

SISTEMAS DE ATERRAMENTOS VOLTADOS PARA INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

André Luiz de Freitas Sigeiro¹

Luis Gustavo Schroder e Braga²

RESUMO

Os sistemas de aterramento são de grande importância para garantir a segurança contra choques elétricos e proteção dos equipamentos. Dessa maneira, muitos são os tipos de proteção, sendo cada um, para uma situação específica, pois as características variam por conta das condições do terreno, condições específicas de segurança, tipo de instalação, entre outros. Como existem vários métodos e cálculos para um determinado sistema, são necessárias diferentes manipulações matemáticas complexas ou trabalhosas, fazendo deste tema um dos mais discutidos e controversos da área. Muito embora o aterramento seja obrigatório nas instalações, sua importância é menosprezada, o que traz riscos de prejuízos financeiros e também à saúde. No Brasil, as diretrizes referentes ao aterramento de instalações elétricas de baixa tensão seguem instruções da NBR 5410, funcionando em conjunto com a NBR 5419, que estabelece os critérios para determinar quanto à exigência de proteção externa de uma estrutura contra descargas atmosférica. Para tanto, o trabalho apresenta alguns conceitos fundamentais do aterramento elétrico a fim de auxiliar na construção de conhecimento relacionado ao tema.

Palavras-chave: Malhas de Aterramento; Proteções de Sistemas; Sistemas de Aterramento.

ABSTRACT

Grounding systems are of great importance to guarantee safety against electrical shocks and protection of equipment. In this way, there are many types of protection, each being for a specific situation, as the characteristics vary depending on the ground conditions, specific security conditions, type of installation, among others. As there are several methods and calculations for a given system, different complex or laborious mathematical manipulations are required, making this topic one of the most discussed and controversial in the area. Although grounding is mandatory in facilities, its importance is underestimated, or it poses risks of financial and health prejudices. In Brazil, guidelines regarding the grounding of low-voltage electrical installations follow the instructions of NBR 5410, working in conjunction with NBR

¹ Rede de Ensino Doctum – Unidade Juiz de Fora – Dom Orione – andresigeiro@gmail.com – graduando em Engenharia Elétrica

² Rede de Ensino Doctum – Unidade Juiz de Fora – Dom Orione – luis.braga@doctum.edu.br (orientador do trabalho)

5419, which establishes the criteria to determine the requirement for external protection of a structure against atmospheric discharges. Therefore, the work presents some fundamental concepts of electrical grounding in order to assist in the construction of knowledge related to the theme.

Keywords: Grounding Loops; System Protections; Grounding Systems.

1 INTRODUÇÃO

Também conhecido como terra elétrica ou terra de proteção, o aterramento serve para transportar a corrente elétrica dos equipamentos elétricos que possam causar choques nos equipamentos a partir de surtos de tensão, fazendo com que as cargas elétricas excedentes sejam dissipadas de forma segura para a terra, além de garantir a estabilidade da rede elétrica contra descargas atmosféricas e outras anomalias na rede. (REIS, 2017)

Normalmente, no sistema elétrico, consiste em conectar um condutor elétrico a uma estrutura metálica que seja enterrada no solo, chamada de eletrodo de terra, ou a um ponto de referência de potencial zero, e em sistemas eletrônicos, feito a partir de placas de metal conectadas aos componentes eletrônicos.

Existe vários motivos que fazem um sistema elétrico ou eletrônico precisar de aterramento, como por exemplo, nos sistemas de distribuição de energia elétrica, é utilizado principalmente para proteger as pessoas e os equipamentos, nos sistemas eletrônicos, para evitar interferência eletromagnética, nos sistemas de comunicação, para garantir que os sinais transmitidos não tenham nenhuma perda, além de sua utilização em sistemas de proteção contra raios (GENNARI, 2017).

Para a realização de um aterramento adequado, é necessário levar em consideração diversos fatores, como a resistência do solo, a capacidade de condução de corrente dos cabos e conectores, e as normas de segurança e regulamentações técnicas. Em geral, o aterramento deve ser realizado por profissionais qualificados e em conformidade com as normas de segurança elétrica, e as leis para sua execução variam de acordo com a região ou o país, no entanto, algumas normas são de âmbito internacional. A escolha do tipo de aterramento, bem

como o cumprimento dessas normas resulta em um sistema de aterramento mais eficiente (PINHEIRO, 2013)

Quanto ao sistema de aterramento residencial, é realizado pela ligação de condutores que conectam a instalação elétrica da residência ao solo, podendo ser dividido em duas partes: o aterramento do sistema elétrico, onde é colocado hastes de aterramento no solo, e o aterramento dos equipamentos elétricos, que é realizado por meio da ligação do terceiro pino do plugue do equipamento à tomada elétrica. De acordo com Alves (2018), falhas de aterramento são problemas que ocorrem quando o sistema de aterramento de uma instalação elétrica não está funcionando corretamente. As falhas de aterramento podem ser causadas por diversas razões, dentre elas:

- Má qualidade dos materiais utilizados no sistema de aterramento.
- Falhas na instalação ou manutenção do sistema de aterramento.
- Danos físicos ao sistema de aterramento, como corrosão ou exposição a agentes externos.
- Sobrecarga elétrica, que pode causar danos ao sistema de aterramento.
- Descargas atmosféricas, que podem causar sobrecarga elétrica e danificar o sistema de aterramento.

Alves (2018) ainda continua informando que os efeitos das falhas de aterramento podem ser graves, por isso, é importante que os sistemas de aterramento sejam projetados, instalados e mantidos corretamente. É recomendado que seja feito a verificação periódica do sistema de aterramento para detectar possíveis falhas e corrigi-las o quanto antes.

O trabalho tem como principal objetivo, discutir os diferentes tipos e esquemas de aterramento utilizados em instalações de baixa tensão, uma breve contextualização de normas e regulamentações, quais os mais utilizados, consequências quando mal executado e melhores práticas para implementação.

2 OBJETIVO

2.1 Geral

O trabalho apresenta como objetivo os diferentes tipos de aterramento, normas e regulamentações relacionadas à sua instalação em um ambiente voltada para os sistemas de baixa tensão.

2.2 Específico

Identificar as consequências quando mal executado, condições de segurança quanto à implementação e apresentar modelo mais eficaz.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Definições de aterramento

Um aparelho se encontra aterrado ou eletricamente aterrado quando tem suas partes de carcaça do equipamento ou a parte condutora conectada a terra, normalmente, isso é feito a partir de um cabo condutor ou de proteção ligado entre o aparelho e o eletrodo ou malha de aterramento (PINHEIRO, 2013). O eletrodo ou malha de aterramento, fica enterrada ao solo garantindo um bom contato elétrico com a terra.

O valor da resistência deve seguir condições de proteção e de funcionamento da instalação e sua resistência deve atingir no máximo 10 ohms, de acordo com as exigências ABNT NBR 5419., quanto ao dimensionamento de um anel eletricamente contínuo ao decorrer da sua extensão, com pelo menos 80% do seu comprimento enterrado a, no mínimo, 50 centímetros de profundidade e em torno de 1 metro das paredes onde são colocados os condutores de descidas. O potencial terra de um circuito é o ponto de referência de todas as medições de tensão e corrente. (FAGLIONI et al., 2013)

As frequências das correntes de fuga para a terra conduzida pelo aterramento costumam ser de 50 ou 60 Hz. No entanto, está suscetível a corrente resultante de descargas atmosféricas, que possuem um amplo espectro de frequência e amplitudes elevadas. (FERREIRA, 2017).

As especificações de aterramento de instalações elétricas de baixa tensão no

Brasil são normatizadas pela NBR 5410:2004 (Instalações Elétricas de Baixa Tensão) e complementares junto à norma 5419:2005 (Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas).

3.2 Tipos de aterramento

De acordo com o informativo do SEBRAE (2023), os principais tipos de aterramento são:

- “Aterramento funcional: ligação à terra de um dos condutores ,de distribuição (geralmente o neutro), de modo a promover a confiabilidade, segurança e correto funcionamento das instalações, previsto na NBR5410;
- Aterramento de proteção: ligação à terra de elementos condutores singular à instalação, definido como massas, de modo a promover a proteção contra choques provenientes de um contato direto;
- Aterramento de trabalho: definido como um aterramento temporário, utilizado para a garantia da segurança em serviços de manutenção em que parte das instalações encontram-se energizadas. O aterramento deve ser retirado após o período de manutenção.”

Vale ainda informar a diferença entre Sistema de aterramento e Aterramento de sistemas. O primeiro termo se refere ao sistema bruto físico, e o outro, diz respeito ao modelo no qual o sistema elétrico está ligado ao solo. Tendo essas condições, elaboram-se três tipos de aterramento:

- **Sistema isolado:** não ocorre a conexão condutiva proposital entre o sistema elétrico e o solo.
- **Sistema solidamente aterrado:** alguns pontos do sistema elétrico são conectados diretamente a terra, procurando-se um caminho de mínima impedância à passagem de eventual corrente de falta para o solo.
- **Sistema aterrado por impedância:** aqui é colocado propositalmente uma impedância entre o sistema elétrico e seu aterramento

Entre os tipos de aterramento os esquemas de utilização são bem variados e o muda conforme a importância do sistema elétrico em questão, das características do local e do custo. Os sistemas mais eficientes são também os mais caros (GENNARI, 2017).

Na classificação dos esquemas de aterramento é utilizada a seguinte nomenclatura:

- A primeira letra indica a situação da alimentação em relação à terra, sendo a letra **T**, aterramento em um ponto, e **I**, representa o isolamento de todas as partes vivas.
- A segunda letra aponta a situação das massas da instalação elétrica em relação à terra, sendo **T**, diretamente aterrada, ou **N**, ligadas ao ponto de alimentação aterrado, normalmente no neutro.
- As próximas letras representam a disposição do condutor neutro e do condutor de proteção, sendo **S**, para o uso de neutro e proteção garantido em condutores separados, ou **C**, para neutro e proteção juntos em um mesmo condutor, conhecido por PEN.

Ainda continua Gennari (2017), que os esquemas mais usuais de aterramento são os tipos TN, mais vistos em sistemas de baixa tensão. O aterramento TT, que aterra individualmente os equipamentos elétricos, onde a conexão do aterramento é diretamente ao solo e não ao neutro e o aterramento IT, mais utilizado em sistemas de alta tensão e hospitais. Nesse caso, a conexão terra ocorre por uma impedância de terra elevada, para evitar correntes de fuga, e assim, manter a tensão de toque dentro dos limites de segurança.

3.2.1 Esquema TN

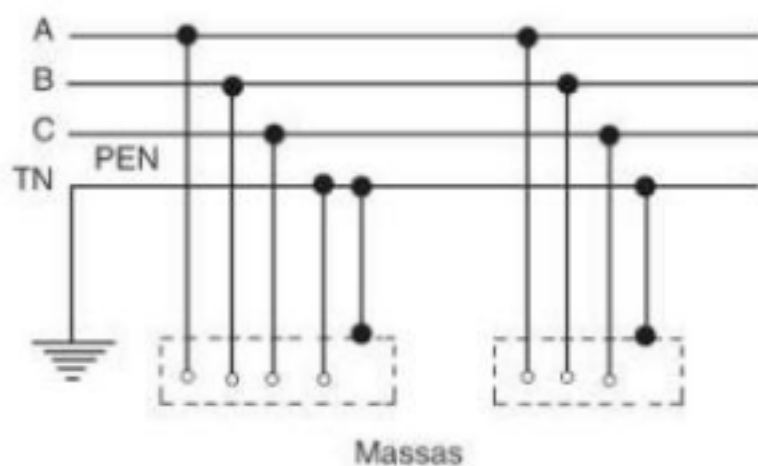
O esquema TN possui um ponto de alimentação diretamente aterrado, sendo as massas ligadas a esse ponto por condutores de proteção. Ou seja, as partes metálicas expostas, ou as partes não pertencentes à instalação ligadas estão conectadas a esse ponto por condutores metálicos. Nessas situações, a corrente fase-massa possui uma impedância muito pequena e a corrente pode atingir valores altíssimos, fazendo com que seja detectados e interrompidos por disjuntores ou fusíveis. A corrente de falta de fase-massa é uma corrente de curto-circuito. (CREDER, 2016)

A ABNT NBR 5410 não define um valor de resistência de aterramento para os esquemas de TN. Por conta de comunicar o condutor de proteção e o neutro, o esquema TN possui algumas variações (PROCOBRE).

3.2.1.1 Esquema TN-C

Nesse sistema, o neutro e o condutor de proteção são combinados em um único condutor chamado PEN (Proteção e Neutro). Somente perto do ponto de alimentação da instalação que o PEN volta a ser separado em neutro e proteção. O neutro é conectado a terra por um eletrodo de aterramento, e o condutor de proteção fornece a proteção contra choques elétricos. Neste modelo, o condutor PEN tem a função de equipotencializar o eletrodo de entrada junto ao eletrodo da instalação elétrica interna da edificação. A utilização de um condutor combinado aplica-se apenas à alimentação e não à instalação do consumidor, como mostrado na figura a seguir. (PROCOBRE).

Figura 1 - Esquema TN-C



Fonte: Creder, 2016

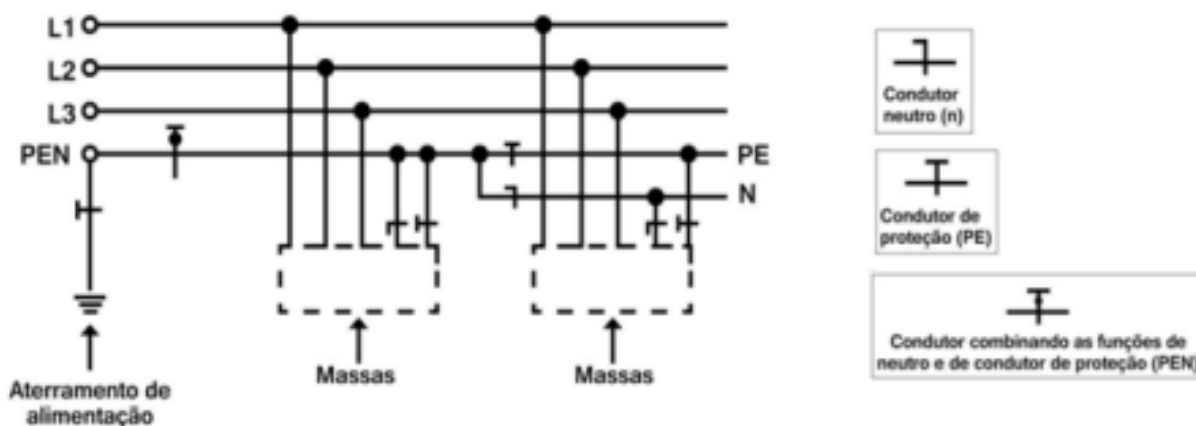
Nesse tipo de ligação, a proteção é feita por dispositivos de detecção de sobrecorrente, como os disjuntores, e não sendo compatíveis ao sistema de diferencial residual (DR).

3.2.1.2 Esquema TN-C-S

Aqui o condutor neutro e o de proteção são interligados em uma parte e separados em outra. Este aterramento também é conhecido como aterramento de

proteção múltipla. Geralmente, o TN-C-S é usado em redes de distribuição onde a transição entre o fornecimento de energia público e a instalação do cliente ocorre. (PINHEIRO, 2013). Esse esquema não deve ser usado junto ao TN-S, como é possível ver abaixo no modelo de ligação para este aterramento.

Figura 2 - Esquema TN-C-S



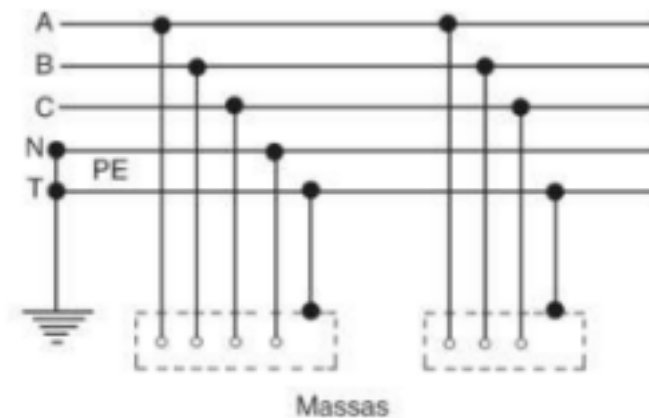
Fonte: Gennari 2017

3.2.1.3 Esquema TN-S

Nesse sistema, o neutro e o condutor de proteção (PE) são separados. O neutro é interligado à terra por um eletrodo de aterramento, enquanto o condutor de proteção é um condutor separado que fornece a proteção contra choques elétricos. Neste caso, o condutor de proteção está conectado à malha de terra na origem, e comunicam as massas da instalação, principalmente as carcaças dos equipamentos. (PINHEIRO, 2013).

Para Pinheiro (2013), com esse modo de aterramento, o cabo (PE) fica imune aos resíduos elétricos ocorridos pelos desequilíbrios das cargas e as harmônicas geradas pelas cargas lineares. É mostrado na próxima figura como funciona o a ligação para o esquema TN-S.

Figura 3 - Esquema TN-S



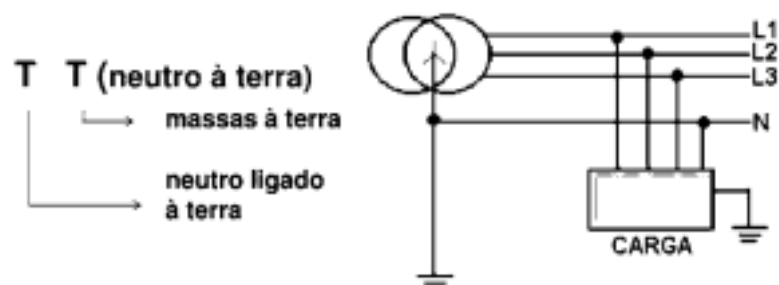
Fonte: Creder (2016)

No Brasil, o esquema TN é o mais utilizado, por conta das instalações de baixa tensão ser alimentadas diretamente pela concessionária. Por questões de funcionalidade, o esquema TN-S é ainda mais utilizado, ressaltando que, caso ocorra falha do neutro, o sistema se transforma em ligação TT, levantando a necessidade de instalação de dispositivo DR para garantir a proteção contra choques elétricos. (PROCOBRE).

3.2.2 Esquema TT

Neste aterramento, o neutro da fonte é ligado diretamente a terra logo na saída, e as massas dos equipamentos são ligadas a uma haste de aterramento independente do eletrodo do neutro (PROCOBRE). Essa corrente é insuficiente para acionar disjuntores, podendo ter tensões de contato, fazendo que seja obrigatório a utilização de DR, pois assim, atenderá a condição da corrente de fase-massa ser inferior a corrente de curto circuito. (CREDER 2016).

Figura 4 - Esquema TT



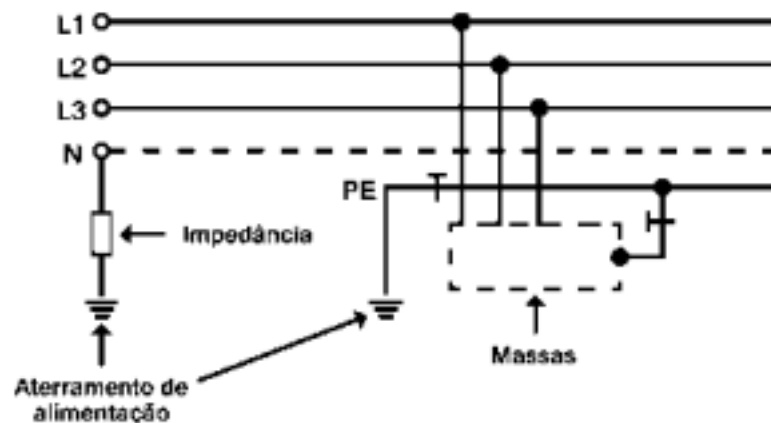
Fonte: Profª Margareth (procobre- adaptado)

3.2.3 – Esquema IT

Entre os tipos de aterramento, o esquema IT é o menos utilizado. Segundo a norma NBR 5410, neste aterramento, todas as partes vivas são isoladas da terra, ou um ponto de alimentação é aterrado através de impedância. As massas da instalação são aterradas verificando os seguintes casos:

- Massas aterradas no mesmo eletrodo de aterramento da alimentação;
- Massas aterradas em eletrodos de aterramento próprio. Nessa situação, ocorre de não existir o eletrodo de aterramento, ou por ser independente o eletrodo da alimentação do eletrodo de massas, como se pode verificar na imagem a seguir que representa essa ligação.

Figura 5 - Esquema IT



Fonte: E-book Viver de Elétrica

Sua finalidade vai além, a limitação das correntes de falta e o não seccionamento automático da alimentação devido à primeira falta seu objetivo primeiro. Ou seja, a continuidade do fornecimento de eletricidade é o que se busca quando se decide pela utilização de um sistema IT. Como a segurança não pode ser comprometida a utilização de um sistema IT está associada a dois pontos existentes na norma, sendo um obrigatório e outro recomendado, para que, quando ocorra a detecção de uma falta seja imediatamente sinalizada o mais rápido possível, junto a sua correção, pois o sistema estará suscetível a uma segunda falta, que ela poderá

provocar tensões de contato acima de um valor considerado seguro de acordo com a ABNT NBR 5419. Com relação a corrente, geralmente, não oferece perigo às pessoas, mas como a instalação opera em situação de falta, devem-se utilizar dispositivos que monitorem a isolação dos condutores, evitando a excessiva degradação dos componentes da instalação (Moreno, 2018).

Embora seja mais utilizado em hospitais, o esquema IT apresenta vantagens se utilizado em sistemas de geração de energia ou instalações críticas, onde a continuidade do serviço é decisiva para a viabilidade econômica do local de instalação.

3.3 Malhas de aterramento

Malha de aterramento elétrico é um método realizado para direcionar cargas elétricas recebidas em uma edificação e enviá-las para o solo. Quando uma corrente passa pela malha de aterramento, o solo ao seu redor sofre uma elevação de potencial e ela não se distribui uniformemente. Esse potencial não uniforme pode submeter, principalmente a uma pessoa, que circule uma corrente pelo seu corpo. O princípio de funcionamento da malha de aterramento se faz através da ligação do equipamento à terra, intermediado por um componente condutor específico. A instalação da malha de aterramento elétrico age pontualmente para um bom funcionamento do sistema elétrico, além de proteger os profissionais, usuários e animais (PESSANHA, 2020)

De acordo com a NBR 5419/2015, a proteção ideal das estruturas ocorre a partir de um revestimento condutor, aterrado e de espessura adequada. Além disso, o sistema precisará de ligações para equipotencializar às linhas elétricas e tubulações metálicas presentes na estrutura do aterramento.

Para Moreno, pressupondo tal situação, o correto dimensionamento da malha de aterramento se faz ainda a suportar os esforços mecânicos – como compressão, tração e cisalhamento térmicos – e eletromagnéticos. Para isso, têm-se os tipos de dimensionamento:

- **“Dimensionamento mecânico:** os condutores que serão instalados na malha de aterramento devem ter bitolas mínimas de 50 milímetros

quadrados (material de cobre) ou 38 milímetros quadrados (material de aço) e contar com proteção para corrosão.

- **Dimensionamento térmico:** os condutores precisam ter uma seção transversal, de modo que suportem uma circulação de corrente de falta, ainda que a temperatura exceda o limite padrão no período determinado. Em outras palavras, a energia térmica deve ficar armazenada no próprio condutor.”

3.4 Proteções de sistemas eletrônicos

Historicamente, a aplicação dos sistemas de aterramento para equipamentos eletrônicos sensíveis ocorreu a partir da utilização dos métodos listados a seguir:

- Utilização do próprio sistema de aterramento de força para os equipamentos sensíveis;
- Utilização de um sistema de aterramento independente, “isolado” do sistema de aterramento de força;
- Utilização de sistema de aterramento radial de “ponto único”; • Utilização da Malha de Terra de Referência (MTR) (Creder, 2016)

A utilização de sistema de aterramento para equipamentos eletrônicos foi posto em prática início dos anos 1970 e não surtiu um efeito como o esperado. As malhas de terra para os equipamentos de força se mostraram ineficientes para equipamentos sensíveis, uma vez que, em regime normal, costumam ser percorridas por correntes de várias origens. Uma vez detectado que as malhas de força para os equipamentos eletrônicos não eram ideais, foi estabelecido um sistema de aterramento “isolado”, independente, para os equipamentos em questão. Este sistema, embora tenha sido eficaz, pois efetivamente controla alguns aspectos negativos da malha de força, apresenta algumas situações:

- Não há equalização do aterramento do equipamento com o da carcaça;
- Projetar uma malha de terra “isolada” da malha de força é uma tarefa complicada, tendo em vista que o solo, ainda que seja de elevada resistividade, é condutor;
- Não tendo sofrido alteração na sua geometria, a malha apresenta ainda deficiências construtivas (MORENO, 2018)

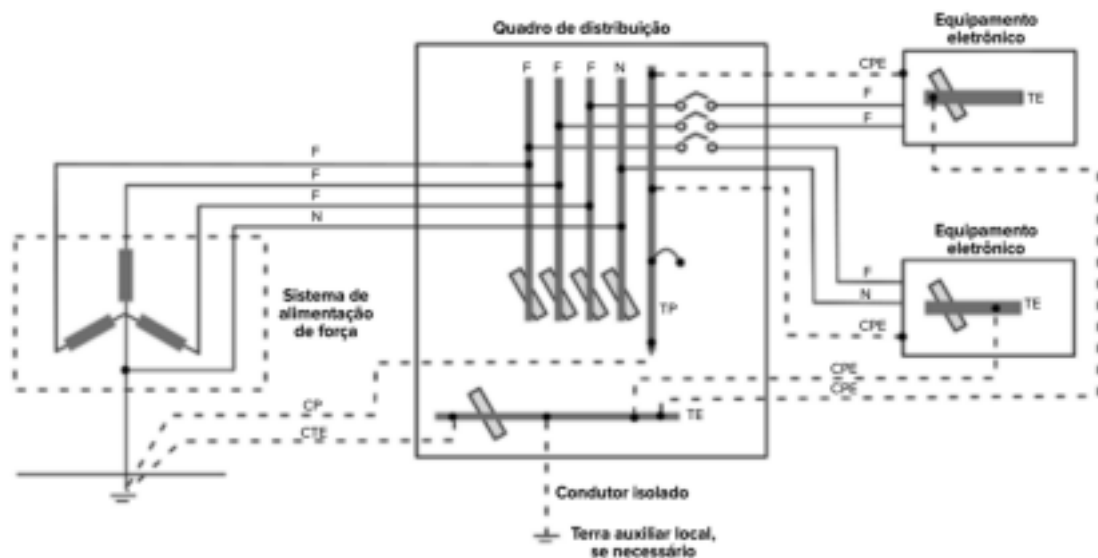
3.4.1 Aterramentos de “ponto único”

Este método representa o passo seguinte na evolução dos sistemas de aterramento dos equipamentos sensíveis, pois elimina do sistema isolado a sua principal desvantagem, que é a falta de segurança pessoal originada da diferença de potencial que pode aparecer entre as duas malhas. As características principais desse método são:

- Os equipamentos eletrônicos continuam isolados do painel de sustentação. Suas barras de terra, também isoladas, são ligadas através de condutores isolados, radiais, a uma barra de terra geral, comumente situada no quadro de distribuição de força dos equipamentos. Esta barra também é isolada do quadro de distribuição, mas conectada através de um cabo isolado a um único ponto do sistema de aterramento de força. Portanto, equalizam-se as duas malhas através desta conexão;
- As carcaças dos painéis de sustentação são ligadas ao sistema de aterramento de força de forma convencional, isto é, de modo a permitir o retorno das correntes de curtos-circuitos originadas pela falha na isolação de alimentação de força dos equipamentos eletrônicos. (PROCOBRE)

Quando existe um quadro de distribuição de força único para os referidos equipamentos, a melhor forma é aterrar suas carcaças através de cabos isolados ligados radialmente na barra do quadro de distribuição. Este quadro pode possuir, portanto, três “barras de aterramento”: barra de neutro (ligada à carcaça do quadro); barra de terra, que recebe os cabos radiais de aterramento das carcaças dos quadros de sustentação dos equipamentos eletrônicos (também ligada à carcaça do quadro); barra de terra isolada da carcaça (própria para aterramento dos equipamentos eletrônicos). Esta última barra, como já descrito, está ligada através de cabos isolados radiais nas barras de terra (barra de referência) dos equipamentos eletrônicos e a um único ponto do sistema de força (daí o nome de “aterramento de ponto único”). A barra de terra dos equipamentos eletrônicos, situada no quadro de distribuição, deve ser ligada a esses eletrodos através de um condutor isolado.

Figura 6 - Aterramento de ponto único



LEGENDA

F - Fase
N - Neutro
T.P. - Barra de aterramento que recebe o condutor de proteção (retorno de defeito fase-terra).
T.E. - Barra de terra de referência para equipamentos eletrônicos - isolada do quadro.

C.P.E. - Condutor isolado de proteção dos quadros de equipamentos eletrônicos.
C.T.E. - Condutor isolado de aterramento das T.E.
C.T. - Condutor isolado de aterramento da T.E. do quadro de distribuição
C.P. - Condutor de aterramento da T.E. do quadro de distribuição

Fonte: PROCOBRE

A conexão acima é um avanço na metodologia de aterramento dos equipamentos sensíveis, mas ainda possui alguns inconvenientes. O maior deles é a incapacidade dos longos condutores de aterramento para equalizar as barras de terra nos casos em que são percorridos por correntes de frequência elevada. Outro inconveniente é o acoplamento capacitivo entre o aterramento do equipamento eletrônico e a carcaça do painel de sustentação, já que são isolados.

Estes inconvenientes são reduzidos quando os cabos de aterramento são curtos, como no caso de se aterrar apenas um ou poucos equipamentos situados próximos do quadro de distribuição.

3.4.2 Malha de terra de referência (MTR)

A Malha de Terra de Referência passou a ser um componente fundamental da infraestrutura de instalações que abrigam equipamentos sensíveis, tornando essa técnica de aterramento mais eficaz atualmente para esses equipamentos. Seu

objetivo básico é o de cancelar o grave inconveniente de todos os tipos de malhas anteriores.

A construção da MTR é baseada nas pesquisas de condução de sinais de alta frequência em cabos condutores (linhas de transmissão). De acordo com a norma ANSI/TIA-942/2005 — *Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers*, a MTR deve ser constituída por um reticulado de cabo ou fita de cobre, com bitola mínima de 16mm² e “mesh” de 0,6 a 3m. Independentemente do tipo de condutor utilizado (redondo ou chato), todos os pontos de cruzamento devem ser interligados entre si. (MORENO, 2018)

O condutor ideal para altas frequências é no formato de uma a “fita”, pois na estrutura de sua construção, pois um condutor de seção circular com a mesma área apresenta maior impedância para as faixas de frequência maior para a mesma superfície de contato. Logo a MTR deve, em princípio, ser executada com estes condutores, porém, a execução com fitas é mais dificultosa e necessita de equipamentos de execução de solda mais difíceis de serem encontrados e operados.

Como a malha é projetada para altas frequências, apenas a superfície do condutor será, em geral, utilizada para conduzir as correntes circulantes, portanto o critério de dimensionamento é apenas mecânico. Podem ser utilizados condutores com seções compreendidas entre 6mm² e 25mm². Na área externa do condutor será utilizada uma fita possuindo uma superfície maior. Quanto maior for à relação largura/espessura da fita, melhor aproveitamento haverá. No entanto, por razões mecânicas, não se recomenda utilização de fita com espessura inferior a 0,4mm.

A MTR não é projetada para retorno de correntes de curto-circuito, então é necessário que os condutores de proteção devam continuar existindo, dimensionados segundo a NBR 5410, e deve estar próximo, ou ainda no mesmo invólucro da fase e neutro, para diminuir a impedância de retorno (PROCOBRE)

A MTR dever ser obrigatoriamente conectada ao sistema de aterramento de força, para eliminar a diferença de potencial já comentada, embora, sob o ponto de vista teórico, ela funcione até mesmo suspensa no ar. (CREDER, 2016).

Outros aspectos importantes relacionados com o aterramento de equipamentos eletrônicos sensíveis, que embora a MTR seja a solução mais eficaz, não garante,

sozinha, o bom desempenho dos equipamentos sensíveis. Para isso, é preciso que sejam realizados os seguintes complementos:

- Execução de uma blindagem externa do edifício, ou blindagem interna na sala que está a MTR, contra descargas atmosféricas diretas e indiretas, conforme as prescrições da ABNT NBR 5419. O objetivo dessa medida é reduzir o campo eletromagnético.
- Utilização de dispositivos protetores de surtos (DPS) no início e fim de cada interface longa, não óptica, dos cabos de comunicação de sinais.
- Escolha minuciosa do sistema de alimentação elétrica dos equipamentos sensíveis, de forma que eles sejam protegidos contra surtos de tensão, transitórios, harmônicos e outros fenômenos.
- Escolha da forma adequada de aterrar as blindagens dos cabos, em geral, em baixas frequências (até algumas dezenas de kHz), aterrando apenas uma das extremidade, e em altas frequências, aterramento nas duas extremidades.

3.5 Condições de segurança

Conforme já informado, a norma NBR 5410, para instalações em baixa tensão, informa que toda parte metálica não energizada como, portas, janelas e tubulações devem ser aterradas individualmente como no esquema TT ou por um condutor de proteção aterrado esquema TN-C ou TNC-S. (PESSANHA, 2020).

Uma das situações que também pode ocorrer é a respeito da Tensão de Passo. A Tensão de Passo é um conceito fundamental em segurança elétrica que se refere à diferença de potencial elétrico que uma pessoa ou animal está sujeito ao se encontrar com os pés distanciados pelo equivalente a um passo. Em outras palavras, é a diferença de tensão entre os pés quando estão em contato com o solo. (CHAVES, 2018)

Dentre as situações que podem gerar a Tensão de Passo, é válido ressaltar sobre o caso de linha rompida em contato com o solo, quando há postes cabos danificados ou queda de postes, pois ocasionam acidentes em pessoas ou animais que se encontrem perto, e no caso de aterramento inadequado ou mal feito

resultando em uma diferença de potencial no solo. Já em caso de descargas atmosféricas, é recomendado pela norma regulamentadora n.10, a procura de um local seguro e não ficar sob árvores e manter os pés próximos.

Já para o caso de uma pessoa tocar em um equipamento, e este se encontrar sujeito a uma tensão de contato, pode ser induzida uma tensão entre mãos e pés, chamada de tensão de toque. Em consequência, pode ocorrer uma passagem de corrente elétrica pelo corpo e provocar fibrilação cardíaca, queimaduras ou outras lesões graves ao organismo. (PROCOBRE).

4 METODOLOGIA

Para realizar a pesquisa, foi elaborado um levantamento bibliográfico, com base em estudos mais recentes relacionados ao tema, visando à importância do sistema de segurança e execução proveniente para a elaboração de um aterramento elétrico. Esses estudos são referentes às formas de instalações e responsabilidades de execução, assim como a importância em um sistema de proteção elétrico.

Será passados ainda nos próximos tópicos, conceitos e informações que possam demonstrar a real necessidade da instalação do sistema de aterramento, a fim de garantir a qualidade, e por conseguinte, suas consequências para instalações irregulares, e após as conclusões a respeito do tema.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Agora que já foi explicado sobre os tipos e esquemas de aterramento, além de sua importância, ainda possuem alguns detalhes presentes ao dia a dia que podem aumentar a segurança. O terceiro pino das tomadas, por exemplo, segundo a NBR 14136:2002 que criou o Padrão Brasileiro de Plugues e Tomadas, o aterramento dos aparelhos é essencial para proteger também as pessoas, pois com a ligação do terceiro pino, o condutor terra funciona como um aterramento elétrico para os equipamentos.

O uso das armaduras do concreto armado na edificação como parte do

sistema de aterramento e descargas atmosféricas permite uma melhor divisão da corrente ocasionadas a partir de raios, conseqüentemente, reduz o campo magnético na parte interna da estrutura.

Para o caso de descargas atmosféricas, em geral, o Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA) atende as necessidades, mas reafirmando que o SPDA não protege equipamentos eletrônicos sensíveis contra tensões induzidas, que pode ser visto por melhor a partir da NBR 5419, desde a elaboração do projeto e os aspectos construtivos que atenda a requerido sistema, junto do recolhimento dos dados complementares necessários.

De modo que já dito anteriormente, o aterramento também depende da necessidade específica para cada área, como equipamentos de telecomunicações e equipamentos mais sensíveis, devido à alta chance de acontecer uma interferência eletromagnética e eletrostática, e por isso, devem receber um aterramento mais específico.

A MTR é a solução mais eficaz para o aterramento confiável de um conjunto de equipamentos sensíveis, mas se sua aplicação for dificultosa, principalmente para um número pequeno de equipamentos, o aterramento de ponto único ou então a utilização de uma placa metálica que simule a MTR, chamada de "*Transient Supressor Plate*" (TSP), ou Placa Supressora de Transiente pode ser a condição que ofereça a melhor qualidade.

Em qualquer projeto, deve ser assegurado que todos os tipos de proteções sejam alocados em um único ponto de aterramento. Esse ponto de convergência do sistema de aterramento de uma instalação elétrica é o chamado BEP, Barramento de Equipotencialização Principal, e deve ser colocado prioritariamente no ponto de entrada da instalação ou próximo ao quadro geral.

6 CONCLUSÕES

Diante do que foi exposto na elaboração, foi possível observar que, para o sistema de aterramento ser eficiente, é necessário dimensioná-lo corretamente, pois erros na execução podem causar prejuízos irreversíveis caso aconteça uma descarga direta ou indireta no local.

Resumindo ao que foi passado nesse trabalho, podemos concluir que um sistema de aterramento que satisfaça às exigências atuais de funcionalidade, segurança e que atenda às normas em vigor deve possuir as seguintes características: utilização da ferragem da estrutura; presença do BEP no ponto de entrada da instalação ou próximo ao quadro geral; interligações por meio de cabos de cobre nus ou isolados dos elementos metálicos não energizados que entram na edificação, como janelas, portas, etc, e levar essas comunicações ao BEP; utilização de protetores contra sobretensões; ligação dos terminais de terra dos protetores de sobretensão instalados juntos aos aparelhos eletrônicos no interior da instalação, através dos condutores de proteção dos circuitos terminais até o BEP; para caso haja a utilização das malhas de aterramento dos equipamentos eletrônicos sensíveis, ligá-las ao BEP através de condutores de equipotencialização os mais curtos e retos possível.

Sendo assim, é fundamental que o serviço seja realizado por profissional ou empresa especializada, com o devido conhecimento das normas NBR 5410 e NBR 5419, além de conhecimento complementar sobre normas regulamentadoras que tangem a segurança.

As recomendações apresentadas no documento apontam as soluções de proteção e aterramento, considerando as informações recolhidas a partir de outros trabalhos.

Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS – *NBR 5410. Instalações Elétricas em Baixa Tensão*. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS – *NBR 5419. Proteção de Edificações Contra Descargas Atmosféricas*. Rio de Janeiro, 2015.

CHAVES, D. V.; RORIZ, T. A. *Ocorrências envolvendo energia elétrica: especificação do projeto de um detector de tensão de passo*. Monografia apresentada ao Curso de Formação de Oficiais Bombeiro Militar em Segurança Pública da Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2018. Acesso em: 15 nov 2023

CREDER, H. *Instalações elétricas*, 16. Ed. Rio de Janeiro. LTC. 2016

FAGLIONI, A.; *et al.* *Sistemas de Aterramento*. Trabalho apresentado com requisito parcial para obtenção de aprovação na disciplina de Eletricidade Básica – Faculdade e Escola Técnica Sequencial, São Paulo, 2013. Acesso em: 10 nov 2023

FERREIRA, F. D. H. *Análise preliminar de modelagens de sistemas de aterramentos elétricos concentrados considerando ionização do solo*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2017. Acesso em: 15 set. 2023.

GENNARI, R. *Malha de aterramento de subestações*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2017. Acesso em: 22 nov 2023.

MORENO, H. *Fascículo sobre aterramento*. Instituto Brasileiro do Cobre – PROCOBRE. São Paulo, 2018. Acesso em: 15 nov 2023.

MORENO, H; COSTA, P. F. O Aterramento na proteção contra choques, descargas atmosféricas, contra sobretensões e equipamentos eletrônicos. Cartilha de campanha de conscientização do Instituto Brasileiro do Cobre – PROCOBRE. São Paulo. Acesso em: 10 nov 2023.

REIS, P. C. S. *Estudo da resistividade do solo para aterramento elétrico*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Anhanguera de Niterói, Rio de Janeiro, 2017. Acesso em: 12 nov 2023

PESSANHA, J. F. M.; VARRICCHIO, S. L. “*Groundinggrind*”: *um pacote para apresentar aspectos fundamentais de malhas de aterramento*. Revista de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis, vol. 14, n.2, p. 44 – 64. ISSN: 2318-0692. Petrópolis, 2020. Acesso em: 27 nov 2023.

PINHEIRO, T. F. L. *Sistemas de aterramento em baixa tensão*. Projeto de graduação (Graduação em Engenharia elétrica) – Engenharia Elétrica Da Escola Politécnica Da Universidade Federal Do Rio De Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Acesso em: 23 nov 2023