

## Aterramentos

Dentre as causas mais comuns que podem ocasionar distúrbios e danos à segurança das pessoas e equipamentos numa estação de telecom estão as descargas atmosféricas, as sobretensões provenientes da rede elétrica comercial e aquelas provocadas por diferenças de potenciais elétrico entre os componentes dentro da estação.

Para evitar ou mitigar tais efeitos as infraestruturas nos sites de telecom são providas com Sistema de Aterramento, formados por um conjunto de componentes e equipamentos eletro-eletrônicos que tem por finalidade prover:

- segurança do pessoal de operação, manutenção e usuários contra tensões perigosas;
- proteção contra sobretensões elevadas que possam provocar danos nos equipamentos;
- limitação dos níveis de ruído e diafonia (*transferência indesejável de energia de um canal "interferente" para outro "interferido"*);
- uso do terra como caminho de retorno para um dos condutores do circuito de corrente contínua;
- prevenção contra entrada na rede elétrica local de correntes de alta frequência geradas por retificadores;
- atendimento aos requisitos legais, porventura existentes.
- 

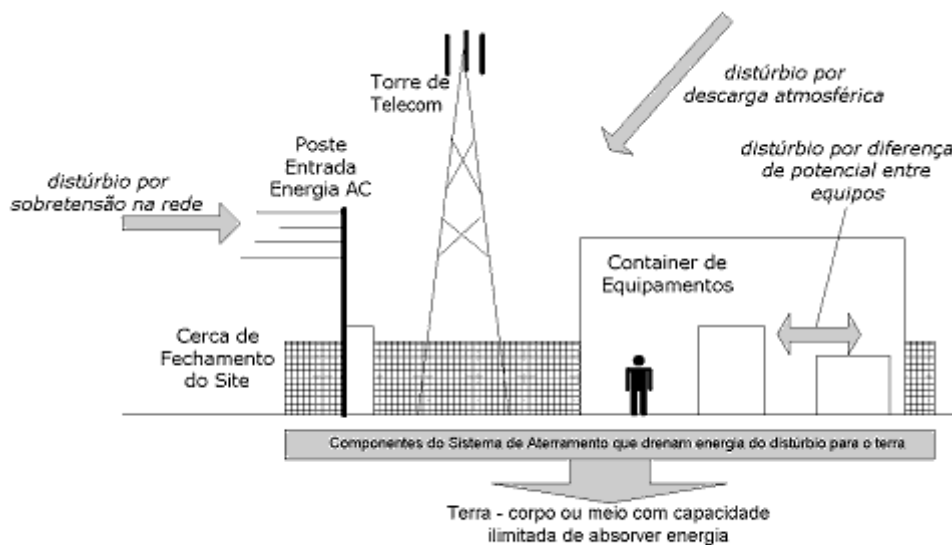


Figura de Ilustração da Finalidade de um Sistema de Aterramento

A maneira de prevenir os efeitos indesejados provocados por esses fenômenos, que podem chegar a graves conseqüências sócio-econômica (perdas de equipamentos e de vidas humanas), é fazer com que todos os componentes instalados numa estação tenham como referencial elétrico um único meio, a que se denomina o terra elétrico - um corpo ou meio físico que possui praticamente uma capacidade ilimitada de absorver energia, sem alterar o seu potencial elétrico.

O projeto de dimensionamento do sistema de aterramento deve considerar que tais fenômenos ocorrem segundo comportamentos particulares no que se refere a

intensidade de energia na dimensão do tempo, e que para tanto devem ter tratamento diferenciado.

E, por hora, é importante dizer que o sistema de aterramento é obrigatório: a baixa qualidade ou a falta do mesmo, invariavelmente provoca queima de equipamentos, sem falar nos riscos humanos.

Num sistema de energia CA da estação telecom é muito importante a sua conexão ao sistema de aterramento da estação de telecom, a ponto das companhias comerciais de energia elétrica condicionam a aprovação dos projetos elétricos conjuntamente com o projeto de aterramento da estação.

### **Aterramento: Princípios de funcionamento**

A qualidade dos sistemas de aterramento depende basicamente do método de distribuição e especificação dos componentes eletro-eletrônicos utilizados e do tipo de solo onde a estação está localizada. São tantas as particularidades que devem ser levadas em conta, que há quem diga que o seu projeto é uma arte. Alguns desses aspectos estão relacionados a seguir:

#### **O "Terra" ou Ponto Referência de Terra**

Todo sistema elétrico ou eletrônico deve ser referenciado à terra. Este tipo de aterramento é chamado normalmente de terra. Neste caso, o ponto de terra providencia uma referência comum para os circuitos dos sistemas presentes na estação telecom. Para estes pontos, a referência de terra deverá satisfazer aos requisitos funcionais estabelecidos pelo projeto elétrico da instalação, com valores estabelecidos por normas.

Existem situações em que partes dos sistemas eletrônicos devem ser independentes não requerendo interconexões com a terra; exceto os componentes que possam haver contato físico com as pessoas, que estes devem estar seguramente aterrados, não permitindo a presença de potenciais perigosos à segurança das pessoas.

A NBR 5419 fornece a seguinte definição para o Raio: "Um dos impulsos elétricos de uma descarga atmosférica para a terra"

Em condições atmosféricas propícias, uma separação de cargas ocorre dentro da nuvem, colocando as cargas positivas na parte superior e as negativas na base.

A terra esta carregada de cargas positivas, e pequenas descargas, originadas na nuvem, em direção à terra começam a se formar, sendo chamadas de correntes eletrônicas. Elas percorrem um caminho tortuoso, geralmente ramificando-se. Estas descargas não são contínuas, mas se processam em etapas de algumas dezenas de metros e com intervalo de repouso de algumas dezenas de microsegundos. Estas primeiras descargas são chamadas descargas piloto.

Quando as descargas piloto se aproximam da terra, outras descargas que se originam na terra, provocam uma corrente iônica, sobem ao encontro daquela que vem da nuvem, formando assim a descarga principal. Nesse instante é formada uma corrente de grande intensidade, chamada corrente de retorno. É esta descarga principal que pode chegar a valores de até 220.000 A.

A distância entre a corrente iônica e a corrente eletrônica é que vai determinar o valor da corrente principal (ou corrente de retorno).

### **O aterramento de neutralização de um sistema de pára-raios**

O aterramento de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas deve ter um tratamento diferenciado. Na realidade este terra deveria ser chamado de "sistema de neutralização de cargas", devido a natureza da eletricidade atmosférica e ao mecanismo das descargas atmosféricas.

Quando acontece a descarga elétrica (formação de um raio), toda a carga elétrica induzida pela nuvem de tempestade (na superfície da terra, nas estruturas das edificações, nos sistemas elétricos e eletrônicos, e em tudo que estiver abaixo da nuvem), deverá se mover em direção ao ponto de contato da descarga, e a neutralização deverá ser processada em 20 microsegundos ou menos.

Desta forma, os sistemas elétrico, eletrônico, ou qualquer outra parte do local sob influência da nuvem, deverão ter um caminho de baixa resistência e baixa impedância em direção ao ponto de contato de uma descarga atmosférica. Desta forma, os requisitos de funcionamento de um aterramento de pára-raios não devem se restringir apenas nos baixos valores de resistência ôhmica (CC- Corrente Contínua), mas também no caminho de baixa impedância.

### **O aterramento de interface com o solo**

A interface elétrica entre o sistema de aterramento e o solo é um dos elementos mais críticos para o estabelecimento de um bom aterramento.

A conexão terra é na realidade a interface entre o sistema de aterramento e toda a terra, e é por esta interface que é feito o contato elétrico entre ambos ("terra" e sistema de aterramento). Isto é, quanto menor a resistência ôhmica entre os componentes do sistema e o solo em volta, melhor, mais eficiente e seguro o aterramento será.

Estes sistemas normalmente necessitam também de um ponto de referência ao terra, uma capacidade de neutralização das cargas elétricas induzidas pelas nuvens de tempestade e uma interface de baixa impedância com a terra. A interligação dos diferentes aterramentos e condutores de descidas dos sistemas tem fundamental importância para a efetividade e segurança desejada.

Entretanto, alicerçadas na aleatoriedade de ocorrência de raios e nos períodos longos que podem ocorrer entre um evento e outro, muitas empresas prestadoras de serviços da área insistem em direcionar seus objetivos para alternativas de baixo custo e confiabilidade duvidosa.

Voltamos a afirmar, uma proteção efetiva não dispensa os requisitos fundamentais: materiais de qualidade e apropriados para o uso e em quantidade necessária a atender os conceitos da boa técnica e da evolução da tecnologia. Logicamente, os custos estão diretamente relacionados a estes parâmetros, ou seja, recebemos pelo que pagamos.

A seguir estão listadas algumas regras básicas para o projeto de um sistema de aterramento:

- Deverá ser prevista malha geral de aterramento, através de cabo de cobre nu e hastes de aterramento de aço revestido por camada de cobre (Barras

Copperweld), em quantidade suficiente para se obter uma resistência a terra mínima de 5 ohms.

- Todas as partes metálicas não condutoras da estação, inclusive a torre, cercas, esteiras, caixa telefônica (RF), etc., deverão ser conectadas à malha geral de aterramento.
- O neutro da Concessionária, o neutro do gerador, juntamente com as barras de terra e de neutro do Quadro Geral de Entrada (QGE), deverão também ser conectados à malha de aterramento, através de uma única barra de cobre centralizadora dessas conexões.
- A partir da barra de terra do QGE, será provida interligação com cabo isolado à barra de terra do Quadro de Energia CC da estação. A partir dessa barra de terra, deverão ser providos cabos isolados para aterramento individual de todos os sistemas independentes internos à estação. Os quadros eletrônicos também devem ser aterrados através desse cabo isolado.
- Deverá ser previsto poços de inspeção para medição de resistência de terra.
- Deverá ser previsto um sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), tipo Franklin, projetado de acordo com as normas ABNT/NBR-5419 - PROTEÇÃO DE ESTRUTURAS CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS, ou conforme ANSI/NFPA 78 - LIGHTNING PROTECTION CODE - USA, em sua última revisão.
- As descidas do sistema de proteção atmosférica deverão ser efetuadas com cabo de cobre nu, devidamente protegidas. A conexão ou não do sistema de proteção atmosférica à malha geral de aterramento deverá ser estabelecido em conjunto com os fornecedores dos equipamentos de telecom da estação, durante a fase de projeto, mantendo as garantias operacionais e de manutenção, sob qualquer situação.
- 

## **Aterramento: Características Técnicas e Funcionais**

Na seqüência estão descritas algumas informações gerais a respeito das características técnicas e funcionais dos principais componentes do sistema de aterramento.

### **Pára-raios**

Para a proteção das edificações é necessária a utilização de pára-raios de acordo com a norma ABNT NBR 5419.

Um deles é o pára-raios tipo haste (conhecido como pára-raios Franklin) instalado no alto de edificações ou das torres. Este pára-raios oferece proteção para a edificação (ou parte dela) contida sob o cone de proteção cujo vértice encontra-se no topo da haste captora. O que estiver dentro desse espaço estará protegido (método Franklin).

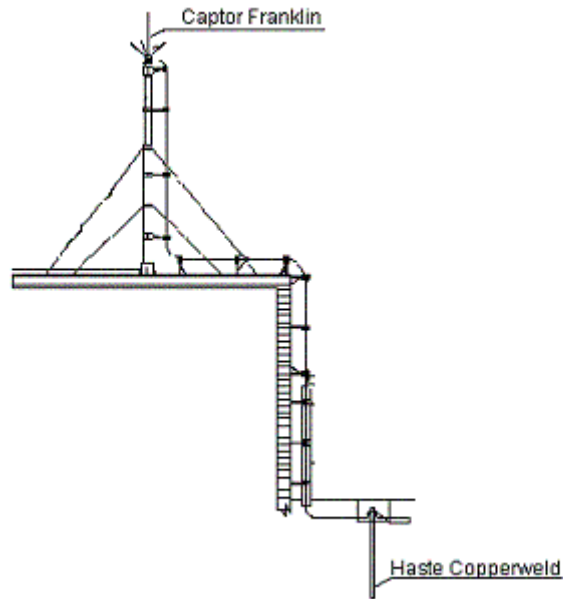
*Pára-raios radioativos não proporcionam proteção adequada e sua utilização é proibida no Brasil.*

O Ângulo de proteção variará de acordo com o nível de proteção requerido, tipo de ocupação, valor do conteúdo, localização e altura da edificação. O método Franklin não se aplica a todos os tipos de edificações, devendo ser utilizados outros métodos (eletrogeométrico, malha ou gaiola de Faraday), de acordo com a norma ABNT NBR 5419.

No caso de edificações maiores, acima de 60 metros, aplica-se somente o método da gaiola de Faraday. Em quaisquer dos métodos utilizados deve sempre haver um adequado aterramento.

Para antenas instaladas sobre as edificações, o suporte ou ponto de fixação da antena deve ser aterrado adequadamente. Quando a antena não estiver localizada

sobre a edificação, são necessários cuidados especiais, tais como aterramentos adicionais e instalação de blindagem.



O bom funcionamento dos pára-raios e a adequada proteção contra sobretensão estão associadas a um sistema de aterramento eficaz. O tipo de aterramento e o número de eletrodos de terra (hastes de aterramento) a serem utilizados para assegurar a eficácia do aterramento dependem das características do solo.

### **Eletrodos de Terra**

Os eletrodos de terra e sua instalação são um dos elementos essenciais para a determinação da resistência de aterramento. A resistência de terra dos eletrodos consiste basicamente de três partes:

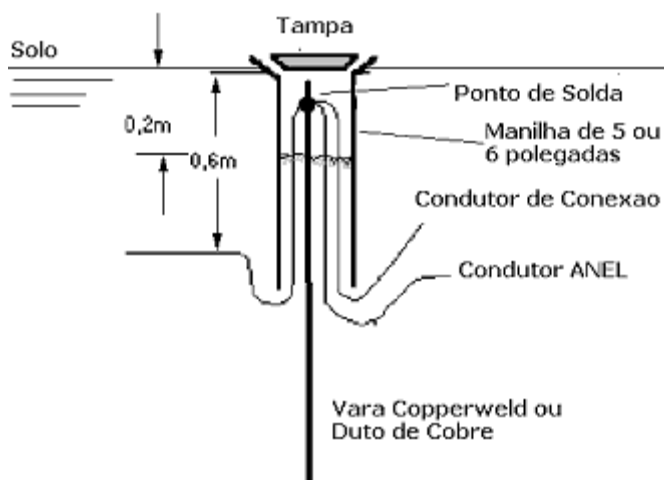
- a resistência das conexões metálicas entre os eletrodos e o sistema de distribuição de cabos ao longo do prédio;
  - a resistência de contato entre os eletrodos e a camada do solo;
  - a resistência do volume de solo das vizinhanças do sistema de eletrodos.
- Este é o principal componente da resistência de terra. Daí a necessidade de se conhecer a resistividade do solo, evitando-se ao máximo a necessidade de tratamento do solo.

Os principais tipos de eletrodos: Hastes cravadas verticalmente (as mais usuais); chapas enterradas; Trincheiras (condutor enterrado horizontalmente).

### **Poços de Inspeção**

Os eletrodos de terra são conectados ao sistema de condutores que "levam" o terra ao longo da estação através da conexão nos poços de inspeção. Por haver a conexão entre dois materiais sob a terra, esses pontos devem ficar acessível para inspeções periódicas de manutenção.

Para garantir uma baixa resistência de contato nessas conexões deve ser utilizado o processo de solda exotérmica, ou então usados conectores de material apropriado de modo a evitar a corrosão galvânica.



### Módulo de Proteção

Dispositivo de proteção utilizado para supressão de surtos (transientes) na rede de alimentação AC. Estes dispositivos são montados no quadro de distribuição AC e são ligados às três fases, ao neutro e à malha de aterramento da estação. Deve ser ligado após o disjuntor de entrada, pois a falham em curto-circuito (falha segura).

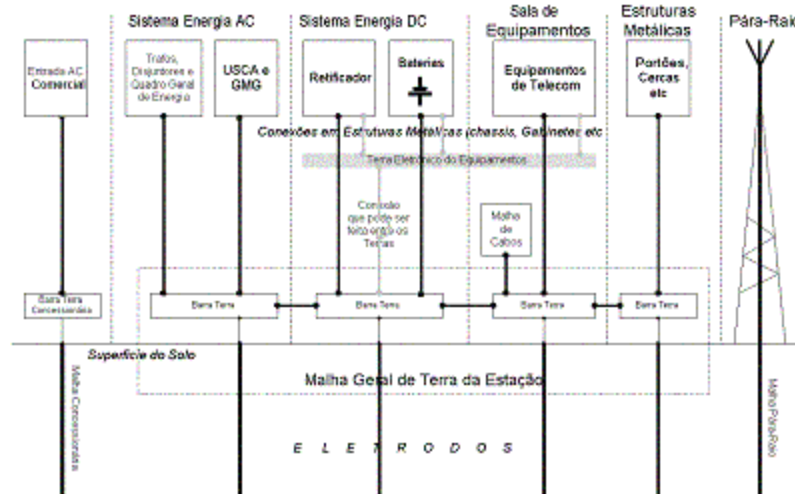
### Aterramento: Circuitos de Malha

Os circuitos de aterramento constituem às chamadas malhas de aterramento da estação. Baseado nos princípios enunciados no item 2 deste texto, de uma forma geral as malhas podem ser divididas em:

- **Malhas Geral de Aterramento da Estação:** Nesta malha é efetuado o aterramento de todos equipamentos da estação e de partes metálicas que possam apresentar risco de acidente elétrico (cercas, portas, portões, torres metálicas, esteiramento de cabos etc.) dentro do perímetro da estação.
- **Malha de Aterramento dos Pára-raios:** É composta por um anel de condutor de cobre nú ao redor da estação, interligando hastes de cobre, dentro de poços de inspeção. Malha empregada para aterramento do sistema de pára-raios (Franklin e/ou gaiola de Faraday) de proteção do perímetro da estação. Esta malha deve estar fora da área de influência da malha da estação.
- **Malha de Aterramento dos Pára-raios da linha de 13.8 KV:** Malha dos pára-raios da linha de alta-tensão (13,8KV) de responsabilidade da concessionária de energia e ponto de interligação do neutro ao terra. Esta configuração protege o transformador da concessionária em detrimento do usuário.

A condição ideal é usar um transformador com isolação mínima de 70kV, interligar os pára-raios de linha ao terra da concessionária, que deve estar fora da área de influência da malha de aterramento da estação e interconectar o neutro à malha de aterramento da estação.

A figura abaixo ilustra um diagrama com as diversas malhas de aterramento de uma estação telecom. Estão separadas as três malhas de aterramento conforme a classificação acima.



A interligação das malhas dependerá de fatores técnicos a serem considerados, como dissemos anteriormente, pelas características dos equipamentos instalados na estação.

A linha formada a partir o terminal e referência do banco de baterias (normalmente o positivo é aterrado) leva o nome de terra eletrônico, onde os equipamentos eletrônicos são conectados. É comum a sua conexão ao terra da malha geral da estação, mas existem instalações em que não são feitas essa conexão devido a interferências que possam existir nos equipamentos eletrônicos. Esta é uma decisão que projetista do aterramento deve ter em conjunto com os fornecedores dos equipamentos eletrônicos.

### Aterramento: Considerações finais

Este tutorial apresentou a descrição de conceitos de Infraestrutura de Sistemas de Aterramento em Sites de Telecomunicações. Comenta-se a seguir alguns aspectos importantes no projeto destes sistemas.

### Importância da documentação da instalação (as-built)

Um projeto de um sistema de aterramento deve conter no mínimo:

- Critérios Gerais do Projeto de Sistema de Aterramento;
- Plantas de Diagramas Unifilares;
- Especificações e Lista de Matérias de Dispositivos e Materiais Utilizados;
- Manuais de Operação e Manutenção dos Materiais e Dispositivos;
- Lista de Sobressalentes;
- Certificado de Ensaio Técnico dos Materiais e Dispositivos.

Os projetos devem atender às normas aplicáveis de instalação, e os desenhos de plantas devem atender a normas da ABNT. Recomendamos que a empresa contratante crie seus documentos de especificação de implantação de sistemas de aterramento, de forma a garantir uma boa qualidade na instalação final.

### Fenômenos Lentos e Rápidos

A concepção, o projeto e a otimização dos sistemas de aterramento devem levar em conta os fenômenos rápidos (descargas atmosféricas). É inadequada, em geral, uma concepção baseada apenas no tipo de comportamento para fenômenos lentos (sobretensões na rede CA).

Por outro lado, há que conjugar a concepção dos sistemas de aterramento com os sistemas de blindagem para descargas atmosféricas e com os critérios de aterramento e de blindagem de cabos e com as medidas de segurança para atuação de pessoas.

Se não forem tomadas precauções adequadas, em regiões com elevada densidade de descargas atmosféricas, as mesmas podem originar riscos elevados quanto aos seguintes aspectos:

- Segurança de pessoas;
- Danificação de equipamentos, quer de potência, quer de proteção, controle e processamento de informação;
- Atuação incorreta de sistemas de proteção e controle.

### **Aterramento adequado de Postes Metálicos**

Os postes metálicos de iluminação externa em área aberta são pontos de risco, para descarga atmosférica, em sistemas e circuitos de distribuição elétrica. A proteção consiste em aterrar os postes metálicos em uma malha dedicada e não interligada às demais, composta por hastes cravadas junto aos postes e interligadas por condutor de cobre nu. A alimentação do circuito de iluminação deve ser isolada galvanicamente dos demais circuitos através de um transformador de isolamento, com potência e isolamento adequada.

### **Referências**

TELEBRÁS 240-520-701 : Especificação Gerais de Sistema de Aterramento.  
ABNT NBR-14039 Instalações Elétricas em AT (de 1,0 kV a 36,2 kV).  
ABNT NBR-5410 Instalações Elétricas em BT.  
NFPA 70 National Electrical Code (NEC).  
ABNT NBR-5419 Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas.  
ANSI/NFPA 78 Lightning Protection Code.