



**INSTITUTO FEDERAL**  
Sul-rio-grandense

Câmpus  
Passo Fundo

EDUCAÇÃO  
**PÚBLICA**  
**100%**  
GRATUITA

# Aterramento de Instalações em Baixa Tensão

Alexsander Furtado Carneiro

# Sistemas de Aterramento em BT

Aterramento é a ligação de estruturas ou instalações com a terra, a fim de se estabelecer uma referência para a rede elétrica e permitir que fluam para a terra correntes elétricas de naturezas diversas, tais como:

- correntes de raios;
- descargas eletrostáticas;
- correntes de filtros, supressores de surtos e para raios de linha;
- correntes de faltas (defeitos) para a terra.

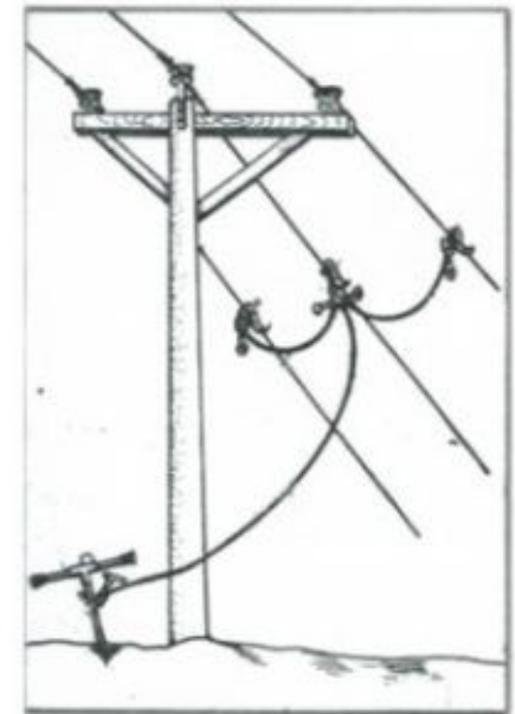
# Sistemas de Aterramento em BT

Nas instalações elétricas, são considerados dois tipos básicos de aterramento:

- o aterramento funcional, que consiste na ligação à terra de um dos condutores do sistema (geralmente o neutro) e está relacionado ao funcionamento correto, seguro e confiável da instalação;
- o aterramento de proteção, que consiste na ligação à terra das massas e dos elementos condutores estranhos à instalação, visando à proteção contra choques elétricos por contato direto.

# Sistemas de Aterramento em BT

Podemos citar também o aterramento de trabalho, cujo objetivo é tornar possíveis - e sem perigo - ações de manutenção sobre partes da instalação normalmente sob tensão, colocadas fora de serviço para esse fim. Trata-se de um aterramento de caráter provisório, que é desfeito tão logo cessa o trabalho de manutenção.



# Sistemas de Aterramento em BT

Os critérios de aterramento de instalações de baixa tensão encontram-se bem estabelecidos na norma NBR 5410 (Instalações Elétricas de Baixa Tensão), podendo ser complementados com as recomendações constantes da norma NBR 5419:2005 (Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas).

A adoção dos padrões, dos critérios e das recomendações constantes nessas duas normas proporciona proteção adequada às pessoas e edificações, bem como às instalações elétricas de baixa tensão e aos equipamentos.

# Sistemas de Aterramento em BT

A NBR 5410:2004, dentro das suas atribuições conforme seu capítulo 1, fixa as condições que devem ser satisfeitas pelas instalações elétricas, a fim de garantir seu funcionamento adequado, a segurança de pessoas e animais domésticos e a conservação de bens, abrangendo todas as redes elétricas de energia ou de sinal, internas ou externas à edificação.

É a similar nacional da National Electric Code (NEC) dos Estados Unidos e está em conformidade com as normas da IEC, sendo apropriada e compatível com as condições brasileiras.

# Sistemas de Aterramento em BT

As atualizações das últimas revisões da NBR 5410, relativas ao aterramento e à compatibilidade eletromagnética das instalações, podem ser assim resumidas:

- o aterramento único para toda a instalação deve ser integrado à estrutura da edificação – o eletrodo de aterramento preferencial em uma edificação é o constituído pelas armaduras de aço embutidas no concreto das fundações das edificações;
- as entradas dos serviços públicos de energia e sinais (telefonia, TV a cabo etc.) têm de estar localizadas próximas entre si e junto ao aterramento comum (os aterramentos de energia e de sinal dos equipamentos devem ser comuns na entrada

# Sistemas de Aterramento em BT

- o aterramento do neutro deve ser feito somente na entrada da edificação – daí em diante, o neutro recebe o tratamento de um condutor vivo (energizado) - esquema TN-S;
- o condutor de aterramento tem de ser conduzido junto à cabeaço de energia, desde a entrada da instalaço.

# Sistemas de Aterramento em BT

O sistema de aterramento de instalações de baixa tensão inclui os seguintes elementos:

- condutores de proteção;
- condutores de ligação equipotencial e de aterramento;
- eletrodos de aterramento.

A esses elementos devem ser acrescentados os dispositivos de proteção primária contra sobretensões, a serem instalados na entrada de energia.

# Esquemas de Aterramento e de Proteção Associado

As redes de distribuição são classificadas segundo diversos esquemas de aterramento, que diferem entre si em função da situação da alimentação e das massas com relação à terra. Os diferentes sistemas são classificados segundo um código de letras na forma XYZ, em que:

X = identifica a situação da alimentação em relação à terra:

T = sistema diretamente aterrado;

I = sistema isolado ou aterrado por impedância.

# Esquemas de Aterramento e de Proteção Associado

Y = identifica a situação das massas da instalação com relação à terra:

T = massas diretamente aterradas;

N = massas ligadas ao ponto de alimentação, onde é feito o aterramento.

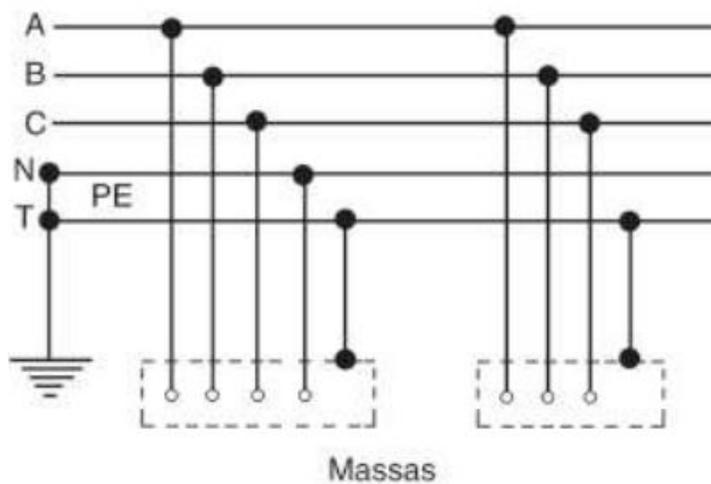
Z = disposição dos condutores neutro e de proteção:

S = condutores neutro e de proteção separados;

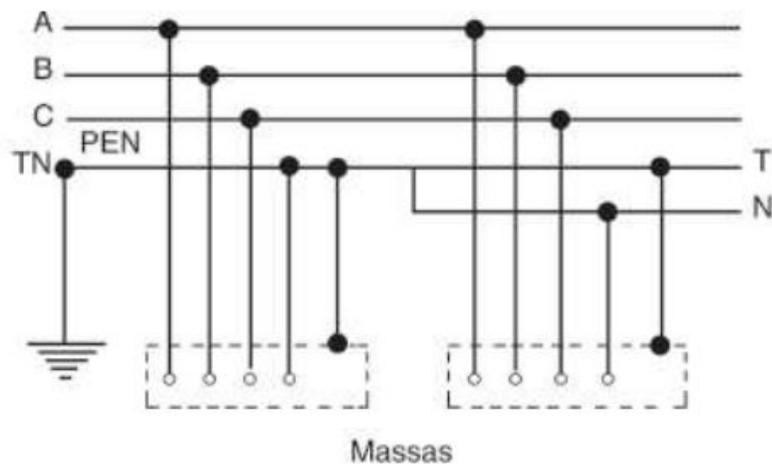
C = neutro e de proteção combinados em um único condutor (PEN).

# Esquemas de Aterramento e de Proteção Associado

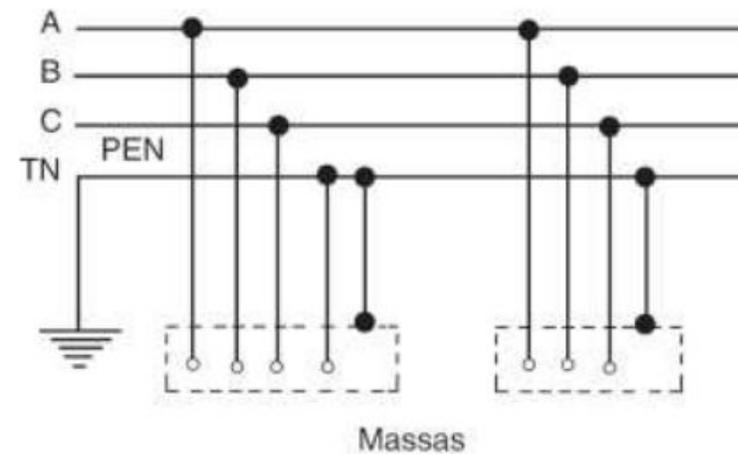
Os diversos esquemas de aterramento TN, TT e IT são apresentados na Figura:



(a) Condutor neutro e condutor terra distintos. (Sistema TN-S)



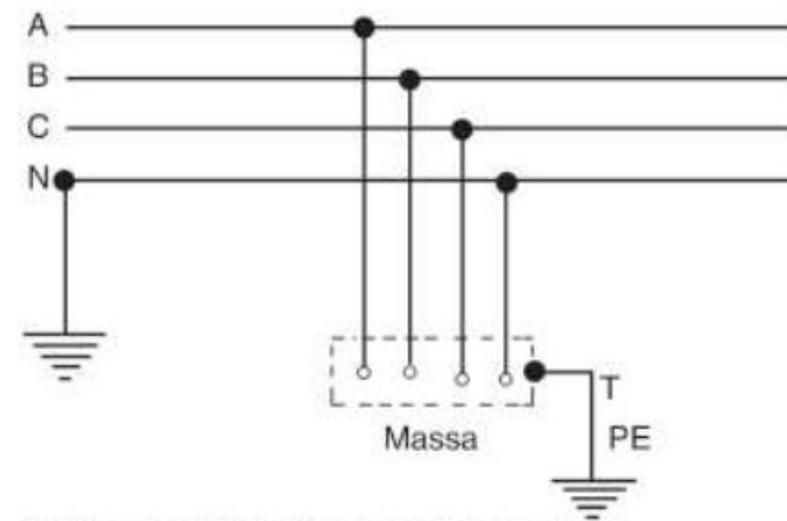
(b) Condutor neutro e terra combinados em um único condutor em uma parte do sistema. (Sistema TN-C-S)



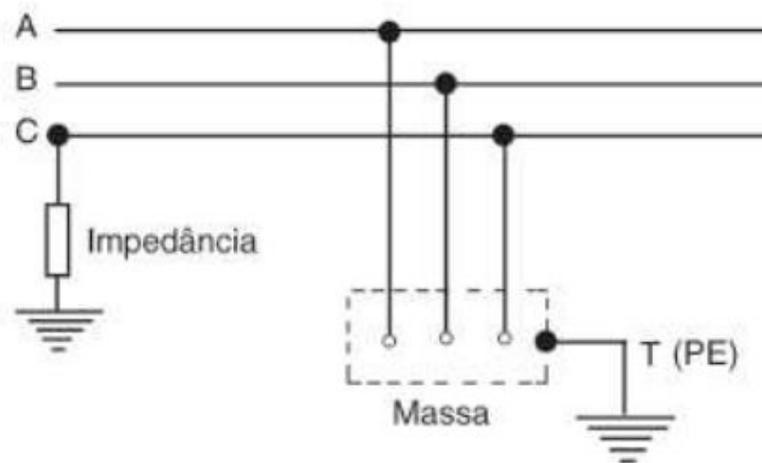
(c) Condutor neutro e terra combinados em um único condutor. (Sistema TN-C)

# Esquemas de Aterramento e de Proteção Associado

Os diversos esquemas de aterramento TN, TT e IT são apresentados na Figura:



(d) Neutro aterrado independentemente do aterramento da massa. (Sistema T-T)



(e) Não há ponto de alimentação diretamente aterrado; massa aterrada. (Sistema IT)

- A, B e C – Condutores-fase
- N – Condutores neutro
- T – Condutor de terra (ou de proteção)
- TN – Condutor de terra e neutro
- Eletrodo de terra
- PEN – Condutor de proteção e neutro
- PE – Condutor de proteção



# Esquemas de Aterramento e de Proteção Associado

A NBR 5410 estabelece que as massas metálicas devem ser ligadas a condutores de proteção, compondo uma rede de aterramento, e que um dispositivo de proteção deve seccionar automaticamente a alimentação do circuito por ele protegido, sempre que uma falta entre parte viva e massa der origem a uma tensão de contato perigosa.

# Esquemas de Aterramento e de Proteção Associado

A tensão de contato limite - aquela que uma pessoa pode suportar de maneira indefinida e sem risco - é a função do modo como este contato é estabelecido (umidade local e caminho percorrido no corpo humano) e das condições ambientes (tipo de local onde ocorre o contato e de piso).

A NBR 5410 identifica quatro níveis de risco a que uma pessoa pode ser submetida a um choque elétrico, associados às condições do contato.

# Esquemas de Aterramento e de Proteção Associado

<b>Código</b>	<b>Classificação</b>	<b>Características</b>	<b>Aplicações e exemplos</b>
BB1	Alta	Condições secas	Circunstâncias nas quais a pele está seca (nenhuma umidade, nem mesmo suor)
BB2	Normal	Condições úmidas	Passagem da corrente elétrica de uma mão a outra ou de uma mão a um pé, com a pele úmida de suor, sendo a superfície de contato significativa
BB3	Baixa	Condições molhadas	Passagem da corrente elétrica entre as duas mãos e os dois pés, estando as pessoas com os pés molhados ao ponto de se poder desprezar a resistência da pele e dos pés
BB4	Muito baixa	Condições imersas	Pessoas imersas na água, por exemplo em banheiras e piscinas

# Esquemas de Aterramento e de Proteção Associado

**Tabela 5.2** Contato das pessoas com o potencial de terra (Tabela 20 da NBR 5410:2004)

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BC1	Nulo	Locais não condutivos	Locais cujo piso e paredes sejam isolantes e que não possuam nenhum elemento condutivo
BC2	Raro	Em condições habituais, as pessoas não estão em contato com elementos condutivos ou postadas sobre superfícies condutivas	Locais cujo piso e paredes sejam isolantes, com elementos condutivos em pequena quantidade ou de pequenas dimensões e de tal maneira que a probabilidade de contato possa ser desprezada
BC3	Frequente	Pessoas em contato com elementos condutivos ou postadas sobre superfícies condutivas	Locais cujo piso e paredes sejam condutivos ou que possuam elementos condutivos em quantidade ou de dimensões consideráveis
BC4	Contínuo	Pessoas em contato permanente com paredes metálicas e com pequena possibilidade de poder interromper o contato	Locais como caldeiras ou vasos metálicos, cujas dimensões sejam tais que as pessoas que neles penetrem estejam de contínuo em contato com as paredes. A redução da liberdade de movimento das pessoas pode, por um lado, impedi-las de romper voluntariamente o contato e, por outro, aumentar os riscos de contato involuntário

# Esquemas de Aterramento e de Proteção Associado

**Tabela 5.3** Tempos de seccionamento máximo (Tabelas 25 e 26 da NBR 5410:2004)

Esquemas de aterramento	Tensão nominal (V) TN — fase-terra IT — fase-fase	Tempo de seccionamento (s)	
		Situação 1	Situação 2
TN	115, 120, 127	0,8	0,35
	220, 254, 277	0,4	0,20
	400	0,2	0,05
IT	208, 220, 230	0,8	0,40
	380, 400, 480	0,4	0,20
	690	0,2	0,06

# Esquemas de Aterramento e de Proteção Associado

O esquema TN possui um ponto de alimentação diretamente aterrado, sendo as massas ligadas a esse ponto por condutores de proteção. A corrente de falta direta fase-massa é uma corrente de curto-circuito. Em função da combinação condutor de proteção/condutor neutro, o esquema TN apresenta as seguintes variações possíveis:

- esquema TN-S, em que o condutor neutro (N) e o condutor de proteção (PE) são separados;
- esquema TN-C-S, em que as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor (PEN) em uma parte da instalação;
- esquema TN-C, em que as funções de neutro e de proteção são combinadas em

# Esquemas de Aterramento e de Proteção Associado

O esquema TT possui um ponto de alimentação diretamente aterrado, estando as massas da instalação ligadas a pontos de aterramento distintos do ponto de aterramento da instalação.

A corrente de falta direta fase-massa é inferior a uma corrente de curto-circuito, podendo apresentar, porém, magnitude suficiente para produzir tensões de contato perigosas.

Nos sistemas TT, a proteção por disjuntor DR é obrigatória

# Esquemas de Aterramento e de Proteção Associado

O esquema IT não possui nenhum ponto da alimentação diretamente aterrado (sistema isolado ou aterrado por impedância), estando, no entanto, as massas da instalação diretamente aterradas. As correntes de falta fase-massa não são elevadas o suficiente para dar origem a tensões de contato perigosas.

Esses sistemas não devem possuir o neutro distribuído pela instalação, sendo obrigatória a utilização de dispositivo supervisor de isolamento (DSI) com alerta sonoro e/ou visual. As massas podem ser aterradas de dois modos:

- individual (ou por grupos) – proteção igual à de sistemas TT;
- coletivamente aterradas – valem as regras do esquema TN.

# Esquemas de Aterramento e de Proteção Associado

O esquema IT deve ser restrito às seguintes aplicações:

- suprimento de instalações industriais de processo contínuo, em que a continuidade da alimentação seja essencial, com tensão de alimentação igual ou superior a 380 V, com atendimento obrigatório das seguintes condições:
  - o neutro não é aterrado;
  - existe detecção permanente de falta para a terra;
  - a manutenção e a supervisão ficam a cargo de pessoal habilitado.

# Esquemas de Aterramento e de Proteção Associado

- suprimento de circuitos de comando, cuja continuidade seja essencial, alimentados por transformador isolador, com tensão primária inferior a 1 kV, com atendimento obrigatório das seguintes condições:
  - detecção permanente de falta para a terra;
  - manutenção e supervisão a cargo de pessoal habilitado;
  - circuitos isolados de reduzida extensão, em instalações hospitalares, onde a continuidade da alimentação e a segurança dos pacientes seja essencial;
  - alimentação exclusiva de fornos industriais;
  - alimentação de retificadores dedicados a acionamentos de velocidade

# Eletrodos de Aterramento

O eletrodo de aterramento pode ser constituído por um único elemento ou por um conjunto de elementos. O termo tanto se aplica a uma simples haste enterrada quanto a várias hastes enterradas e interligadas e, ainda, a outros tipos de condutores em diversas configurações.

Um eletrodo deve oferecer para diversos tipos de corrente (faltas para a terra, descargas atmosféricas, eletrostáticas, de supressores de surto etc.) um percurso de baixa impedância para o solo.

# Eletrodos de Aterramento

A eficiência do aterramento é caracterizada, em princípio, por uma baixa resistência. Na realidade, o fenômeno depende de muitos fatores, sobretudo a resistividade do solo, estendida a todo o volume de dispersão, que representa a maior incógnita por ser bastante variável segundo a natureza do terreno, a umidade, a quantidade de sais dissolvidos e a temperatura (quanto maior a resistividade do terreno, maior a resistência de aterramento, mantidas as demais condições).

# Eletrodos de Aterramento

Devido à incerteza e à dificuldade na obtenção dos dados, é suficiente que o dimensionamento do aterramento forneça, no mínimo, as seguintes indicações:

- os materiais a serem utilizados;
- a geometria do eletrodo;
- a locação no terreno.

Na prática, é utilizado um eletrodo em anel lançado no perímetro da edificação, que pode ser constituído por condutores horizontais e hastes interligadas entre si, diretamente enterrados no solo e/ou pelas próprias ferragens das fundações da edificação.

# Eletrodos de Aterramento

A resistência de aterramento de instalações de baixa tensão deve ser, se possível, inferior a  $10\Omega$ , o que pode ser obtido pela interligação de eletrodos radiais ou em anel, admitindo-se também configurações mistas.

Esse valor de 10 é apenas referencial. A NBR 5419:2005 enfatiza esse aspecto. O valor da resistência de aterramento é importante, porém o estabelecimento de equipotencialidade é essencial. Em muitas situações, a combinação de solo de elevada resistividade e da pouca disponibilidade de área para o lançamento de eletrodos torna impossível a obtenção de resistências inferiores a 1000 (por exemplo, no caso de estações de telecomunicações no topo de morros).

# Eletrodos de Aterramento

O item 6.4.1.1.1 da NBR 5410:2004 estabelece que, quando o aterramento pelas fundações não for praticável, o eletrodo de aterramento deve ser no mínimo constituído por um anel, complementado por hastes verticais, circundando o perímetro da edificação.

O item 6.4.1.1.4 da NBR 5410:2004 estabelece que não devem ser usadas como eletrodo de aterramento canalizações metálicas de fornecimento de água e outros serviços, o que não exclui a ligação equipotencial das mesmas à barra de aterramento principal (BEP).

# Ligações de aterramento

A norma NBR 5410 estabelece que, em qualquer instalação, deve ser previsto um terminal ou uma BEP, podendo ser a ele ligados os seguintes condutores:

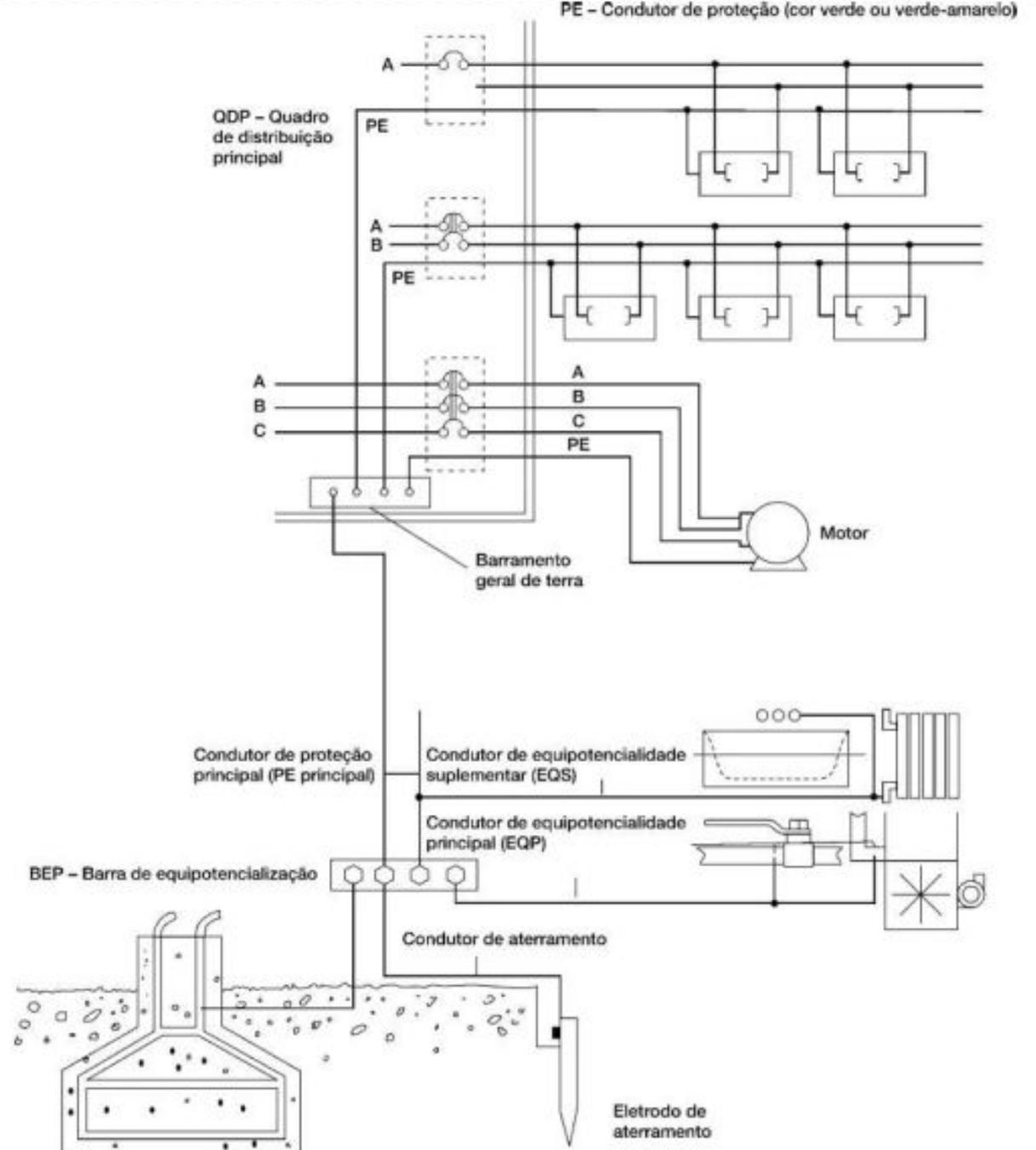
- condutor de aterramento (que interliga o eletrodo de aterramento à BEP);
- condutores de proteção principais (PE);
- condutores de equipotencialização principais;
- condutor neutro, se o aterramento deste for previsto neste ponto;
- condutores de equipotencialização ligados a eletrodos de aterramento de outros sistemas (por exemplo, SPDA);
- elementos condutivos da edificação.

# Ligações de aterramento

A interligação do neutro da rede externa de distribuição, quando a alimentação for realizada em baixa tensão, é essencial para a obtenção do grau mínimo de efetividade de aterramento do neutro, conforme os projetos de redes de distribuição padronizados pelas concessionárias de energia elétrica.

# Ligações de aterramen

A Figura apresenta um esquema de ligação equipotencial para a utilização em instalações prediais.



Descrição dos componentes de aterramento de acordo com a NBR 5410:2004.

# Ligações de aterramento

Os condutores utilizados para as ligações equipotenciais ao terminal principal devem possuir seção mínima igual à metade do condutor de proteção de maior bitola da instalação, com um mínimo de  $6 \text{ mm}^2$ . Admite-se um máximo de  $25 \text{ mm}^2$  para condutores de cobre ou seção equivalente para outros metais.

Em redes industriais, as ligações equipotenciais podem ser realizadas pela conexão dos condutores de proteção dos equipamentos elétricos ao barramento PEN dos quadros/painéis de distribuição e/ou pela conexão direta de estruturas metálicas, em geral, à malha de aterramento.

# Condutores de Proteção

O condutor de proteção tem por função o aterramento das massas metálicas de equipamentos elétricos. O seu dimensionamento visa à proteção de pessoas contra choques elétricos devido a contatos indiretos - ou seja, o toque na carcaça de um equipamento (ou estrutura metálica anexa) que ficou sob tensão em consequência de uma falha de isolamento interna -, bem como ao desempenho adequado dos dispositivos protetores, sejam por sobrecorrente (fusíveis e disjuntores) ou a corrente diferencial-residual (interruptor ou disjuntor DR).

# Condutores de Proteção

Em função do esquema de aterramento da instalação, o condutor de proteção proverá o aterramento das massas metálicas a ele conectadas, diretamente no ponto de aterramento da alimentação (esquema TN, predominante em redes industriais) ou em ponto distinto do de aterramento da alimentação (esquemas TT e IT).

A NBR 5410 considera que a continuidade do condutor de proteção vem a ser um dos cinco ensaios básicos a que uma instalação deve ser submetida quando do seu comissionamento.

# Condutores de Proteção

A seção mínima do condutor de proteção pode ser determinada em função da seção dos condutores fase do respectivo circuito, contanto que os condutores em questão sejam constituídos do mesmo material, conforme indicado na Tabela 5.9.

**Tabela 5.9** Seção mínima do condutor de proteção ( $\text{mm}^2$ ) em função da seção do condutor-fase (Tabela 58 da NBR 5410:2004)

Condutores-fase	Condutor de proteção
$S < 16$	$S$
$16 < S < 35$	16
$S > 35$	$S/2$

# Aterramento em Armaduras de Estruturas de Concreto

A utilização das ferragens de fundação de edificações como elementos naturais para o aterramento de instalações de baixa tensão e de sistemas de proteção de estruturas e edificações contra descargas atmosféricas diretas é uma técnica recomendada pelas normas brasileiras (NBR 5410:2004 e NBR 5419:2005) e de outros países.

A NBR 5410:2004, no item 6.3.5.2.1 (Subsistema de Aterramento), estabelece:

“Do ponto de vista da proteção contra o raio, um subsistema de aterramento único integrado à estrutura é preferível e adequado para todas as finalidades (ou seja, proteção contra o raio, sistemas de potência de baixa tensão e sistemas de

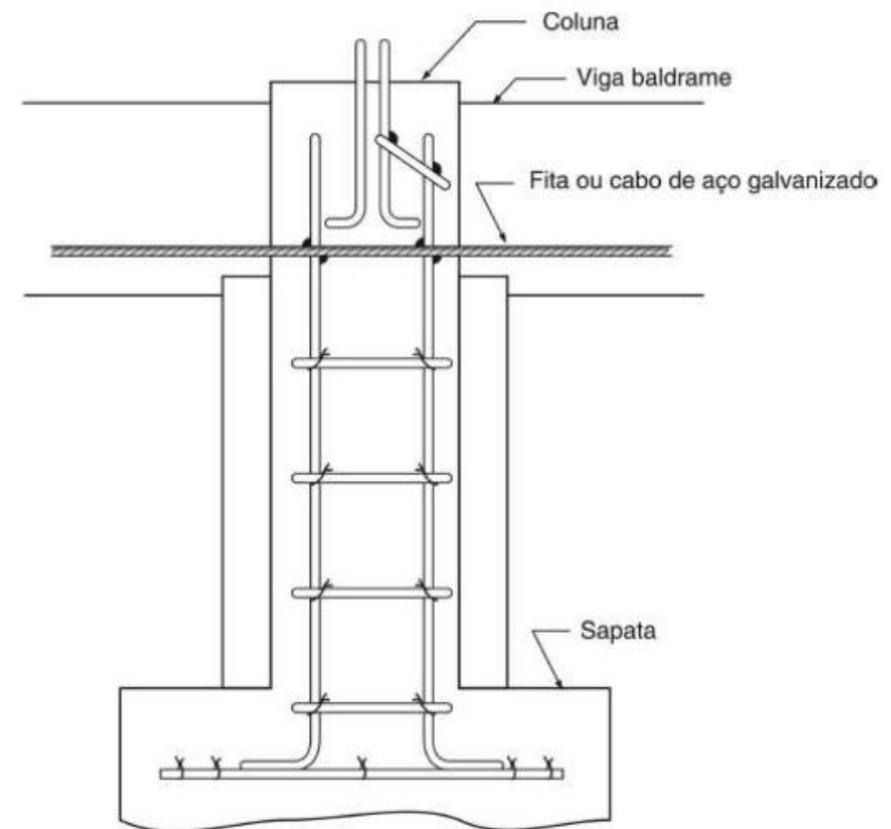
# Aterramento em Armaduras de Estruturas de Concreto

O uso das armaduras do concreto armado da edificação como elementos naturais do sistema de aterramento e de proteção contra descargas atmosféricas permite uma melhor distribuição da corrente do raio entre as colunas, com a consequente redução dos campos magnéticos no interior da estrutura, beneficiando, também, a equalização dos potenciais.

A norma NBR 5410 estabelece que, no caso de fundações em alvenaria, o eletrodo de aterramento pode ser constituído por uma fita de aço ou barra de aço de construção, imersa no concreto das fundações, formando um anel em todo o perímetro da edificação.

# Aterramento em Armaduras de Estruturas de Concreto

A NBR 5419:2005 admite a alternativa anterior para esse tipo de aterramento, assim como a utilização das armações de aço das estacas, de blocos de fundações e de vigas baldrame, que devem ser firmemente amarradas com arame torcido em cerca de 50% dos cruzamentos, sendo que as barras de aço precisam ser sobrepostas em uma extensão mínima de 20 vezes o seu diâmetro com pelo menos dois estribos.



# REFERÊNCIAS

CREDER, Hélio. Instalações elétricas. 5. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 1979. 316 p.

**MUITO**  
**OBRIGADO**

[www.ifsul.edu.br](http://www.ifsul.edu.br)  
[alexandercarneiro@ifsul.edu.br](mailto:alexandercarneiro@ifsul.edu.br)  
**(54) 99919-3025**