

## ATERRAMENTO ELÉTRICO, UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### ELECTRICAL GROUNDING, A LITERATURE REVIEW

Natã Braga Kelly dos Santos<sup>1</sup>  
Rodney Silva de Moura Junior<sup>2</sup>  
Roberta Figueira de Moraes<sup>3</sup>  
José Antônio Bento de Andrade<sup>4</sup>  
Adauri Silveira Rodrigues Junior<sup>5</sup>

**RESUMO:** O aterramento elétrico desempenha o papel mais importante de uma instalação elétrica visto que garante a proteção dos usuários e trabalhadores ligados à eletricidade. Sendo assim, esse artigo visa evidenciar os temas mais pertinentes deste tema. Através de uma revisão bibliográfica, foram apresentados os principais pontos que compõem a concepção e entendimento de aterramento elétrico, levando em consideração o cuidado de apresentar os marcos históricos que cercam esse tema. Da teoria filosófica e a apresentação dos conceitos dos cientistas e filósofos até as primeiras formulações mais sólidas. Além disso foram enumeradas as principais normas de regulação e seus atributos. Outro fato relevante é o cenário brasileiro para o tema, destacando as dificuldades de implementar os projetos elétricos no escopo das obras residenciais de pequeno porte. De maneira sucinta, são analisados os mais relevantes componentes que compõem uma estrutura de aterramento e os principais instrumentos usados para a aferição dos parâmetros de eficácia do aterramento.

4656

**Palavras-chave:** Aterramento elétrico. Equipotencialização. NR 10

**ABSTRACT:** Electrical grounding plays the most important role in an electrical installation as it ensures the protection of users and workers connected to electricity. Therefore, this article aims to highlight the most relevant aspects of this topic. Through a literature review, the key points that comprise the design and understanding of electrical grounding were presented, taking care to present the historical milestones surrounding this subject. From philosophical theory and the presentation of scientists' and philosophers' concepts to the earliest and more solid formulations. Additionally, the main regulatory standards and their attributes were listed. Another relevant factor is the Brazilian scenario regarding this topic, emphasizing the difficulties of implementing electrical projects within the scope of small residential works. In a concise manner, the most relevant components that make up a grounding structure and the main instruments used to measure the grounding effectiveness parameters are analyzed.

**Keywords:** Electrical grounding. Equipotentialization. NR 10.

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Engenharia Elétrica pela Universidade de Vassouras.

<sup>2</sup> Graduando do Curso de Engenharia Elétrica pela Universidade de Vassouras.

<sup>3</sup> Graduanda do Curso de Engenharia Elétrica pela Universidade Vassouras; Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Vassouras; Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de Nova Iguaçu.

<sup>4</sup> Orientador do Curso de Engenharia Elétrica pela Universidade de Vassouras.

<sup>5</sup> Coorientador Curso de Engenharia Elétrica pela Universidade de Vassouras.

## i. INTRODUÇÃO

A segurança elétrica possui uma importância primordial na salvaguarda de indivíduos e equipamentos contra os perigos de choques elétricos e prejuízos associados. Um dos principais componentes da segurança elétrica é o sistema de aterramento, que evoluiu consideravelmente ao longo dos anos para atender às crescentes demandas da tecnologia e garantir a eficiência e a confiabilidade das instalações elétricas.

Mas o que é o sistema de aterramento elétrico? De maneira sucinta, podemos dizer que aterramento elétrico é a ligação à terra de estruturas ou componentes de instalações, tendo por finalidade um referencial para a rede elétrica e a permissividade de fluidez de correntes elétricas indesejadas.

Existem diversas fontes de correntes elétricas que podem passar por um condutor de aterramento. Essas origens podem incluir descargas atmosféricas, descargas eletrostáticas, filtros instalados no sistema elétrico, dispositivos de proteção contra surtos, dispositivos de proteção contra raios e curtos-circuitos em direção à terra. (CREDER, 2022).

Normalmente, a ausência de um sistema de aterramento não impede a conexão de um dispositivo. No entanto, é importante destacar que as tensões são medidas em relação à referência chamada terra. Portanto, para garantir um funcionamento adequado, é necessário atender às condições de conexão à terra (PINHEIRO, 2008).

Desde os primeiros estágios de desenvolvimento do sistema de aterramento, pesquisadores pioneiros contribuíram para o reconhecimento de sua importância na prevenção de choques elétricos e na dissipação de correntes de falta. Com base nesses avanços iniciais, normas e regulamentações foram estabelecidas para garantir a segurança das instalações elétricas e dos profissionais que trabalham com eletricidade.

O conjunto de normas que mais expressam relevância aplicadas no Brasil é a NBR 5410, na qual são destacadas as instalações elétricas de baixa tensão, a NBR 5419, que aborda proteção de estruturas contra descargas atmosféricas, e a NR 10. Esta última emitida pelo Ministério do Trabalho e Emprego no Brasil, que estabelece os requisitos mínimos para a segurança em instalações elétricas.

## 1. OBJETIVO

O objetivo geral desse artigo é fazer notório a importância do tema aterramento elétrico, destacando a importância da atuação correta dos sistemas de proteção, abordando diversas questões cruciais para um bom funcionamento do sistema de aterramento, e a implementação correta do sistema de aterramento promovendo uma maior conscientização do uso desse sistema nas instalações brasileiras.

## 2. METODOLOGIA

Para esse artigo, foram analisados os principais livros de instalações elétricas e temáticas envolvendo os sistemas de aterramento elétrico. Estabeleceu-se também consultas à artigos acadêmicos, devidamente verificados, para se angariar mais parâmetros de análises.

Foi contemplado também a consulta de normas, manuais técnicos e periódicos renomados que fazem parte do acervo de consulta dos profissionais do setor elétrico.

## 3. A HISTÓRIA DO SISTEMA DE ATERRAMENTO

O sistema de aterramento é um componente essencial das instalações elétricas, sendo responsável por garantir a segurança e o correto funcionamento dos equipamentos. Ao longo da história, o desenvolvimento do sistema de aterramento passou por várias etapas de evolução, impulsionadas pelas contribuições de pesquisadores pioneiros.

Os estudos sobre aterramento elétrico tiveram início com o cientista Benjamin Franklin em 15 de junho de 1752, sendo o intuito provar sua teoria de que os raios são uma forma de eletricidade. Diante do exposto, temos o famoso experimento com a pipa durante uma tempestade com raios, dando a Franklin a prova sobre a condução de eletricidade a partir da chave que estava atrelada a pipa (Cohen, 2011).

Posteriormente, Franklin observou que seu experimento também trazia luz a um outro problema: o risco frequente de descargas atmosféricas em casa e construções das cidades.

Com o avanço das pesquisas, Benjamin Franklin menciona em umas das suas cartas que enviara à um de seus amigos que a instalação de um sistema de aterramento elétrico em edifícios era de vital importância visto que fornecia proteção as estruturas (Morse, 2004).

Em 1830 com as crescentes descobertas do setor elétrico, o físico e inventor Samuel Morse criou o sistema de telégrafos elétricos (Douglas, 2016). Tal invenção foi um marco na humanidade, contudo o aparato sofria demasiadamente com eventuais descargas atmosféricas e efeitos de distúrbios eletromagnéticos.

Seguindo a mesma linha de raciocínio, em 1836 o cientista alemão Karl August Steiheil, notou que se poderia tomar a Terra para a finalidade de caminho de retorno do circuito (Guedes, 1998) e (Britannica, 2023).

Basicamente, a tese do sistema proposto por Steiheil propunha enterrar os terminais dos cabos no solo, fazendo com que a Terra funcionasse como um condutor de retorno no sistema de telégrafos. Tal constatação contribuiu fortemente para os projetos de receptores telegráficos, trazendo a obsolescência do fio de retorno, reduzindo assim os custos.

De forma que a primeira linha construída com aterramento foi a da companhia de telégrafo Western Union Telegraph Company, em 1861. Construção essa que ficou conhecida também como o primeiro telégrafo transcontinental dos Estados Unidos da América (IEEE Denver Section, 2023)

A melhora da transmissão com o sistema de aterramento empregado foi notória, embora 4659 o solo não ajudasse por ser muito seco naquela região. Algo que despertou a atenção para os engenheiros, a umectação do solo para melhor condutividade (Prudchenko, 2023).

Embora Samuel Morse ou Karl August Steiheil tenham utilizado o sistema de aterramento, não há nenhum registro que eles tenham se aprofundado nos estudos e criado registros de cálculos matemáticos específicos para deduzir a importância do aterramento elétrico para proteger as linhas de telégrafo.

Após a segunda metade do século XIX surgiram os primeiros modelos matemáticos proposto por cientistas e engenheiros para entender melhor os efeitos das descargas elétricas e a estabilização do sistema elétrico utilizando o aterramento. Os cientistas que tiveram aspecto relevante nesses estudos foram Oliver Heaviside, Michael Faraday e Lord Kelvin.

Oliver Heaviside foi um matemático, físico e engenheiro eletricista britânico que desenvolveu equações para entender como as correntes elétricas se propagam em linhas telegráficas e de transmissão de energia elétrica. Ele propôs o conceito de "terra artificial" para

sistemas de aterramento elétrico, em que um eletrodo de grande área era enterrado no solo para aumentar a capacidade de dissipação de corrente elétrica (Vaz, 2012).

Heaviside também desenvolveu modelos matemáticos para estimar a resistência elétrica do solo. Na época ele também foi muito criticado pelos cientistas evolucionistas, porque ao estimar a resistência elétrica da terra ele precisava usar a datação estimada do planeta devido a equação diferencial de homogeneizada do corpo físico do planeta ele utilizou a teoria de Thompson que considerava a terra como um corpo homogêneo partindo de dada uma temperatura inicial considerando o arrefecimento e o diâmetro da terra muito elevado ao ponto de considerar que a superfície da terra seja plana.

Com o avanço das implementações elétricas, a comunidade científica se mostrava ainda mais assídua com relação aos estudos sobre aterramento.

Michael Faraday foi um físico britânico do século XIX que contribuiu significativamente para a compreensão dos fenômenos elétricos e magnéticos, como a descoberta da condução elétrica que induz uma carga oposta em um objeto próximo, conhecido como indução eletromagnética (Faraday, 1821)

Além disso Faraday dispôs alguns estudos de vital importância para o entendimento que 4660 temos hoje sobre aterramento, como o de um objeto carregado pode ser descarregado rapidamente conectando-o a um objeto grande e condutor, como a Terra. Essas descobertas fomentaram muitas teorias entre elas posteriormente o entendimento do caminho que a energia percorre nos circuitos elétricos dando assim uma previsibilidade do sentido de malha que temos atualmente.

William Thomson, físico e matemático britânico do século XIX, mas conhecido com Lord Kelvin desenvolveu teorias sobre a condução de eletricidade no solo e a importância do aterramento elétrico em sistemas elétricos e eletrônicos. Ele descobriu que a resistência elétrica do solo diminui com a profundidade ele provou isso através de um experimento que ele criou no final do século XIX.

O conceito de terra artificial foi criado e demonstrado por Nikola Tesla por volta de 1890, através do experimento do sistema de aterramento Tesla, também conhecido como "sistema de terra artificial", foi desenvolvido por Nikola Tesla com o objetivo de melhorar a eficiência e a segurança dos sistemas elétricos. Esse sistema consiste em uma rede de eletrodos enterrados sob

a superfície da terra, que serve para dissipar as correntes elétricas que podem surgir nos circuitos elétricos esses sistemas de aterramento de proteção, no entanto, foi somente implementado e reconhecido como prática de aterramento para proteção contra choques elétricos quando foi formalmente reconhecido nos códigos de segurança elétrica nos Estados Unidos e outros países no ano de 1930.

Os pesquisadores mencionados acima são apenas alguns exemplos das muitas mentes brilhantes que contribuíram para o desenvolvimento do sistema de aterramento ao longo da história. Suas descobertas e teorias pavimentaram o caminho para as práticas e normas modernas relacionadas ao aterramento elétrico.

#### 4. FUNDAMENTOS DO ATERRAMENTO ELÉTRICO

A NBR 5410, em sua versão de 2004, diz que toda instalação necessita apresentar uma infraestrutura de aterramento denominada **eletrodo de aterramento**. Sendo assim, não podemos confundir eletrodo como sendo uma haste de aterramento. Contudo, eletrodo significa todo o conjunto do aterramento.

O eletrodo de aterramento é constituído de um ou mais condutores ligados entre si em 4661 contato direto com a terra, de tal maneira que formem uma *malha de aterramento* (Julio Niskier, 2000). A partir daí, essa malha é interligada através de um condutor denominado **PE** (*Protective Earth*). Este último precisa ter uma seção transversal que suporte as correntes de surto e falta previstas.

A NBR 5410 estabelece também uma ordem de prioridade de tipos de eletrodos de aterramento a serem usados:

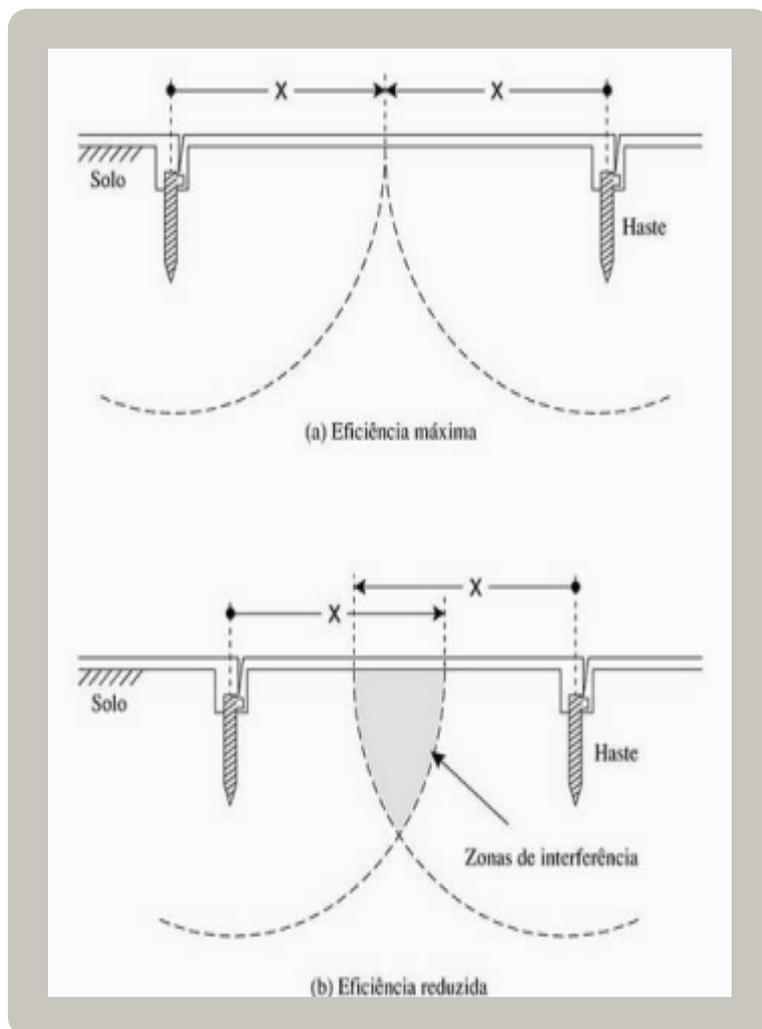
- i. as próprias armaduras do concreto das fundações;
- ii. fitas, cabos metálicos ou barras imersas em no concreto das fundações;
- iii. malhas metálicas enterradas;
- iv. uso de anel metálico circuncidando a edificação.

Como podemos perceber, um sistema de aterramento está intrinsecamente relacionado com um projeto previamente elaborado antes que se inicie a construção. Porém, essa não é uma

realidade brasileira, visto que a maioria das obras de pequeno porte não contam com projeto elétrico.

De acordo com a revista o Setor Elétrico, entre 2001 e 2016, foram compilados diversos estudos, mostrando que 70% das edificações no ramo industrial contavam com sistemas de aterramento em desacordo com a norma ou não possuíam. Nas edificações comerciais, esse número saltava para 90%. Quando abordadas as edificações residenciais, chegava-se a 99%.

Pensando nisso, a norma prevê, que quando não é possível se utilizar dos métodos acima, ou quando estamos abordando alguma reforma, é possível usar-se, de forma complementar, hastes verticais ou cabos dispostos radialmente (Figura 1).



**Figura**

1 (Cotrim, 2009)

Não há um valor específico de número de hastes que um eletrodo de aterramento deve apresentar, mesmo que distância das hastes influenciem a eficiência do aterramento. Contudo,

seja qual for a configuração de eletrodo que será abordada em uma instalação, há requisitos básicos que um aterramento deve atender para o desempenho das suas funções fundamentais (Filho S.V., 2002).

De acordo com Silvério, destacam-se os seguintes pontos:

- i. escoamento de cargas ou correntes de descarga à terra;
- ii. possibilidade do uso da terra como condutor de retorno;
- iii. contribuir como referência zero em sistemas eletromagnéticos;
- iv. possuir elevado valor de condução;
- v. baixo valor de resistência;
- vi. possibilidade do controle de gradiente de potencial.

Para conseguirmos atender todas essas demandas, precisamos considerar algumas variáveis que fogem do escopo de tipo de eletrodo e materiais utilizados. A **resistividade** do solo é uma delas, pois de nada adianta um anteparo de material e projeto correto sem um solo capaz de cumprir seu papel de escoamento.

#### 4.1. Resistividade do solo

4663

A extensão territorial do Brasil é um fator importante a ser considerado quando se trata dos valores plurais de resistência do solo. Devido à sua vasta área geográfica, o país apresenta uma diversidade de condições geológicas e climáticas, o que influencia diretamente a resistividade média do solo em diferentes regiões. Segundo Silverio Filho, a resistividade média ( $\Omega \cdot m$ ) do solo em MG é de aproximadamente 2450  $\Omega \cdot m$ , em SP 700  $\Omega \cdot m$ , PR entre 200  $\Omega \cdot m$  e 1000  $\Omega \cdot m$ , MT entre 500  $\Omega \cdot m$  e 1000  $\Omega \cdot m$ , PE entre 100  $\Omega \cdot m$  e 2000  $\Omega \cdot m$ .

Com isso, para se garantir valores mais aceitáveis e homogêneos de resistividade, podemos apelar para alguns meios de tratamento do solo:

- i. Tratamento químico do solo: adição de sais minerais no solo ao redor do eletrodo de aterramento;
- ii. Tratamento físico do solo: visa envolver o eletrodo de aterramento com materiais condutores.

Visando diminuir os valores de resistividade que o solo pode oferecer, podemos adotar diferentes geometrias na disposição dos eletrodos, conforme apresentado na Figura 2.

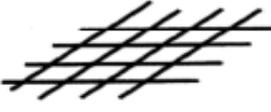
Eletrodos	Tipo / Expressão
	Estrela de 4 pontos colocada num plano horizontal de profundidade "d" (raio do eletrodo: a) $R_T = \frac{\rho}{8\pi L} \left( \ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{L}{d} + 2,91 - 1,07 \frac{2d}{L} \dots \right)$
	n hastes verticais dispostas em círculo (s >> L) $R_T = \frac{1}{n} \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 + \frac{L}{d} \ln \frac{2n}{\pi} \right)$
	n hastes verticais dispostas uniformemente na área A $R_T = \frac{1}{n} \frac{\rho}{2\pi L} \left[ \ln \frac{4L}{a} - 1 + 2 \frac{K_1 L}{\sqrt{A}} (\sqrt{n} - 1)^2 \right]$ $K_1 =$ constante que depende da profundidade da parte superior das hastes (25)
	n hastes verticais dispostas em linha reta (s >> L) $R_T = \frac{1}{n} \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 + \frac{L}{d} \ln \frac{1,781 \cdot n}{2,718} \right)$
	Malha constituída por reticulado formado com eletrodos horizontais, cobrindo a área A e comprimento total de condutores L. $R_T = 0,443 \frac{\rho}{\sqrt{A}} + \frac{\rho}{L}$
	Conjunto de 3 hastes verticais interligadas, dispostas no vértice de um triângulo equilátero (aplicação típica de aterramento de pára-raios) $R_T = R_{11} \frac{1+2r/s}{3}$ $R_{11} = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$ $\frac{\rho}{2\pi r} = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$ r: raio do hemisfério que possui o mesmo valor de resistência de uma haste ( $R_{11}$ )

Figura 2 (Filho S.V., 2002)

Podemos notar também que atreladas as formas de disposição dos eletrodos, também é importante observar a profundidade que eles estão dispostos. Quanto mais profundos estão os eletrodos, menor é a resistência que o solo oferece, pois o aumento humidade e redução da temperatura são fatores diretamente proporcionais a permissividade de passagem elétrica.

A NBR 5419 salienta que é importante atentarmos para os valores de resistência do aterramento, lembrando que a adoção de um valor inferior a  $10 \Omega$  torna-se uma boa prática de engenharia (Creder, 2022). Contudo, a **equipotencialização** é um fator essencial para a se garantir a eficácia do sistema de aterramento.

A equipotencialização visa a interligação de todos os eletrodos de aterramento, massas e elementos condutores, a fim de deixá-los à mercê de um mesmo potencial. Essa ligação é feita

ao **BEP** (*barramento de equipotencialização principal*), sendo o local de onde são derivados os condutores de proteção para os circuitos terminais.

## 5. NORMAS REGULAMENTADORAS

Destaca-se as principais normas que abordam o aterramento elétrico:

- a. **ABNT NBR 5410:2014**: tratando-se de baixa tensão (1000V em CA e 1500V em CC), essa norma fundamenta todos os quesitos desse tipo de instalação;
- b. **ABNT NBR 15749:2009**: visa os requisitos de medição de resistência de aterramento no tocante a subestações, estações de transformação e usinas geradoras;
- c. **ABNT NBR 5418:2005**: estabelece os requisitos para o projeto e execução de instalações prediais de gás liquefeito de petróleo (GLP) em edificações residenciais, comerciais e industriais;
- d. **ABNT NBR 7117:2012**: estabelece os requisitos para medição da resistividade e determinação da estratificação do solo;
- e. **NR 10**

4665

A NR 10, emitida pelo Ministério do Trabalho e Emprego, estabelece os requisitos mínimos de segurança e saúde no trabalho relacionados às atividades com eletricidade. Seu principal objetivo é garantir a segurança dos trabalhadores que interagem direta ou indiretamente com instalações elétricas, prevenindo acidentes, choques elétricos e incêndios.

A norma estabelece uma série de diretrizes para a organização, planejamento e execução das atividades envolvendo eletricidade, incluindo os procedimentos de segurança, treinamento, uso de equipamentos de proteção individual (EPIs), e a implementação dos equipamentos de proteções coletivas (EPCs), sinalização, documentação e manutenção preventiva.

### 5.1. IMPORTÂNCIA DA CONFORMIDADE COM AS NORMAS DE SEGURANÇA

A adesão às normas de segurança, como a NR 10, é de extrema importância para garantir a segurança dos trabalhadores e a integridade das instalações elétricas. Ao seguir as diretrizes estabelecidas, as empresas podem reduzir os riscos de acidentes, prevenir lesões e danos materiais, além de cumprir com suas obrigações legais.

Além de proporcionar um ambiente de trabalho mais seguro, a conformidade normativa promove a conscientização dos trabalhadores sobre os riscos elétricos e estimula a adoção de práticas seguras no dia a dia das atividades. Além disso, contribui para a reputação da empresa, demonstrando seu compromisso com a segurança e bem-estar dos colaboradores.

## 5.2. REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA O SISTEMA DE ATERRAMENTO CONFORME A NR 10

A NR 10 estabelece requisitos específicos para o sistema de aterramento, reconhecendo sua importância na segurança elétrica. O sistema de aterramento tem a função de garantir a continuidade elétrica do circuito, protegendo contra choques elétricos e permitindo a dissipação de correntes de falta.

De acordo com a norma, o sistema de aterramento deve ser dimensionado e instalado corretamente, utilizando componentes adequados e em conformidade com as normas técnicas aplicáveis. Os eletrodos de aterramento, condutores e barramentos devem ser projetados para garantir a eficiência do sistema e a proteção dos trabalhadores.

A NR 10 também estabelece critérios para a resistência de aterramento, que deve ser mantida dentro de limites seguros para garantir a eficácia do sistema. Além disso, a norma prevê a obrigatoriedade de inspeções periódicas no sistema de aterramento, a fim de verificar sua integridade e funcionamento adequado. 4666

## 6. PARÂMETROS E INSTRUMENTOS

O aterramento elétrico conta diversos componentes para sua execução. Dentre eles, destacamos:

1. Eletrodos de aterramento: como mencionamos antes, são os componentes responsáveis por estarem em contato direto com a terra;
2. Condutores: são os cabos que servem para interligar os eletrodos de aterramento ao BEP, bem como do BEP aos específicos circuitos;
3. Hastes de aterramento: podendo ser de cobre ou aço galvanizado, são elementos introduzidos no solo a fim de se garantir uma menor resistência ao aterramento;

4. Conectores de aterramento: servem para interligar eletrodos entre si e aos condutores de proteção. Geralmente são feitos de cobre ou latão;
5. Dispositivos de seccionamento: feito um bom aterramento, os dispositivos que identificam surtos ou fugas podem atuar corretamente. É o caso dos DDR's, dispositivos diferenciais residuais, e os DPS's, dispositivos de proteção contra surtos.

Para aferirmos os valores de resistência e isolamento de um sistema de aterramento, utiliza-se basicamente dois equipamentos: o terrômetro e o megômetro.

O terrômetro tem a finalidade de medir a resistência do aterramento. Em pontos de inspeção, conecta-se os terminais do instrumento, onde ele faz a injeção de uma corrente conhecida para que seja medida a queda de tensão resultante.

Esse procedimento pode ser adotado ao longo da execução do aterramento, para que seja constatado os valores ôhmicos do sistema. Tal medida é feita quando não há um estudo de estratificação de solo ou por precaução.

Já o megômetro é responsável por constatar o nível de isolamento do sistema de aterramento. Ele aplica uma tensão elevada entre o sistema elétrico e o aterramento e mede a corrente de fuga resultante. Isso ajuda a identificar problemas de isolamento, como cabos danificados ou umidade excessiva no solo.

4667

## **7. ESQUEMAS E FUNCIONALIDADES DO ATERRAMENTO**

### **7.1. Funcionalidades**

Com o avanço da tecnologia e a compreensão mais aprofundada dos fenômenos elétricos, os sistemas de aterramento foram aprimorados para atender às demandas crescentes de proteção. Um dos principais avanços nesse campo foi o desenvolvimento de sistemas de aterramento separados para diferentes propósitos, como aterramento de serviço, aterramento de proteção e aterramento funcional.

O aterramento de serviço é projetado para fornecer uma referência de tensão zero e uma conexão segura à terra para o sistema elétrico. Ele garante uma operação estável e confiável do sistema, facilitando a correta distribuição das correntes elétricas e evitando tensões perigosas em relação ao solo.

O aterramento de proteção, por sua vez, tem como objetivo proteger as pessoas e os equipamentos contra choques elétricos. Ele consiste na interligação de elementos condutores, como estruturas metálicas e equipamentos elétricos, a um sistema de aterramento comum. Isso garante que, em caso de falha ou defeito no sistema elétrico, a corrente indesejada seja desviada para a terra de forma segura, minimizando os riscos de choque elétrico.

O aterramento funcional é utilizado para minimizar interferências eletromagnéticas, reduzir o ruído elétrico e garantir um bom desempenho de sistemas sensíveis, como sistemas de comunicação, equipamentos eletrônicos e instrumentação de precisão. Ele envolve a criação de caminhos de retorno eficientes para as correntes de retorno, evitando assim distorções e problemas de funcionamento.

## 7.2. Tipos de Esquemas em Sistema de Aterramento.

A NBR 5410 nos traz cinco métodos de ligação, nos quais identificamos pelas siglas TN, TT e IT. Esse esquema pode ser visualizado pela Figura 3.

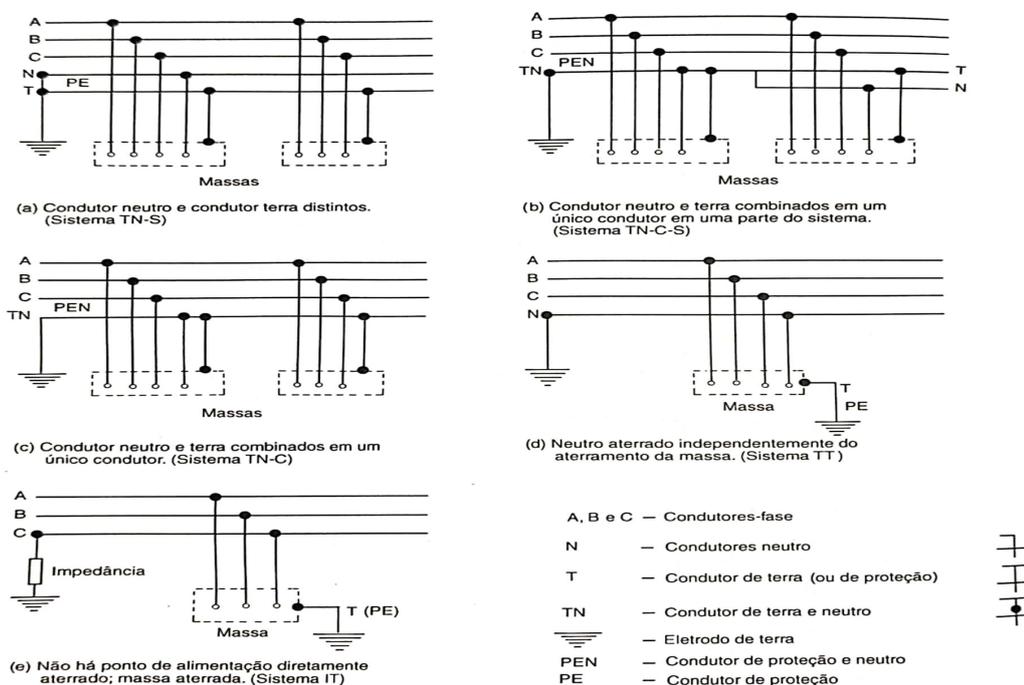


Figura 3 (Creder, 2022)

Segundo Creder, podemos demonstrar o código de letras na forma XYZ:  
 X = identifica a situação da alimentação em relação à terra:

**T** = sistema diretamente aterrado;

**I** = sistema isolado ou aterrado por impedância.

**Y** = identifica a situação das massas da instalação com relação à terra:

**T** = massas diretamente aterradas;

**N** = massas ligadas ao ponto de alimentação, onde é feito o aterramento.

**Z** = disposição dos condutores neutro e de proteção:

**S** = condutores neutro e de proteção separados;

**C** = neutro e de proteção combinados em um único condutor (PEN).

## 8. APLICAÇÕES DE SISTEMAS DE ATERRAMENTO EM DIFERENTES SETORES

O sistema de aterramento é aplicado em diversos setores, desde residências até instalações industriais. No setor residencial, o sistema de aterramento é essencial para proteger os moradores contra choques elétricos e garantir a integridade dos equipamentos eletroeletrônicos. Além disso, é necessário para o correto funcionamento dos sistemas de proteção contra descargas atmosféricas.

No setor comercial, o sistema de aterramento é fundamental para garantir a segurança 4669 dos funcionários e clientes, bem como a proteção dos equipamentos e sistemas elétricos. Em estabelecimentos como hospitais, shopping centers e escritórios, onde há uma grande quantidade de pessoas e equipamentos sensíveis, a correta implementação do sistema de aterramento é indispensável.

No setor industrial, a utilização do sistema de aterramento é ainda mais crucial. Em ambientes com maquinários de grande porte, sistemas de alta potência e riscos de explosão, a segurança elétrica é uma prioridade. O sistema de aterramento adequado protege os trabalhadores contra choques elétricos e minimiza os riscos de incêndio causados por correntes de falta.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os avanços no sistema de aterramento têm desempenhado um papel fundamental na segurança elétrica. Os desenvolvimentos tecnológicos e a aplicação de normas de referência têm contribuído para aprimorar a eficiência e a confiabilidade desse sistema.

Ao longo da história, tem havido avanços significativos nesse campo, impulsionados pela compreensão dos perigos elétricos e pela necessidade de proteção. Seguir as normas e regulamentações aplicáveis e implementar um sistema de aterramento adequado proporciona benefícios como segurança aprimorada, menor risco de falhas em equipamentos e maior eficiência operacional das instalações elétricas.

No entanto, é fundamental destacar que a implementação de um sistema de aterramento adequado requer conhecimento técnico e conformidade com as normas de segurança. É importante que os profissionais envolvidos na concepção, instalação e manutenção das instalações elétricas estejam familiarizados com as diretrizes relevantes e sigam as melhores práticas para garantir a eficácia e a segurança do sistema de aterramento.

Em resumo, os avanços no sistema de aterramento ao longo dos anos trouxeram melhorias significativas em termos de segurança, eficiência e desempenho das instalações elétricas. Com técnicas mais avançadas de projeto, materiais aprimorados e práticas de medição e verificação, é possível garantir um aterramento adequado, proteger as pessoas contra riscos elétricos e preservar a integridade dos equipamentos. Esses avanços refletem o contínuo progresso na área elétrica e a busca por soluções cada vez mais seguras e eficientes.

4670

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO JMS, et al. Sistema de Aterramento e seus Componentes: Uma Análise do Desempenho e Adequação. *Revista Práticas de Engenharia*, 2017, 3(2): 109-123.

CARVALHO A. Norma Regulamentadora 10 Comentada: Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Editora LTC, São Paulo, 2018.

COHEN, IB. Benjamin Franklin's Electrical Experiments and Discoveries. Em C. Mulford, *The Oxford Handbook of Benjamin Franklin*, Oxford University Press, 2011; 1-20.

Cotrim, A. (2009). *Instalações elétricas*. São Paulo: Pearson Education.

CREDER H. *Instalações Elétricas*. 17ª edição. Editora LTC, 2021.

CREDER, H. (2022). Aterramentos de Instalações em Baixa Tensão. Em H. Creder, *Instalações Elétricas* (p. 126). Rio de Janeiro: LTC.

DE ALMEIDA MA., DA SILVA D. O sistema de aterramento e sua influência na qualidade da energia elétrica. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, 2016, 1(2): 46-56.

DOUGLAS, EJ. *The Telegraph: How Technology Innovation Caused Social Change*. Jefferson, Carolina do Norte: McFarland & Company, 2016.

FARADAY, M. On Some New Electro-Magnetical Motions, And On The Theory Of Magnetism. *Quarterly Journal Of Science*, 1821; 73-96.

FILHO, J. M. (2017). Dispersão de corrente por eletrodo. Em J. M. Filho, *Instalações Elétricas Industriais* (p. 732). Rio de Janeiro: LTC.

FILHO, S. V. (2002). *Aterramentos Elétricos*. São Paulo: Artliber.

GOMES C. *Instalações Elétricas: projeto, execução e manutenção*. 5ª edição. Editora Érica, 2019.

GOMES CF. *Gestão de Segurança e Saúde no Trabalho: Riscos Elétricos*. Porto: Vida Económica, 2019.

GUEDES, MV. A Terra Como Um Condutor de Retorno. *Revista Eletricidade*, 1998; 136-137.

GUERRA JFC, et al. *Segurança em instalações e serviços em eletricidade: aspectos teóricos e práticos*. São Paulo: Editora Érica, 2016.

GUIDORZI R. *Manual de Proteção, Controle e Medição em Sistemas Elétricos de Potência*. 2ª edição. Editora Érica, 2018.

HANSEN RJ. *Grounding and Bonding for the Radio Amateur*. ARRL, 2017.

4671

Julio Niskier, A. M. (2000). *Instalações Elétricas*. Rio de Janeiro: LTC.

MAMEDE FJ. *Instalações Elétricas Industriais*. 10ª edição. Editora LTC, 2020.

MODENA, J. *A situação dos sistemas de aterramento nas instalações elétricas das edificações do Brasil – Parte 2*. Fonte: O setor elétrico: <https://www.osetoreletrico.com.br/a-situacao-dos-sistemas-de-aterramento-nas-instalacoes-eletricas-das-edificacoes-do-brasil-parte-2/> Acesso em 10 de jun.2023

MORENO H.; COSTA PF. *Aterramento Elétrico*. São Paulo: Procobre, 1999

MORSE, RA. *The Electrical Writings of Benjamin Franklin and Friends*. Medford, Massachusetts: H. Dudley Wright Center for Innovation in Science Teaching, Tufts University, 2004.

MUSA JDB, et al. Estudo da Resistência de Aterramento Elétrico em Função da Umidade do Solo. *Revista Verde de Engenharia e Tecnologia Ambiental*, 2019, 14(3), 292-298.

PINHEIRO JM. *Infraestrutura elétrica para rede de computadores*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

PINTO LC, ALMEIDA AT. Aterramento elétrico: histórico e evolução tecnológica. *Eletricidade Moderna*, 2016, 33(379), 84-92.

POLÍTICA. 2019. In: NR 10 - Norma Regulamentadora 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR10/NR-10-atualizada-2019.pdf>. Acesso em 10 de jun.2023

POLÍTICA. 2023. In. IEEE Denver Section, ETHW. Disponível em: [https://ethw.org/Milestones:Transcontinental\\_Telegraph,\\_1861](https://ethw.org/Milestones:Transcontinental_Telegraph,_1861). Acesso em: 30 mar. 2023.

POLÍTICA. 2023. In: Britannica. Disponível em: <https://www.britannica.com/biography/Karl-August-Steinheil>. Acesso: 30 mar. 2023.

POLÍTICA. 2023. In: Prudchenko, Ehow Brasil. Brasil. Disponível em: [https://www.ehow.com.br/historia-aterramento-eletrico-sobre\\_272801/](https://www.ehow.com.br/historia-aterramento-eletrico-sobre_272801/). Acesso em: 30 mar. 2023.

QUELHAS OLGR, et al. Segurança nas instalações elétricas de baixa tensão. *Inter ciência*, Rio de Janeiro, 2017.

ROSA D, GONÇALVES GP. Sistemas de aterramento elétrico e o impacto na qualidade da energia. Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

4672

SILVA JP, SANTOS AB. Segurança elétrica: avanços e desafios para instalações elétricas seguras. *Revista Brasileira de Engenharia de Segurança*, 2018, 11(32), 23-34.

VAZ, F. ELECTRONICA E TELECOMUNICAÇÕES~, Heaviside, 2012; 1850-1925