

## Capítulo V

# Projeto de aterramento de malhas de subestações elétricas: recomendações gerais e aterramento dos equipamentos

Jobson Modena e Hélio Sueta \*

Dando continuidade ao nosso trabalho, este capítulo apresenta algumas recomendações de ordem geral e como se deve fazer o aterramento dos principais equipamentos da subestação.

Sempre é importante ressaltar que um bom projeto de aterramento deve garantir que os níveis de corrente de curto-circuito fase-terra sejam suficientes para sensibilizar a proteção de retaguarda, bem como determinar potenciais de passo e de toque suportáveis aos seres vivos. Estas condições são obtidas pela geometria da malha de aterramento compatível com a resistividade do solo no local de implantação da subestação, com o cálculo correto da parcela da corrente de curto-circuito a ser dissipada pela malha e com os tempos de atuação das proteções instaladas.

Ao contrário de alguns mitos relacionados ao tema que persistem no tempo, baixas resistências de aterramento não garantem um projeto seguro, da mesma forma que altas resistências de aterramento não significam, necessariamente, um projeto inseguro.

### **Condutores de aterramento: rabichos e condutores de malha**

Os condutores de aterramento (rabichos)

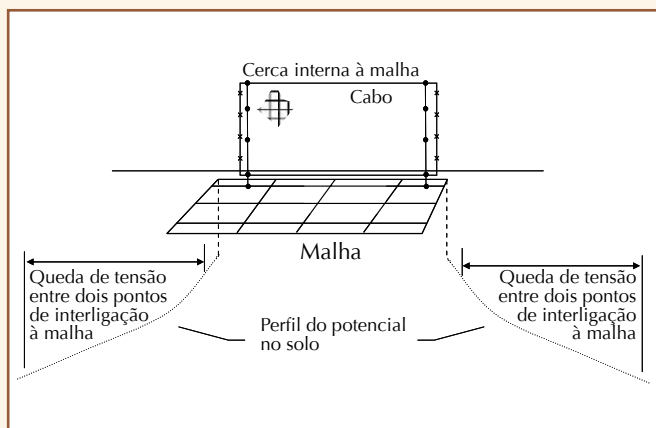
exercem a importante função de interligar todas as partes condutoras de eletricidade da subestação, que não foram construídas com esse fim, mas onde possa ocorrer a passagem de correntes impulsivas, por exemplo: pés de torres, descidas de SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas) e aterramentos de para-raios de linha, diretamente ao eletrodo de aterramento.

Uma forma prática para considerar a divisão da corrente de curto-circuito para a redução do diâmetro do condutor da malha (assunto referente ao capítulo IV desta série) consiste na utilização de dois condutores de aterramento em pontos distintos da malha, quando do aterramento de equipamentos e elementos metálicos sujeitos à circulação da corrente de falta.

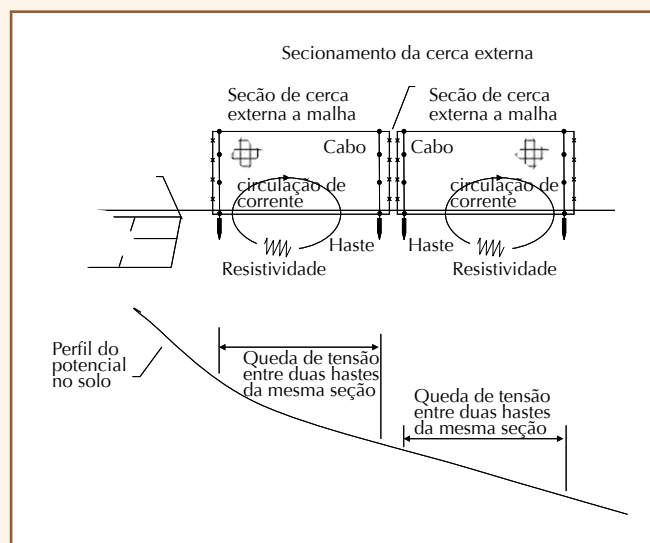
Cuidados especiais devem ser tomados nos locais em que possa haver movimentação de veículos pesados dentro da subestação. Se estes veículos passarem sobre locais onde a malha estiver enterrada, recomenda-se que o posicionamento dos cabos condutores do eletrodo seja feito de forma a não deixá-los tensionados para que não arrebentem ou não haja algum tipo de interrupção da malha, principalmente nas conexões e emendas.

### Aterramento das cercas metálicas

Eventuais cercas metálicas localizadas no interior da malha da subestação devem ser multiaterradas, ou seja, interligadas à malha em vários pontos. As que estiverem localizadas fora da área de abrangência da malha devem ser seccionadas e cada seção deve ser multiaterrada, porém em quadrículas (meshs) distintas da malha. A norma ABNT NBR 15751 apresenta duas figuras que representam estes casos, reproduzidas a seguir.



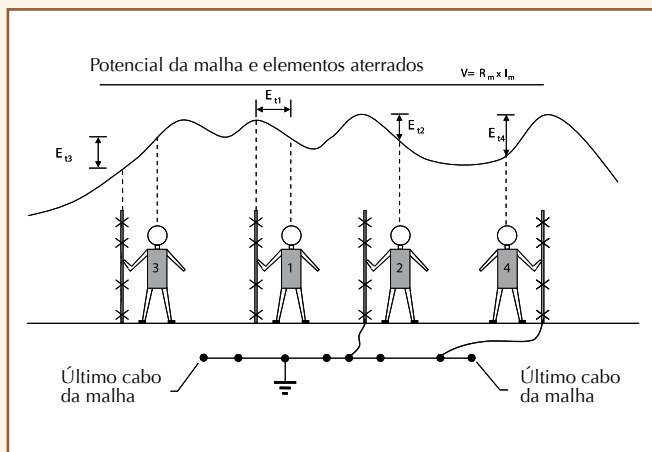
**Figura 1 – Multiaterramento de cercas metálicas no interior do plano da malha de aterramento da subestação.**



**Figura 2 – Multiaterramento de cercas metálicas seccionadas situadas no exterior do plano da malha de aterramento.**

No caso de cercas metálicas que saem da área ocupada pela malha, elas devem ser seccionadas e cada seção deve ser aterrada por duas hastes (ver Figura 2). Esta é uma forma de evitar a transferência de potencial perigoso para pontos distantes. Trechos de cercas externas embaixo de linhas de alta tensão e mesmo de baixa tensão devem ser tratados da mesma forma. Estas recomendações procuram reduzir os riscos do aparecimento de potenciais de toque perigosos nestes trechos de cercas metálicas.

Um exemplo de tensões de toque que podem acontecer em cercas metálicas de subestação está exibido na Figura 3.



**Figura 3 – Níveis de potencial que podem aparecer na malha e nas massas metálicas conectadas na malha.**

As tensões de toque que aparecem na Figura 3 podem ser transferidas a uma pessoa na zona de influência do eletrodo em função da posição e da condição de aterramento da cerca:

- $E_{t1}$  é a tensão de toque na cerca na posição 1 se esta estiver em contato com o solo, mas não ligada à malha (supondo que um cabo energizado não caia sobre a cerca);
- $E_{t2}$  é a tensão de toque caso a cerca na posição 2 esteja aterrada;
- $E_{t3}$  é a tensão de toque na cerca, na posição 3, se esta não estiver aterrada;
- $E_{t4}$  é a tensão de toque na cerca, na posição 4, aterrada.

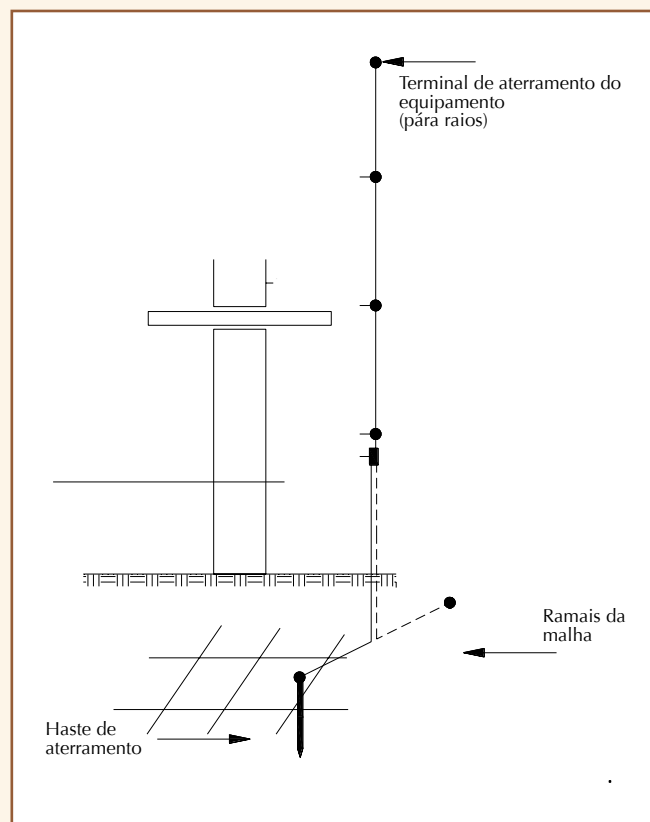
### Aterramento de equipamentos

A ABNT NBR 15751 apresenta no item 10.4 uma série de recomendações para aterramento dos diversos equipamentos que compõem uma subestação:

- Aterramento de para-raios sobre suportes e de disjuntores de corpo único;
- Aterramento de para-raios sobre vigas;
- Aterramento de transformadores de potencial indutivo;
- Aterramento de transformadores de potencial capacitivo;
- Aterramento de transformadores de corrente;
- Aterramento de isoladores de pedestal;
- Aterramento de chaves seccionadoras;
- Aterramento de disjuntores com polos separados;
- Aterramento de transformadores de potência monofásicos ou bancos de transformadores monofásicos;
- Aterramento de transformadores de potência trifásicos;
- Aterramento de reatores de potência;
- Aterramento de transformadores de serviços auxiliares;
- Aterramento de bancos de capacitores (aterrados ou isolados);
- Aterramento de postes de iluminação;

- Aterramento de luminárias e projetores instalados em colunas de concreto ou metálicas;
- Aterramento de tomadas de força e telefônicas do pátio da subestação;
- Aterramento de torres de telecomunicação (dentro ou fora da malha de terra);
- Aterramento de ferragens de cadeias de isoladores;
- Aterramento de cabos e hastes para-raios;
- Aterramento de blindagens de cabos isolados;
- Aterramento das canaletas e eletrodutos de pátio de subestação;
- Aterramento de caixas de passagem;
- Aterramento de circuitos segregados por função;
- Anel de amortecimento ou eletrodo de terra de blindagem;
- Aterramento dos equipamentos eletrônicos no interior da casa de comando;
- Aterramento de quadros de serviços auxiliares C.A.;
- Aterramento de quadros de serviços auxiliares C.C.;
- Aterramento de retificadores;
- Aterramento de banco de baterias;
- Tomadas de força no interior das edificações, geradores, leitos de cabos, esquadrias, portas e janelas.

Cada equipamento tem alguma particularidade para o aterramento que a norma detalha, principalmente, em relação aos pontos a serem aterrados, à bitola do condutor



**Figura 4 – Aterramento de equipamentos sobre suportes.**

de interligação, à fixação e aos tipos de conectores para esta interligação e forma (quantidade) de ligações à malha.

De forma geral, os equipamentos possuem terminais identificados para o aterramento. Estes terminais devem ser interligados diretamente à malha de terra por meio de um condutor de mesma seção que o da malha. Na maioria dos casos, perto do nível do solo, o cabo de interligação deve possuir um conector com duas saídas para que seja possível interligar o equipamento a dois pontos distintos da quadrícula da malha. Se o equipamento possuir suporte, o cabo de interligação deve ser fixado a ele de forma adequada, por exemplo, por meio de conectores de fixação a cada 2,5 metros. A Figura 4 mostra um exemplo de aterramento de equipamentos sobre suportes.

No caso de transformadores, o projeto da subestação deverá especificar detalhadamente os pontos de aterramento em função do tipo de transformador e ligações envolvidas.

Cuidados especiais sempre devem ser tomados no sentido de evitar a transferência de potenciais perigosos via elementos metálicos que partem da área ocupada pela malha de aterramento. Tubulações metálicas devem ser isoladas e seccionadas a partir do ponto de cruzamento deste com o último condutor da malha, por material com isolamento compatível em pontos predeterminados, possíveis de ocorrência de potenciais de toque acima dos toleráveis.

O uso de equipamentos ou de dispositivos de proteção e a utilização de transformadores de isolamento e/ou filtros são recomendados principalmente para os circuitos de comunicação e de baixa tensão.

Neste fascículo, pudemos notar que, embora haja um padrão a ser seguido para o aterramento dos componentes em uma subestação, há também uma série de detalhes a ser considerada e que está diretamente relacionada com a forma, com a quantidade, com a disposição e com a característica de cada elemento em questão. Esta condição torna cada caso uma situação particular e poderá influenciar de maneira crucial o desempenho do eletrodo, bem como o conceito de segurança a ser ali aplicado.

---

*JOBSON MODENA é engenheiro eletricista, membro do Comitê Brasileiro de Eletricidade (Cobei), CB-3 da ABNT, em que participa atualmente como coordenador da comissão revisora da norma de proteção contra descargas atmosféricas (ABNT NBR 5419). É diretor da Guismo Engenharia.*

*HÉLIO SUETA é engenheiro eletricista, mestre e doutor em Engenharia Elétrica, diretor da divisão de potência do IEE-USP e secretário da comissão de estudos que revisa a ABNT NBR 5419:2005.*

**Continua na próxima edição**  
**Confira todos os artigos deste fascículo em [www.osetoreletrico.com.br](http://www.osetoreletrico.com.br)**  
**Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para o**  
**e-mail [redacao@atitudeeditorial.com.br](mailto:redacao@atitudeeditorial.com.br)**