

Um teste para avaliação da qualidade de aterramentos elétricos

An evaluation methodology for electrical grounding quality and reliability

Osni Vicente¹
Silvia Galvão de Souza Cervantes¹
Henrique Santana¹
Francisco de Assis Scannavino Junior²

¹Universidade Estadual de Londrina

osni@uel.br
silvia@uel.br
hensan@uel.br

²USP São Carlos
scanna@uol.com.br

Abstract: The work shows a study of the quality of electrical grounding in the region of Londrina, Brazil. This study indicates the need for preventive maintenance and the need for a minimum quality of copper used in grounding systems. Among the many variables that affect the impedance of the ground, those related to electrochemical corrosion are discussed in more detail. The knowledge and control of natural corrosion of rods can ensure better grounding condition, reducing the danger of electric shock and damage to equipment caused by lightning and voltage variations. The work methodology consists in verifying the quality of electrolytic copper deposited on conventional grounding rods to the market by means of cyclic voltammetry test and analysis of results.

Keywords: Grounding, Materials, Power Systems, Grounding Rod.

Resumo: O trabalho mostra um estudo das condições de qualidade da uniformidade da camada de cobre sobre haste cobreada. Tal estudo indica a necessidade de novos ensaios de controle de qualidade durante recebimento ou compra de hastes cobreadas, bem como a necessidade de definir uma qualidade mínima do cobre utilizado nos sistemas de aterramento. Dentre as muitas variáveis que afetam a impedância do aterramento, são tratadas com mais detalhe as que se referem à corrosão eletroquímica. O conhecimento e o

controle da corrosão natural das hastes podem garantir melhores condições do aterramento, diminuindo os perigos de choque elétrico e danos causados aos equipamentos por descargas atmosféricas e variações de tensão. A metodologia do trabalho consiste na verificação da qualidade do cobre eletrolítico depositado sobre hastes de aterramento convencionais de mercado, por meio do teste de Voltametria Cíclica e análise dos resultados.

Palavras-Chave: Aterramento. Materiais. Sistemas de Potência. Haste de aterramento.

1 Introdução

Uma instalação elétrica bem projetada aliada a um aterramento adequado é fundamental para garantir a segurança de todo o sistema. O aterramento fornece um caminho adequado para a circulação de correntes, necessário para garantir melhor desempenho da instalação. Dessa forma, o controle das tensões e correntes evita a ocorrência de interferências eletromagnéticas, garante um caminho de baixa impedância e equipotencializa as tensões nos diversos ambientes, aumentando a segurança das pessoas e a proteção dos equipamentos [1].

Na literatura técnica, os estudos de SPDA são comumente divididos em três partes: o sistema de captação, os condutores de distribuição e o sistema de aterramento [9]. Muito se tem discutido sobre as técnicas de captação e sobre os condutores de descida. A norma NBR 5419/05 recolhe o resultado das principais discussões sobre o assunto nos últimos anos. Pouco se tem falado, no entanto, sobre as condições das hastes de aterramento através das quais a corrente se dispersa no solo.

A análise da dispersão é complexa, já que a entrada da corrente no solo depende de muitas variáveis, de controle bastante limitado, tais como condições de umidade, temperatura, compactação e composição do solo, etc. [3].

Partindo de diversas recomendações de normas [2], o presente trabalho procura avaliar as condições em que se encontram os revestimentos de cobre sobre o aço em hastes cobreadas, sistema típico muito utilizado em construções de pequeno e médio porte no Brasil. Para tal avaliação são aplicados testes de voltametria cíclica para observar o comportamento eletroquímico dos materiais.

Sabe-se que a qualidade de um aterramento depende de muitas variáveis, tais como as condições de umidade, temperatura, compactação e composição do solo [3].

Na busca por oferecer melhores condições de aterramento, este trabalho propõe uma técnica para testar a qualidade do revestimento de cobre em hastes cobreadas. Para tal avaliação são aplicados testes de voltametria cíclica para observar o comportamento eletroquímico.

Convém ressaltar que o trabalho não considera a ação de correntes de falta sobre os aterramentos, mas aplica-se somente ao estudo da integridade das hastes em solução de ácido sulfúrico 0,5 M.

2 Fundamentação

Para avaliação das condições de um aterramento é preciso conhecer as características físicas, químicas, eletroquímicas e biológicas a que este está submetido. A preservação e o funcionamento do aterramento como um todo dependem de muitas variáveis.

Antes de discutir as características físico-químicas do aterramento, convém analisar o modo como a corrente penetra no solo ao chegar à haste. A corrente se difunde através da terra formando linhas de corrente e tensão em torno do elemento condutor formado pela haste, como mostrado na Figura 1 [4]. Estas linhas de dissipação da corrente formam também um campo elétrico intenso e com decaimento rápido nas regiões próximas ao condutor, como mostrado na Figura 2, [1]. Por esta razão, é importante o controle da resistência de aterramento: más condições de aterramento provocam tensões mais elevadas junto à haste, podendo causar acidentes com pessoas ou animais que se posicionem no solo adjacente.

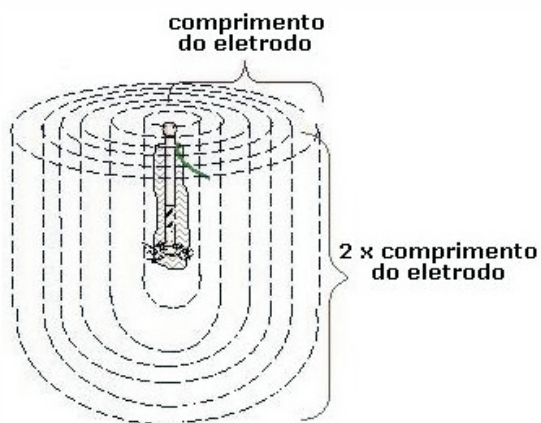


Figura 1: Distribuição das correntes no solo.

O escoamento das correntes pelo solo depende essencialmente de suas características físico-químicas, eletroquímicas e biológicas. A resistividade está associada à composição química, à umidade, à granulometria, à temperatura, à compacidade da massa de terra, etc [5].

O solo, normalmente, se apresenta como um condutor de correntes elétricas de resistências variadas. Os valores típicos de resistência de aterramento giram em torno de alguns ohms até algumas centenas de ohms [6].

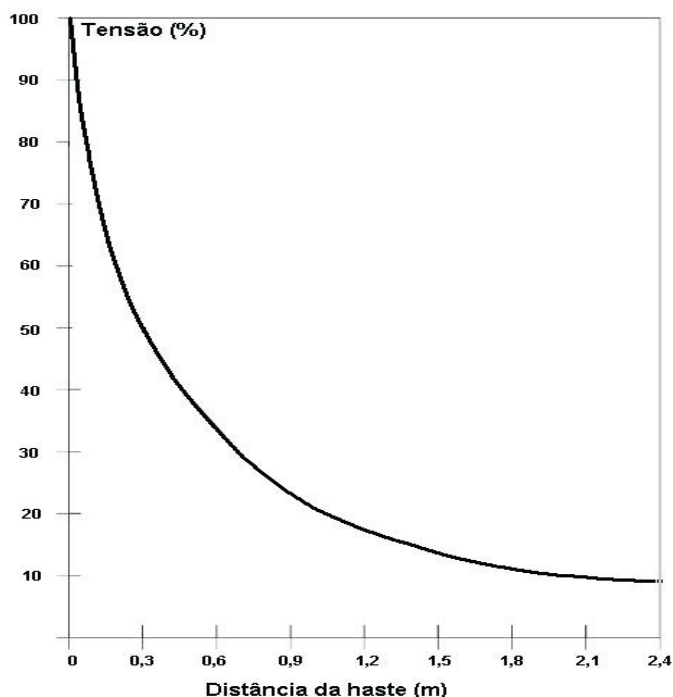


Figura 2: Distribuição de linhas de tensão.

Quanto ao arranjo físico, o aterramento será tanto mais eficiente quanto mais profundas se encontrarem as hastes, para que haja escoamento com maior extensão pelo solo e, conseqüentemente, menores tensões distribuídas no solo adjacente [1].

O tipo de solo influencia notavelmente a resistência de aterramento. Os tipos mais comuns são: lama, húmus, limo, argila, calcário, granito, basalto. Cada um deles apresenta certa composição de elementos que pode alterar o comportamento eletroquímico [6].

Por estar em contato direto com a terra, a haste de aterramento pode sofrer uma agressão eletroquímica acentuada. De modo geral, a composição química do solo pode determinar o desempenho da haste com o tempo.

Para diminuir os efeitos da corrosão eletroquímica, o cobre foi definido, por norma, como o elemento indicado para revestir a haste de aço. Para tanto, a norma NBR 13571/96 prevê que "As hastes de aterramento aço-cobreadas e seus acessórios devem ser fabricados com materiais de primeira qualidade que suportem as condições elétricas, mecânicas e químicas – resistência à corrosão – a que são submetidas quando instaladas". A norma prevê ainda a espessura mínima dessa película de cobre (0,254 mm) [7].

Convém destacar que a norma, embora não defina o grau de pureza do cobre, especifica que devem ser utilizados "materiais de primeira qualidade". Este detalhe, se não considerado, compromete a preservação do aterramento, uma vez que é sobre esta película que pode ocorrer a degradação de todo o sistema de aterramento.

3 Metodologia

Entre os tipos de aterramento utilizados em instalações residenciais e industriais, é bastante frequente o uso de hastes cobreadas. Por serem de aplicação relativamente simples e de baixo custo, foram adotadas neste trabalho como base de estudo.

Para avaliar a qualidade do cobre utilizado no revestimento das hastes, foram escolhidas três marcas de fabricantes comuns na região de Londrina. As hastes são de aço cobreado, possuem diâmetro 5/8", comprimento de 2,438 m com uma das pontas em cone para facilitar a penetração na terra.

Para utilização do cobre como eletrodo no ensaio de Voltametria Cíclica foram cortadas as pontas das hastes, em tamanho aproximado de 5 cm. Desse modo, as pontas foram submersas em uma cuba eletrolítica, com o cuidado de manter as extremidades cortadas fora da solução.

Os ensaios de voltametria foram realizados nos laboratórios do Departamento de Química da Universidade Estadual de Londrina. A solução eletrolítica foi preparada com ácido sulfúrico 0,5 molar. Foram selecionadas três marcas de hastes, escolhidas por sua disponibilidade no mercado de Londrina. Por razão dos resultados, citaremos o fabricante de somente uma delas: Intelli. As outras duas serão denominadas por "A" e "B".

Para o teste de Voltametria Cíclica foi utilizada como referência uma barra de cobre com grau de pureza de 98%. Foi realizado também um teste simples com as amostras retiradas das barras. Mergulhadas numa solução de Fe^{+3} , as amostras permaneceram em repouso durante sete dias. Após esse período, foram examinadas as amostras e a solução aquosa.

4 Resultados

As amostras retiradas da solução de Fe^{+3} apresentaram uma nítida corrosão na superfície de cobre. A reação espontânea entre os dois metais resultou numa corrosão do cobre (a solução ficou rica em Cu^{+2}).

Os resultados dos testes de Voltametria Cíclica estão representados nas figuras 3, 4 e 5.

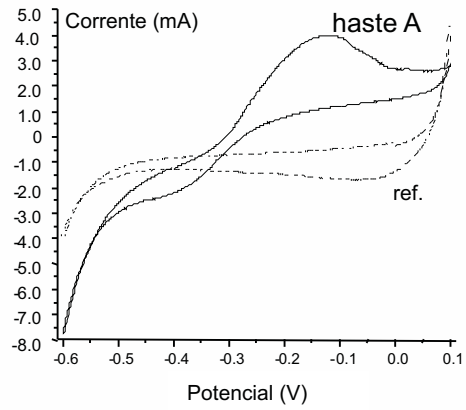


Figura 3: Teste de Voltametria cíclica: haste "A" x haste de referência 98% Cu.

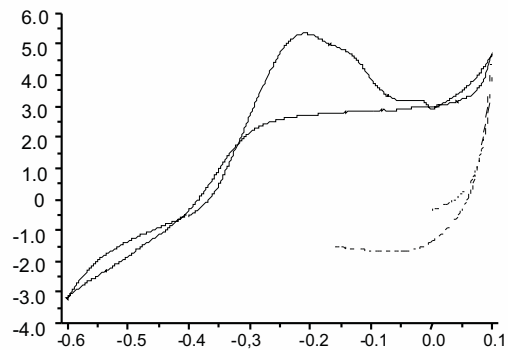


Figura 4: Teste de Voltametria cíclica: haste "B" x haste de referência 98% Cu.

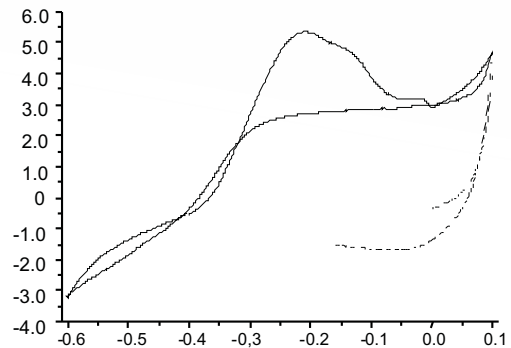


Figura 5: Teste de Voltametria cíclica: haste Intelli x haste de referência 98% Cu.

Pode-se observar na Figura 3 que a curva da haste de referência, com cobre 98% de pureza (ref.), mantém estabilidade superficial entre $-0,6$ e $0,0$ V. Além disso, não sofre oxidação nem redução no intervalo de potencial escolhido no experimento. Já a haste "A", teve estabilidade somente no trecho entre $-0,46$ e $-0,41$ V e ainda pode-se verificar o pico de oxidação ao redor do ponto $-0,12$ V, demonstrando que o revestimento não foi depositado de forma uniforme sobre o aço, formando uma estrutura pouco

compactada para resistir a uma situação de corrosão. Na Figura 4, verifica-se o comportamento da haste “B”. Tal haste teve praticamente o mesmo voltamograma da haste “A”. Aproximadamente no ponto -0,23 V houve o pico de oxidação do cobre, também não apresentando uma região estável comparada à haste referência, apresentando o mesmo problema de corrosão da haste “A”. Na Figura 5, verifica-se que o comportamento eletroquímico da haste Intelli, foi muito semelhante ao obtido com a haste de referência. A haste da marca Intelli demonstra a mesma região de estabilidade da haste de referência.

5 Conclusões

Os gráficos mostram que houve oxidação do substrato através da porosidade do revestimento de cobre para os fabricantes “A” e “B”. Isso significa que o revestimento utilizado possui uniformidade de camada não tão boa quanto à da Intelli.

Os resultados mostram que muitos fabricantes de hastes de aterramento não atendem as exigências da NBR 13571/96. Embora a norma não especifique exatamente o valor mínimo aceitável dos “materiais de primeira qualidade”, nota-se que, dos três fabricantes analisados, somente um deles possui uniformidade de camada aceitável.

Para se ter uma avaliação mais segura sobre a pureza do cobre seria necessário recorrer a outros testes. No entanto, dentro do que foi obtido, nota-se a importância da verificação periódica das condições de aterramento existentes em instalações prediais, pois duas das três hastes comerciais testadas não possuem uma qualidade confiável de material depositado. É conveniente, portanto, também a previsão, na fase de projeto, de pontos de acesso para a manutenção das hastes.

Conclui-se também que é necessário divulgar entre os usuários a importância de um sistema de aterramento de qualidade. Seria também conveniente que a norma brasileira estabelecesse um critério mais claro sobre o que se considera como “materiais de primeira qualidade”, que permite interpretações subjetivas.

6 Referências

- [1] Cotrim, A.M.B., *Instalações Elétricas*. Prentice Hall, São Paulo, 2003. 4ª edição.
- [2] NBR 5410/04. *Instalações Elétricas de Baixa Tensão*. ABNT.
- [3] Kindermann, G., Campagnolo, J.M., *Aterramento elétrico*. Edit. Sagra D.C. Luzzatto, Porto Alegre, 1998, 4ª edição.
- [4] Howard, J., *Ground Resistente, Testing & Ohm's Law (Parte I)*, in <http://www.lyncoln.com>
- [5] Ospina, F.C., *Tierras, Soporte de la Seguridad Eléctrica*. Seguridad Eléctrica Ltda, Bogotá, 2003.
- [6] Visacro Filho, S., *Aterramentos Elétricos – Conceitos Básicos, técnicas de Medição e Instrumentação, Filosofia de Aterramento*. Editora ArtLiber, São Paulo, 2002.
- [7] NBR 13571/96, *Haste de Aterramento Aço-Cobreada e Acessórios*. ABNT.
- [8] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa - http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/A_G01_98_10112005101957.html – acesso: 18/02/2009.