

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## **INTRODUÇÃO - A LIGAÇÃO À TERRA**

Algumas partes da instalação eléctrica devem ser ligadas à terra por motivos de segurança ou para garantir o seu normal funcionamento.

A ligação à terra de protecção diz respeito às partes metálicas da instalação e das massas dos aparelhos de utilização, normalmente sem tensão, mas que possam eventualmente ficar sob tensão na sequência de um defeito de isolamento.

O objectivo é o de limitar as tensões perigosas que possam ser aplicadas a uma pessoa que venha a ficar em contacto com esses elementos, e simultaneamente favorecer a intervenção dos dispositivos de protecção, melhorando as condições de segurança.

Além da terra de protecção podemos considerar ainda os sistemas de terra relativos a:

- dispositivos de protecção contra descargas atmosféricas, que prevêm sempre uma instalação de terra;
- dispositivos de protecção contra a acumulação de cargas electrostáticas que aparecem sobre as partes metálicas isoladas, para eliminação das mesmas;

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

- aparelhos electrónicos munidos de filtros e os respectivos condensadores inseridos entre os condutores de fase e a massa, com possíveis condições de risco para os operadores, em função da corrente de terra, de valor relativamente elevado, presente em condições de funcionamento normais;

No segundo caso, da ligação à terra de serviço, a finalidade é a de permitir um funcionamento normal da instalação (por exemplo, a ligação à terra do centro da estrela dos enrolamentos de um transformador do sistema eléctrico).

Seguidamente far-se-á referência exclusivamente à ligação à terra de protecção.

## **NORMAS RELATIVAS ÀS INSTALAÇÕES DE TERRA**

As normas da CEI relativas ao dimensionamento, à execução e à verificação das instalações de terra são as seguintes:

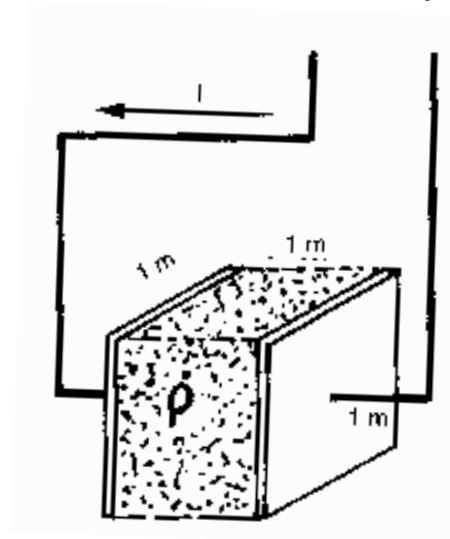
- CEI 11-1 - Instalações eléctricas com tensão superior a 1 kV, em corrente alternada;

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

- CEI 64-8 - Instalações eléctricas de utilização de energia a uma tensão nominal não superior a 1000 Volt em corrente alternada e a 1500 Volt em corrente contínua;
- CEI 81-1 - Protecção das estruturas contra descargas atmosféricas;

## **RESISTIVIDADE DE UM TERRENO**

A resistividade de um terreno corresponde à resistência teórica em ohm de um cubo de terra de 1 m de lado (ver figura). A resistividade de um terreno exprime-se em  $\Omega.m$ .



# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Nas tabelas seguintes indicam-se algumas gamas de valores da resistividade, em função da natureza do solo.

Natureza do terreno	Valor médio da resistividade ( $\Omega \times m$ )
Terrenos aráveis gordos e aterros compactos húmidos	50
Terrenos magros, cascalho e aterros grosseiros	500
Solos pedregosos nus, areia seca e rochas impermeáveis	3 000

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Natureza dos terrenos	Resistividade ( $\Omega \times m$ )
Terreno pantanoso	1 a 30
Lama	20 a 100
Húmus	10 a 150
Turfa húmida	5 a 100
Argila plástica	50
Mármore e argilas compactas	100 a 200
Mármore do Jurássico	30 a 40
Areia argilosa	50 a 500
Areia silicosa	200 a 3 000
Solo pedregoso nu	1 500 a 3 000
Solo pedregoso recoberto de relva ou erva curta	300 a 500
Calcários macios	100 a 300
Calcários compactos	1 000 a 5 000
Calcários fissurados	500 a 1 000
Xistos	50 a 300
Micaxistos	800
Granito e grés, consoante a alteração geológica	1 500 a 10 000
Granito muito alterado	100 a 600
Betão com 1 de cimento e 3 de inertes	150
Betão com 1 de cimento e 5 de inertes	400
Betão com 1 de cimento e 7 de inertes	500

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## **A TOMADA DE TERRA**

A tomada de terra numa instalação é imprescindível para:

- segurança das pessoas;
- segurança dos equipamentos;
- escoamento das correntes de defeito;

A sua resistência é variável e dependente da resistividade do solo e da secção dos condutores enterrados.

É natural o envelhecimento dos condutores e a subida do valor da resistência de terra. Existe uma ideia generalizada de que um sistema de terra deverá ter uma fraca resistência.

No entanto, a melhor opção é ter uma rede de terra única.

Mesmo em edifícios separados devemos procurar interligar as terras. O melhor forma de executar uma tomada de terra consiste em executar um anel nas fundações.

Deste modo, toda a estrutura metálica do edifício ficará incluída no sistema.

Para evitar a corrosão o condutor do eléctrodo de terra deverá ser em aço galvanizado.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Este condutor quando instalado em vala deve ser envolvido em massa de betão pobre para retardar o seu envelhecimento.

Um bom sistema de terra deverá ter as seguintes características:

- condutores com capacidade de escoamento de altas correntes de defeito;
- boa condutividade eléctrica;
- uma longa vida do eléctrodo;
- uma baixa resistência de terra;
- uma boa resistência à corrosão;
- uma boa robustez mecânica dos componentes;

O eléctrodo de terra é a base sobre a qual se constrói a segurança das instalações eléctricas.

Portanto, uma boa terra associada ao uso correcto de ligações equipotenciais representa a solução mais utilizada quando se pretende otimizar o nível de segurança.

A definição do sistema a empregar como eléctrodo de terra deve considerar vários factores:

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

- variações da resistividade do solo;
- acessibilidade da instalação;
- desenho e características físicas da instalação;

## **TIPOS DE ELÉCTRODOS DE TERRA**

Os tipos de eléctrodos de terra mais utilizados são os seguintes:

- condutores enterrados horizontalmente;
- eléctrodos verticais;
- chapas;
- anel de terra colocado no perímetro das fundações do edifício;
- pilares metálicos enterrados;
- anel de terra nas fundações;
- eléctrodos em profundidade;

## **Condutores enterrados horizontalmente**

Estes condutores são normalmente constituídos por:

- condutores unifilares ou multifilares em cobre, de secção não inferior a 25 mm<sup>2</sup>;



## CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

-fitas de cobre de secção não inferior a 25 mm<sup>2</sup> e uma espessura não inferior a 2 mm;

-fitas de aço macio galvanizado com uma secção não inferior a 100 mm<sup>2</sup> e uma espessura não inferior a 3 mm;

A resistência de um eléctrodo de terra deste tipo pode ser calculada aproximadamente por:

$$R = 2 \frac{\rho}{L}$$

em que:

R = resistência do eléctrodo de terra em  $\Omega$ ;

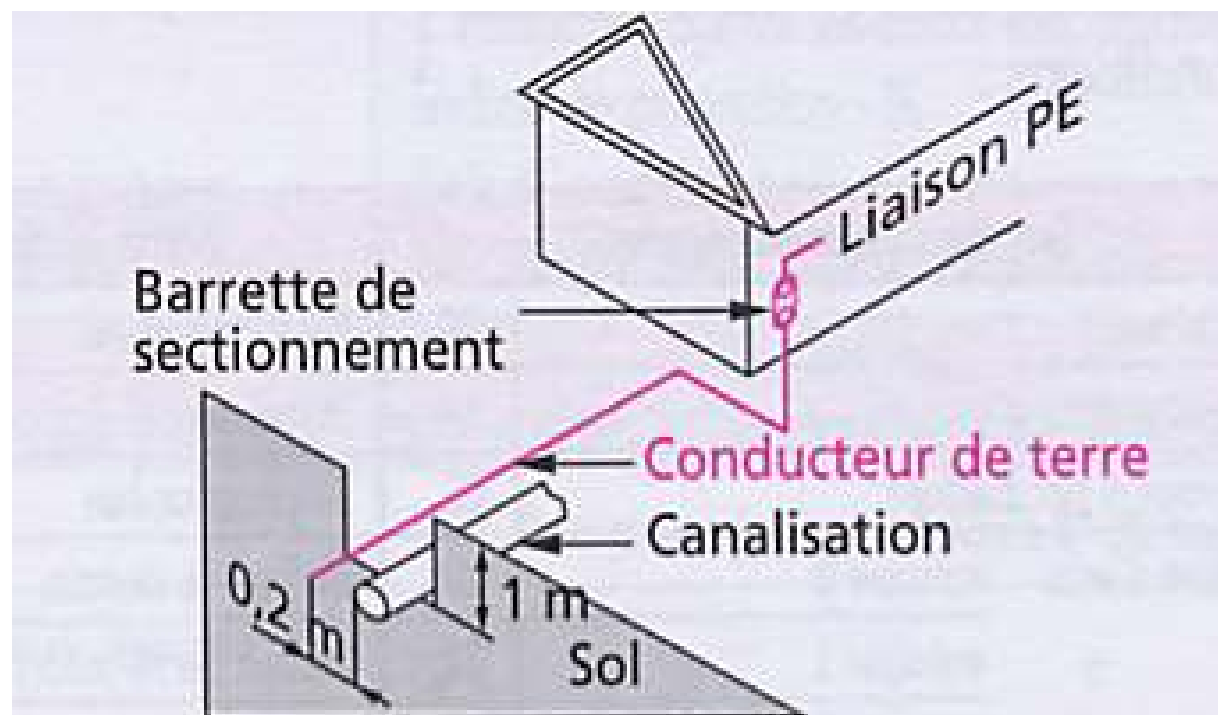
$\rho$  = resistividade do terreno em  $\Omega.m$ ;

L = comprimento da vala ocupada pelo condutor em m;

Neste tipo de eléctrodo a superfície de contacto com o solo não deve ser inferior a 1 m<sup>2</sup>. Chama-se a atenção de que a colocação do condutor num traçado sinuoso na vala não melhora de forma sensível a resistência do eléctrodo de terra.

## CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Na prática estes condutores são dispostos em valas horizontais, abertas expressamente para o efeito, as quais não devem ser cheias com calhaus, cinzas ou materiais análogos, mas sim com terra susceptível de reter a humidade, e colocados a uma profundidade de cerca de 1 m.



# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

## Eléctodos verticais

Normalmente os eléctodos verticais são constituídos por:

- varetas de cobre, com um diâmetro mínimo de 15 mm;
- varetas de aço cobreado com um diâmetro mínimo de 15 mm, e uma espessura de revestimento de cerca de 500 µm;
- varetas de aço galvanizado, com galvanização de pelo menos 120 µm;

O seu comprimento é normalmente de 2 metros.

A resistência de um eléctrodo deste tipo pode ser calculada aproximadamente por:

$$R = \frac{\rho}{L}$$

em que:

R = resistência do eléctrodo de terra em Ω;

ρ = resistividade do terreno em Ω.m;

L = o comprimento do elemento, em m;

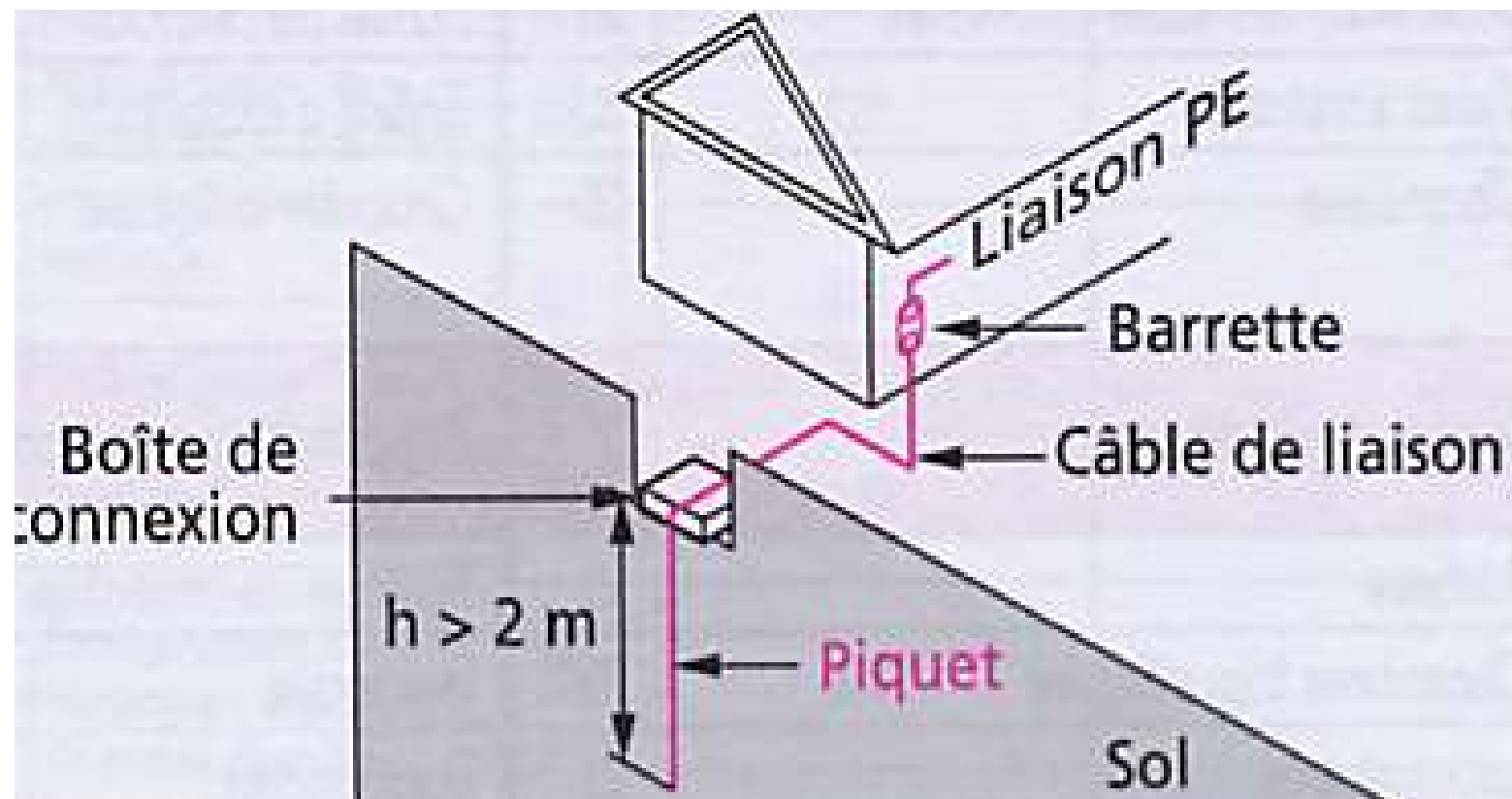
## CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

É possível diminuir a resistência do eléctrodo de terra dispondo diversos elementos verticais ligados em paralelo e afastados de uma distância não inferior ao seu comprimento, no caso de 2 elementos, ou a uma distância ainda maior no caso de mais do que 2 elementos.

Constituído desta forma o eléctrodo, pode-se demonstrar experimentalmente que quando se colocam duas varetas em paralelo a resistência de terra passa a metade da de uma vareta; se colocarmos três varetas em paralelo reduz-se para um terço; se colocarmos quatro reduz-se para um quarto, e assim sucessivamente.

Quando houver riscos de gelo ou de secagem do terreno, o comprimento das varetas deve ser aumentado. No caso de varetas de grande comprimento, como o solo é raramente homogéneo, pode ser possível atingirem-se camadas de terreno de baixa resistividade.

## CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS



## CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

A figura seguinte representa a instalação de um eléctrodo deste tipo, numa situação em que foram utilizadas várias varetas em paralelo.

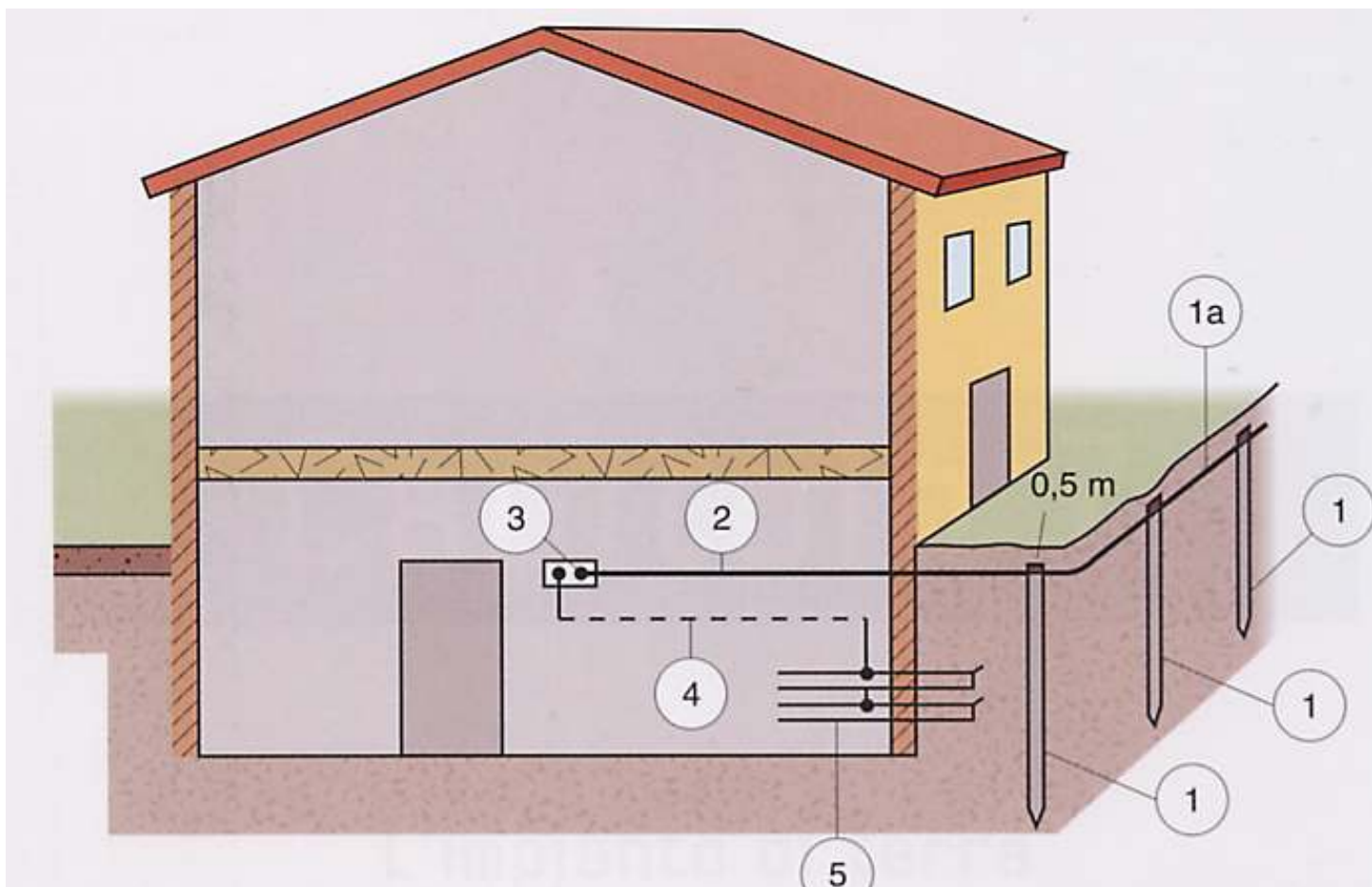
Na figura:

- 1- vareta com pelo menos 2 m de comprimento;
- 2- condutor de terra;
- 3- barra de ligação equipotencial;
- 4- condutor equipotencial principal;
- 5- ligações de tubagens de água, gás, ar condicionado, etc., estranhas à instalação eléctrica;

Repare-se que o condutor de terra, que liga aos eléctrodos, deve ser ligado ao terminal principal de terra, ou barra de ligação equipotencial, à qual devem ser ligados:

- os condutores de terra;
- os condutores de protecção;
- os condutores das ligações equipotenciais principais;
- o condutor de ligação à terra de eventuais mastros de antenas;
- o condutor de ligação à terra de um eventual para-raios;

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS



## CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

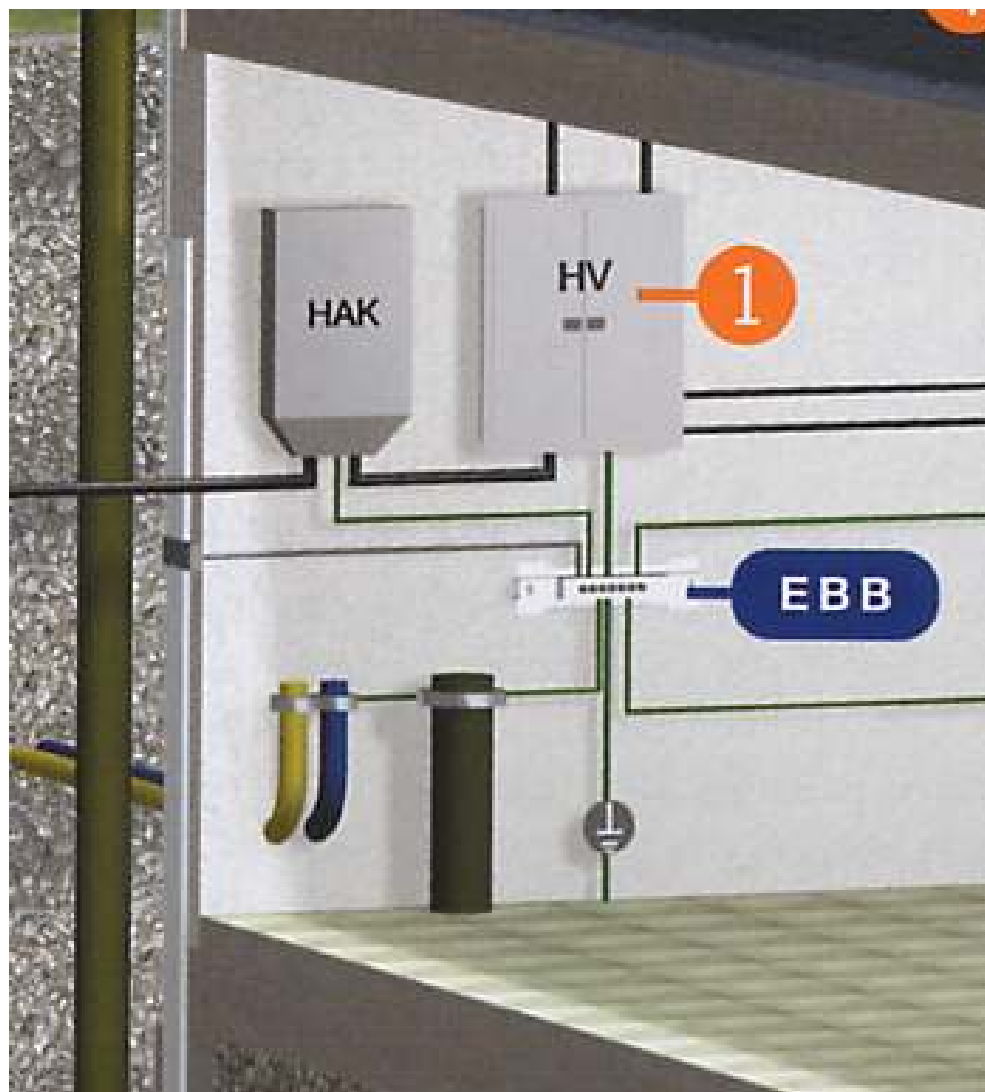
Deve ser previsto um dispositivo instalado em local acessível e que permita a medição do valor da resistência do eléctrodo de terra, podendo este dispositivo estar associado ao terminal principal de terra.

Este dispositivo deve ser apenas desmontável por meio de ferramenta, deve ser mecânicamente seguro e garantir a continuidade das ligações à terra.

A figura seguinte apresenta um barra de ligação equipotencial, designada por EBB.



# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS



# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Chapas Verticais

Neste tipo de eléctrodo a superfície de contacto com o solo não deve ser inferior a 1 m<sup>2</sup>. Utilizam-se normalmente chapas quadradas com 1 m x 1 m, ou rectangulares, de 0,5 m x 1 m, enterradas por forma a que o bordo superior fique a uma profundidade de cerca de 0,8 m. A espessura destas chapas não deve ser inferior a 2 mm, se forem de cobre, ou a 3 mm se forem de aço galvanizado.

Para garantir um melhor contacto das duas faces com o solo, as chapas devem ser maciças (não perfuradas) e devem ser enterradas verticalmente.

A resistência de um eléctrodo de terra deste tipo pode ser calculada por meio da seguinte expressão:

$$R = 0,8 \times \frac{\rho}{L}$$

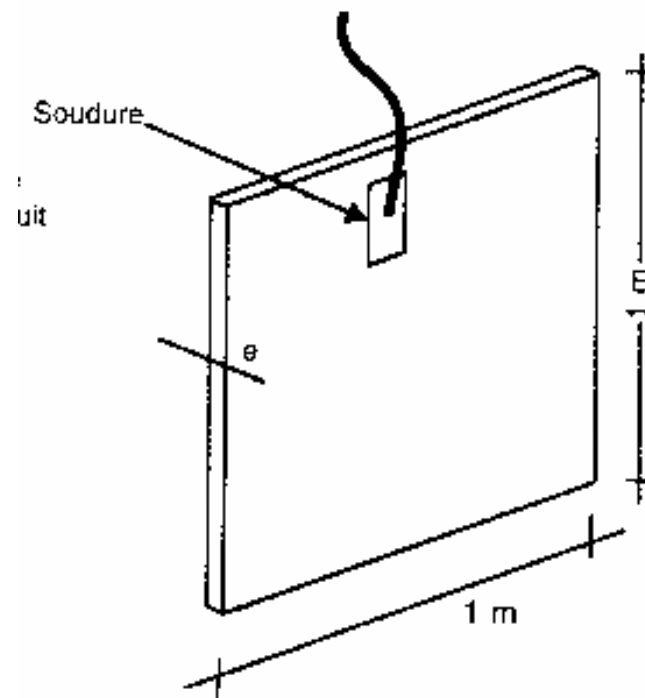
em que:

R = resistência do eléctrodo de terra em  $\Omega$ ;

$\rho$  = resistividade do terreno em  $\Omega.m$ ;

L = o perímetro da chapa, em m;

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS



## 3 - PRISE DE TERRE AVEC PLAQUE ENTERRÉE

- Cuivre :  $e = 2 \text{ mm}$
- Acier :  $e = 3 \text{ mm}$
- IMPORTANT : La plaque doit toujours être enterrée verticalement.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## **Anel de terra colocado no perímetro das fundações do edifício**

Este tipo de eléctrodo é normalmente realizado em cabo de cobre nú com uma secção mínima de 25 mm<sup>2</sup>, ou em fita de aço galvanizado, com uma secção mínima de 100 mm<sup>2</sup>, montados em vala.

No caso da instalação com fita utilizam-se espaçadores cada 2 ou 3 metros, para fixação e orientação da fita com a maior secção ao alto, protegendo-a de seguida com cerca de 5 cm de massa de betão pobre.

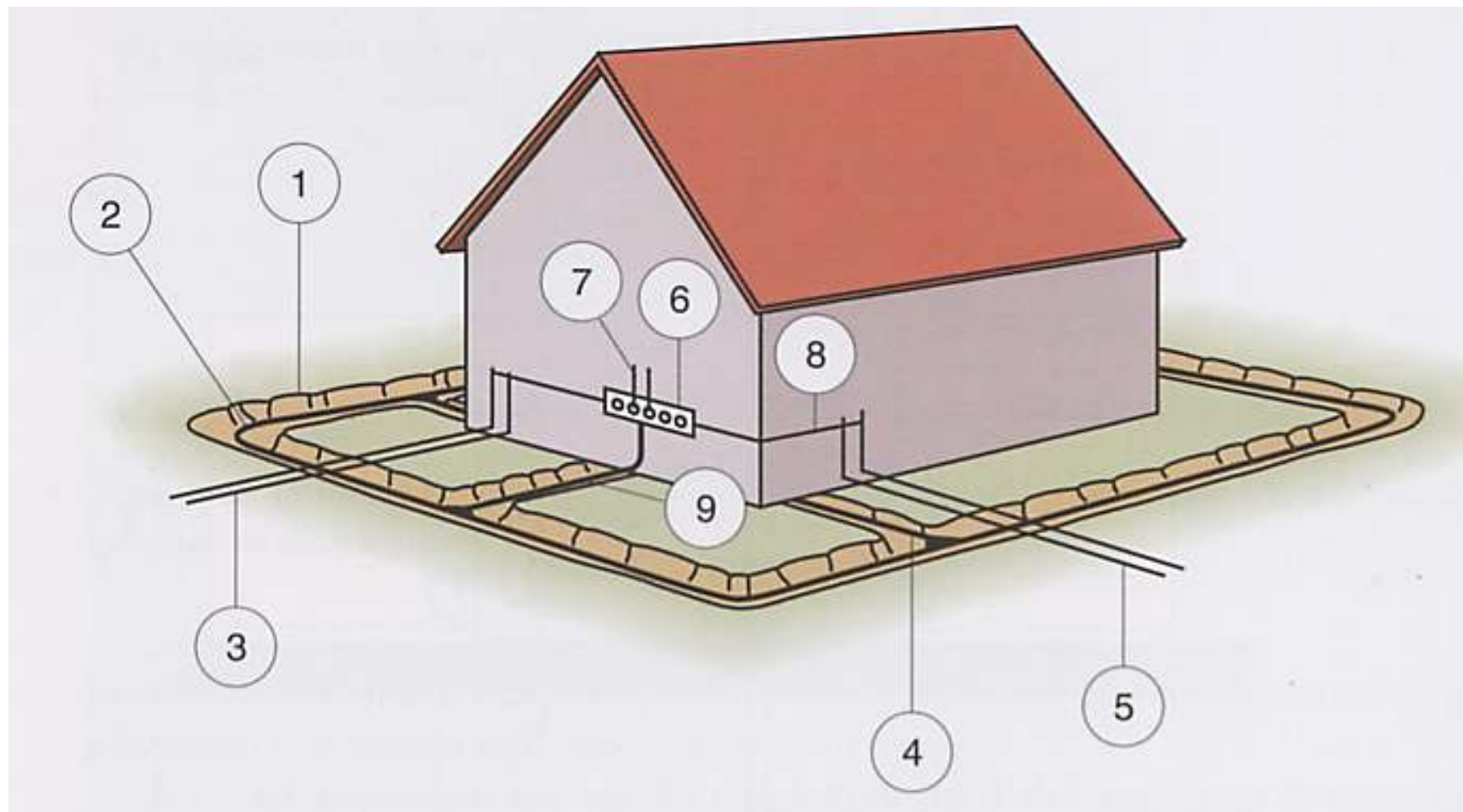
A profundidade mínima de instalação deverá ser de 80 cm.

Por outro lado é recomendado que o anel de terra esteja a cerca de 1 m das fundações do edifício.

A figura seguinte representa a realização de um anel de terra, na qual:

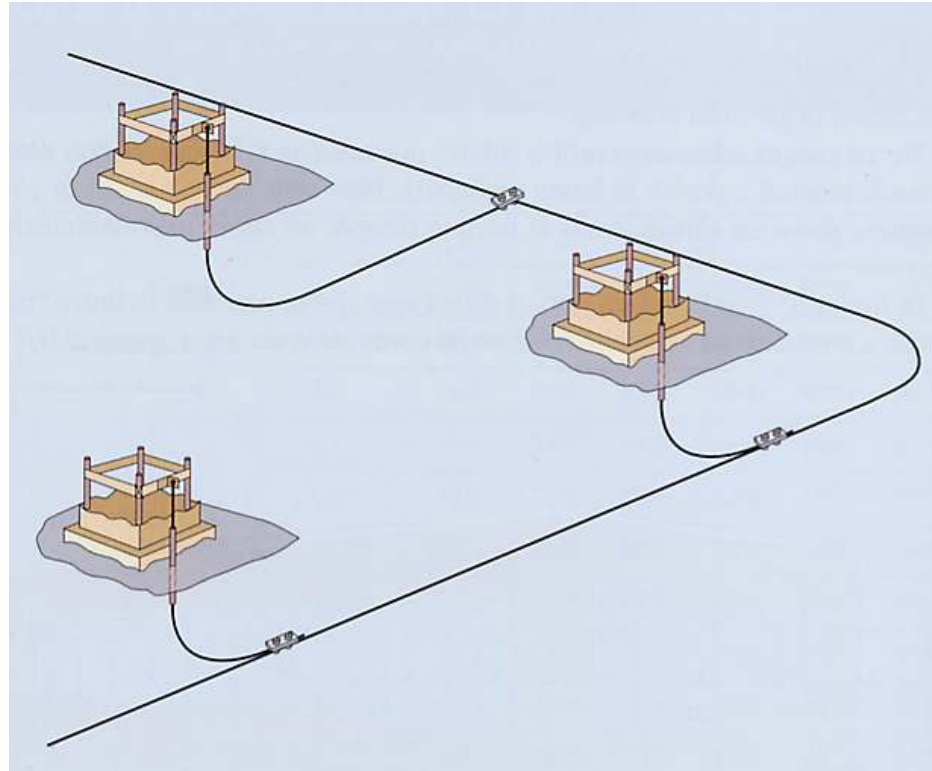
- 1: vala com uma profundidade mínima de 80 cm;
- 2: condutor de terra;
- 3, 4 ,5: canalizações de água, alimentação eléctrica e gás;
- 6: barra de ligação equipotencial;
- 7, 8, 9: condutores de protecção, de equipotencialidade e de terra;

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS



# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

A ligação do anel de terra à estrutura metálica do ferro do betão das fundações, da forma representada na figura seguinte, pode melhorar bastante a resistência de terra deste tipo de eléctrodo. Este sistema oferece uma óptima garantia de uma baixa resistência de terra, e principalmente realiza uma boa equipotencialidade entre a estrutura e o pavimento do edifício.



# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## **Pilares metálicos enterrados**

Os pilares metálicos interligados por estruturas metálicas e enterrados a uma certa profundidade no solo podem ser utilizados como eléctrodo de terra.

A resistência de terra de um eléctrodo de terra deste tipo pode ser calculada aproximadamente pela seguinte expressão:

$$R = 0,366 \times \frac{\rho}{L} \times \log \frac{3L}{d}$$

em que:

R = resistência do eléctrodo de terra em  $\Omega$ ;

$\rho$  = resistividade do terreno em  $\Omega.m$ ;

L = o comprimento enterrado do pilar, em m;

d = é o diâmetro do cilindro circunscrito do pilar, em m;

O conjunto de pilares interligados e repartidos pelo perímetro de um edifício apresenta uma resistência da mesma ordem de grandeza que a do anel constituído por condutores nus estabelecidos no fundo das fundações.

## CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

O eventual envolvimento dos pilares com betão não impede a utilização destes como eléctrodos de terra, nem modifica sensivelmente o valor da sua resistência como eléctrodo.

### **Anel de terra nas fundações**

Um anel de terra nas fundações é realizado em fita de aço galvanizado com uma secção mínima de 100 mm<sup>2</sup>, por exemplo com uma fita de 30 x 3,5 mm, utilizando espaçadores cada 2 ou 3 metros, para fixação e orientação da fita, sendo a sua maior secção colocada ao alto. A sua ligação aos pilares ou ferro das cofragens é realizada com ligadores de aperto mecânico.

A fita deverá ser ligada à barra de ligação equipotencial, junto do quadro eléctrico.

O eléctrodo deve formar um anel fechado, embutido nas fundações em todo o perímetro do edifício, de modo a se situar 5 cm acima do fundo da fundação em betão.

A fita de aço disposta na vertical, deve ser completamente imersa no betão o que lhe assegura protecção contra a corrosão.



## CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

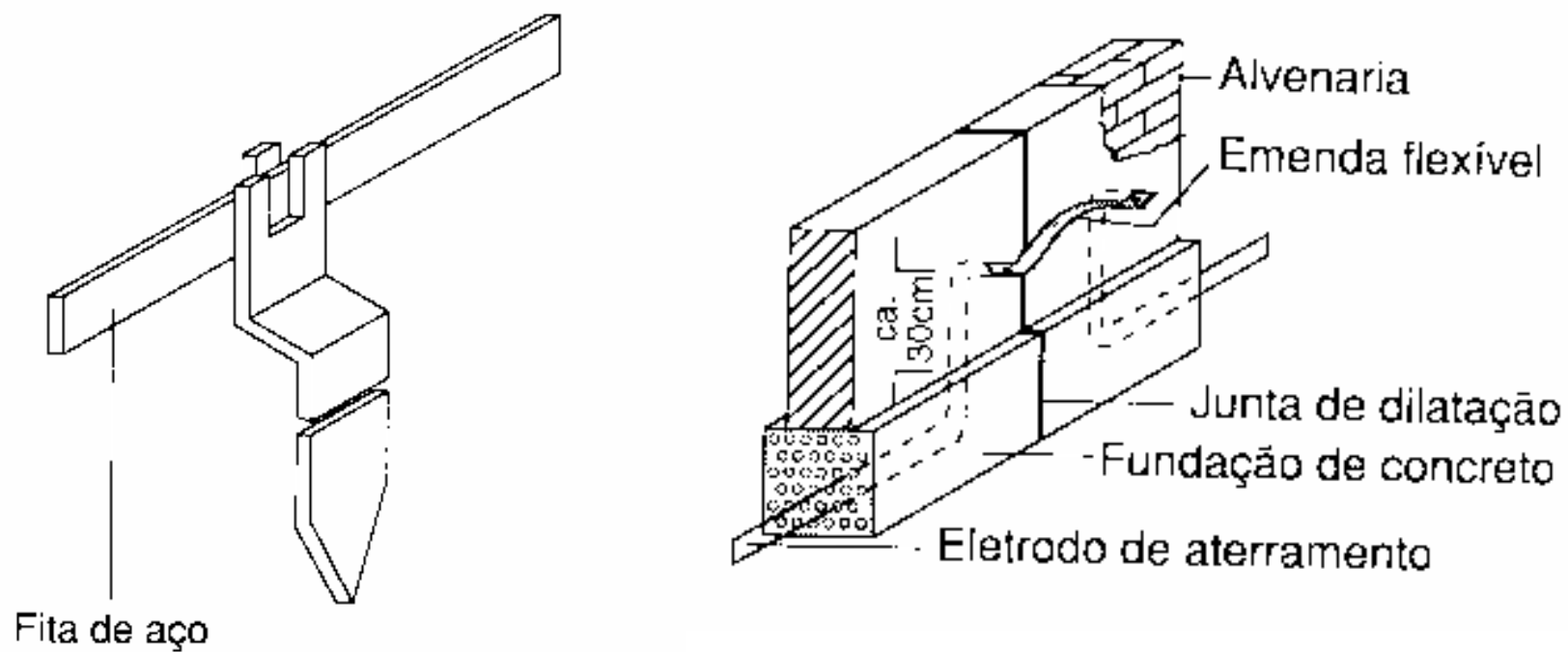
As juntas de dilatação, que podem existir na estruturas de betão armado, devem ser contornadas pelo eléctrodo de fundação através de emendas flexíveis exteriores ao betão armado, como se pode ver numa das figuras seguintes.

As emendas e derivações no próprio eléctrodo deverão ser aparafusadas, soldadas ou ligadas com conectores especiais de pressão.

O terminal de ligação do eléctrodo de fundação deve aflorar dentro do recinto onde se localiza o quadro geral de entrada.

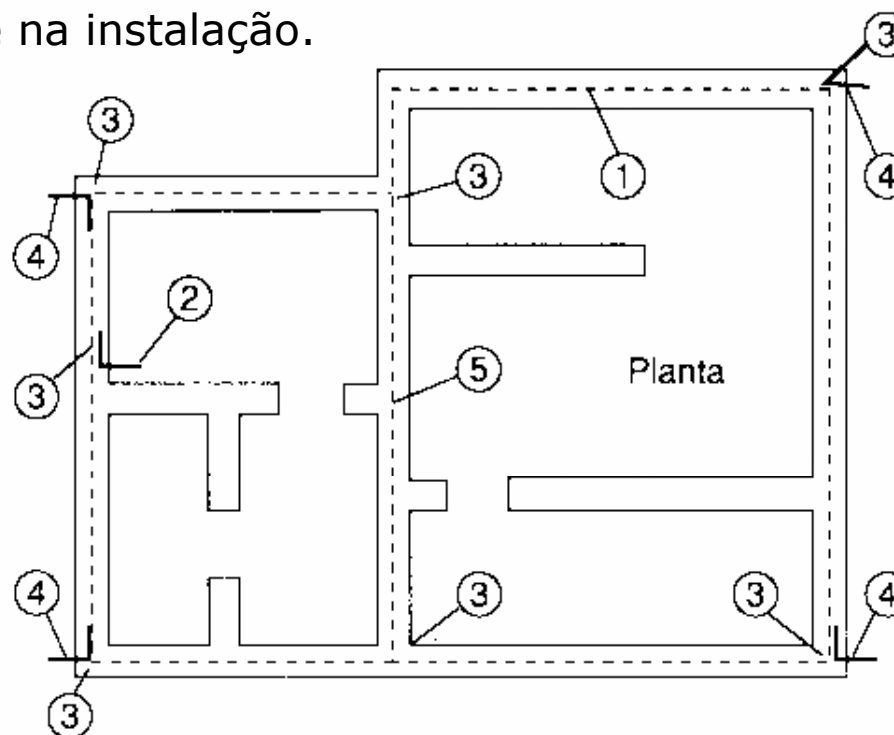
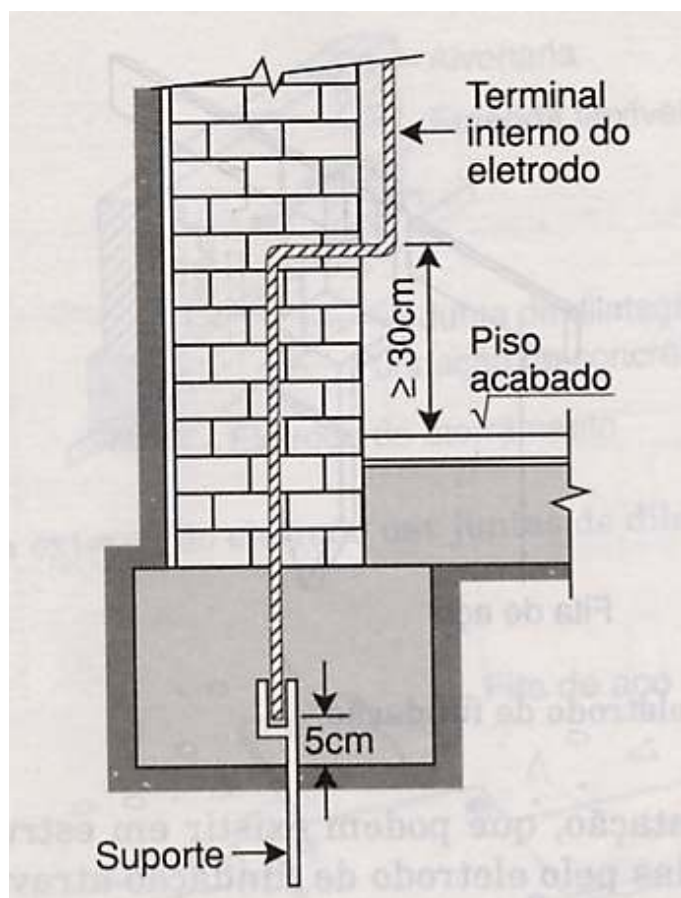
O terminal em questão é uma fita de aço zincado a fogo, ou revestida contra a corrosão, de secção igual à do eléctrodo, aflorando a cerca de 30 cm do piso e prolongando-se até à barra de ligação equipotencial.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS



# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

O eléctrodo de fundação pode ser provido de outros terminais de ligação, aflorando externamente ao edifício, e destinados a receber os condutores de ligação à terra de um para-raios, eventualmente existente na instalação.



- 1) Fita de aço
- 2) Terminal interno
- 3) Conexões embutidas
- 4) Terminais para as descidas do pára-raio
- 5) Ligação transversal

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## **Eléctrodos em profundidade**

Os eléctrodos em profundidade são normalmente varetas inseridas verticalmente no solo, à maior profundidade possível e distanciadas de 1 m do edifício.

O processo consiste em ir introduzindo no terreno uma vareta em cima de outra, previamente unidas, até conseguir atingir profundidades de 6, 8, 10 e 12 m.

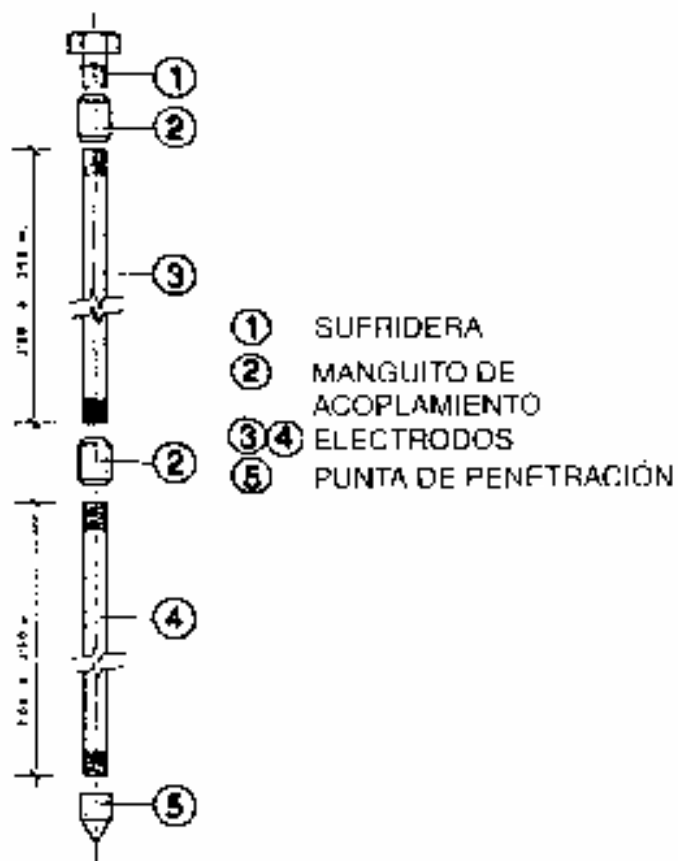
O sistema de execução consiste em utilizar varetas com a que se vê na figura, colocando na sua parte dianteira uma ponta de penetração de um material de grande dureza, e na sua parte final um batente sobre o qual actuará um martelo ou qualquer outro dispositivo de penetração evitando a deformação da vareta.

Uma vez introduzida uma vareta, desenrosca-se o batente o qual se enrosca numa nova vareta, colocando no extremo livre desta uma união, e assim sucessivamente para as varetas consecutivas.

A partir da segunda vareta, em geral é necessária a utilização de maquinaria especial para a sua introdução (martelo pneumático, sistema hidraulico, etc.).

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

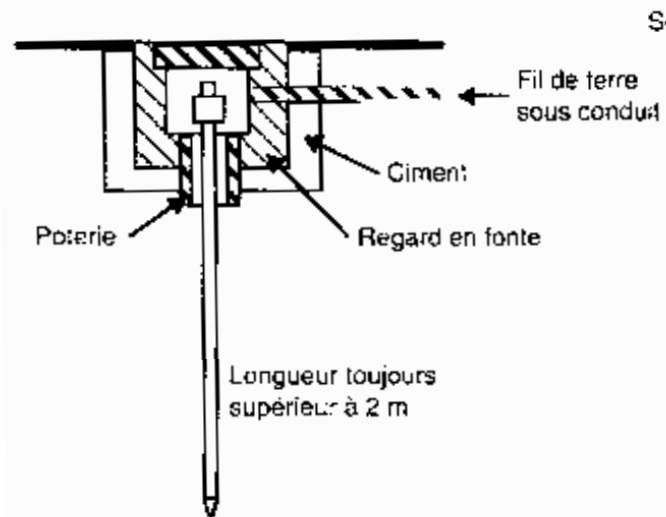
Para solos agressivos recomenda-se utilizar eléctrodos em aço inox.



# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Realização da caixa de inspecção para o eléctrodo do tipo vareta

É necessário realizar uma caixa de inspecção (ver figura) que permita verificar a ligação do condutor de protecção com o eléctrodo de terra, e a suas manutenção e conservação posterior (para acrescentar sais e água, comprovar a eficácia das ligações, etc.).



### 2 - PRISE DE TERRE AVEC PIQUET VERTICAL

- Rond en cuivre ou en acier : diamètre 15 mm
- Tube en acier galvanisé : diamètre 25 mm
- Carré en acier galvanisé : côté de 60 mm

## CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

A caixa de inspecção consiste num buraco onde se encontra a vareta enterrada à qual liga o condutor de protecção, o qual deverá ser isolado, para que haja um isolamento na zona próxima do ponto de contacto do eléctrodo com o terreno, de forma a evitarem-se potenciais perigosos.

As dimensões da caixa de inspecção serão as necessárias para uma fácil inspecção, ligação e manutenção, e terá uma tampa de cimento ou similar suficientemente robusta para permitir a sua conservação ainda que se transite sobre ela.

Os passos que se devem seguir para uma boa realização da caixa de inspecção devem ser os seguintes:

- abrir um buraco com as dimensões adequadas;
- revestir as paredes até uns 30 cm do solo;
- colocar um tubo de grés, fibrocimento ou PVC, para o condutor de ligação ao eléctrodo de terra;
- efectuar o acabamento da caixa e da sua parte superior para se poder ajustar a respectiva tampa;

## **CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS**

- colocar a tampa, de forma a que fique bem apoiada, a qual deve ter uma argola para permitir a sua retirada;
- humedecer o interior da caixa de inspecção, após efectuar todas as ligações e tapar;



# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## **União de condutores enterrados. Soldadura aluminotérmica**

A malha de uma rede de terra constitui uma rede de segurança e de protecção, que sendo normalmente inacessível, não pode receber manutenção nem ser inspeccionada, e no mínimo deve portanto ser construída no mínimo para uma duração igual à do edifício e equipamentos que se destina proteger.

Em face destas considerações é necessário construir uma rede de terra de tal forma que esteja isenta de avarias.

Para isso, além do estudo da composição química do terreno para a determinação das protecções contra agressões electroquímicas, terão de reforçar-se os pontos fracos, tais como as derivações e as conexões.

O sistema mais fiável que existe actualmente e que evita que se possam produzir descontinuidades, é a soldadura aluminotérmica já que, através dela são eliminados os contactos físicos e é garantida a continuidade material entre os extremos dos condutores ou elementos a conectar.

## CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Uma boa soldadura tem que satisfazer a várias condições:

- ter um elevado ponto de fusão, visto que a produção de um defeito franco à terra pode provocar a fusão da ligação, deixando a malha aberta e anulando a sua eficácia;
- garantir uma boa condutividade, visto que o aumento de resistência conduziria a uma instalação de malhas de maior dimensão com o inerente prejuízo;
- por outro lado, o método de execução deve ser simples e fiável;

Os tipos mais comuns e conhecidos de soldadura, mediante arco eléctrico ou suporte oxiacetilénico, exigem equipamentos volumosos e pesados, além de mão de obra especializada, visto que a soldadura de um cabo composto por vários condutores é de difícil execução.

Para evitar todos estes inconvenientes e por sua vez para satisfazer as exigências pretendidas, desenvolveu-se o método de soldadura aluminotérmica.

## CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Este método consiste numa reacção química na qual se reduz óxido de cobre mediante alumínio em pó:



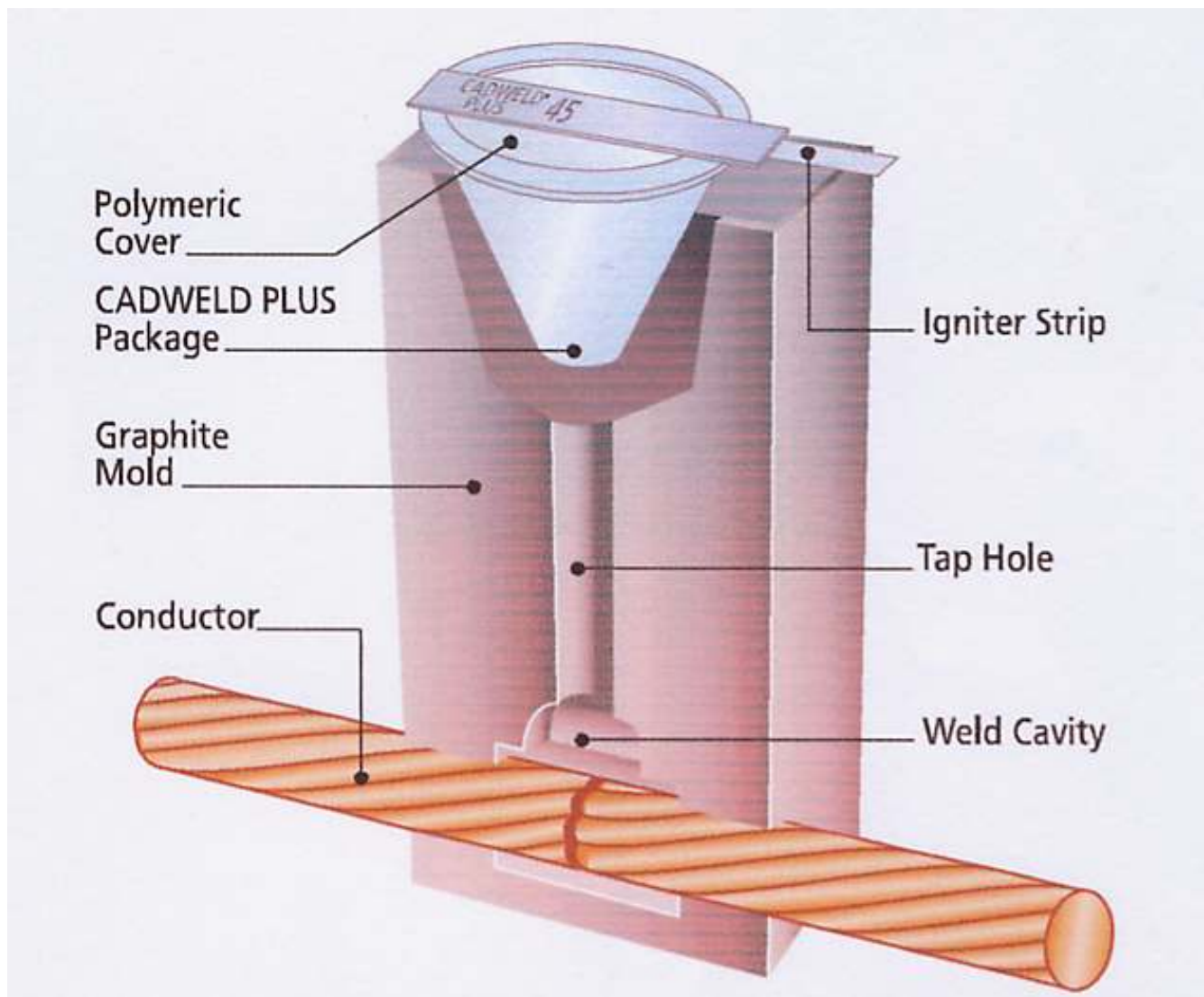
Esta é uma reacção do tipo exotérmico, quer dizer, em que se produz uma libertação de calor.

Ao combinar-se o alumínio com o oxigénio forma-se alumina e precipita-se cobre metálico na forma líquida devido ao calor produzido pela reacção, que cai como metal de ligação sobre as peças a unir.

Esta reacção não se verifica à temperatura ambiente, pelo que para iniciá-la é necessário elevar a temperatura, o que é feito mediante um cartucho que contém pólvora para a ignição.

Para a realização prática da soldadura, é necessário um equipamento e uma forma de execução que se analisa em seguida.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS



# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Molde

É uma peça em grafite que se divide em três ou mais partes, onde se encontram:

- o crisol, onde se produz a reacção;
- a chaminé por onde baixará o cobre fundido;
- a câmara de soldadura, onde o cobre líquido envolverá os extremos dos elementos a soldar;
- os furos por onde serão colocados os cabos, barras, etc. que pretendemos soldar;

Utiliza-se a grafite para o molde porque resiste perfeitamente às altas temperaturas sem produzir deformações, e porque não se produzem aderências dos metais fundidos e é facilmente mecanizável.

O passo seguinte consiste em fechar o molde com a ajuda de uma tenaz , o qual permanecerá nessa posição graças ao seu desenho específico.

## CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

De seguida, coloca-se um disco de contenção e verte-se no interior do molde o pó de ignição contido no interior do cartucho.

Usando uma pistola de ignição projecta-se uma faísca sobre o pó de ignição que desencadeará o início de uma reacção aluminotérmica a qual se propagará rapidamente a toda a massa, desde a superfície até ao fundo do crisol.

O cobre líquido funde o disco de contenção, e flui pela chaminé até à câmara de soldadura, rodeando os condutores, barras, etc., provocando a fusão parcial dos mesmos e produzindo um conjunto compacto de cobre.

Este conjunto solidifica de forma muito rápida, visto que todo o calor é absorvido pelo molde de grafite, o qual alcança uma alta temperatura.

Desta forma, passados dez segundos depois de se produzir a reacção pode abrir-se o molde, naturalmente com a ajuda das tenazes.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS



## CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS





## CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Por cima da soldadura aparece uma porção de escória, de cor cinzenta, e de aspecto diferente da soldadura em cobre, que se mantém ao rubro durante mais tempo. Esta é a escória da soldadura, que se desprende com um simples golpe, não necessitando no entanto de ser retirada.

As vantagens conseguidas com a soldadura aluminotérmica na realização de um sistema de terras de um edifício são as seguintes:

- elimina-se a união física entre as partes a unir, de forma tal que se eliminam todos os problemas derivados da união entre dois metais, tal como a migração de iões, a corrosão, a oxidação, etc. que com o tempo reduzem a eficácia do contacto até, no pior dos casos, faze-la desaparecer;
- a soldadura aluminotérmica produz uma continuidade física na composição do material, quer dizer, comporta-se como se fosse uma só peça, sem ligações;
- a condutividade da união aumenta, visto que ao utilizar cobre na união aumenta-se a secção do condutor na ligação, aumentando a secção praticamente para o dobro, e portanto convertendo a união num ponto forte.

## CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

O tempo em que se realiza a soldadura é muito pequeno, pelo que não se danificam os condutores, ainda que as temperaturas que se alcancem sejam elevadas ( $\approx 1600\text{ }^{\circ}\text{C.}$ ). O calor dissipa-se no molde e nos elementos que se têm de unir, pelo que os metais se danificam menos do que com qualquer outro tipo de soldadura. Por este facto podem-se soldar também cabos isolados, simplesmente descarnando os condutores cerca de 5 cm de cada lado da extremidade do cabo que se vai introduzir no molde, e colocando uns panos molhados sobre os mesmos para evitar a fusão ou a deformação do isolamento. Ao realizar-se a soldadura com um elevado ponto de fusão, de aproximadamente  $1600\text{ }^{\circ}\text{C.}$  não se produzirá a fusão da união nem a separação dos condutores quando se produzir uma descarga no sistema de terra, como poderia ocorrer com uma soldadura de baixo ponto de fusão;

Por último, destaca-se a facilidade do procedimento, a eficácia da soldadura, a ligeireza do equipamento necessário e a sua fácil aprendizagem.

O número de soldaduras diferentes que se podem realizar é muito grande, podendo ser feita qualquer tipo de união com este sistema.

## CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Os moldes mais usuais permitem realizar soldaduras dos seguintes tipos:

- ligação horizontal;
- ligação em T;
- cabo passante com superfície horizontal;
- cabo terminal com superfície vertical;
- cabo terminal com barra horizontal;
- cabo terminal com vareta vertical;
- cabo passante horizontal com vareta vertical;

A necessidade de dispor de um tipo de molde para cada secção de condutor, barra, etc. é um inconveniente. No entanto, a normalização das secções dos condutores que se usam nas malhas de terra reduz em grande medida este problema.

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## **ELÉCTRODOS DE TERRA PARA PARA-RAIOS**

As tomadas de terra para para-raios devem obedecer aos seguintes critérios:

- resistência de terra inferior a  $10\ \Omega$ ;
- valor da indutância o mais baixo possível afim de minimizar a força contra-electromotriz que se vem acumular com a subida de potencial; para este efeito convém evitar as tomadas de terra constituídas por um só ramo horizontal enterrado ou por uma só vareta vertical.

Deste modo, os furos efectuados com a intenção de procurar terrenos húmidos a grandes profundidades não são recomendados, porque apresentam uma impedância de onda muito elevada, desde que a profundidade exceda cerca de 10 m. Pelo contrário, devem-se multiplicar os ramos horizontais ou os eléctrodos verticais, sempre ligados electricamente entre eles.

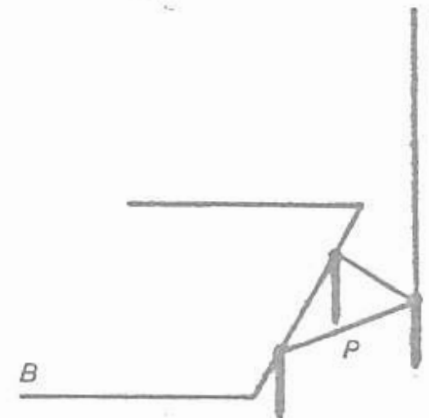
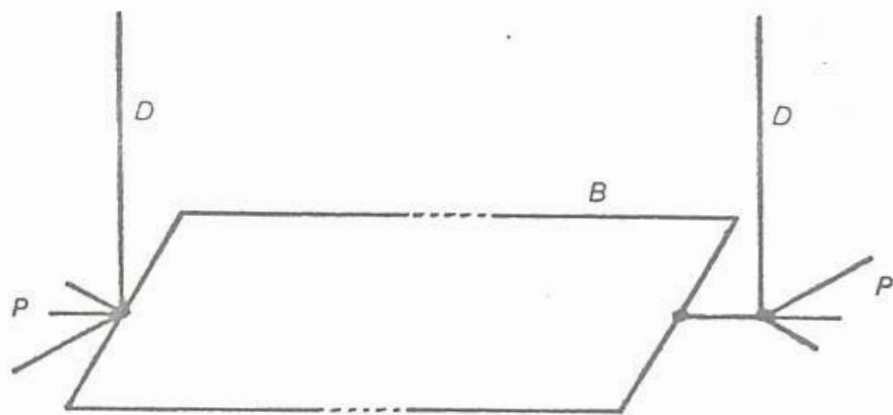
### Eléctrodos de terra verticais

São constituídos, para condutor de descida, por:

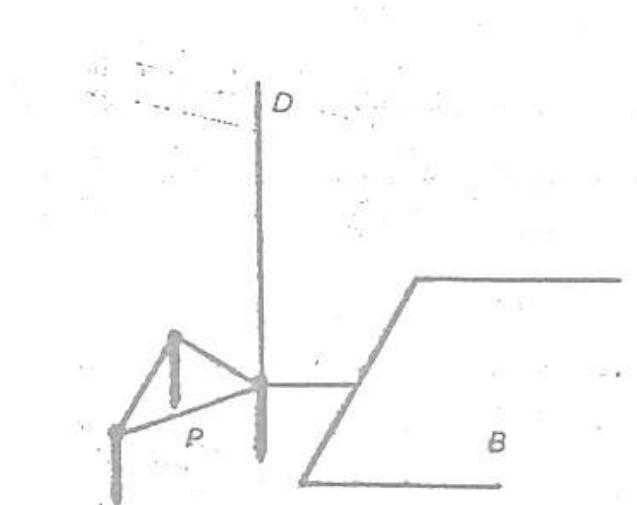
## CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

- quer por condutores da mesma natureza e da mesma secção que os condutores de descida, dispostos sob a forma de pata de ave de grandes dimensões, por exemplo 3 condutores de 7 a 8 m de comprimento, enterrados horizontalmente a pelo menos 60 cm de profundidade;
- quer por um conjunto de 3 eléctrodos verticais ligados entre eles e dispostos nos vértices de um triângulo equilátero, com cerca de 2 m de lado;

Quando o edifício tem um anel como eléctrodo de terra, podem ligar-se ao mesmo as descidas provenientes dos para-raios por um condutor do mesmo tipo e secção que os condutores de descida. As figuras seguintes apresentam soluções deste tipo.



# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS



Nestas figuras:

- D: condutores de descida do(s) para-raios;
- T: condutores de terra da instalação eléctrica do edifício;
- B: anel de terra do edifício;
- P: tomada de terra da instalação do para-raios;

# CONCEPÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

## Eléctrodos de terra para para-raios tipo gaiola de Faraday

As tomadas de terra são constituídas, para cada condutor de descida:

- quer por condutores do mesmo tipo e secção dos condutores de descida, dispostos em forma de pata de asa de pequenas dimensões, por exemplo de 2 a 3 m de comprimento, enterrados horizontalmente a pelo menos 0,60 m de profundidade;
- quer por um conjunto de 2 eléctrodos tipo vareta de 2 m, ligados entre eles e distantes de pelo menos 2 m;

A figura seguinte representa este caso.

