

FATORES QUE AFETAM A RESISTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO**FACTORS THAT AFFECT THE ELECTRICAL RESISTIVITY OF THE SOIL**

Victor Henrique Naouroski dos Santos, Maicon Lucas Morbach, Leonardo de Paula Teixeira

SANTOS, Victor Henrique Naoruski dos, MORBACH, Maicon Lucas, TEIXEIRA, Leonardo de Paula. Fatores que afetam a resistividade do solo. Revista Tecnológica da FATEC-PR, v.1, n.11, p. 106-116, jan/dez, 2020.

RESUMO

Sendo o Brasil um dos países que lidera o ranking mundial de descargas atmosféricas, desferindo danos tanto materiais e econômicos quanto também aos seres vivos, percebe-se a grande importância de um estudo das características que compõem o solo que influenciam na dissipação das correntes elétricas em sistemas de aterramento. Pois isto dificulta a realização do sistema SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas). Para se chegar a um método eficiente de análise do solo se faz necessário a realização de estudos em documentos, principalmente monografias e livros, através de procedimentos de pesquisa documental e de revisão bibliográfica. Desta maneira, identificam-se as características e aspectos impactantes do solo que atrapalham a habilidade deste em conduzir a descarga elétrica. Sendo identificados os seguintes aspectos a composição mineral, tipo, temperatura, umidade, compactidade, granulometria e estratificação. Com base nas informações e o resultado obtido, compreensão dos fatores impactantes na resistência do solo, o presente artigo possibilita aos futuros pesquisadores do assunto que deem continuidade na pesquisa, e contribui também para todos os que necessitam de informações sucintas e claras acerca do tema.

Palavras chave: aterramento elétrico, solo, resistência elétrica.

ABSTRACT

As Brazil is one of the countries that leads the world classification of atmospheric discharges, causing material and economic damage and also to living beings, one realizes the great importance of a study of the characteristics that compose the soil that influence in the dissipation of the electric currents in the grounding systems. Because this makes it difficult to execute the ADPS (Atmospheric Discharge Protection Systems). To arrive at an efficient method of soil analysis, it is necessary to carry out studies in documents, mainly monographs and books, through documentary research and bibliographic review procedures. In this way, the characteristics and important aspects of the soil that hinder its ability to conduct electrical discharges are identified. Because this makes it difficult to execute the ADPS (Atmospheric Discharge Protection Systems). To arrive at an efficient method of soil analysis, it is necessary to carry out studies in documents, mainly monographs and books, through documentary research and bibliographic review procedures. In this way, the characteristics and important aspects of the soil that hinder its ability to conduct electrical discharges are identified. The following aspects were identified: mineral composition, type, temperature, humidity, compactness, granulometry and stratification. Based on the information and the result obtained, understanding the impacting factors on soil resistance, this article allows future researchers on the subject to continue their research, and also contributes to all those who need succinct and clear information on the topic.

Keywords: electrical grounding, soil, electrical resistance

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o Brasil lidera o ranking mundial em registros de raios, tendo em média 77,8 milhões de raios por ano e 300 mortes anuais. Dessa forma, medidas de segurança devem ser tomadas, o aterramento elétrico.

O aterramento consiste na equipotencialização de todas as massas metálicas proporcionando uma superfície equipotencial onde estão os componentes da instalação elétrica, equipamentos e nas áreas de circulação de pessoas, protegendo-as contra o choque elétrico.

Os sistemas de aterramento não têm por objetivo a proteção somente em relação às descargas atmosféricas, mas também correntes de curto-circuito, surtos de chaveamento e harmônicas. É importante ressaltar que para um aterramento eficiente é necessário que se obtenha a resistência mais baixa possível ou que esse valor esteja dentro do recomendado pelas normas técnicas para uma proteção adequada.

Para tanto, se faz necessário todo um estudo do solo local, identificando suas características e implicações dessas sobre a resistividade elétrica. Todos os diferentes tipos de solo apresentam também diferentes resistividades, a qual pode ser alterada pela salinidade, umidade, estratificação, compactação, etc. (FLANDOLI, FABIO, 2017).

Tendo apresentado tais fatos, notou-se a necessidade da realização de uma pesquisa que abordasse os fatores do solo que implicam no aumento ou diminuição da resistividade elétrica desse.

2 OBJETIVOS

Estudar as características do solo que influenciam na dissipação das descargas elétricas em sistemas de aterramento. Para tanto, alguns objetivos específicos deverão ser atendidos, como: a) Estudar o subsistema de aterramento; b) Estudar as propriedades do solo que impactam no aterramento elétrico; c) Relacionar as propriedades do solo com o aterramento.

3 JUSTIFICATIVA

O presente artigo motiva-se pela grande dificuldade da realização de aterramento elétrico em solos de alta resistividade e como o Brasil apresenta maior incidência de raios (INPE), nota-se a real importância do aterramento elétrico, a fim de proteger a vida e aos bens materiais. Por esse motivo, percebeu-se a necessidade de realizar um estudo de revisão bibliográfica para compreender as características do solo que implicam no aumento da resistividade elétrica.

4 METODOLOGIA

O presente artigo utiliza-se de uma pesquisa documental e de revisão bibliográfica de natureza básica e descritiva para compreender como e quais elementos influenciam na dissipação de descargas atmosféricas no solo através de um aterramento elétrico (GIL, 2002). A pesquisa documental e de revisão bibliográfica recorre a dados extraídos de qualquer tipo de documento, como livros, revistas, documentários, etc. para formular a base teórica do projeto. Dessa forma, esse tipo de procedimento é o que melhor se enquadra no objetivo do trabalho, que é a descrição teórica acerca do tema, pois para tanto é necessário o estudo e análise de materiais anteriormente publicados.

5 ATERRAMENTO ELÉTRICO

O aterramento elétrico consiste na ligação de equipamentos ou sistemas a terra, através de um componente condutor, a fim de garantir o escoamento de cargas de fuga. De maneira a assegurar a descarga de corrente elétrica indesejada, permitir funcionamento adequado de equipamentos, e a integridade física das pessoas. (ENGEHALL, 2018).

Os tipos de aterramento elétrico existentes são utilizados e selecionados a partir de dois aspectos principais, são eles a característica de baixa frequência, e a contenção de descargas atmosféricas.

O Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) é uma medida de segurança tomada para proteção de edificações, esse tem o objetivo de conduzir a descarga atmosférica pela estrutura até o solo e dissipa-la de maneira segura. Esse é dividido em três subsistemas: sistema de captação, distribuição de corrente e de aterramento. (STÉFANI, 2011).

Cada um dos subsistemas apresentam elementos que desempenham diferentes funções, entretanto este artigo foca nos componentes do subsistema de aterramento.

O subsistema de aterramento compreende todos os equipamentos utilizados diretamente na terra visando a dissipação da descarga atmosférica. Para que isso ocorra de forma segura é necessário que o aterramento apresente a menor resistividade possível, evitando dessa maneira diferenças de potencial discrepantes na área a ser protegida.

A resistência do aterramento pode ser influenciada por fatores do solo e pelos equipamentos utilizados no aterramento, pois aspectos como, a dimensão e composição do eletrodo e a distancia entre as hastes influenciam na eficiência do aterramento.

O subsistema de aterramento é composto basicamente por materiais condutores, hastes, cabos, anéis, encanamentos e a própria armação de aço da fundação estrutural da edificação. Todos esses equipamentos devem ser ligados de forma correta e imersos na terra, de maneira que formem uma malha homogênea de aterramento. (STÉFANI, 2011).

6 CARACTERÍSTICAS DO SOLO QUE IMPACTAM NA RESISTÊNCIA

A característica do solo impacta diretamente na dissipação da corrente elétrica, logo o estudo de tais características é de importância fundamental para a elaboração de um projeto de aterramento elétrico, seja ele em altas ou baixas frequências. (RAIZER, ADROALDO, 2007).

O solo não é uma porção homogênea, pelo contrário se feito um corte transversal percebe-se a sua característica heterogênea, várias camadas condutoras e não condutoras. Essa diferença de condutividade ocorre a fatores intrínsecos do solo (composição mineral, tipo, temperatura, umidade, compactação, granulometria e estratificação) e que resultam na chamada resistividade do solo.

Essas características impactam de diferentes maneiras a dissipação da descarga elétrica no solo. Entretanto, existe um tópico comum a todas essas características citadas, a água, já que ela é responsável por boa parte da condução da descarga elétrica no solo.

A questão da temperatura impacta de duas formas, com sua elevação ou diminuição. O aumento da temperatura resulta na evaporação da água (diminuição da umidade), logo impacta diretamente na condução elétrica aumentando significativamente a resistividade do solo. Já a redução da temperatura favorece a condutividade, já que a porcentagem de umidade irá se manter. Essas afirmações são válidas a faixas de temperatura que variam de 0°C a 25°C. Sendo a variação em torno de 10°C a que apresenta a melhor resistividade para aterramentos elétricos, ou seja, a menor resistência. (UNESP)

As características físicas do solo, compactação, granulometria e estratificação, também impactam diretamente na resistividade do solo, respectivamente. Um solo mais compacto diminui as descontinuidades físicas, ou seja, torna-se um solo contínuo que proporciona a redução da resistividade. A granulometria do solo pode tanto melhorar como piorar a propagação da descarga, por exemplo, o solo com taxa granulométrica baixa (dimensões menores) diminui a resistência, pois apresenta maior continuidade entre as partículas que resulta no aumento da capacidade de retenção de umidade e na continuidade física desse; logo o processo inverso aumenta a resistividade. Como todo solo apresenta faixas de estratificação, diferenças de composição, um solo pode ser mais estratificado ou menos, dessa forma determinar a influência da estratificação na resistência do solo requer uma análise individual do solo em questão. Isso ocorre devido as diferenças de composição de cada faixa estratificada já que a composição mineral e os fatores do intemperismo exercem grande influência na estratificação do solo. (MARANHÃO, Celsa, 2008).

A água, como citado, apresenta-se em todos os tópicos, por essa razão é importante também listar as características que alteram a capacidade da água conduzir a eletricidade. Como conhecido a água pura é um mau condutor elétrico, por esse motivo ela depende da quantidade e o tipo de sal adicionado nela, logo o solo que conter uma grande quantidade de água e essa por sua vez conter elevados níveis de sais dissolvidos, será um solo com alta capacidade

condutora e baixa resistência, o que é ótimo para o aterramento elétrico. Como mostra a tabela abaixo a relação entre a quantidade de sal adicionado ao solo, de umidade de 15% (Percentual em peso) e temperatura de 17°C, e sua resistividade. (UNESP)

Tabela 1- Influência da concentração na resistência elétrica

Sal adicionado (% em peso)	Resistividade ($\Omega.m$) Solo arenoso
0	107
0,1	18
1,0	1,6
5,0	1,9
10,0	1,3
20,0	1,0

Fonte: Unesp, s. d.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A eficiência de todo aterramento elétrico está intimamente ligada aos fatores intrínsecos do solo, como a compactação, no entanto foi possível compreender a importância e a influência da água em cada item que afeta a dissipação da corrente elétrica. Como o gráfico abaixo mostra, o aumento da umidade diminui a resistência.

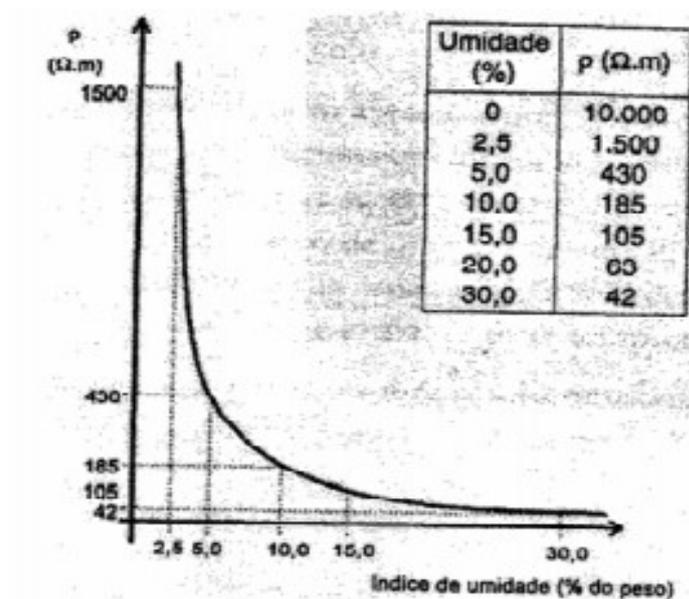


Figura 1- Umidade vs resistência

Fonte: Unesp, s. d.

Dessa forma, ela mostra-se como fator majoritário para a determinação de qual método de aterramento usar. Uma vez que aterramentos do tipo malha são utilizados em solos secos (maus condutores), pois assim aumentando a área de contato com o solo diminui-se a resistência do mesmo. Já o tipo haste é recomendado a solo cujas características sejam opostas ao do tipo malha, visto que não há a necessidade de gasto a mais em material, uma vez que o solo em questão já seja um bom condutor. Então, sabendo de tal característica, e utilizando os outros aspectos como complemento, é possível determinar através dela a melhor forma de aterrar uma edificação.

Em suma, foi possível compreender quais propriedades do solo exercem grande influência na dissipação da descarga atmosférica, e que a água dentre essas apresenta significativa influencia.

8 CONCLUSÕES

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou a compreensão dos fatores que impactam na resistividade elétrica do solo. Além disso, também permitiu conhecer o funcionamento do subsistema do SPDA.

Para tanto foi realizado estudos de documentos, principalmente monografias, através de procedimentos de pesquisa documental e de revisão bibliográfica. Onde possibilitou a escrita acima sobre o sistema SPDA e as características do solo.

Ao realizar esta pesquisa verificaram-se os aspectos que impactam a habilidade do solo em conduzir a descarga elétrica, sendo eles a composição mineral, tipo, temperatura, umidade, compactidade, granulometria e estratificação. Dentre eles, foi possível afirmar ainda que a umidade apresenta significativa relevância para a resistência elétrica (como mostra a figura- 1). Permitindo assim, que objetivo, aqui proposto, fosse cumprido de maneira satisfatória.

Dessa forma, o presente artigo contribui para todos aqueles que necessitam de informações sucintas e claras acerca das características do solo que impactam diretamente na resistividade elétrica. Possibilita, ainda, futuras pesquisas sobre o tema, servindo como base teórica a elas.

Compreendido os aspectos desta pesquisa, ela pode ser prosseguida para estudos práticos ou teóricos. Por exemplo, estudos de tratamento de solo para redução de resistividade elétrica, e análises práticas do solo, a fim de desenvolver métodos de análises a partir de amostras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVILA-PIRES, Fernando Dias de. Por que é básica a pesquisa básica. **Cad. Saúde Pública**. Rio de Janeiro, v. 3, n. 4, p. 505-506, dez. 1987. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X1987000400013&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 12 maio 2020.

CAPELLI, Alexandre. Aterramento elétrico. 2000. **Revista Saber Eletrônica** nº 329/junho/2000. Disponível em: encurtador.com.br/nsP69. Acesso em: 06 maio 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Os solos do Brasil**, 2020. Brasília. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-solos-brasileiros/solos-do-brasil>. Acesso em: 19 mar. 2020

GIL, Antônio Carlos. **Como classificar as pesquisas?** Disponível em: <http://www.madani.adv.br/aula/Frederico/GIL.pdf>. Acesso em: 12 maio 2020.

GÜNTHER, Hartmut. Pesquisa Qualitativa Versus Pesquisa Quantitativa: Esta é a Questão? 2006. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**. Mai-Ago 2006, Vol. 22 n. 2, pp. 201-210. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ptp/v22n2/a10v22n2.pdf>. Acesso em: 12 maio 2020.

ENGEHALL (Brasil) (ed.). Aterramento TN. *In: EngeHall Cursos NR10*. [S. /], 2018. Disponível em: <https://www.cursornr10.com/aterramento-tn>. Acesso em: 18 mar. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Raios**. 2019. Brasília. Disponível em: <http://www.inpe.br/>. Acesso em: 18 mar.2020

MARANHÃO, Celsa Herminia de Melo. **Análise da influência da heterogeneidade da resistividade do solo em sistemas de aterramentos**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Belém, 2008. Disponível em: http://ppgee.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/teses/TD08_2008_Celsa%20Herm%C3%ADnia%20de%20Melo%20Maranh%C3%A3o.pdf. Acesso em: 20 mar. 2020

MORRENO, Hamilton. **Aterramento elétrico**. International Cooper Association Brazil. Produção: Potência Educação. (s. d.). Disponível em: <https://www.leonardo-energy.org.br/wp-content/uploads/2019/01/E-book-Procobre-Aterramento.pdf>. Acesso em: 04 maio 2020

PEREIRA, João Batista José. **Modelagem de incertezas em sistemas de aterramento elétricos**. 2008. 131 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica)-Universidade de Brasília,

Brasília, 2008. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/1258>. Acesso em: 19 mar 2020

PETTORUTI, Luis Alberto. et al. Método dos quatros eletrodos nos arranjos wenner e schlumberger. **O Setor Elétrico**. 2017. Disponível em: <https://www.osestoreletrico.com.br/wp-content/uploads/documentos/fasciculos/Ed-134-Fasciculo-CapituloIII-Metodo-dos-quatros-eletrodos-nos-arranjos-wenner-e-schlumberger.pdf>. Acesso em: 07 Maio 2020

PINTO, Ernesto. **Melhoria e Medição de Terras**. 2007. Disponível em: https://paginas.fe.up.pt/~ee94056/RelatorioFinalcap4_5_6.pdf. Acesso em: 21 mar. 2020

RAIZER, Adroaldo. et al. **Aterramento elétrico impulsivo, em baixa e altas frequências**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. E-book. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=Tefs6meL6-YC&oi=fnd&pg=PA15&ots=m0JWTSk2Y&sig=uxR0QCIsKI7tuOVlxs2rhd06Spl&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 20 mar. 2020

SÁ-SILVA, Jackson Ronie; ALMEIDA, Cristóvão Domingos; GUINDANI, Joel Felipe Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. 2009. **Revista Brasileira de História & Ciências Sociais**. Ano I - Número I - Julho de 2009. Disponível em: encurtador.com.br/jyF12. Acesso em: 12 maio 2020.

SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, XVIII, 2008, Olinda-Pernambuco. **Mapa de Resistividades CELESC**. Disponível em: <https://www.cgti.org.br/publicacoes/wp-content/uploads/2016/01/Mapa-de-Resistividades-CELESC.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2020

SOUZA, André Nunes de; (et al). SPDA: sistemas de proteção contra descargas atmosféricas: teoria, prática e legislação. 2020. **Érica** – 2ª Ed. – São Paulo, 2020. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=AOncDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT25&dq=spda+aterramento&ots=xhHnP75F2Q&sig=LbpuflovOoNk_KJYRMNeGMe7Qcw#v=onepage&q=spda%20aterramento&f=false. Acesso em: 19 mar.2020

SOZO, Iverson. **Desenvolvimento de ferramenta didática para cálculo de malha de aterramento**. 2014. Trabalho de conclusão de curso - universidade tecnológica federal do

Paraná Departamento acadêmico de elétrica, Curso de engenharia elétrica, Pato Branco.

Disponível em:

http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5650/1/PB_COELT_2014_2_03.pdf Acesso

em: 07 Maio 2020

STÉFANI, Rodrigo Verardino. **Metodologia de projeto de sistema de proteção contra descargas atmosféricas para edifício residencial**. 2011. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2011.

Disponível em: http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-30032012-113539/publico/Stefani_Rodrigo_Verardino_de.pdf. Acesso em: 06 maio 2020.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SÃO PAULO JÚLIO DE MESQUITA FILHO (UNESP), (s. d.)

Aterramento. Disponível em:

<https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/aterramento.pdf>. Acesso

em: 19 mar. 2020

VIANA, Fernando Moreira. **Interpretação da Resistividade Aparente do Solo e Estratificação com Arranjo de Schlumberger**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e da Computação) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Elétrica (EEEC), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação, Goiânia, 2016. Disponível em:

<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/6644/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Fernando%20Moreira%20Viana%20-%202016.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2020