjunto de equipamentos eléctricos de uma instalação alimentados a partir da mesma origem e protegidos contra as sobreintensidades pelo ou pelos mesmos dispositivos de protecção
- Circuito fechado** – Quando há passagem de electrões
- Coluna** – Canalização eléctrica da instalação colectiva que tem início num quadro de colunas ou numa caixa de colunas e que termina numa outra caixa de coluna
- Coluna derivada** – Coluna que tem origem na coluna principal
- Condutor eléctrico** – Suporte metálico por onde circula a corrente eléctrica e onde é nulo o campo eléctrico no seu interior
- Condutor de protecção** – Condutor prescrito em certas medidas de protecção contra os choques eléctricos e destinado a ligar electricamente massas, elementos condutores, terminal principal de terra, eléctrodo de terra ou o ponto de alimentação ligado à terra. É um condutor que pode ser comum a mais do que um circuito. É identificado pelas letras PE
- Condutor em feixe** – O mesmo que condutor torçada
- Condutor isolado** – Conjunto constituído pela alma condutora, pelo invólucro isolante e pelas eventuais blindagens
- Condutor nu** – Condutor que não possui qualquer isolamento eléctrico
- Condutor torçada** – Conjunto de condutores isolados enrolados sobre si mesmos
- Corrente alternada** – Movimento de electrões cujo sentido varia constantemente
- Corrente contínua** – Movimento dos electrões sempre no mesmo sentido
- Corrente eléctrica** – Movimento orientado dos electrões ao longo de um condutor
- Corta circuito fusível** – Aparelho de protecção contra sobreintensidades, dotado de conveniente poder de corte de correntes de curto circuito
- Coulomb** – Unidade da quantidade de electricidade
- Curto-circuito** – Efeito de ligação de dois ou mais condutores de alimentação
- Diferença de potencial** – Veja «Tensão»
- Disjuntor** – Aparelho de corte, comando e protecção dotado de conveniente poder de corte para correntes de curto-circuito e cuja actuação contra sobreintensidades se pode produzir, automaticamente, em condições pré-determinadas

- Electrão** – Corpúsculo indivisível de carga negativa
- Energia** – Capacidade de produzir trabalho
- Enfiamento de condutor** – Acto de introduzir um condutor num tubo
- Entrada** – Geralmente, uma canalização eléctrica de baixa tensão entre uma caixa de coluna e a origem de uma instalação
- Fase** – Designação habitual do condutor activo, em corrente alternada
- Ficha** – Aparelho de ligação destinado a ser montado numa canalização amovível para permitir a sua ligação a uma tomada fixa
- Força electromotriz** – Força que permite criar uma diferença de potencial, criando um excesso ou uma falta de electrões
- Fusível** – Condutor que constitui o ponto fraco de uma instalação e que funde em caso de sobreintensidade
- Fusível APC** – Fusível de alto poder de corte
- Instalação colectiva** – Instalação estabelecida no interior de um edifício com o fim de servir instalações de utilização exploradas por entidades diferentes
- Instalação de utilização** – Instalação destinada a permitir a transformação de energia eléctrica noutra forma de energia
- Instalação eléctrica** – Conjunto de equipamentos eléctricos associados com vista a uma dada aplicação e possuindo características próprias
- Intensidade de corrente** – Quantidade de carga eléctrica que passa numa secção dum condutor por unidade de tempo
- Intensidade nominal** – Valor da corrente para que foi dimensionado um determinado aparelho
- Interruptor** – Aparelho de corte e comando dotado de poder de corte que permite estabelecer ou cortar uma corrente eléctrica
- Isolador** – Peça que isola um condutor
- Lageta** – Pequena protecção de cimento sobre um cabo enterrado
- Ligador** – Dispositivo que estabelece a continuidade eléctrica entre um aparelho e um condutor ou entre condutores eléctricos
- Ligador de terra** – Sistema metálico que faz a ligação da terra aos condutores de protecção da instalação de utilização
- Limite de largar** – Valor máximo da corrente que uma pessoa pode suportar até largar o condutor activo

- Linha aérea** – Linha em que os condutores são mantidos a uma altura conveniente acima do solo por meio de isoladores e de apoios apropriados
- Linha de transporte** – Linha aérea com tensão superior a 60.000 volts
- Linha subterrânea** – Linha constituída por cabos, de tipo e características apropriadas, enterrados no solo ou em galerias
- Massa** – Todo o elemento metálico condutor susceptível de ser tocado e, normalmente, isolado das partes activas, mas podendo acidentalmente ficar sob tensão
- Média tensão** – Quando o valor da tensão é superior a 1 kV e igual ou inferior a 45 kV
- Molécula** – Grupo de dois ou mais átomos ligados entre si
- Monofásica** – De uma só fase
- Neutrão** – Partícula subsónica de carga neutra, contribuindo para a massa do átomo mas não afectando o seu carácter químico
- Neutro** – Condutor de equilíbrio de um circuito eléctrico (ao potencial da terra)
- Núcleo** – Parte central do átomo
- Ohm** – Unidade da resistência eléctrica de um condutor
- Percepção** – reacção, tipo formigueiro, provocada pela passagem da corrente eléctrica
- Poder de corte** – Valor máximo da intensidade de corrente eléctrica ou de potência que um dispositivo pode interromper sem alterar as suas características físicas
- Portinhola** – Quadro onde termina o ramal e que contém os aparelhos de protecção geral contra sobreintensidades das instalações colectivas
- Posto de transformação** – Local onde se encontra o transformador de potência
- Potência** – Energia por unidade de tempo
- Protão** – Partícula subsónica de carga positiva que constitui o núcleo do átomo
- Quadro** – Conjunto de aparelhos, convenientemente agrupados, incluindo as suas ligações e estruturas de suporte, destinado a proteger, comandar ou controlar instalações eléctricas
- Quadro de colunas** – Quadro onde se encontram os aparelhos de protecção contra sobreintensidades de colunas ou entradas e que normalmente é servido por um ramal ou uma chegada

- Quantidade de electricidade** – O mesmo que carga eléctrica
- Ramal** – Canalização eléctrica que parte do quadro geral de um posto de transformação e termina numa portinhola ou aparelho de corte de entrada de uma instalação
- Receptor** – Aparelho onde a corrente produz os efeitos por nós desejados
- Rede de distribuição** – Instalação eléctrica de baixa tensão destinada à transmissão de energia eléctrica a partir de um posto de transformação ou de uma central geradora, constituída por canalizações principais e ramais
- Rede primária** – Redes de Muito Alta e Alta Tensão
- Rede secundária** – Rede de Média Tensão
- Resistência eléctrica** – Dificuldade à passagem de corrente eléctrica
- Seccionador** – Aparelho de corte destinado a isolar uma instalação ou um aparelho de utilização, não dotado de poder de corte
- Serviços comuns** – Todos os serviços instalados numa instalação colectiva que têm origem no respectivo quadro
- Sobrecarga** – Quando por defeito de isolamento ou por alimentação de vários receptores, um receptor ou uma canalização absorve uma intensidade de valor superior ao nominal
- Sobreintensidade** – Intensidade de corrente de valor superior à nominal da canalização
- Subestação** – Local isolado onde se transformam as tensões
- Tensão** – Trabalho necessário para deslocar uma carga eléctrica unitária entre dois pontos
- Tensão nominal** – Tensão de referência
- Terra** – Massa condutora da Terra, cujo potencial eléctrico é, em cada ponto, considerado, por convenção, igual a zero
- Tomada** – Aparelho montado numa canalização fixa que permite a ligação de uma canalização amovível a outra ou a um aparelho de utilização
- Transformador** – Conjunto destinado a transformar as tensões e a alimentar as diversas potências
- Trifásico** – Sistema de distribuição eléctrica com três fases
- Volt** – Unidade da tensão eléctrica
- Watt** – Unidade de potência eléctrica

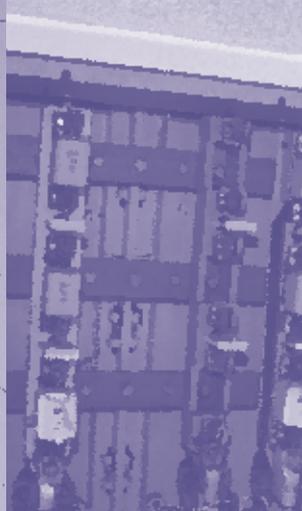
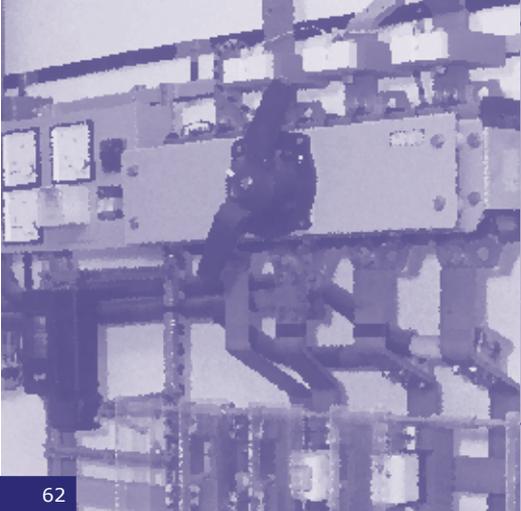


Índice remissivo

A	
Alta tensão	23, 41, 53
Alternador	21, 53
Aparelho de corte	30, 44, 53
Armário de distribuição	27, 53
Átomo	10, 11, 53
B	
Baixa tensão	23-26, 29, 46, 54
Bons condutores	13
C	
Cabo isolado	28
Caixa de coluna	32, 33, 54
Cargas de sinais contrários	11
Cargas do mesmo sinal	11
Centrais eólicas	21, 54
Centrais hidroeléctricas	21, 54
Centrais termoeléctricas	21, 54
Choque eléctrico	38, 39, 54
Coluna derivada	32, 55
Coluna principal	32, 33
Condutor de protecção	28, 33, 55
Condutor isolado	28, 55

Condutor neutro	26, 28
Condutor nu	28, 55
Condutores de fase	28
Contactos directos	40
Contactos indirectos	40
Corrente alternada	16, 17, 38, 55
Corrente contínua	16, 55
Croque e vara isolantes	50
Curto-circuito	29, 42, 55
D	
Defeito de isolamento	39, 40, 42
Diferença de potencial	11-13, 18, 19, 55
Disjuntor	15, 30, 31, 55
E	
Efeitos fisiológicos	37
Electricidade estática	36, 38, 37
Electrões	10-12, 15, 17, 56
Estrado e tapete isolante	49
F	
Fase	17, 28, 48, 56
Frequência	17, 33
Fusíveis	15, 25-27, 30, 31, 47, 56
I	
Instalação de utilização	31, 32, 56
Intensidade de corrente	16, 19, 20, 29, 37, 38, 56
Intensidade de funcionamento	31
Intensidade nominal	16, 30, 31, 56
Isoladores	13, 26, 56
L	
Ligador de terra	33, 34, 56
Limite de largar	38, 56
Linhas de alta tensão	23
Luvas isolantes	47, 48
M	
Massa	10, 21, 40, 57

Maus condutores	13
Molécula	10, 57
N	
Neutrão	10, 57
Neutro	10, 17, 28, 29, 34, 48, 57
O	
<i>Ohm</i>	18, 57
P	
Percepção	38, 57
Poder de corte	25, 29, 31, 57
Postos de transformação	23-25, 46, 57
Potência	20, 31, 57
Procedimentos de segurança	43
Protões	10, 57
Q	
Quadro de colunas	32, 34, 47, 57
Queda de um condutor torçada	46
Queimaduras por arco	41
Queimaduras por contacto	41
R	
Redes de distribuição	23, 26, 58
Resistência eléctrica	19, 42, 58
S	
Sistema de distribuição	23
Sistema de transporte	23
Sobrecarga	29, 42, 58
Sobreintensidade	29, 30, 32, 42, 58
Subestações eléctricas	24, 58
T	
Tempo de resposta	31
Tensão	9, 11, 12, 16-18, 20, 22-32, 36, 37, 41, 44-46, 58
Terra	17, 28, 33, 37, 40, 58
Trifásico	17, 34, 58
V	
Verificador de tensão	48, 49



Índice geral

Prefácio	3
Sumário	5
Siglas	7
1 Introdução	9
2 Constituição da matéria.....	10
3 Analogia entre o circuito eléctrico e a hidráulica.....	11
3.1. Modelo hidráulico	11
3.2. Condutores eléctricos	12
4 Principais grandezas eléctricas	15
4.1. Intensidade da corrente	15
4.2. Diferença de potencial ou tensão	18
4.3. Resistência eléctrica	19
4.4. Potência e energia	20
5 Produção, transporte e distribuição de energia	21
5.1. Produção	21

5.2.	Transporte	22
5.3.	Subestações eléctricas	24
5.4.	Postos de transformação	24
5.5.	Redes de distribuição em baixa tensão	26
5.6.	Componentes das instalações eléctricas	27
5.6.1.	Os Condutores	28
5.6.2.	Aparelhagem de protecção	29
6	Instalações de utilização	31
6.1.	Instalações colectivas em edifícios e entradas	32
6.1.1.	Definições e constituição	32
6.1.2.	Disposições regulamentares	33
7	Intervenção em instalações eléctricas.....	35
7.1.	Intervenções em locais com risco de explosão	36
8	A electricidade estática	36
9	Ocorrências em instalações eléctricas	37
9.1.	Choque eléctrico	39
9.2.	Cegueira e queimaduras	40
9.3.	Contracções musculares	41
9.4.	Incêndio	42
9.5.	Prescrições quanto à utilização de extintores	42
10	Procedimentos de segurança.....	43
11	Uso e conservação do equipamento de segurança....	47
	Bibliografia	51
	Glossário	53
	Índice remissivo	59