



8.1 – Conceito

Aterramento é, essencialmente, uma conexão elétrica à terra, na qual o valor da resistência de aterramento representa a eficácia desta ligação: quanto menor a resistência, melhor o aterramento.

A função principal de um aterramento está sempre associada à proteção, quer de pessoal ou de equipamentos. A seguir serão estudados alguns casos típicos.

Os projetos de instalações elétricas executados atualmente sempre indicam um ponto de aterramento para a instalação. Dependendo do projeto, é feita apenas a especificação de um valor em Ohm (Ω), por exemplo: 10Ω , 5Ω ou algum outro valor.

8.2 – Surtos, descargas atmosféricas

8.2.1 – Surtos em linhas de força (alimentação)

Entende-se por surto (em inglês: *surge*) uma perturbação anormal da corrente ou tensão normalmente esperada em um sistema. Há surtos causados por manobras na rede, descargas atmosféricas (raios), interferências eletromagnéticas, etc.

O controle dos surtos dentro de um sistema elétrico é feito através de protetores contra sobretensões, tais como pára-raios de linha, supressores, capacitores, etc.

O aterramento é essencial para a correta operação dos protetores contra sobretensões instalados em redes de alta e baixa tensão, pois estes dispositivos drenam as correntes dos surtos para a terra, funcionando como uma válvula de escape para as correntes geradas pelas sobretensões.

8.2.2 – Surtos em linhas de transmissões de dados

Além dos surtos em linhas de força, descritos anteriormente, os modernos equipamentos eletrônicos possuem linhas de comunicação de dados com outros equipamentos, as quais também estão sujeitas a surtos.

8.2.3 – Descargas atmosféricas (raios)

A incidência de raios sobre materiais pouco condutores, tais como telhas cerâmicas e alvenaria, provoca neles rachaduras e estilhaçamento. Uma vez instalado um SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas), o aterramento é utilizado para dissipar a corrente do raio, no solo, de forma segura, evitando os efeitos térmicos do raio e risco de choque elétrico para as pessoas.

8.3 – Proteção

8.3.1 – Blindagens

Um sistema composto de equipamentos eletrônicos sensíveis (EES) está sujeito a interferências provocadas por campos eletromagnéticos. A blindagem é um recurso utilizado para minimizar essas interferências, sendo necessário o aterramento para estabelecer um potencial zero na blindagem ou para proporcionar um caminho externo para as correntes induzidas.

8.3.2 – Segurança contra choques elétricos

Instalações elétricas em geral apresentam materiais metálicos não energizados como meio de evitar contato das pessoas com partes energizadas, tais como barramentos de quadros elétricos, interior de equipamentos, etc. Contudo, se houver uma falha no isolamento desses sistemas, os operadores/usuários estarão sujeitos a choques elétricos, com o conseqüente risco para as pessoas. O aterramento é utilizado para assegurar que o potencial das partes metálicas aterradas fique sempre abaixo do nível dos potenciais perigosos, garantindo, assim, a proteção das pessoas.

8.3.3 – Curto-circuito fase-terra

O curto-circuito fase-terra em redes elétricas provoca desbalanceamento do sistema trifásico, sobrecarga nos equipamentos e cabos da rede, comprometendo a segurança da rede elétrica e dos operadores e usuários. Para que haja um desligamento do trecho da rede afetado, é necessário que a corrente que circula pelo curto-circuito seja superior ao valor de operação dos disjuntores ou fusíveis de proteção. O aterramento do neutro de transformadores e massas metálicas fornece um caminho de baixa impedância para a corrente de curto, possibilitando a operação da proteção.

8.4 – Sistemas de aterramento

As topologias dos sistemas de aterramento em baixa tensão, conforme especificadas pela NBR-5410, têm uma codificação através das letras:

- Primeira letra: situação da alimentação em relação à terra:

T — sistema aterrado

I — sistema isolado

- Segunda letra: situação das massas em relação à terra:

T — massas diretamente aterradas

N — massas ligadas ao neutro

- Outras letras: condutor neutro x condutor de proteção

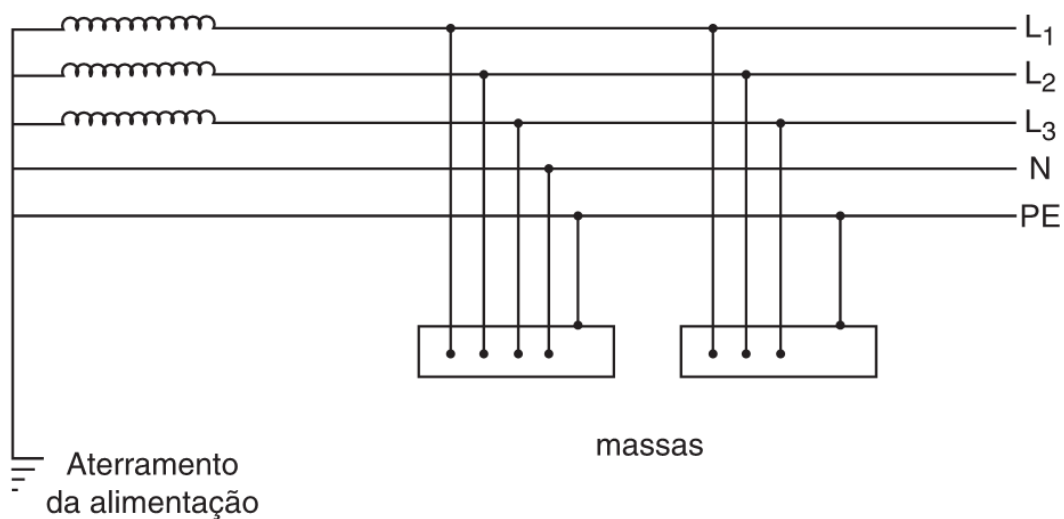
S — neutro e proteção em condutores distintos

C — neutro e proteção num mesmo condutor (condutor PEN)

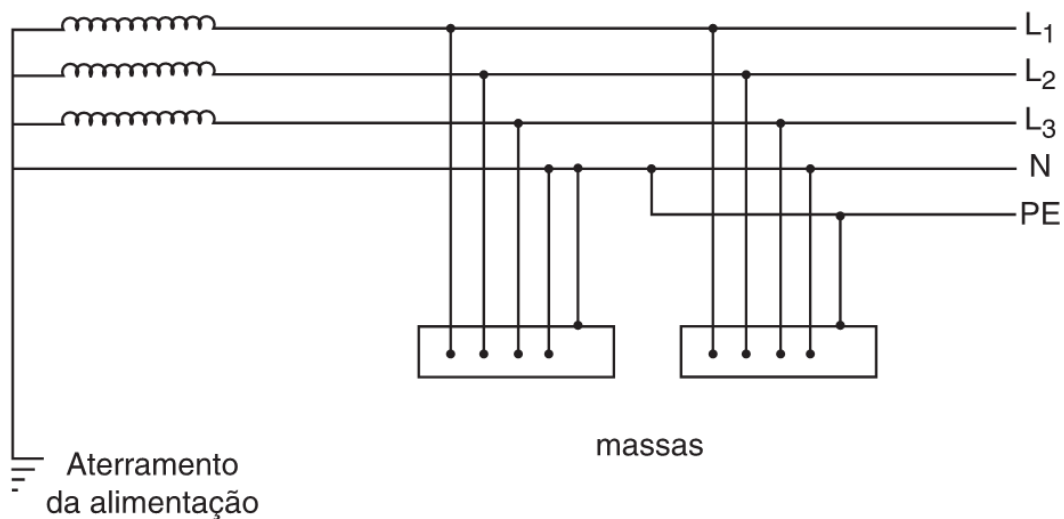
C - S — neutro e proteção combinados em uma parte da instalação

8.4.1 – ESQUEMAS DE ATERRAMENTO

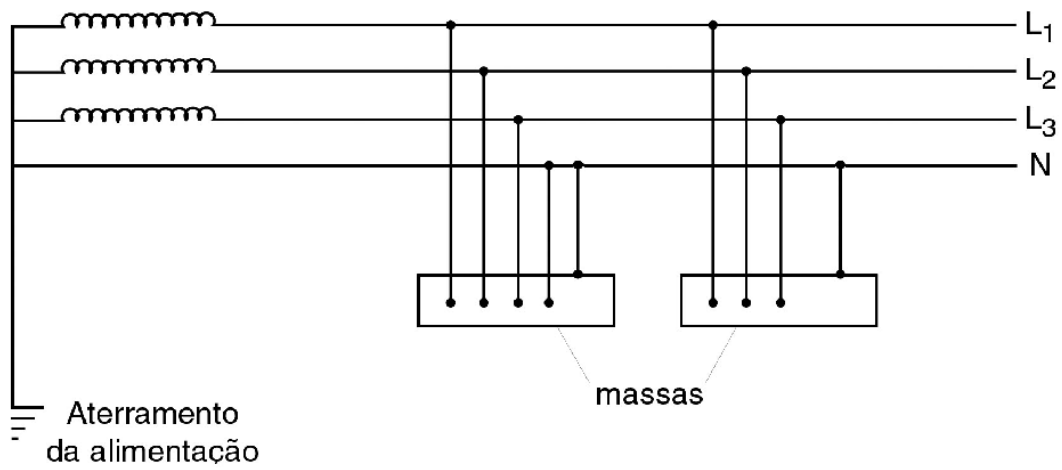
- TN-S — condutores neutro e de proteção separados



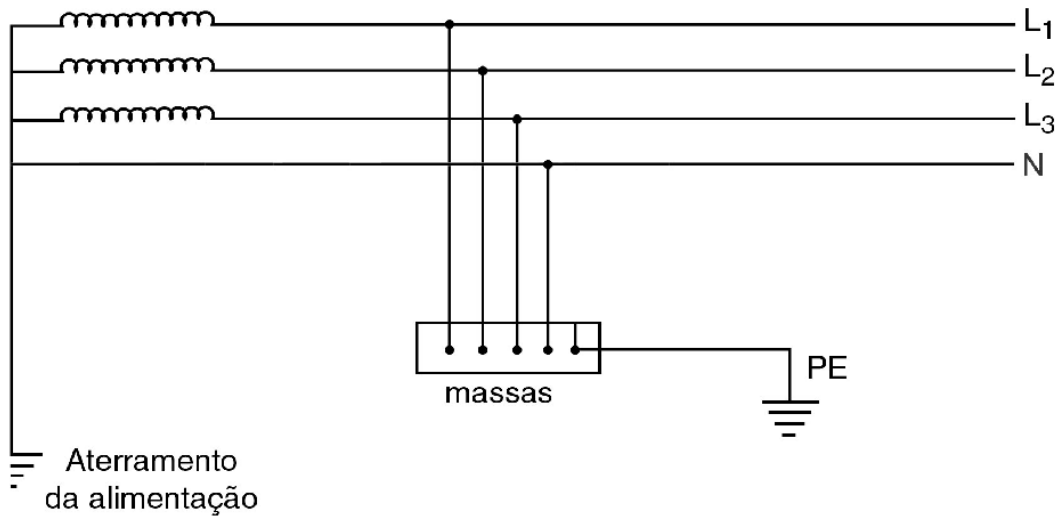
- TN-C-S — condutores neutro e de proteção separados em parte da instalação



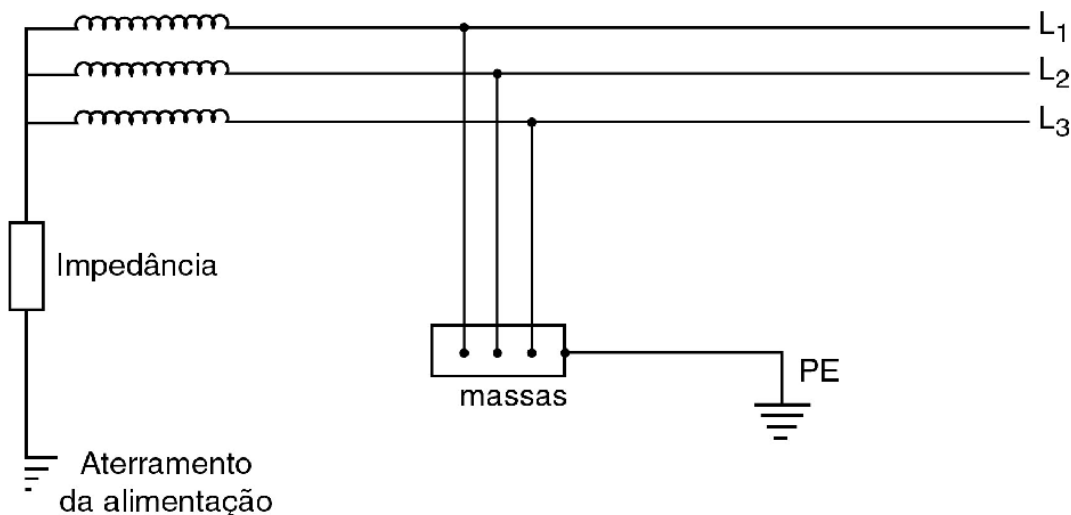
- TN-C — funções de neutro e proteção combinadas em um único condutor



- TT – aterramentos distintos para a rede de energia e para as massas metálicas



- IT – sistema isolado ou aterrado por impedância, estando as massas diretamente aterradas



8.5 – Valor da resistência de aterramento

8.5.1 – Instalações elétricas de baixa tensão

Segundo a NBR-5410/1990 (antiga NB-3), deve-se conseguir uma resistência de terra da ordem de 10Ω , visto que o sistema de aterramento é o mesmo do pára-raios.

A exigência pode ser de valores ainda mais baixos, em função do tipo de topologia empregada – TT, TN, IT, etc.

8.5.2 – Computadores

Por não existirem normas a respeito, há muita confusão quanto ao valor para a resistência de terra de computadores e outros sistemas semelhantes, como PLC (Programmable Logic Controller), SDCD (Sistema Digital de Controle Distribuído), etc. Alguns fabricantes chegam a exigir 1 ou 2Ω , negando-se

a manter a garantia do produto caso não se chegue a esse valor, embora muitos já tenham abandonado a prática de exigir aterramentos independentes.

Geralmente, um computador está ligado a um sistema elétrico, com um valor de resistência de terra da ordem de 10Ω , o que deve ser satisfatório na maioria dos casos.

8.5.3 – Telecomunicações

As recomendações referentes aos computadores aplicam-se, igualmente, às instalações de telecomunicações. Duas observações adicionais, porém, devem ser feitas.

A primeira é que, embora não exista uma norma oficial, há uma tradição prática, inclusive por parte da Telebrás e das estatais subsidiárias, de exigir 5Ω de resistência de aterramento.

A Telebrás já revisou o valor exigido para um nível coerente, mas muitas empresas e projetistas ainda não se informaram a respeito e continuam utilizando as velhas práticas.

A segunda observação refere-se à procura de um local alto para a instalação de uma torre. Infelizmente, muitos desses lugares altos localizam-se sobre rochas, às vezes com uma pequena camada superficial de terra, sendo impraticável cravar hastes nesses locais. No caso de camada inferior com resistividade maior, isto prejudica mais do que ajuda. Outra solução não recomendada é a de estender um cabo morro abaixo até encontrar um terreno adequado ao aterramento. A melhor recomendação é a de otimizar a equipotencialização do local, com malha de eletrodos horizontais de baixa indutância (fita de cobre, por exemplo), se possível instalados em valetas preenchidas com concreto.

8.6 – Componentes e materiais

8.6.1 – Hastes

As hastes são os elementos mais comuns em pequenos sistemas, sendo também utilizadas como acessório nos aterramentos maiores; assim, sua importância em termos de execução e custos é bastante grande.

Embora um eletrodo vertical possa ser elaborado com qualquer metal que não sofra corrosão e que tenha resistência mecânica suficiente para ser cravado no solo, no Brasil utilizam-se quase que exclusivamente as hastes de aço cobreado, com os tubos e barras de aço galvanizado ocupando um distante segundo lugar. Podem ser usadas também as barras de cobre maciço ou de aço inoxidável, porém estas duas não tiveram aceitação em nosso país.

As hastes cobreadas são fabricadas nos diâmetros comerciais de 1/2", 5/8" e 3/4", e em comprimentos de 2,4 e 3,0 metros. Para aterramentos mais profundos, são fabricadas hastes prolongáveis, com roscas na ponta e na parte superior. Assim, crava-se uma haste de 3 metros, instala-se uma luva roscada e, nesta, uma nova haste que, ao ser cravada, vai empurrar a primeira. Esse procedimento é bem mais prático do que tentar cravar uma haste contínua de 6 ou 9 metros!

8.6.2 – Cabos

Os cabos são geralmente utilizados para eletrodos horizontais, visto que, para instalá-los verticalmente, seria necessário cavar um poço ou conduzir o cabo com um tubo ou barra que já seria, por si só, um eletrodo apropriado. No Brasil, utilizam-se, quase que exclusivamente, cabos de cobre (nu, obviamente), ainda que o aço galvanizado seja uma corrente à altura, em termos de relação custo/benefício. As fitas de cobre são pouco utilizadas na prática, muito embora forneçam uma baixa impedância de terra e resistência semelhante a um cabo de mesma seção. Existe ainda uma parcela do mercado que utiliza o aço cobreado, num processo semelhante ao das hastes. Um problema comum, em certas regiões do Brasil, é o roubo de cabos de cobre nu instalados ao tempo ou mesmo dos enterrados. Em vista disso, nesses locais, torna-se necessário o uso de aço galvanizado.

Quanto à seção, a NBR-5419 (proteção contra descargas atmosféricas) especifica, para cabos de cobre, um mínimo de 50mm^2 , enquanto a NBR-5410 pede um mínimo de 25mm^2 .

8.6.3 – Conectores

Os conectores aparafusados ou por compressão, ou ainda os *split-bolt*, cumprem razoavelmente a tarefa de prover a ligação elétrica com pressão e superfície suficientes, pelo menos quando se encontram em local de fácil acesso para verificação do contato.

Sob o solo, entretanto, facilmente se instala um processo corrosivo na interface entre as peças, visto que a umidade pode penetrar livremente e, como o conector está enterrado, fica impraticável sua inspeção periódica. Assim, as normas proíbem o uso de conectores enterrados, exigindo, nesses casos, a utilização de solda exotérmica.

8.6.4 – Solda exotérmica

A solda exotérmica é realizada através da fusão de uma mistura própria, dentro de um cadinho ou molde de grafite, onde são colocados também os dois ou três elementos a serem soldados.

É necessário um certo cuidado com o molde, que costuma quebrar com facilidade se não for corretamente utilizado. Devem-se também observar as faixas de diâmetros dos elementos a soldar que determinado tamanho de molde cobre; a não observância dessa regra provoca vazamentos e/ou soldas fracas.

8.6.5 – Poço de inspeção

Serve para tornar acessível (e localizável) um sistema de aterramento, seja para medições, seja para inspeção periódica. Se for um modelo hermético, pode ser também utilizado para proteger uma ligação por conector, evitando a corrosão deste.

Atualmente são fabricados modelos em plástico e concreto, embora, na prática, também sejam utilizados poços de inspeção improvisados com tubos de PVC branco (tipo esgoto) de 150 ou 200mm de diâmetro, o que é uma solução rápida e barata, porém de qualidade e durabilidade baixas.

8.6.6 – Poço de aterramento

No caso de pequenas áreas e/ou alta resistividade do solo, pode-se conseguir melhorar o aterramento através de uma haste profunda, eventualmente com a adição de um tratamento do solo.

Podem ser empregadas:

- haste embutida em concreto
- haste envolvida em poço de gel ou bentonita
- haste tubular perfurada, com gel interno

Caso a resistividade da segunda camada seja superior à da primeira, o poço “vira” uma valeta, ou seja, o eletrodo deve ser instalado na horizontal, porém as opções e os materiais utilizados são os mesmos.

8.6.7 – Eletrodos de aterramento

– dimensões mínimas –

TIPO DE ELETRODO	DIMENSÕES MÍNIMAS
tubo de aço zincado	2,4m × ϕ 25mm
perfil de aço zincado	cantoneira de 2,4m × 20 × 20 × 3mm
haste de aço zincado	2m × ϕ 15mm
haste de aço cobreada	2m × ϕ 15mm
haste de cobre	2m × ϕ 15mm
fita de cobre	10m × 2mm × 25mm ²
fita de aço galvanizado	10m × 3mm × 100mm ²
cabo de cobre	10m × 25mm ²
cabo de aço zincado	10m × 95mm ²

8.6.8 – Condutor de proteção

Função

– aterramento de massas metálicas de equipamentos elétricos

Objetivo

- segurança humana contra choques devido a contatos indiretos
- rápida atuação dos dispositivos de proteção

Dimensionamento

Devem ser considerados:

- aquecimento
- resistência mecânica
- impedância mínima

8.7 – Novidades da NBR-5410/97

- aterramento principal integrado à estrutura da edificação;
- entradas de energia e sinais localizadas próximas entre si e junto ao aterramento comum;
- aterramento do neutro feito somente na entrada da instalação;
- entradas de energia e de sinais com dispositivo de proteção contra sobretensões;
- cabeaços de energia e de sinal encaminhadas junto e paralelas, desde a entrada até o ponto de utilização;
- a cabeaço de um circuito de energia deve formar um grupo compacto;
- condutor de aterramento conduzido junto à cabeaço de energia, desde a entrada da instalação;
- os aterramentos de energia e de sinal dos equipamentos devem ser comuns no local de instalação.

8.7.1 – Integração dos aterramentos

Pelas normas NBR-5410 e NBR-5419 interligam-se:

- neutro e condutores de proteção da rede de energia;
- aterramentos do sistema de proteção contra raios;
- ferragens e estruturas metálicas;
- aterramentos de instalações especiais.

mãos-à-obra

Tarefa em sala-de-aula

Montar e instalar, em condições de qualidade e segurança, malha de aterramento com 3(três) hastes, medindo a resistência de terra com a utilização do terrômetro, considerando as normas técnicas específicas e a legislação brasileira em vigor.