

## Capítulo VII

# Métodos normalizados para medição de resistência de aterramento

## Parte 2

*Jobson Modena e Hélio Sueta\**

Neste capítulo, será abordada a utilização do terrômetro alicate. Devido à praticidade e à facilidade de transporte e de manuseio, a medição com esse equipamento vem se popularizando e se mostrando bastante eficiente na determinação da resistência (impedância) de aterramento nos sistemas que servem as instalações elétricas, principalmente em áreas densamente edificadas. O método da queda de potencial, especificamente quando executado pelo terrômetro convencional, mostra-se completamente ineficaz e a ABNT NBR 15749 trata do assunto em seu anexo E.

### ***Construção, funcionamento e aplicação***

A maior parte desses medidores é construída na forma de um alicate de dois núcleos partidos e com dimensões para envolver os condutores do sistema de aterramento. Um dos núcleos gera uma força eletromotriz (f.e.m), que, por sua vez, produz a corrente elétrica que circula pelo circuito de

ensaio e o outro é um transformador para medida de corrente. Visando a atenuar perturbações provocadas pela presença de tensões indesejáveis, o que produziria erros nos resultados obtidos ou até mesmo inviabilizaria a execução do ensaio, os equipamentos geralmente trabalham com frequências de medição diferentes (entre 1,5 kHz e 2,5 kHz) da frequência industrial.

O equipamento possui núcleo ferromagnético e bobinas de N espiras que o envolvem. Esse núcleo, na forma de um alicate, deve “abraçar” um condutor auxiliar (ca) propositalmente conectado entre o eletrodo a ser medido (em) e um eletrodo auxiliar (ea), formando o circuito de ensaio (visto pelo terrômetro alicate como o elemento secundário de espira única): (em) + (ca) + (ea) e o trecho de solo entre eles. A medição é feita quando, pela bobina de tensão, o aparelho provoca uma f.e.m conhecida que induz corrente elétrica no circuito de ensaio:

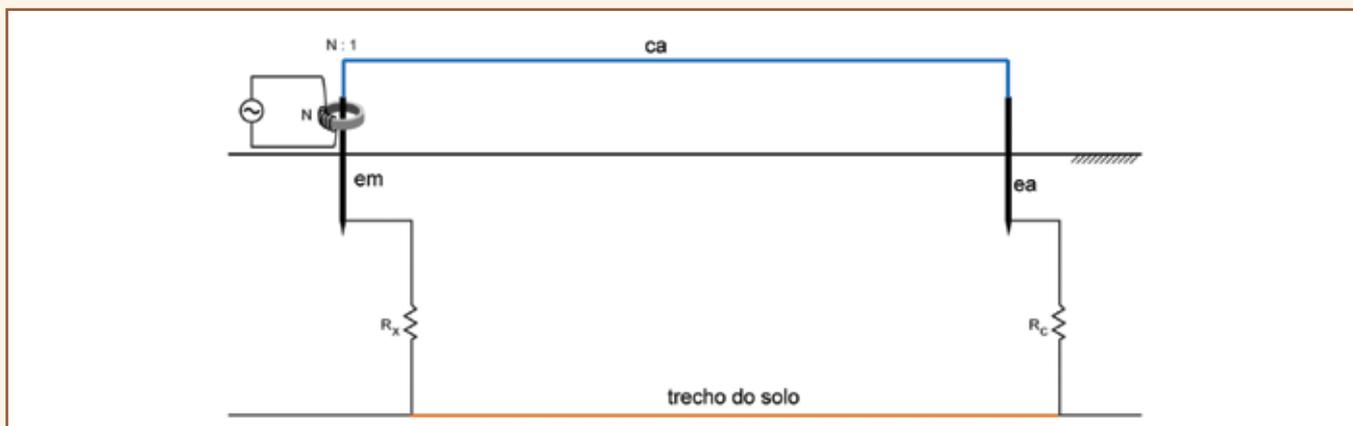


Figura 1 – Identificação do circuito de ensaio – aplicação da f.e.m.

A outra bobina de corrente do aparelho proporciona a medição da corrente induzida:

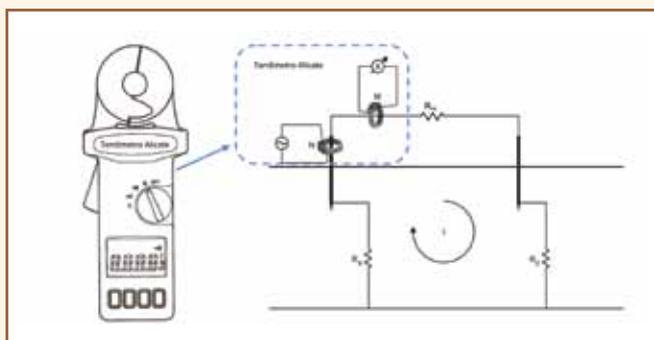


Figura 2 – Equipamento – surgimento e medição da corrente induzida.

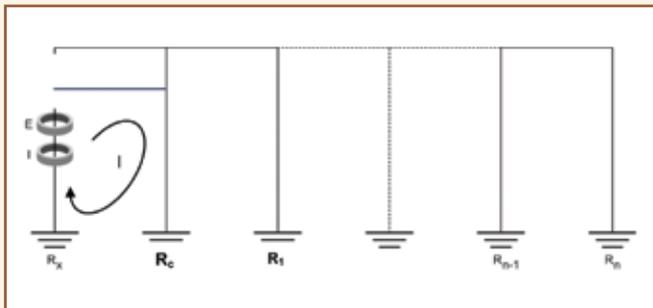
A soma dos valores das resistências (impedâncias) é obtida pela relação entre a tensão gerada e a corrente circulante, mas, dependendo do modelo do aparelho, é o valor apresentado em seu visor. Em que:

$R_{ca}$  = resistência (impedância) ôhmica do cabo de ensaio auxiliar;

$R_x$  = resistência (impedância) ôhmica do conjunto formado pelo eletrodo a ser ensaiado, mais a região do solo sob a zona de influência desse eletrodo; e

$R_c$  = resistência (impedância) ôhmica do conjunto formado pelo eletrodo auxiliar mais a região do solo sob a zona de influência desse eletrodo.

Para simplificarmos a condição apresentada, devemos sempre procurar tomar um eletrodo auxiliar que esteja interligado a um conjunto de outros eletrodos ligados em paralelo, por exemplo, os aterramentos do condutor PEN da concessionária ou o aterramento do cabo para-raios das torres de transmissão.



**Figura 3 – Sistema multiaterrado para referência – circulação preferencial da corrente elétrica.**

Sob essas condições:

$$R_x = [\text{Valor no aparelho}] - R_{ca}, \text{ pois}$$

$$R_c = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \dots + \frac{1}{R_{n-1}} + \frac{1}{R_n}} \cong 0;$$

Ainda:

$R_{ca}$  pode ser medido diretamente com o próprio terrômetro alicate. Basta inserir o equipamento na espira única criada quando se fecha as duas pontas do cabo auxiliar. Cuidados especiais devem ser tomados para que o cabo auxiliar não esteja enrolado ou forme espiras que possam influir no resultado da medição.

### Restrições para utilização

A vantagem da não necessidade em se cravar hastes auxiliares no solo e a redução da quantidade de condutores utilizados criam a tendência natural de se tentar realizar o ensaio em todos os eletrodos de aterramento com um terrômetro alicate. Não existe método universal para medição da resistência ôhmica de eletrodo de aterramento, portanto, todos os casos devem ser analisados individualmente e o melhor método de ensaio sempre será aquele que proporcione valores que traduzam o mais fielmente possível a realidade local, independentemente do nível de complexidade envolvido na execução do ensaio ou na obtenção dos resultados.

As seguintes restrições devem ser consideradas para este método:

1. Necessariamente deve existir um circuito fechado (laço), incluindo a resistência do aterramento que se deseja medir o eletrodo auxiliar de referência e o solo comum que os envolve. Dessa maneira, o equipamento não pode ser utilizado na medição de eletrodos que não formam parte de um laço;

*Comumente, vê-se o terrômetro sendo inserido em uma descida do SPDA (para-raios) de uma edificação e o valor obtido nessa “medição” é fornecido como a resistência ôhmica do eletrodo. ESTA PRÁTICA É ERRADA!*

*Neste caso, dependendo de outras restrições que serão mencionadas a seguir, apenas consegue-se um resultado confiável no ensaio se o eletrodo for desconectado do restante do SPDA e o aterramento do condutor PEN, que eventualmente servirá como eletrodo auxiliar, estiver distante o suficiente da edificação para que não haja superposição das suas zonas de influência.*

2. A resistência do sistema de aterramento que fecha o laço ( $R_{ca} + R_c$ ) deve ser muito menor que a resistência do aterramento sob medição. Para casos em que a resistência estiver na casa de unidades de Ohm, a boa prática da engenharia recomenda que ( $R_{ca} + R_c$ ) não ultrapasse a casa dos centésimos de Ohm;
3. Para todas as situações, a distância entre os eletrodos de aterramento sob ensaio deve ser suficiente para que não haja interpolação das suas respectivas zonas de influência;
4. Para o caso de vários eletrodos interligados, o ensaio só é válido em casos bastante específicos, como para a determinação da integridade dos condutores e conexões existentes no trecho (laço) ensaiado. A desconexão dos eletrodos para execução separada da medição de cada um, calculando posteriormente a resistência total pela soma dos resultados encontrados, não é um artifício válido especialmente por não se ter controle das zonas de influência de cada eletrodo;
5. O sistema sob medição deve ser percorrido por quase a totalidade da corrente injetada no terreno, ou seja, o posicionamento do equipamento e do condutor auxiliar é de extrema importância para o sucesso do ensaio.

A ABNT NBR 15749 ainda apresenta outros métodos de ensaio que serão abordados nos próximos capítulos.

*JOBSON MODENA é engenheiro electricista, 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 electricista, 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)