

INSTALAÇÕES DE LIGAÇÃO À TERRA

1. ASPETOS GERAIS

Uma instalação de ligação à terra consiste num conjunto de um ou de vários elétrodos de terra interligados e dos condutores de proteção e de terra correspondentes.

Os objetivos principais de uma eficaz e segura ligação à terra são:

- Assegurar que as pessoas nas proximidades de instalações ligadas à terra não estejam expostas ao perigo de eletrocussão ;
- Providenciar meios para conduzir correntes elétricas para a terra sob condições normais ou em situações de defeito sem exceder os limites operativos dos equipamentos ou afetar a continuidade de serviço.

No propósito de atingir os objetivos anteriormente enunciados, os principais requisitos de uma instalação de ligação à terra são:

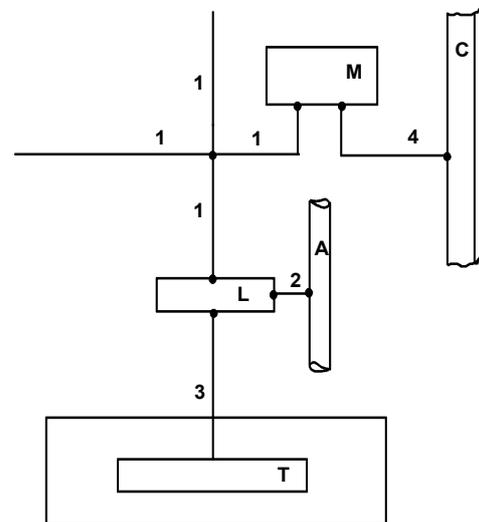
- Cumprimento das normas e regulamentos;
- Baixa impedância;
- Fíável e robusto do ponto de vista mecânico;
- Resistente à corrosão;
- Tempo de vida expectável igual ou superior ao da instalação.

2. CONSTITUIÇÃO DE UMA INSTALAÇÃO DE LIGAÇÃO À TERRA

A figura 1 mostra um desenho esquemático de uma instalação de ligação à terra.

2.1. Massa (M)

Uma massa consiste numa parte condutora de um equipamento elétrico suscetível de ser tocada, em regra, isolada das partes ativas mas podendo ficar em tensão em caso de defeito.



Onde:

A - Canalização metálica principal de água

C - Elemento condutor

L - Terminal principal de terra

M - Massa

T - Elétrodo de terra

1 - Conductor de proteção

2 - Conductor da ligação equipotencial principal

3 - Conductor de terra

4 - Conductor de equipotencialidade suplementar

Figura 1. Desenho esquemático de uma instalação de ligação à terra

O termo massa abrange, essencialmente, as partes metálicas dos equipamentos elétricos que estejam separadas das partes ativas apenas por um isolamento principal, mas que podem ficar, acidentalmente, em ligação elétrica com partes ativas em consequência de uma falha do isolamento principal ou das medidas de fixação e de proteção.

Assim:

- a) são consideradas massas as partes metálicas acessíveis dos equipamentos elétricos (exceto as dos da classe II), as armaduras metálicas dos cabos e as condutas metálicas, com condutores isolados;
- b) não são consideradas massas todas as partes metálicas dos equipamentos elétricos da classe II.

2.2. Condutor de Proteção (PE)

Um condutor de proteção é um condutor prescrito em certas medidas de proteção contra os choques elétricos e destinado a ligar eletricamente algumas das partes seguintes:

- ponto de alimentação ligado à terra ou a um ponto neutro artificial;
- massas (M);
- elementos condutores;
- terminal principal de terra (L);
- elétrodo de terra (T).

Podem ser usados como condutores de proteção:

- a) condutores pertencentes a cabos multicondutores;
- b) condutores isolados ou nus que tenham o mesmo invólucro (conduta, calha, etc.) que os condutores ativos;
- c) condutores separados, nus ou isolados;
- d) revestimentos metálicos (armaduras, écrans, bainhas, etc.) de alguns cabos.
- e) condutas metálicas ou outros invólucros metálicos para os condutores;
- f) certos elementos condutores.

Para garantir que os condutores de proteção são capazes de escoar a corrente máxima de defeito previsível sem aquecimento que possa pôr em risco a sua conservação e continuidade, a secção sua deve ser igual ao valor normalizado igual ou imediatamente superior ao valor resultante da aplicação da expressão (válida apenas para $t \leq 5s$).

$$S = \frac{I\sqrt{t}}{k} \quad (1)$$

Onde:

- S Secção do condutor de proteção, em milímetros quadrados
- I Valor eficaz da corrente de defeito que pode percorrer o dispositivo de proteção em consequência de um defeito de impedância desprezável, em amperes
- t Tempo de funcionamento do dispositivo de corte, em segundos
- k Fator cujo valor depende da natureza do metal do condutor de proteção, do isolamento e de outros componentes do condutor, bem como das temperaturas inicial e final.

A tabela 1 mostra os valores de k para condutores de proteção isolados e não incorporados em cabos e para condutores de proteção nus em contacto com a bainha exterior dos cabos.

Tabela 1. Valores de k para condutores de proteção isolados e não incorporados em cabos e para condutores de proteção nus em contacto com a bainha exterior dos cabos.

Natureza do isolamento dos condutores de proteção ou da bainha exterior dos cabos	PVC	XLPE ou EPR	Borracha butílica
Temperatura final (°C)	160	250	220
Material do condutor	Valores de K		
Cobre	143	176	166
Alumínio	95	116	110
Aço	52	64	60

Nota: A temperatura inicial do condutor foi considerada igual a 30 °C

A tabela 2 mostra os valores de k para condutores de proteção constituintes de um cabo multicondutor.

Tabela 2. Valores de k para condutores de proteção constituintes de um cabo multicondutor

Natureza do isolamento dos condutores de proteção ou da bainha exterior dos cabos	PVC	XLPE ou EPR	Borracha butílica
Temperatura inicial (°C)	70	90	85
Temperatura final (°C)	160	250	220
Material do condutor	Valores de K		
Cobre	115	143	134
Alumínio	76	94	89

A secção não deve ser inferior aos valores indicados na Tabela 3.

Tabela 3. Secção mínima dos condutores de proteção

Secção dos condutores de fase da instalação S_F (mm ²)	Secção mínima dos condutores de proteção S_{PE} (mm ²)
$S_F \leq 16$	$S_{PE} = S_F$
$16 < S_F \leq 35$	$S_{PE} = 16$
$S_F > 35$	$S_{PE} = S_F/2$
Quando, pela aplicação das condições indicadas, os valores obtidos não corresponderem a valores normalizados, devem ser usados os valores normalizados mais próximos, por excesso.	

Os condutores de proteção que não façam parte da canalização de alimentação devem ter uma secção não inferior a:

- 2,5 mm², se de cobre, no caso de condutores com proteção mecânica;
- 4 mm², se de cobre, no caso contrário.

Quando o condutor de proteção for comum a mais do que um circuito, a sua secção deve ser dimensionada para a maior das secções dos condutores de fase.

2.2.1. Condutor Principal de Proteção

Condutor de proteção ao qual são ligados os condutores de proteção das massas, os condutores de terra e, eventualmente, os condutores das ligações equipotenciais.

2.2.2. Ligação equipotencial

Ligação elétrica destinada a colocar ao mesmo potencial, ou a potenciais aproximadamente iguais, massas e elementos condutores.

Podem distinguir-se:

- a ligação equipotencial principal;
- as ligações equipotenciais suplementares;
- as ligações equipotenciais locais não ligadas à terra.

2.2.3. Ligação Equipotencial Principal

Permite evitar que, em consequência de um defeito com origem no exterior do edifício, possa surgir uma diferença de potencial entre os elementos condutores do edifício.

Em cada edifício devem ser ligados à ligação equipotencial principal os elementos condutores seguintes:

- o condutor principal de proteção;
- o condutor principal de terra ou o terminal principal de terra;
- as canalizações metálicas de alimentação do edifício e situadas no interior (por exemplo, de água e gás);
- os elementos metálicos da construção e as canalizações metálicas de aquecimento central e de ar condicionado (sempre que possível).
- A secção das ligações equipotenciais principais não deve ser inferior a metade da secção do condutor de proteção de maior secção existente na instalação, com o mínimo de 6 mm², podendo, contudo, esse valor ser limitado a 25 mm², se de cobre, ou a uma secção equivalente, se de outro metal.

2.2.4. Ligação Equipotencial Suplementar

A ligação equipotencial suplementar deve interligar todas as partes condutoras simultaneamente acessíveis, quer se trate das massas dos equipamentos fixos quer dos elementos condutores .

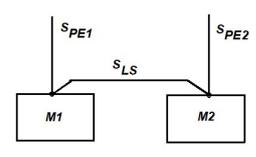
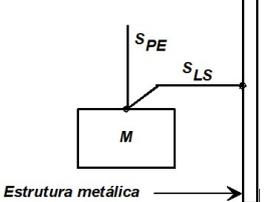
Devem ser ligados:

- As canalizações metálicas de água quente, água fria, ventilação e esgoto;
- O corpo dos aparelhos sanitários metálicos;
- Aros metálicos das portas e das janelas por se encontrarem em contato com elementos metálicos da construção.
- Não é necessário ligar:
 - Toalheiros não elétricos;
 - Massas de aparelhos elétricos da classe II;
 - Grelhas metálicas de ventilação natural;
 - Radiadores de aquecimento central ligados por canalizações isolantes.

A Figura 2 mostra o esquema simplificado de ligações numa casa de banho.

A secção mínima das ligações equipotenciais suplementares (ou locais) entre duas massas ou entre uma massa e uma estrutura metálica são as indicadas na Tabela 4.

Tabela 4. Secção mínima das ligações equipotenciais suplementares (ou locais) entre duas massas ou entre uma massa e uma estrutura metálica

Duas massas	Uma massa e uma estrutura metálica
Se: $S_{PE1} \leq S_{PE2} \Rightarrow S_{LS} \geq S_{PE1}$	$S_{LS} \geq \frac{S_{PE}}{2}$ Com o mínimo de 2,5 mm ² para condutores mecanicamente protegidos ou 4 mm ² , caso contrário.
	
<p>S_{PE} Secção do condutor de proteção S_{LS} secção do condutor da ligação equipotencial suplementar M, M1 e M2 Massas.</p>	

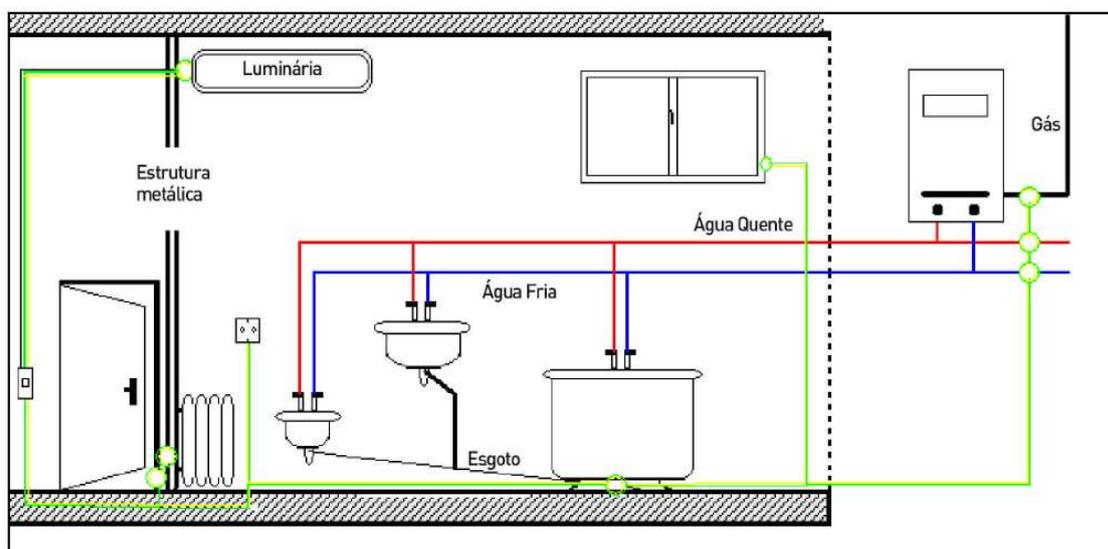


Figura 2. Esquema simplificado de ligações numa casa de banho (CERTIEL Mais, Ficha técnica 20, Junho 2007)

2.3. Terminal Principal de Terra (Barra Principal de Terra)

Terminal ou barra previstos para ligação aos dispositivos de ligação à terra dos condutores de proteção, incluindo os condutores de equipotencialidade e, eventualmente, os condutores que garantem uma ligação à terra funcional.

Todas as instalações elétricas devem ter um terminal principal de terra, ao qual devem ser ligados:

- os condutores de terra;
- os condutores de proteção;
- os condutores das ligações equipotenciais principais;
- os condutores de ligação à terra funcional, se necessário.

2.4. Condutor de Terra

O condutor de terra é um condutor de proteção que permite ligar o terminal principal de terra ao elétrodo de terra.

Nos condutores de terra, deve ser previsto um dispositivo instalado em local acessível e que permita a medição do valor da resistência do elétrodo de terra das massas, podendo esse dispositivo estar associado ao terminal principal de terra.

Os condutores de terra devem satisfazer ao indicado na secção 543.1 das RTIEBT (secção mínima) e, no caso de serem enterrados, a sua secção deve ter os valores mínimos indicados na tabela 5.

2.5. Elétrodo de Terra (T)

Um elétrodo de terra consiste num corpo condutor ou conjunto de corpos condutores em contacto íntimo com o solo, garantindo uma ligação elétrica com este.

Só deve haver um elétrodo de terra num edifício (terra única) para todas as instalações, independentemente da arquitetura (mesmo quando as frações não comunicam com zonas comuns nem existe instalação coletiva).

Os elétrodos de terra podem ser especialmente concebidos para o efeito, sendo designados de “Elétrodos de terra”, ou serem formados pelas estruturas metálicas enterradas, sendo designados de “Elétrodos de terra de facto”.

Podem ser usados como elétrodos de terra os elementos metálicos seguintes :

- tubos, varetas ou perfilados;
- fitas, varões ou cabos nus;
- chapas;
- anéis (de fitas ou de cabos nus) colocados nas fundações dos edifícios;
- armaduras do betão imerso no solo;
- canalizações (metálicas) de água (desde que satisfaçam ao indicado na secção 542.2.5 das RTIEBT);
- outras estruturas enterradas apropriadas (veja-se 542.2.6 RTIEBT).

Tabela 5. Seção mínima dos condutores de terra em função das suas características

Condutor de terra	Protegido mecanicamente	Não protegido mecanicamente
Protegido contra a corrosão	1)	16 mm ² , se de cobre nu ou aço galvanizado
Não protegido contra a corrosão		25 mm ² , se de cobre 50 mm ² , se de aço galvanizado
1) Aplicam-se as regras definidas para os condutores de proteção		

2.5.1. Eléktros de terra especialmente concebidos para o efeito

a) Características

Os Eléktros de Terra (T) são realizados por meio de elementos enterrados no solo, podendo estes serem em aço galvanizado a quente, em aço revestido a cobre perfeitamente aderente, em cobre nu ou em cobre revestido a chumbo.

A Tabela 6 indica os diversos tipos de eléctros de terra e as respetivas características mínimas.

No estabelecimento dos eléctros de terra devem ser observadas as regras seguintes:

i. Eléktros de Terra (T) constituídos por condutores enterrados horizontalmente

Os eléctros de terra constituídos por condutores enterrados horizontalmente são constituídos por:

- condutores unifilares ou multifilares em cobre ou recobertos por uma bainha de chumbo e de secção $\geq 25 \text{ mm}^2$;
- condutores de alumínio recobertos com uma bainha de chumbo e de secção $\geq 35 \text{ mm}^2$;
- fitas de cobre de secção $\geq 25 \text{ mm}^2$ e uma espessura $\geq 2 \text{ mm}$;
- fitas de aço macio galvanizado com uma secção $\geq 100 \text{ mm}^2$ e uma espessura $\geq 3 \text{ mm}$;
- cabos de aço galvanizado de secção $\geq 100 \text{ mm}^2$

Tabela 6. Tipos de eléctros de terra e as respetivas características mínimas

Tipos de eléctros		Material constituinte	Superfície de contato com a	Espessura (mm)	Diâmetro exterior (mm)	Comprimento (m)	Dimensão transversal (mm)	Secção (mm ²)	Diâmetro dos fios constituintes (mm)
Eléktros Horizontais	Cabos nus	Cobre	1	-	-	-	-	25	1,8
		Aço galvanizado ¹	1	-	-	-	-	100	1,8
	Fitas	Cobre	1	2	-	-	-	25	-
		Aço galvanizado ¹	1	3	-	-	-	100	-
	Varões	Aço galvanizado ¹	1	-	10	-	-	-	-
Eléktros Verticais	Chapas	Cobre	1	2	-	-	-	-	-
		Aço galvanizado ¹	1	3	-	-	-	-	-
	Varetas	Cobre	-	-	15	2	-	-	-
		Aço revestido a cobre	-	0,7 ²	15	2	-	-	-
		Aço galvanizado ¹	-	-	15	2	-	-	-
	Tubos	Cobre	-	2	20	2	-	-	-
		Aço galvanizado ¹	-	2,5	25	2	-	-	-
	Perfilados	Aço galvanizado ¹	-	3	-	2	60	-	-

(1) A proteção deve ser garantida por meio de galvanização por imersão a quente com uma espessura mínima de revestimento de 120 μm .

(2) Espessura de revestimento. Admite-se que este valor seja reduzido desde que os eléctros sejam executados com tecnologia adequada e sujeitos a aprovação prévia da DGEG.

Na prática, os condutores enterrados horizontalmente são dispostos de duas formas:

- anéis localizados no fundo das valas das fundações dos edifícios, normalmente abrangendo todo o seu perímetro (nesse caso, o valor de L a considerar é o desse perímetro);
- valas horizontais, em que os condutores são enterrados a uma profundidade de cerca de 1 m em valas abertas expressamente para o efeito, as quais não devem ser cheias com calhaus, cinzas ou materiais análogos mas sim com terra suscetível de reter a humidade.

ii. Chapas finas enterradas verticalmente no solo

Na prática, utilizam-se chapas retangulares 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 dessas chapas não deve ser inferior a 2 mm, se de cobre, ou a 3 mm, se de aço galvanizado.

iii. Eléttodos verticais (exceto chapas)

Com exceção dos eléctrodos em chapa, os eléctrodos verticais podem ser :

- varetas de cobre ou de aço com um diâmetro mínimo de 15 mm;
(no caso de varetas em aço, estas devem ser cobertas com uma camada protetora aderente de cobre (de espessura adequada) ou serem galvanizadas)
- tubos de aço galvanizado com um diâmetro exterior não inferior a 25 mm;
- perfis de aço macio galvanizado com 60 mm de lado;

b) Instalação

Os eléctrodos de terra devem, sempre que possível, ser enterrados nas partes mais húmidas dos terrenos disponíveis, de preferência em terra vegetal, afastados de depósitos ou de locais de infiltração de produtos que os

possam corroer (fumeiros, estrumeiras, nitreiras, produtos químicos, coque, etc.) e fora das zonas de passagem frequente de pessoas.

O tipo e a profundidade de enterramento devem ser tais que a secagem do terreno e o gelo não provoquem o aumento do valor da resistência de terra para além do valor prescrito.

As chapas, as varetas, os tubos e os perfilados devem, em regra, ficar enterrados verticalmente no solo, a uma profundidade tal que entre a superfície do solo e a parte superior do eléctrodo haja uma distância $\geq 0,80$ m.

A ligação entre o condutor de terra e o eléctrodo de terra deve ser cuidadosamente executada e deve ser eletricamente adequada.

Os eléctrodos de terra devem ser dotados de ligadores robustos, destinados a receber o condutor de terra e ligados ao eléctrodo por um processo que garanta a continuidade e a permanência da ligação.

Esses ligadores devem ser soldados aos eléctrodos de terra por meio de soldadura forte ou de autogéneo ou fixados por rebitagem ou por meio de aperto mecânico de construções robusta e com dispositivo de segurança contra o desaperto accidental. Pode dispensar-se a existência desses ligadores quando a ligação puder ser feita diretamente do condutor de terra ao eléctrodo de terra por meio de soldadura forte ou de autogéneo.

A ligação entre o condutor de terra e o eléctrodo de terra deve ser feita por forma a que:

- a) seja garantido que a natureza ou o revestimento destes não dê origem a corrosão eletrolítica quando estiverem em contacto metais diferentes (por exemplo, recomenda-se não ligar cobre a alumínio, cobre a zinco ou cobre a ferro);
- b) Sempre que se receie a possibilidade de corrosão eletrolítica, a zona de ligação esteja isolada da humidade por meio de uma forte camada protetora, construída por material impermeável e durável (massa isolante, tinta plástica, etc.);

c) quando a ligação não estiver enterrada, deve ficar em local não diretamente acessível a pessoas comuns.

Quando a junção é conseguida através da adição de um metal ou liga cujo ponto de fusão é inferior a 500°C, a soldadura é feita com “solda fraca” ou “branda”.

Quando a junção é conseguida através da adição de um metal ou liga não ferrosa cujo ponto de fusão é superior a 500°C, mas inferior aos pontos de fusão dos metais a ligar, diz-se que a soldadura é feita com “solda forte”. Neste caso, o metal de adição adere às superfícies do metal base por atração capilar.

Estas soldaduras, forte e fraca, sobretudo a primeira, é também chamada brazagem (do inglês ‘brazing’).

Se a união de peças é feita por fusão e o metal de adição for de composição igual à das peças a unir, designa-se esta soldadura por soldadura autogénea.

Os eléctrodos de terra não devem, em caso algum, ser constituídos por uma peça metálica simplesmente mergulhada na água nem devem ser estabelecidos em poças de água ou em rios¹.

Em regra, a melhor solução para os eléctrodos de terra, consiste na utilização de anéis colocados na base das fundações dos edifícios, estabelecidos durante a construção destes, que têm como principais vantagens :

- a) não necessitarem de trabalhos suplementares de aterro;
- b) serem estabelecidos a uma profundidade que, em regra, permite salvaguardar as situações resultantes das variações climáticas sazonais;
- c) garantir um bom contacto com o solo;

d) utilizar, ao máximo, a área dos edifícios e reduzir, ao mínimo, o valor da resistência de terra que pode ser obtida com essa área;

e) poderem ser usados desde o início da construção como eléctrodo de terra para as instalações do estaleiro.

2.5.2. Eléctrodos de terra de facto

Os eléctrodos de terra de facto podem ser:

- i. Tubos e condutas, metálicos, privados

Os tubos e as condutas privados metálicos e enterrados (que não sejam afetos às redes de alimentação dos edifícios, como por exemplo, os de água, os de aquecimento, os de esgotos, etc.) podem ser utilizados como eléctrodos de terra de facto, desde que a sua continuidade eléctrica seja garantida.

Estes eléctrodos devem ser ligados em paralelo com o eléctrodo de terra da instalação.

- ii. Pilares metálicos enterrados

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

Bibliografia

- [1] Portaria N.º 949-A/2006, de 11 de setembro: Aprova e publica as Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão.

¹ Esta proibição justifica-se não apenas pela medíocre condutibilidade da água mas principalmente pelo risco de secagem e pelo perigo a que poderiam ficar sujeitas as pessoas que entrassem em contacto com a água no momento em que se produzisse um defeito).