

AVALIAÇÃO EM CAMPO DE DIFERENTES EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA A MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO

Lucas Cardoso da Silva¹, Márcio Augusto Tamashiro², Kaison Teodoro de Sousa³, Antonio Marcelino da Silva Filho⁴, Humberto Rodrigues Macedo⁵

¹Graduando em Engenharia Elétrica - IFTO. Bolsista do PIBIC. e-mail: <lucascardoso.engeletrica@gmail.com>

²Professor de Graduação em Engenharia Elétrica - IFTO. e-mail: <tamashiro@ifto.edu.br>

³Professor de Graduação em Engenharia Elétrica - IFTO. e-mail: <kaison@ifto.edu.br>

⁴Professor de Graduação em Engenharia Elétrica - IFTO. e-mail: <marcelino.filho@ifto.edu.br>

⁵Professor de Graduação em Engenharia Elétrica - IFTO. e-mail: <humberto.macedo@ifto.edu.br>

Resumo: Este trabalho apresenta inicialmente um resumo sobre o conceito e a importância dos sistemas de aterramento. Elenca ainda as normas brasileiras pertinentes, destacando o método de medição e a metodologia mais utilizadas para a medição da resistência de aterramento. E de forma prática e qualitativa compara 3 modelos diferentes de instrumentos de medição (terrômetros) que estão disponíveis para uso nas aulas práticas dos cursos ofertados pela Coordenação da Área Indústria do IFTO – Campus Palmas. Apesar da existência de uma norma sobre a medição da resistência de aterramento, que apresenta o método e os procedimentos para a sua realização, a atividade prática permite ter uma melhor compreensão do assunto. Dúvidas ou problemas decorrentes de qualquer atividade realizada na prática podem ser tratados de forma mais efetiva do que a simples leitura da norma. As observações e os resultados obtidos, bem como as discussões e as conclusões sobre a utilização desses instrumentos estão disponíveis ao longo deste artigo.

Palavras-chave: aterramento elétrico, medição elétrica, resistência de aterramento, terrômetro.

1 INTRODUÇÃO

Toda instalação elétrica de média e baixa tensão, para funcionar com desempenho satisfatório e ser suficientemente segura contra risco de acidente fatais, deve possuir um sistema de aterramento dimensionado adequadamente para as condições de cada projeto (MAMEDE, 2007).

O projeto de um sistema de aterramento, seja ele constituído desde um pequeno sistema com malha de aterramento simples em linha até aos mais complexos, compostos de grandes malhas de significativa extensão, requer efetivamente o cálculo da resistência de aterramento e dos potenciais na superfície do solo, sendo que este sistema de aterramento é elaborado com o objetivo de ser um elemento ativo no circuito, devido às necessidades de segurança das pessoas, em contato ou próximas às partes condutoras, e manter a continuidade do sistema elétrico. A realização de um sistema de aterramento tem como uma das premissas básicas, determinar o menor valor possível da resistência de aterramento, não permitindo que sejam ultrapassados os valores de potenciais que originam correntes capazes de provocar fibrilação ventricular (ALKMIN et al., 2003).

A aferição ou medição da resistência de aterramento pode ser feita com um aparelho do tipo analógico ou eletrônico denominado terrômetro. Os terrômetros analógicos baseiam sua operação nos fenômenos eletromagnético e/ou eletrostático, como a ação de um campo magnético sobre uma espira percorrida por corrente elétrica ou a repulsão entre duas superfícies carregadas com cargas elétricas de mesmo sinal. Já os digitais baseiam-se na conversão dos sinais analógicos de entrada, neste caso sinais de tensão e de corrente elétrica, em dados digitais.

Apesar da existência de uma norma sobre a medição da resistência de aterramento, que apresenta o método e os procedimentos para a sua realização, a atividade prática permite ter uma melhor compreensão do assunto. Dúvidas ou problemas que sempre ocorrem podem ser tratados de forma mais efetiva do que a simples leitura da norma. Assim, este trabalho comparou em campo, de forma qualitativa, três modelos diferentes de terrômetros digitais: EM4058 MEGABRAS, ITTMD 20KW INSTRAM e TR-4200 ICEL MANAUS, que estão disponíveis para uso nas aulas práticas dos cursos ofertados pela Coordenação da Área Indústria do IFTO – Campus Palmas. Esses modelos foram utilizados na medição da resistência de aterramento de uma haste cobreada de 5/8 envolvida por concreto com o objetivo de trazer, a estudantes de Engenharia Elétrica e demais interessados no assunto, informações qualitativas quanto ao uso na prática de instrumentos de medição adequados, atuais e com diferentes recursos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO/ESTADO DA ARTE

A norma ABNT NBR 15749 (2009), intitulada Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento, estabelece os critérios e métodos para a medição da resistência de sistemas de aterramentos e de potenciais na superfície do solo, bem como define as características gerais dos equipamentos que podem ser utilizados nas medições e os conceitos para avaliação dos resultados.

Entre os métodos apresentados na norma está o método da queda de potencial (MQP). Esse método consiste na aplicação de uma corrente na haste principal do sistema de aterramento ou eletrodo de teste localizado num ponto T do solo (Figura 1).

Assim, faz-se circular uma corrente entre os pontos T e C do solo, onde neste encontra-se uma haste auxiliar ou eletrodo de corrente (Figura 1). Devido à passagem dessa corrente, surge uma queda de tensão (potenciais na superfície do solo). Esses potenciais são medidos através da haste ou eletrodo de potencial instalado num ponto P. Com as leituras da corrente e tensão o equipamento informa o valor da resistência do aterramento. Variando-se a distância “x” entre os eletrodos dos pontos P e T, tem-se a medição da resistência em cada ponto escolhido, conforme a Figura 2.

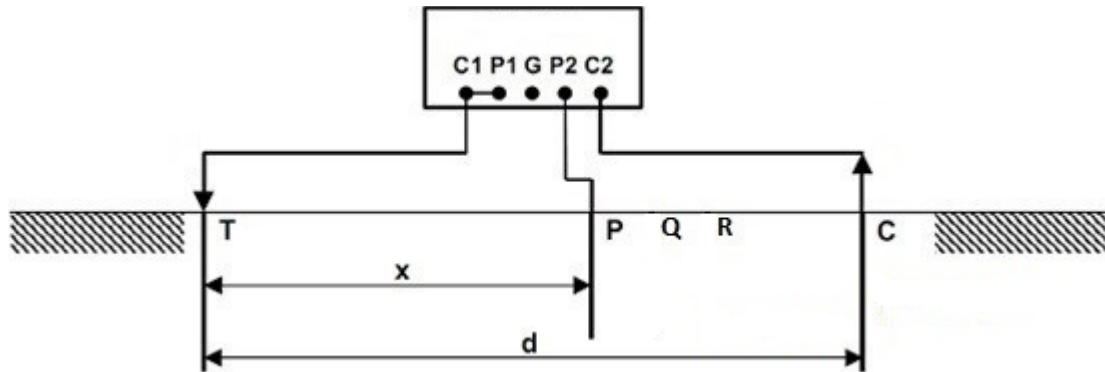


Figura 1 – Medição da resistência de aterramento. Fonte: elaborado pelo autor.

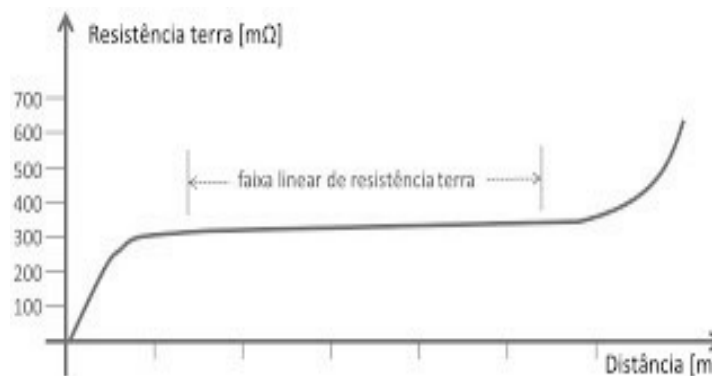


Figura 2 – Curva característica da resistência de aterramento. Fonte: Paulino, 2012.

A resistência real do aterramento, para solos homogêneos, se dará quando a haste de potencial estiver entre a haste principal do sistema de aterramento e a haste auxiliar, a aproximadamente 60% de distância da primeira, dentro da faixa linear de resistência de terra conhecida também como região do patamar (PAULINO, 2012).

Para ser mais exato, segundo ABNT NBR 5410 (2004), isso ocorre a cerca de 61,8% de uma distância “d” entre a haste principal do sistema de aterramento e a haste auxiliar. Essa distância “d” é estimada de modo que não haja influência mútua entre as hastes. E em relação à resistência de aterramento a NBR-5410 (2004) recomenda ainda um valor na ordem de 10Ω.

O método MQP é bastante conhecido e o mais utilizado até hoje, tanto que em Lima Neta et al (2016), os autores o utilizam na apresentação de uma proposta para a aprendizagem da medição de

resistência de aterramento baseada em um experimento cujos recursos e práticas podem ser aplicadas ao ensino e aprendizagem da disciplina de Instalações Elétricas.

3 METODOLOGIA/MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização das medições deste artigo foram utilizados 3 terrômetros digitais de fabricantes diferentes (Megabras, Instrutemp e Icel). Esses equipamentos são os que estão disponíveis para uso nas aulas práticas dos cursos ofertados pela Coordenação da Área Indústria do IFTO – Campus Palmas.

A Tabela 1 apresenta um resumo das características dos instrumentos utilizados.

Tabela 1 – Características técnicas dos terrômetros.

Fabricantes	Megabras	Instrutemp	Icel
Modelo	EM4058	ITTMD 20KW	TR-4200
Escala de medição de resistência de aterramento	0-20 K Ω	0-20 K Ω	0-2 K Ω
Frequência de Operação	270 Hz, 570 Hz, 870 Hz, 1170 Hz, 1470 Hz	105 Hz	820 Hz
Forma de Onda	Onda senoidal	Onda quadrada	Onda senoidal
Temperatura de Operação	-10°C a 50°C	0°C até 50°C	0° a 40°C
Precisão de Leitura	1,5%	2% a 5%	1,0%

Fonte: manual técnico de cada instrumento

O modelo da Megabras é capaz de realizar a medição de resistência de aterramento com fundo de escala de 20 K Ω , variando a frequência de operação em 270 Hz, 570 Hz, 870 Hz, 1170 Hz e 1470 Hz (MEGABRAS, 2018). Já o modelo ITTMD 20KW da Instrutemp, com o mesmo fundo de escala de 20 K Ω , realiza a medição da mesma grandeza elétrica em apenas uma frequência de operação de 105 Hz (INSTRUTEMP, 2018). E o da Icel possui fundo de escala de apenas 2 K Ω e também realiza a medição em apenas uma frequência de operação, sendo esta de 820 Hz (ICEL, 2018).

As medições da resistência de aterramento foram realizadas em um local plano disponibilizado pelo Instituto Federal do Tocantins, Campus Palmas. Um dos aterramentos existentes nesse local e que foi utilizado neste artigo consiste em apenas uma haste cobreada de 5/8” de 1 metro de comprimento, envolvida por uma camada de concreto com diâmetro de 100 mm. Ele faz parte de um conjunto de experimentos mais abrangente que ainda está em andamento.

região do patamar desse aterramento foi determinada em medições anteriores, sendo a sua posição média estimada em torno de 25m a partir da haste de 100mm (ponto Q da Figura 1).

Uma pequena parte da haste concretada fica exposto ao vento, poeira e chuva, em função disso, um procedimento adotado foi a de limpá-la com uma escova de metal, para que um possível mal contato com os conectores dos cabos do terrômetro não interferisse na medição.

Para cada instrumento foram realizadas somente três medidas na região do patamar do aterramento, começando por um ponto mais distante do aterramento, que pode ser identificado na Figura 1 pela letra R, depois Q e por fim P. Os pontos de medição P e R distam cada um 1 m do ponto Q. Em cada um desses pontos foi então cravada a haste teste de 40 cm para que as medições pudessem ser efetuadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 2 apresenta os valores obtidos após a realização das medições da resistência de aterramento com apenas 2 tipos de terrômetros utilizados neste artigo. Não foi possível realizar a medição com o modelo da Icel, TR-4200, pois o valor da resistência de aterramento ultrapassou o fundo de escala desse instrumento, de no máximo 2 K Ω . São apresentados ainda a média e o desvio padrão das medições efetuadas com cada instrumento.

Tabela 2 – Resultado das medições da resistência de aterramento.

Pontos de Medição	Megabras (EM4058)	Instrutemp (ITTMD 20KW)
P	3,13 K Ω	2,84 K Ω
Q	3,11 K Ω	2,74 K Ω
R	3,13 K Ω	2,76 K Ω
Média	3,12 K Ω	2,78 Ω
Desvio padrão	$1,16 \times 10^{-2}$	$5,29 \times 10^{-2}$

Fonte: elaborado pelo autor

Dos valores tabelados é possível verificar que modelo EM4058, da Megabras, possui uma pequena variação de um ponto de medição para o outro, enquanto que o ITTMD 20KW apresenta valores mais baixos porém com uma variação maior. O que pode ser confirmado pela comparação dos valores de desvios padrões. O maior valor médio da resistência de aterramento foi medido pelo aparelho da Megabras.

A Tabela 3 apresenta as medições para as diferentes frequências definidas no terrômetro EM4058. O equipamento apresenta ainda, de forma automática, a média aritmética dos valores obtidos para cada frequência.

Tabela 3 – Resultado das medições da resistência de aterramento fornecidas pelo instrumento da Megabras.

Pontos de Medição	270 Hz	570 HZ	870 Hz	1170 Hz	1470 Hz	Média
P	3,32 K Ω	3,18 K Ω	3,10 K Ω	3,04 K Ω	2,99 K Ω	3,13 K Ω
Q	3,31 K Ω	3,17 K Ω	3,09 K Ω	3,02 K Ω	2,97 K Ω	3,11 K Ω
R	3,32 K Ω	3,18 K Ω	3,10 K Ω	3,04 K Ω	2,99 K Ω	3,13 K Ω
Média	3,32 K Ω	3,18 K Ω	3,10 K Ω	3,03 K Ω	2,98 K Ω	3,12 K Ω

Fonte: elaborado pelo autor

Comparando as medições obtidas no modelo da Instrutemp com os da Megabras na frequência de 870 Hz, por ser esta mais próxima da frequência de 820 Hz do ITTMD 20KW, as medições ainda apresentam diferenças para baixo.

5 CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

A resistência de aterramento de um mesmo aterramento, constituído por uma única haste concretada de 100 mm, foi obtida utilizando modelos de equipamentos digitais de 3 fabricantes diferentes. Com um deles, o modelo da Icel, não foi possível obter o valor da medição, em função da resistência do aterramento apresentar valor superior a seu fundo de escala. Sendo assim, esse instrumento seria mais adequado somente para fins didáticos, no caso, por exemplo, da realização de uma aula prática para a medição da resistência de um aterramento qualquer.

Dos resultados obtidos, observando-se os valores obtidos e o desvio padrão das medições, o equipamento da Megabras foi o que apresentou os melhores resultados. O seu único inconveniente é o preço de aquisição, em torno de R\$10.00000, sendo o mais caro entre os modelos utilizados, mas com recursos que permitem um melhor suporte para atividades tanto de ensino como de pesquisa.

Cabe destacar que o valor mais alto obtido para a resistência do aterramento, com esse instrumento, é um valor mais aceitável. Valores de resistência muito baixos são melhores, pois favorecem o escoamento da corrente elétrica, sendo que o ideal seria 0 Ω . Mas não é o que ocorre na prática e no caso da realização da mesma medição com diferentes equipamentos, aquele que apresentar o maior valor sugere de forma prudente a necessidade da realização de uma inspeção, para analisar e corrigir, se possível, o sistema de aterramento visando sempre a redução da resistência de aterramento.

Os resultados deste trabalho poderão ainda subsidiar decisões futuras para a aquisição de terrômetros de modelos mais adequados para as atividades de ensino e/ou pesquisa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: instalações elétricas de baixa tensão, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15749**: Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento, 2009.

ALKMIN, J.T.D., CAMPELO, N.S, SOUZA, F.C.R., MELO, A.C., CORDEIRO, L.C., PAZ, E.C., PAZ, D.S., ARAGÃO, A.F. **Malhas de Aterramento do Sistema Elétrico da Concessionária Manaus Energia S.A., estudos de casos**. 2003. Artigo publicado II congresso de inovação tecnológica em engenharia elétrica.

ICEL. Manual de instruções do terrômetro digital modelo TR-4200. Disponível em: <<http://www.icel-manau.com.br/manual/92.pdf>>. Acesso em: 08 de Agosto 2018.

INSTRUTEMP. Manual de Instruções – medidor digital de resistência de aterramento e resistividade do solo ITTMD 20KW. Disponível em: <http://instrutemp.provisorio.ws/2010_09/ITTMD%2020KW.pdf>. Acesso em: 08 de Agosto 2018.

KINDERMANN, G.; CAMPAGNOLO, J.M. **Aterramento elétrico**. Editora Sagra DC Luzzatto, 3a Edição. Porto Alegre, 1995.

LIMA NETA, R. M.; SILVA, A. A. P.; GURGUEL NETO, J. M.; NASCIMENTO, J. A.; MOURA, T. L. M.; ROCHA, I. C. C.. **Uma Experiência Didática de Atividade em Campo para Medição de Resistência de Aterramento**. XLIV CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. COBENGE 2016. UFRN/ABENGE.

MAMEDE, J. Instalações elétricas industriais. 7.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

MEGABRAS. EM4058, terrômetro digital inteligente. Disponível em: <<https://www.megabras.com/pt-br/produtos/terrometro/terrometro-digital-EM4058.php>>. Acesso em: 08 de Agosto 2018.

PAULINO, MEC. **Experiência da CELESC Distribuição nas Medições de Resistência de Aterramento em Subestações Energizadas Utilizando Variação de Frequência**. XX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica – 2012,2012.