

# Aterramento Elétrico

## Fundamentos, Arranjos, Técnicas de Medição e Normas Técnicas

Eng° Walterney Luis Pinto

**Aterramento Elétrico**  
**Fundamentos, Arranjos, Técnicas de Medição e Normas Técnicas**

Seção 1: Introdução ao Aterramento Elétrico.....	2
Seção 2: Arranjos de Aterramento em Instalações Elétricas.....	3
Seção 3: Técnicas de Medição da Resistência de Aterramento.....	7
Seção 4: Requisitos de Aterramento na Norma Regulamentadora 10 (NR10).....	9
Seção 5: Aterramento Conforme a Norma Brasileira NBR 5410.....	10
Seção 6: Aterramento para Proteção Contra Descargas Atmosféricas (NBR 5419).....	14
Seção 7: Outras Normas Técnicas Relevantes.....	17
Seção 8: Conclusão.....	18
Referências citadas.....	21

## Seção 1: Introdução ao Aterramento Elétrico

O aterramento elétrico representa uma conexão elétrica intencional entre um sistema físico – seja ele elétrico, eletrônico ou constituído por corpos metálicos – e o solo terrestre.<sup>1</sup> Este procedimento fundamental em instalações elétricas é composto por três elementos essenciais: as conexões elétricas que estabelecem a ligação entre um ponto específico do sistema e os eletrodos de aterramento; os eletrodos de aterramento, que consistem em qualquer corpo metálico estrategicamente posicionado no solo; e a própria terra, que envolve e interage com esses eletrodos.<sup>1</sup> A eficácia com que o aterramento desempenha suas funções é influenciada pela impedância do sistema de aterramento, que representa a oposição que o solo oferece à passagem de corrente elétrica através dos eletrodos.<sup>1</sup> Em muitas aplicações práticas, a qualidade do aterramento é avaliada por sua resistência, um parâmetro quantificado pela relação entre a tensão aplicada ao sistema de aterramento e a corrente elétrica resultante que flui para a terra.<sup>1</sup>

A implementação de um sistema de aterramento eficiente é de suma importância para a segurança e a funcionalidade das instalações elétricas.<sup>2</sup> Sua relevância transcende a mera proteção contra choques elétricos, sendo crucial para preservar a integridade dos sistemas, prevenir danos aos equipamentos e assegurar a continuidade das operações.<sup>2</sup> Um dos papéis primordiais do aterramento é a proteção contra descargas atmosféricas, como raios, ao oferecer um caminho seguro para a dissipação da energia de alta tensão e corrente para o solo, minimizando os riscos de danos às instalações.<sup>2</sup> Adicionalmente, o aterramento desempenha um papel vital na prevenção de choques elétricos, pois, em caso de falha no isolamento de equipamentos, ele direciona as correntes de fuga para a terra, mantendo-as afastadas de pessoas e reduzindo significativamente a probabilidade de acidentes.<sup>2</sup> Além da segurança, o aterramento contribui para a estabilidade do sistema elétrico, ajudando a manter a tensão em níveis seguros e uniformes, prevenindo sobretensões e outros problemas que poderiam comprometer o desempenho e a segurança dos equipamentos.<sup>2</sup> O aterramento também facilita a operação de dispositivos de proteção, como fusíveis e disjuntores, ao proporcionar um caminho para a corrente de falta, permitindo que esses dispositivos atuem de forma eficaz para interromper o circuito em condições anormais.<sup>1</sup> Em instalações industriais, um sistema de aterramento bem projetado e implementado protege equipamentos de alto custo, garante a segurança dos trabalhadores e minimiza a ocorrência de falhas elétricas que poderiam levar a incêndios, explosões ou outros acidentes graves.<sup>2</sup> Outras vantagens incluem a minimização da interferência eletromagnética, o aumento da vida útil dos equipamentos e a redução dos custos associados à manutenção e a

paradas inesperadas.<sup>2</sup> Para empresas, o aterramento é uma medida de segurança obrigatória que protege pessoas e previne danos a equipamentos, evitando riscos financeiros e à saúde.<sup>3</sup>

Os objetivos primários do aterramento elétrico são diversos e abrangentes. Em primeiro lugar, ele é essencial para o desempenho adequado do sistema elétrico, permitindo que o solo sirva como um condutor de retorno para a corrente elétrica, o que garante a estabilidade do sistema. Em sistemas trifásicos desbalanceados, por exemplo, a corrente flui normalmente pelo condutor neutro, que está conectado ao aterramento no solo. Além disso, muitas redes de energia e sinal necessitam de um ponto de referência de potencial elétrico para operar corretamente, e o potencial da terra é frequentemente utilizado para essa finalidade.<sup>5</sup> Em segundo lugar, o aterramento visa proteger o sistema elétrico e seus equipamentos, oferecendo um caminho seguro para o escoamento de correntes de fuga ou de falta. Essa função possibilita a atuação eficaz dos dispositivos de proteção, como disjuntores e fusíveis, que interrompem o circuito em caso de falha, prevenindo danos maiores aos equipamentos e às instalações. Os Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS) também dependem de um aterramento adequado para desviar a energia dos surtos para o solo, protegendo os equipamentos conectados à rede elétrica.<sup>5</sup> Terceiro, o aterramento é crucial para a segurança de seres vivos, sejam eles pessoas ou animais. Ao proporcionar um caminho de baixa impedância para a terra em situações de falha de isolamento ou contato acidental com partes energizadas, o aterramento ajuda a limitar a tensão de contato e a corrente que pode passar através do corpo, reduzindo significativamente o risco de choque elétrico.<sup>5</sup> Em suma, o aterramento elétrico tem como meta principal garantir a segurança das pessoas, a integridade dos equipamentos e o bom funcionamento do sistema elétrico em sua totalidade.<sup>4</sup> Outros objetivos incluem a proteção de usuários, animais e profissionais contra choques elétricos, a salvaguarda de equipamentos contra sobrecargas e surtos, e o fornecimento de uma via para a descarga de excesso de carga elétrica.<sup>6</sup>

## **Seção 2: Arranjos de Aterramento em Instalações Elétricas**

O sistema de aterramento TT é caracterizado por um ponto de alimentação que está diretamente conectado à terra, enquanto as massas da instalação são ligadas a eletrodos de aterramento que são eletricamente distintos do eletrodo de aterramento da alimentação.<sup>1</sup> Neste esquema, o neutro da fonte de energia, como o secundário de um transformador, é conectado diretamente ao solo logo na entrada da instalação.<sup>1</sup> As carcaças dos equipamentos elétricos são, por sua vez, conectadas a um eletrodo

de aterramento separado e independente do eletrodo de aterramento da alimentação (neutro). Em alguns casos, cada equipamento ou grupo de equipamentos pode possuir sua própria haste de aterramento.<sup>1</sup> Uma característica importante do sistema TT é que as correntes de falta direta entre fase e massa são inferiores às correntes de curto-circuito. Embora limitadas em magnitude, essas correntes ainda podem ser suficientes para gerar tensões perigosas, o que torna imprescindível a utilização de dispositivos de proteção adequados para garantir a segurança da instalação e dos usuários.<sup>1</sup> O sistema TT é amplamente reconhecido como o mais eficiente entre os esquemas de aterramento existentes, uma vantagem atribuída à independência dos aterramentos das massas e da alimentação.<sup>1</sup> Como princípio geral, recomenda-se que o sistema TT seja a primeira opção a ser considerada sempre que tecnicamente viável.<sup>1</sup> A alta segurança proporcionada pelo sistema TT reside no fato de que uma falha de isolamento em um determinado equipamento não afetará o potencial de outros equipamentos que estejam aterrados separadamente. Essa independência entre os aterramentos da alimentação e das massas contribui significativamente para a eficiência e a confiabilidade do sistema.<sup>1</sup>

O sistema TN, por sua vez, possui um ponto da alimentação que é diretamente aterrado, e as partes condutoras expostas da instalação são conectadas a esse ponto através de condutores de proteção.<sup>7</sup> Dentro do sistema TN, existem três variações principais: TN-S, TN-C e TN-C-S. No esquema de aterramento TN-S, que está em total conformidade com a NBR-5410, observa-se uma separação completa e contínua dos condutores neutro (N) e de proteção (PE) ao longo de toda a instalação elétrica.<sup>1</sup> O condutor de proteção (PE) é conectado diretamente às massas metálicas dos equipamentos elétricos e ao terminal de aterramento da instalação, mantendo-se distinto do condutor neutro (N) em todo o circuito.<sup>8</sup> Essa configuração permite que quaisquer correntes de fuga que possam surgir sejam direcionadas de maneira eficaz e segura para a terra através do condutor de proteção (PE).<sup>8</sup> Ao oferecer um caminho de baixa impedância para a terra, o sistema TN-S desempenha um papel crucial na proteção contra choques elétricos que poderiam ocorrer ao tocar em partes metálicas que, porventura, se tornem energizadas acidentalmente.<sup>8</sup> A NBR-5410 estabelece um limite máximo de 3  $\Omega$  para o valor da resistência de aterramento neste esquema.<sup>8</sup> Além disso, a norma exige que a medição dessa resistência seja realizada utilizando um equipamento especializado denominado terrômetro.<sup>8</sup> Para facilitar a identificação e garantir a segurança, os condutores de proteção (PE) devem ser claramente identificados pelas cores verde ou verde e amarelo, em consonância com as diretrizes da NBR-5410.<sup>8</sup> O dimensionamento da seção dos condutores de proteção deve seguir recomendações específicas estabelecidas pela norma, que geralmente relacionam a seção do PE com a seção dos condutores de fase, variando

conforme a bitola destes.<sup>8</sup> O esquema TN-S é amplamente adotado em uma variedade de instalações elétricas, incluindo residências, estabelecimentos comerciais e indústrias, devido à sua comprovada eficácia na proteção contra choques elétricos e na garantia de um ambiente seguro.<sup>8</sup> Ele é particularmente recomendado em locais onde a segurança é uma prioridade máxima, como hospitais, escolas e áreas residenciais, sendo também a escolha preferencial para novas instalações.<sup>9</sup> Em sistemas trifásicos, sejam eles equilibrados ou não, o aterramento do neutro e o aterramento de proteção (PE) são elementos essenciais para fornecer um caminho de retorno seguro para as correntes e para prevenir choques elétricos por contato indireto.<sup>8</sup>

Em contraste, o esquema de aterramento TN-C adota uma abordagem diferente, combinando as funções de neutro e proteção em um único condutor, denominado PEN (condutor de proteção neutro).<sup>1</sup> Para que este esquema seja aplicado de forma segura e eficaz, é fundamental estabelecer um ambiente equipotencial eficiente, o que geralmente é alcançado através da utilização de eletrodos de aterramento espaçados de maneira regular ao longo da instalação.<sup>10</sup> No entanto, o uso do esquema TN-C apresenta certas restrições importantes: ele não é permitido para condutores com seção transversal inferior a 10mm<sup>2</sup> e também não deve ser utilizado para alimentar equipamentos portáteis e flexíveis.<sup>10</sup> Além disso, em situações de falha, o esquema TN-C pode apresentar características que o tornam inadequado e até mesmo proibido em locais que apresentam risco de incêndio.<sup>10</sup> Uma das principais vantagens do sistema TN-C é a economia de material, uma vez que apenas um condutor desempenha as duas funções.<sup>9</sup> Contudo, essa combinação também traz consigo desvantagens significativas, como problemas de segurança que podem surgir em caso de rompimento do condutor PEN, além da incompatibilidade com dispositivos diferenciais (DR), que não funcionam de maneira eficaz neste esquema.<sup>9</sup> O sistema TN-C é mais comumente encontrado em instalações industriais ou comerciais mais antigas.<sup>9</sup> Embora seja um esquema normalizado, ele geralmente não é a opção mais recomendada devido às suas limitações de segurança.<sup>1</sup>

O esquema de aterramento TN-C-S representa uma combinação estratégica dos esquemas TN-C e TN-S. Neste sistema, as funções de neutro e proteção são combinadas em um único condutor (PEN) em uma parte específica da instalação, enquanto em outra parte essas funções são separadas em condutores distintos.<sup>1</sup> Tipicamente, a instalação começa com a configuração TN-C, e em um ponto determinado, geralmente no quadro de distribuição principal, o condutor PEN é dividido em um condutor neutro (N) e um condutor de proteção (PE) separados.<sup>9</sup> Essa abordagem híbrida visa aproveitar os benefícios de ambos os esquemas: a economia

de condutores proporcionada pelo TN-C na parte inicial da instalação e a maior segurança e a possibilidade de utilização de dispositivos DR oferecidas pelo TN-S na parte final, que alimenta as cargas.<sup>9</sup> O esquema TN-C-S é considerado compatível com grandes instalações elétricas e é amplamente utilizado em redes de distribuição pública, em instalações residenciais e em edifícios comerciais, oferecendo um equilíbrio satisfatório entre considerações econômicas e requisitos de segurança.<sup>9</sup>

Por fim, o sistema de aterramento IT se distingue dos demais por não possuir uma conexão direta entre o neutro do sistema de alimentação e a terra, caracterizando-se como um sistema isolado da terra.<sup>1</sup> Neste esquema, apenas as partes metálicas da instalação são aterradas.<sup>1</sup> O sistema IT é amplamente empregado em ambientes onde a segurança elétrica é de extrema importância, como em hospitais e clínicas médicas, particularmente em áreas críticas como centros cirúrgicos. A principal vantagem do aterramento IT é o isolamento da rede elétrica externa do sistema elétrico interno da instalação, o que proporciona uma maior segurança operacional e contribui para a prevenção de acidentes.<sup>12</sup> Em comparação com os sistemas TN e TT, o IT oferece um nível de segurança mais elevado, resultando em uma maior prevenção de acidentes.<sup>12</sup> Além disso, o sistema IT ajuda a evitar possíveis fugas ou faltas de energia, um aspecto crucial em locais onde pacientes dependem de equipamentos médicos para funções vitais, como a respiração.<sup>12</sup> Uma aplicação específica do sistema IT em hospitais é o Sistema IT Médico, que utiliza um Dispositivo Supervisor de Isolamento (DSI) para monitorar continuamente as condições de segurança da instalação elétrica e indicar a ocorrência de uma primeira falha.<sup>12</sup> O isolamento da rede é garantido pelo uso de um transformador de separação, que isola o circuito secundário (interno) do primário (rede elétrica), prevenindo choques elétricos ao tocar em condutores energizados e eliminando um caminho direto de retorno para correntes através do corpo.<sup>12</sup> Uma das vantagens significativas do sistema IT é a continuidade do serviço em caso de uma primeira falha à terra, pois o sistema não desliga automaticamente, o que é fundamental em hospitais e instalações industriais críticas.<sup>9</sup> Além disso, o risco de choque elétrico é menor, pois a tensão entre as partes metálicas e o solo é geralmente muito baixa.<sup>9</sup> No entanto, o sistema IT apresenta uma maior complexidade na detecção de falhas e na manutenção, exigindo uma supervisão contínua para identificar a primeira falha e realizar o reparo antes que ocorra uma segunda.<sup>9</sup> Sua aplicação principal se dá em instalações industriais onde a continuidade do fornecimento de energia é essencial, como centros cirúrgicos, laboratórios, indústrias químicas e plataformas de petróleo.<sup>9</sup>

## Seção 3: Técnicas de Medição da Resistência de Aterramento

O método da queda de potencial é uma técnica fundamental para medir a resistência de aterramento, baseando-se no princípio da Lei de Ohm. O procedimento envolve a geração de uma corrente elétrica entre um eletrodo auxiliar de terra e o eletrodo de aterramento que se deseja testar. Simultaneamente, mede-se a queda de potencial entre uma segunda estaca, denominada sonda ou estaca interna, e o eletrodo de aterramento sob teste.<sup>13</sup> Utilizando a relação  $V = IR$ , onde  $V$  é a queda de potencial medida e  $I$  é a corrente injetada, o instrumento de teste, conhecido como terrômetro, calcula automaticamente a resistência do eletrodo de terra.<sup>13</sup> Para realizar a medição, o primeiro passo é desconectar o eletrodo de aterramento da instalação elétrica.<sup>13</sup> Em seguida, o terrômetro é conectado ao eletrodo de aterramento.<sup>13</sup> Para o teste padrão de três polos, são utilizadas duas estacas auxiliares de terra, que devem ser inseridas no solo em linha reta, a uma distância considerável do eletrodo de aterramento testado. Uma distância de aproximadamente 20 metros é geralmente suficiente para instalações de pequeno e médio porte.<sup>13</sup> O terrômetro então gera uma corrente elétrica conhecida entre a estaca mais externa (eletrodo auxiliar de corrente) e o eletrodo de aterramento sob teste. A queda de potencial é medida entre a estaca interna (sonda) e o eletrodo de aterramento.<sup>13</sup> Com base nos valores de corrente e tensão medidos, o terrômetro aplica a Lei de Ohm para determinar a resistência do eletrodo de aterramento.<sup>13</sup> O valor da resistência (RE) exibido pelo terrômetro representa a resistência efetiva do eletrodo de aterramento que está sendo avaliado. Caso o eletrodo esteja conectado em paralelo ou em série com outros elementos de aterramento, o valor de RE corresponderá à resistência total do sistema.<sup>13</sup>

Um aspecto crucial para a precisão do método da queda de potencial é o posicionamento correto das estacas auxiliares. A sonda (estaca interna) deve ser posicionada fora da esfera de influência tanto do eletrodo de aterramento testado quanto do eletrodo auxiliar de corrente. Caso contrário, as áreas de resistência efetivas dos eletrodos podem se sobrepor, comprometendo a validade das medições.<sup>13</sup> Para auxiliar no posicionamento, existem tabelas que fornecem diretrizes sobre as distâncias recomendadas entre o eletrodo de terra, a estaca interna e a estaca externa, levando em consideração a profundidade do eletrodo de terra.<sup>13</sup> Para verificar se as estacas estão adequadamente posicionadas fora das esferas de influência, recomenda-se reposicionar a estaca interna (sonda) em cerca de um metro em qualquer direção e refazer a medição. Se houver uma variação significativa nos resultados (superior a 30%), é necessário aumentar a distância entre o eletrodo

de terra testado, a estaca interna e a estaca externa até que os valores medidos se estabilizem ao reposicionar a estaca interna.<sup>13</sup> O método da queda de potencial apresenta como vantagens a sua relativa simplicidade conceitual, o que o torna útil para fins didáticos, e a sua adequação para a medição da resistência de aterramentos de pequeno porte.<sup>1</sup> No entanto, ele também possui desvantagens. Para aterramentos de grandes dimensões, seriam necessários cabos de grande comprimento e áreas livres extensas para o posicionamento das estacas auxiliares, o que muitas vezes dificulta a aplicação prática do método.<sup>1</sup> Além disso, em condições normais de operação, é preciso ter cautela com as medições, pois correntes de desequilíbrio em sistemas aterrados e correntes de consumidores monofásicos com retorno pela terra podem gerar correntes parasitas no solo, da ordem de centenas de miliampères. A tensão resultante no eletrodo móvel será a soma vetorial da corrente injetada para o teste com a corrente de interferência preexistente, o que pode causar erros na medição dependendo da magnitude da corrente de interferência.<sup>1</sup> Outra desvantagem é a necessidade de espaço livre perpendicular ao aterramento para a instalação adequada dos eletrodos auxiliares.<sup>1</sup>

O método da pinça amperimétrica representa uma alternativa moderna e conveniente para a medição da resistência de aterramento, especialmente em sistemas multiaterrados. Este método utiliza um alicate amperimétrico especialmente projetado para medir a resistência do loop de aterramento e a corrente de fuga CA sem a necessidade de desconectar as hastes de aterramento paralelas ou de inserir estacas auxiliares no solo.<sup>14</sup> Essa abordagem economiza tempo e permite realizar testes em locais onde os métodos tradicionais seriam impraticáveis, como no interior de edifícios ou em postes de energia elétrica.<sup>14</sup> O princípio de operação da pinça amperimétrica baseia-se na indução de uma tensão elétrica no loop de aterramento através de uma das garras do alicate. A outra garra do alicate mede a corrente elétrica que resulta dessa tensão induzida. O medidor interno do alicate então calcula automaticamente a resistência do loop de aterramento no ponto específico onde o alicate está conectado.<sup>14</sup> Isso elimina a necessidade de utilizar estacas de aterramento separadas e o processo de desconectar e isolar as hastes de aterramento paralelas, tornando o procedimento de teste não intrusivo.<sup>14</sup> O procedimento de medição é relativamente simples: basta posicionar a pinça amperimétrica ao redor da haste de aterramento ou do cabo de conexão.<sup>14</sup> Uma das partes da pinça induz uma tensão específica no loop de aterramento, enquanto a outra parte mede a corrente que flui como consequência dessa tensão induzida.<sup>14</sup> O equipamento de teste interno calcula então a resistência do loop de aterramento naquele ponto de conexão, utilizando os valores de tensão induzida e corrente medida.<sup>14</sup> Este método permite uma medição rápida e conveniente da resistência de

aterramento e da continuidade elétrica sem a necessidade de interromper o circuito.<sup>14</sup> As vantagens do método da pinça amperimétrica incluem a economia de tempo e a conveniência, pois não é necessário desconectar as hastes de aterramento paralelas ou inserir estacas auxiliares. Ele também permite a realização de testes em locais onde os métodos tradicionais não seriam viáveis e proporciona uma medição rápida e sem a necessidade de interromper o circuito elétrico.<sup>14</sup> Os documentos fornecidos<sup>1</sup> não mencionam desvantagens específicas para este método.

## **Seção 4: Requisitos de Aterramento na Norma Regulamentadora 10 (NR10)**

A Norma Regulamentadora 10 (NR10) estabelece requisitos mandatórios para o sistema de aterramento em projetos elétricos realizados em empresas. Especificamente, a norma exige que as especificações detalhadas do sistema de aterramento, incluindo a configuração do esquema adotado, sejam obrigatoriamente incluídas nos esquemas elétricos unifilares.<sup>15</sup> Adicionalmente, os projetos devem prever e detalhar as condições necessárias para a implementação do aterramento temporário, que é uma medida de segurança essencial durante trabalhos em instalações elétricas.<sup>15</sup> A NR-10, em seu escopo geral, estabelece as condições mínimas para garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que interagem direta ou indiretamente com instalações elétricas e serviços em eletricidade, abrangendo desde o projeto até a execução, reforma, ampliação, operação e manutenção dessas instalações.<sup>16</sup> Portanto, a obrigatoriedade da especificação do sistema de aterramento nos projetos elétricos reflete o papel fundamental que essa medida desempenha na segurança dos trabalhadores e na prevenção de acidentes elétricos.

A NR10 não se limita a exigir a implementação do sistema de aterramento, mas também enfatiza a necessidade de sua verificação e acompanhamento contínuos. Nesse sentido, a norma estabelece a obrigatoriedade da documentação detalhada de todas as inspeções e medições realizadas no sistema de aterramento.<sup>15</sup> Essa exigência garante que a eficácia do aterramento seja monitorada ao longo do tempo e que quaisquer anomalias ou necessidades de manutenção sejam prontamente identificadas e corrigidas. A documentação das inspeções e medições serve como um registro histórico do estado do sistema de aterramento, permitindo avaliar sua conformidade com os requisitos normativos e identificar tendências ou problemas recorrentes que possam comprometer a segurança e a funcionalidade das instalações elétricas.

Um aspecto crucial abordado pela NR10 é a previsão para o aterramento temporário

nos procedimentos de desenergização de circuitos elétricos. A norma estabelece que a instalação do aterramento temporário é uma etapa fundamental no processo de desenergização, visando garantir a segurança dos trabalhadores durante a execução de serviços em instalações elétricas.<sup>15</sup> O aterramento temporário, conforme definido pela NR10, é um procedimento de segurança elétrica essencial que consiste na criação de uma conexão elétrica segura entre um sistema ou equipamento energizado e o solo, utilizando cabos e dispositivos específicos.<sup>17</sup> Essa ligação direta com a terra permite a dissipação controlada de qualquer corrente elétrica residual ou acidental, prevenindo acidentes graves como choques elétricos e queimaduras. O aterramento temporário é considerado um dos principais elementos de proteção coletiva e individual em instalações elétricas.<sup>17</sup> Sua utilização é obrigatória sempre que houver necessidade de realizar atividades em instalações elétricas energizadas ou em equipamentos com energia elétrica, incluindo serviços de manutenção, inspeção, reparos, limpeza e qualquer tipo de intervenção em sistemas elétricos sob tensão.<sup>17</sup> É particularmente importante em situações com potencial de energização acidental de circuitos ou equipamentos, como durante manobras de chaves seccionadoras ou religadoras, pois previne danos graves ao fornecer um caminho seguro para a corrente elétrica, evitando que ela passe pelo corpo do trabalhador.<sup>17</sup>

A NR10 também enfatiza a importância fundamental do aterramento elétrico para a segurança de pessoas e animais. A norma reconhece que o aterramento tem como função principal dispersar qualquer corrente de falta para a terra de forma segura, sem causar diferenças de potenciais ou tensões induzidas perigosas, além de reduzir significativamente a possibilidade de danos a equipamentos próximos.<sup>15</sup> Ao conectar os equipamentos elétricos à terra através de um sistema de aterramento adequado, o risco de acidentes elétricos é consideravelmente reduzido. A terra atua como um receptor seguro para diversas formas de descargas elétricas, incluindo descargas eletrostáticas, descargas atmosféricas (raios), correntes provenientes de supressores de surtos e correntes de fuga resultantes de falhas nos equipamentos.<sup>3</sup> Portanto, a NR10 estabelece claramente que o aterramento não é apenas uma medida de proteção para equipamentos, mas também um componente essencial para garantir a integridade física e a segurança de todos que possam entrar em contato com as instalações elétricas.

## **Seção 5: Aterramento Conforme a Norma Brasileira NBR 5410**

A Norma Brasileira NBR 5410, que trata das instalações elétricas de baixa tensão, estabelece uma classificação clara dos esquemas de aterramento utilizados em

instalações elétricas, definindo três tipos principais: TN, TT e IT.<sup>9</sup> O esquema TN (Terra Neutro) é caracterizado pela conexão direta do neutro do sistema de alimentação à terra e se subdivide em três variações: TN-C, TN-S e TN-CS.<sup>1</sup> No esquema TT (Terra-Terra), o neutro do sistema de alimentação é aterrado diretamente no ponto de origem, e as partes metálicas da instalação do usuário são aterradas separadamente por meio de um sistema de aterramento local.<sup>9</sup> Já o esquema IT (Isolamento Terra) se distingue por não possuir uma conexão direta entre o neutro do sistema de alimentação e a terra, sendo, portanto, um sistema isolado da terra, onde apenas as partes metálicas da instalação são aterradas.<sup>9</sup> A classificação desses esquemas de aterramento, conforme detalhado na seção 4.2.2.2 da NBR 5410<sup>7</sup>, é baseada em dois critérios fundamentais: a configuração dos condutores vivos do sistema e o arranjo de aterramento propriamente dito. O esquema de condutores vivos se refere ao tipo de sistema elétrico em questão, como sistemas monofásicos, trifásicos, em corrente alternada ou contínua.<sup>7</sup> O arranjo de aterramento, por sua vez, é classificado utilizando um sistema de letras: a primeira letra indica a relação da alimentação com a terra (T para um ponto diretamente aterrado, I para todas as partes vivas isoladas da terra ou um ponto aterrado através de impedância); a segunda letra indica a relação das partes condutoras expostas da instalação com a terra (T para partes diretamente aterradas independentemente do aterramento da alimentação, N para partes conectadas ao ponto aterrado da alimentação); e outras letras adicionais especificam o arranjo dos condutores neutro e de proteção (S para funções de neutro e proteção asseguradas por condutores separados, C para funções combinadas em um único condutor PEN).<sup>7</sup>

A NBR 5410, no seu item 5.1.2.2, estabelece requisitos detalhados para a equipotencialização principal e suplementar como medidas essenciais para a proteção contra choque elétrico.<sup>7</sup> A norma determina que todas as partes condutoras expostas de uma instalação elétrica devem ser conectadas a condutores de proteção.<sup>7</sup> Além disso, é obrigatória a implementação de uma equipotencialização principal em cada edifício, complementada por equipotencialização suplementar sempre que necessário.<sup>7</sup> Todos os elementos condutores expostos que se encontram dentro do mesmo edifício devem ser interligados à equipotencialização principal, sendo assim conectados ao mesmo eletrodo de aterramento.<sup>7</sup> Similarmente, partes condutoras expostas que sejam simultaneamente acessíveis devem ser conectadas ao mesmo eletrodo de aterramento.<sup>7</sup> A norma também exige que cada circuito elétrico possua um condutor de proteção que se estenda por toda a sua extensão.<sup>7</sup> A seção 6.4 da NBR 5410 dedica-se a fornecer especificações detalhadas sobre aterramento e equipotencialização.<sup>7</sup> A equipotencialização principal deve englobar diversos elementos estruturais e de serviço do edifício, incluindo a armadura do

concreto armado, as estruturas metálicas da construção, as tubulações metálicas de serviços como água e gás, os dutos metálicos utilizados para ventilação e ar condicionado, e, naturalmente, os condutores de proteção da própria instalação elétrica.<sup>7</sup>

O dimensionamento adequado dos condutores de proteção (PE) é um aspecto crucial da segurança em instalações elétricas, e a NBR 5410, em sua seção 6.4.3<sup>7</sup>, estabelece critérios claros para essa finalidade. A norma determina que as seções mínimas dos condutores de proteção devem ser baseadas na seção dos condutores de fase correspondentes.<sup>7</sup> Além disso, a NBR 5410 estabelece que o dimensionamento do condutor de proteção (PE) deve ser realizado com base na mesma integral de Joule da proteção contra curto-circuito.<sup>18</sup> Isso significa que a capacidade do condutor PE de suportar a corrente de curto-circuito durante o tempo de atuação do dispositivo de proteção deve ser levada em consideração. Em termos práticos, a norma oferece diretrizes específicas: se a seção do condutor de fase for igual ou inferior a 16 mm<sup>2</sup>, a seção do condutor de proteção deve ser igual à seção do condutor de fase.<sup>19</sup> Para condutores de fase com seção entre 16 mm<sup>2</sup> e 35 mm<sup>2</sup>, a seção do condutor de proteção deve ser de 16 mm<sup>2</sup>.<sup>19</sup> Já para condutores de fase com seção superior a 35 mm<sup>2</sup>, a seção do condutor de proteção deve ser igual à metade da seção do condutor de fase.<sup>19</sup>

A NBR 5410 também fornece especificações detalhadas para os condutores de aterramento e equipotencialização. A seção 6.4.1.2 da norma estabelece os requisitos para os condutores de aterramento, incluindo as áreas de seção transversal mínimas que devem possuir, as medidas de proteção contra corrosão que devem ser implementadas e os métodos adequados para sua conexão aos eletrodos de aterramento e à barra de equipotencialização principal (BEP).<sup>7</sup> Adicionalmente, a seção 6.4.4 da NBR 5410 detalha os requisitos específicos para os condutores de equipotencialização.<sup>7</sup> É importante ressaltar que os condutores de proteção (PE) devem estar em conformidade com os requisitos estabelecidos na seção 6.4.3 da norma.<sup>7</sup> Para a interligação dos eletrodos de aterramento, como as hastes de cobre, a norma recomenda a utilização de cabos de cobre nu, que oferecem boa condutividade e resistência à corrosão.<sup>19</sup> Na parte do sistema de aterramento destinada à equipotencialização da instalação elétrica, que geralmente se encontra fora do solo, podem ser utilizados tanto cabos de cobre nu quanto cabos isolados com tensões de isolamento de 750 V ou 1 kV.<sup>19</sup>

A NBR 5410 especifica diversos tipos de eletrodos de aterramento que podem ser utilizados em instalações elétricas de baixa tensão, incluindo hastes, anéis e as próprias fundações da edificação. A seção 6.4.1.1 da norma define o aterramento

como uma infraestrutura essencial da edificação, referindo-se ao "eletrodo de aterramento".<sup>1</sup> A norma detalha os requisitos para esses eletrodos, abrangendo os diferentes tipos disponíveis (como hastes de aterramento, fitas, placas e eletrodos de fundação), os materiais de que podem ser feitos e as diretrizes para sua instalação.<sup>7</sup> Em situações onde a utilização do aterramento pelas fundações não for viável, a NBR 5410 estabelece que o eletrodo de aterramento deve ser constituído, no mínimo, por um anel condutor que circunde o perímetro da edificação, complementado pela instalação de hastes verticais conectadas a esse anel.<sup>20</sup> Para edificações com fundações em alvenaria, a norma permite que o eletrodo de aterramento seja formado por uma fita de aço ou uma barra de aço de construção, que deve ser imersa no concreto das fundações de maneira a formar um anel contínuo ao redor de todo o perímetro da construção.<sup>20</sup> É importante notar que o item 6.4.1.1.4 da NBR 5410:2004 proíbe o uso de canalizações metálicas destinadas ao fornecimento de água ou outros serviços como eletrodos de aterramento. No entanto, a norma ressalva que essa proibição não impede a ligação equipotencial dessas canalizações à barra de aterramento principal (BEP) da instalação.<sup>20</sup>

A NBR 5410 também estabelece critérios de projeto para sistemas de aterramento em instalações de baixa tensão. A norma recomenda a utilização de um dos seguintes esquemas de aterramento em cada circuito elétrico: TT, TN-S ou TN-C.<sup>21</sup> Essa prática contribui significativamente para a segurança das instalações elétricas, garantindo a proteção contra choques e outros riscos. Além disso, a norma define critérios para a separação adequada dos circuitos elétricos, visando evitar a combinação inadequada de circuitos de iluminação e tomadas, o que também é fundamental para a segurança e para a conformidade com os requisitos da NBR 5410.<sup>21</sup> A norma também estabelece critérios para a determinação da carga mínima de iluminação em diferentes tipos de ambientes e para a distribuição e o dimensionamento das tomadas, incluindo a necessidade de prever tomadas de uso específico (TUE) em situações onde cargas elevadas ou equipamentos específicos demandem essa solução, evitando assim sobrecargas nos circuitos.<sup>21</sup> A NBR 5410 enfatiza que o aterramento é um requisito obrigatório em qualquer instalação elétrica de baixa tensão, sendo o sistema de aterramento o principal responsável por proteger os equipamentos e prevenir a ocorrência de choques elétricos.<sup>22</sup> A norma também especifica que um condutor de aterramento (condutor-terra) deve ser instalado em cada um dos circuitos elétricos da instalação, e que o tipo de aterramento preferencial é o TT. No entanto, caso o aterramento TT não seja viável por razões técnicas ou econômicas, a norma permite a utilização dos aterramentos TN-S ou TN-C, desde que atendam aos requisitos de segurança estabelecidos.<sup>22</sup>

## Seção 6: Aterramento para Proteção Contra Descargas Atmosféricas (NBR 5419)

A NBR 5419-3:2015 estabelece requisitos específicos para o subsistema de aterramento de um Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA). Uma das principais exigências é a utilização de uma única infraestrutura de aterramento que deve envolver não apenas o SPDA, mas também os sistemas de energia elétrica e os sistemas de sinal da edificação.<sup>23</sup> A norma prevê diversos arranjos possíveis para essa infraestrutura de aterramento, incluindo a utilização da armadura de aço das fundações de concreto ou de outra estrutura metálica subterrânea, desde que a continuidade elétrica entre as partes seja devidamente garantida. Outra opção é a implementação de uma malha de aterramento, sendo necessário, neste caso, adotar medidas preventivas para mitigar o risco de tensões superficiais perigosas, conforme detalhado na seção 8 da norma. O anel condutor também é um arranjo permitido, podendo ser instalado externamente à estrutura a ser protegida, em contato com o solo por pelo menos 80% de seu comprimento, ou internamente, como um elemento condutor que interliga as armaduras descontínuas da fundação (sapatas), sempre com a garantia da continuidade elétrica.<sup>23</sup> Em situações onde se faz necessário, eletrodos adicionais, que podem ser verticais (como hastes), horizontais ou inclinados (como cabos), podem ser conectados ao eletrodo em anel. A norma recomenda que esses eletrodos adicionais sejam localizados o mais próximo possível dos pontos de conexão com os condutores de descidas do SPDA.<sup>23</sup> Caso a opção seja pelo eletrodo em anel, a NBR 5419-3:2015 especifica que ele deve ser enterrado a uma profundidade mínima de 0,5 metros e posicionado aproximadamente a 1,0 metro das paredes externas da edificação a ser protegida.<sup>23</sup> Para a escolha dos materiais adequados e o dimensionamento dos componentes do SPDA, a norma remete às Tabelas 5 e 6, respectivamente.<sup>23</sup> O subsistema de aterramento tem como função primordial conduzir e dispersar a corrente da descarga atmosférica de forma segura para o solo.<sup>24</sup> A impedância convencional de aterramento ( $Z$ ) desse subsistema está diretamente relacionada à resistividade do solo ( $\rho$ ), conforme indicado na Tabela E.1 da NBR 5419-1:2015.<sup>24</sup>

A NBR 5419-3:2015 estabelece medidas de equipotencialização para proteção contra raios, visando limitar as diferenças de potencial que podem surgir devido às descargas atmosféricas nas instalações, mantendo-as em níveis toleráveis para os componentes, incluindo os equipamentos, e reduzindo o risco de choque elétrico.<sup>25</sup> A ABNT NBR 5419:2015 atribui três objetivos principais à equipotencialização: proteção contra danos a pessoas devido a choque elétrico, redução de danos físicos às

estruturas e diminuição de falhas em sistemas elétricos e eletrônicos.<sup>25</sup> A equipotencialização é considerada necessária em todas as instalações existentes em um edifício para minimizar as diferenças de potencial que podem ser criadas por descargas atmosféricas entre o edifício e os pontos de origem dos sistemas de serviços públicos, como energia elétrica, telecomunicações, água, esgoto e gás.<sup>25</sup> Para as estruturas metálicas do edifício que normalmente não são energizadas, a equipotencialização deve ser realizada utilizando condutores metálicos de baixa impedância, seguindo o caminho mais curto e reto possível para garantir uma conexão eficaz.<sup>25</sup> Já para os condutores que são normalmente energizados e em algumas outras situações específicas, a equipotencialização deve ser implementada através da utilização de Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS) ou centelhadores de separação.<sup>25</sup> O objetivo fundamental da equipotencialização é sempre oferecer um caminho seguro para as correntes elétricas que podem surgir devido às diferenças de potencial entre diversas partes da instalação, causadas por descargas atmosféricas.<sup>25</sup>

A ABNT NBR 5419:2015, em suas Tabelas 6 e 7, apresenta as dimensões mínimas para os condutores de aterramento utilizados em Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA), levando em consideração os materiais, a configuração e as dimensões dos captadores, condutores de descida e eletrodos de aterramento.<sup>26</sup> Uma das novidades desta versão da norma é a inclusão de uma coluna de comentários que fornece informações complementares às seções, indicando diâmetros e espessuras para os condutores, o que auxilia na seleção de materiais mais adequados e de maior qualidade.<sup>26</sup> Especificamente para cabos de cobre utilizados como eletrodos de aterramento, a norma estabelece uma seção mínima de 50 mm<sup>2</sup>, e na coluna de comentários é especificado que cada fio do cabo deve ter um diâmetro de 3 mm, o que implica uma formação de sete fios para o cabo.<sup>26</sup> Outro ponto importante é a introdução de uma tolerância máxima para as dimensões dos condutores. A NBR 5419:2015 permite um erro de até 5% nas dimensões dos condutores, com exceção do diâmetro dos fios dos cabos, para o qual a tolerância máxima é de 2%. No caso do cabo de cobre de 50 mm<sup>2</sup> utilizado como eletrodo de aterramento, cada fio deve ter um diâmetro mínimo de 2,94 mm para estar em conformidade com a norma.<sup>26</sup> A nova versão da norma também inclui especificações para condutores de aço revestido de cobre e alumínio revestido de cobre, que embora já fossem utilizados, não possuíam diretrizes específicas para aplicação em SPDA. Nas tabelas da norma, esses condutores possuem a mesma seção transversal que seus equivalentes feitos do material principal. O cabo de aço revestido de cobre tem a mesma seção que o aço galvanizado a quente, e o cabo de alumínio revestido de cobre tem a mesma seção que o alumínio. Além da seção, a norma especifica uma condutividade mínima em

IACS (International Annealed Copper Standard) para os cabos revestidos de cobre: 30% IACS para o aço revestido de cobre e pelo menos 64% IACS para o alumínio revestido de cobre.<sup>26</sup>

A NBR 5419 não considera o aterramento pontual (Tipo A), que utilizava hastes de aterramento individuais ou em arranjos como delta, tríodo, em linha ou engastada para cada condutor de descida, como um arranjo válido para eletrodos de aterramento em SPDA.<sup>27</sup> A norma restringe o uso de hastes de aterramento como um complemento para eletrodos em anel, conectadas próximas aos condutores de descida, ou configuradas em malha, geralmente conectadas nos cruzamentos dos módulos da malha.<sup>27</sup> Os arranjos de eletrodos de aterramento reconhecidos como válidos pela NBR 5419 são: o eletrodo de aterramento em anel, que forma um anel fechado ao redor da estrutura, podendo estar em contato com a superfície do solo ou enterrado; e o eletrodo de aterramento pela fundação, que consiste em uma parte condutora enterrada no solo e embutida no concreto da fundação da estrutura, preferencialmente em forma de circuito fechado para garantir a continuidade elétrica.<sup>27</sup>

Embora ambas as normas, NBR 5410 e NBR 5419, tratem do aterramento elétrico, seus focos principais são distintos. A NBR 5410 estabelece os requisitos para o aterramento em instalações elétricas de baixa tensão, com o objetivo primordial de proteger os equipamentos e evitar choques elétricos.<sup>22</sup> Já a NBR 5419 concentra-se na proteção de estruturas contra descargas atmosféricas (raios), abrangendo o projeto, a instalação e a manutenção de Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA).<sup>28</sup> Enquanto a NBR 5410 lida com o aterramento para garantir a segurança em condições normais de operação e em situações de falha em sistemas de baixa tensão, a NBR 5419 aborda o aterramento específico necessário para a dissipação das correntes de alta magnitude e curta duração características das descargas atmosféricas. Ambas as normas reconhecem a importância fundamental de um sistema de aterramento eficaz para a segurança e a proteção de equipamentos e pessoas. Os princípios básicos de aterramento, como a necessidade de um caminho de baixa impedância para a terra, são comuns a ambas as normas. No entanto, a NBR 5419 impõe requisitos mais rigorosos em termos de dimensionamento e arranjo do sistema de aterramento, dada a natureza destrutiva e a intensidade das correntes envolvidas nas descargas atmosféricas. Em alguns aspectos, a NBR 5419 pode referenciar ou complementar os requisitos estabelecidos na NBR 5410, especialmente no que se refere à integração do aterramento do SPDA com o aterramento da instalação elétrica interna, visando garantir a equipotencialização e a segurança global da instalação.

## Seção 7: Outras Normas Técnicas Relevantes

A ABNT NBR 15751, publicada em 07 de 2013, especificava os requisitos para o projeto e o cálculo de sistemas de aterramento de subestações elétricas com tensão acima de 1 kV, em condições de faltas em frequência industrial.<sup>33</sup> A norma abrangia o dimensionamento do sistema de aterramento de subestações elétricas que operam acima de 1 kV sob condições de falta em frequência industrial.<sup>33</sup> No entanto, é crucial notar que a **NBR15751 DE 07/2013 foi cancelada e seu uso pode apresentar riscos**.<sup>33</sup> Portanto, para informações atualizadas sobre sistemas de aterramento de subestações, é necessário consultar as normas mais recentes.

A ABNT NBR 15749, de agosto de 2009, estabelecia os critérios e os métodos para a medição da resistência de sistemas de aterramento e dos potenciais na superfície do solo.<sup>34</sup> A norma também definia as características gerais dos equipamentos que poderiam ser utilizados para essas medições, bem como os conceitos para a avaliação dos resultados obtidos.<sup>34</sup> Contudo, é importante salientar que a **NBR15749 de 08/2009 foi cancelada e seu uso pode acarretar riscos**.<sup>34</sup> Para obter informações atualizadas sobre os procedimentos de medição da resistência de aterramento, é necessário consultar as normas mais recentes.

As normas da International Electrotechnical Commission (IEC) desempenham um papel fundamental como base para muitas normas técnicas brasileiras na área de instalações elétricas e proteção contra descargas atmosféricas. A série IEC 60364, por exemplo, aborda as instalações elétricas de baixa tensão<sup>35</sup>, e a ABNT NBR 5410 é amplamente baseada nesta série.<sup>36</sup> Especificamente, a IEC 60364-8-1 trata da eficiência energética em instalações elétricas e menciona a importância do aterramento para mitigar os efeitos de correntes harmônicas.<sup>35</sup> A IEC 62305 é uma norma internacional dedicada à proteção contra descargas atmosféricas<sup>33</sup>, sendo a ABNT NBR 5419 a norma brasileira correspondente.<sup>28</sup> Dentro da IEC 62305, a parte 3 (IEC 62305-3) fornece requisitos detalhados para o sistema de aterramento de um SPDA, incluindo a especificação de tipos de eletrodos de aterramento (Tipo A e Tipo B) e os requisitos para os materiais utilizados.<sup>38</sup> A IEC 62561 trata dos componentes dos sistemas de proteção contra raios (LPSC).<sup>37</sup> Além disso, a IEC 62271-200 abrange o projeto, a construção e o teste de equipamentos de manobra e controle de alta tensão, oferecendo orientações sobre a seleção de materiais e sistemas de aterramento, incluindo os requisitos de resistência.<sup>39</sup>

## Seção 8: Conclusão

O aterramento elétrico é um componente essencial em qualquer instalação elétrica, desempenhando um papel crucial na segurança de pessoas e animais, na proteção de equipamentos e na garantia do bom funcionamento dos sistemas. A escolha do arranjo de aterramento adequado (TT, TN-S, TN-C, TN-C-S, IT) deve ser feita com base nas características específicas da instalação e nos requisitos de segurança. Técnicas de medição precisas, como o método da queda de potencial e o método da pinça amperimétrica, são fundamentais para verificar a eficácia do aterramento. A conformidade com as normas técnicas brasileiras, especialmente a NR10, a NBR5410 e a NBR5419, é obrigatória para garantir a segurança e a funcionalidade das instalações elétricas. É importante que os profissionais da área se mantenham atualizados sobre as normas técnicas vigentes e as melhores práticas para a implementação e a manutenção de sistemas de aterramento seguros e eficientes.

Característica	Sistema TT	Sistema TN-S	Sistema TN-C	Sistema TN-C-S	Sistema IT
Ponto de Alimentação	Aterrado diretamente	Aterrado diretamente	Aterrado diretamente	Aterrado diretamente	Isolado da terra ou aterrado via impedância
Massas da Instalação	Aterradas independentemente do ponto de alimentação	Conectadas ao ponto de alimentação via PE separado	Conectadas ao ponto de alimentação via condutor PEN	Conectadas ao ponto de alimentação via PEN e PE	Aterradas, independentemente do ponto de alimentação
Condutor Neutro (N)	Separado do PE	Separado do PE	Combinado com PE (PEN)	Combinado com PE (PEN) em parte da instalação	Pode ou não ser distribuído
Condutor de Proteção (PE)	Aterrado independentemente	Separado do N	Combinado com N (PEN)	Separado do N em parte da instalação	Aterrado
Corrente de	Limitada,	Alta, desliga	Alta, desliga	Alta, desliga	Baixa na

Falta	requer proteção adequada	proteção rapidamente	proteção rapidamente	proteção rapidamente	primeira falta, alta na segunda
Proteção Contra Choque	Dispositivos DR obrigatórios	Desligament o automático rápido	Desligament o automático rápido	Desligament o automático rápido	Monitoramen to de isolamento, desligament o na 2ª falta
Aplicações Típicas	Residências, pequenas edificações	Geral, segurança prioritária (hospitais, escolas)	Instalações industriais/c omerciais antigas	Redes de distribuição, residências, comércios	Hospitais (áreas críticas), indústrias com processos contínuos

Tabela 1: Comparativo dos Arranjos de Aterramento

Método de Medição	Princípio Teórico	Procedimento	Vantagens	Desvantagens
Queda de Potencial	Lei de Ohm ( $V=IR$ )	Desconectar aterramento, conectar terrômetro, inserir 2 estacas auxiliares, injetar corrente, medir tensão, calcular resistência.	Simples compreensão, adequado para pequenos aterramentos	Dificuldade para grandes aterramentos, erros por correntes de interferência, necessidade de espaço livre.
Pinça Amperimétrica	Indução de tensão no loop de aterramento e medição da corrente	Colocar pinça ao redor do condutor de aterramento, o medidor induz tensão e mede corrente, calcula resistência.	Rápido, conveniente, não requer desconexão de terras paralelas, ideal para sistemas multiaterrados.	Desvantagens não mencionadas nos snippets fornecidos.

Tabela 2: Comparativo das Técnicas de Medição da Resistência de Aterramento

Seção do Condutor Fase (mm <sup>2</sup> )	Seção Mínima do Condutor de Proteção (mm <sup>2</sup> )
≤ 16	Igual à seção do condutor fase
16 < Seção ≤ 35	16
> 35	Metade da seção do condutor fase

Tabela 3: Seções Mínimas de Condutores de Proteção (PE) Conforme NBR 5410

Material do Condutor	Seção Mínima (mm <sup>2</sup> )	Diâmetro Mínimo dos Fios (mm)	Formação Mínima dos Fios	Condutividade Mínima (IACS)
Cobre	50	3	7	-
Aço Revestido Cobre	50	-	-	30%
Alumínio Revestido Cobre	50	-	-	64%

Tabela 4: Dimensões Mínimas para Condutores de Aterramento em SPDA Conforme NBR 5419-3:2015

Arranjo do Eletrodo de Aterramento	Descrição	Validade para SPDA (NBR 5419-3)
Aterramento Pontual (Tipo A)	Hastes individuais ou em arranjos para cada condutor de descida	Não válido como arranjo primário
Hastes de Aterramento	Utilizadas como complemento	Restrito a complemento de anéis ou malhas

Eletrodo em Anel	Anel fechado ao redor da estrutura, em contato com a superfície ou abaixo do solo	Válido
Eletrodo pela Fundação	Condutor embutido no concreto da fundação, preferencialmente em circuito fechado	Válido

Tabela 5: Arranjos de Eletrodos de Aterramento para SPDA Conforme NBR 5419-3

## Referências citadas

1. ATERRAMENTO - FEIS, acessado em abril 5, 2025, <https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/aterramento.pdf>
2. Aterramento elétrico: o que é, qual objetivo e importância? - Amperi, acessado em abril 5, 2025, <https://amperi.com.br/canais/eletrica-industrial/aterramento-eletrico/>
3. Entenda a importância do aterramento elétrico para sua empresa ..., acessado em abril 5, 2025, <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/entenda-a-importancia-do-aterramento-eletrico-para-sua-empresa,7bc2fa737ebb5810VgnVCM1000001b00320aRCRD>
4. O que é aterramento elétrico e para que serve? | RDI Bender, acessado em abril 5, 2025, <https://www.rdibender.com.br/noticias/2022/06/o-que-e-aterramento-eletrico-e-para-que-serve>
5. Aterramento Elétrico, o que você precisa saber sobre!, acessado em abril 5, 2025, <https://tel.com.br/aterramento-eletrico/>
6. Aterramento elétrico: o que é e para que serve? - C2E, acessado em abril 5, 2025, <https://c2e.com.br/aterramento-eletrico/>
7. universidadeniltonlins.com.br, acessado em abril 5, 2025, <http://universidadeniltonlins.com.br/wp-content/uploads/2019/04/NBR-5410.pdf>
8. Esquema de Aterramento TN-S - Conformidade com a NBR-5410 ..., acessado em abril 5, 2025, <https://engehall.com.br/esquema-de-aterramento-tn-s/>
9. Os diferentes Esquemas de Aterramento conforme a NBR 5410 ..., acessado em abril 5, 2025, <https://www.energisul.com.br/informativo/os-diferentes-esquemas-de-aterramento-conforme-a-nbr-5410,34>
10. Aterramento TN - Conheça suas variações! - curso NR10, acessado em abril 5, 2025, <https://www.cursonr10.com/aterramento-tn/>
11. Esquemas de aterramento conforme norma NBR-5410 - Sonata ..., acessado em abril 5, 2025,

- <https://www.sonataengenharia.com.br/esquemas-de-aterramento-tn-s-tn-c-tt-it/>
12. Esquema de aterramento IT em hospitais | RDI Bender, acessado em abril 5, 2025, <https://www.rdibender.com.br/noticias/2022/06/esquema-de-aterramento-it-em-hospitais>
  13. Medição de queda de potencial | Fluke, acessado em abril 5, 2025, <https://www.fluke.com/pt-br/saiba-mais/blog/aterramento/medicao-de-queda-de-potencial>
  14. Medidor de resistência de terra Fluke 1630 | Fluke, acessado em abril 5, 2025, <https://www.fluke.com/pt-br/produto/teste-eletrico/aterramento/fluke-1630>
  15. O que a NR 10 diz sobre Aterramento? – ProLife Engenharia, acessado em abril 5, 2025, <https://prolifeengenharia.com.br/2020/05/14/o-que-a-nr-10-diz-sobre-aterramento/>
  16. Norma Regulamentadora No. 10 (NR-10) — Ministério do Trabalho ..., acessado em abril 5, 2025, <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-10-nr-10>
  17. Aterramento temporário nr 10: tudo o que você precisa saber, acessado em abril 5, 2025, <https://engehall.com.br/aterramento-temporario-nr-10/>
  18. www.osestoreletrico.com.br, acessado em abril 5, 2025, [https://www.osestoreletrico.com.br/wp-content/uploads/documentos/fasciculos/Linhas%20Eltricas%20Baixa%20Tensao\\_163.pdf](https://www.osestoreletrico.com.br/wp-content/uploads/documentos/fasciculos/Linhas%20Eltricas%20Baixa%20Tensao_163.pdf)
  19. Entenda como dimensionar o cabo de aterramento. - Condvolt, acessado em abril 5, 2025, <https://condvolt.com.br/cabo-de-aterramento/>
  20. moodle.passofundo.ifsul.edu.br, acessado em abril 5, 2025, [https://moodle.passofundo.ifsul.edu.br/pluginfile.php/99381/mod\\_resource/content/0/Aterramento.pdf](https://moodle.passofundo.ifsul.edu.br/pluginfile.php/99381/mod_resource/content/0/Aterramento.pdf)
  21. NBR 5410: principais exigências da norma brasileira de Instalações ..., acessado em abril 5, 2025, <https://www.tagout.com.br/blog/nbr-5410-principais-exigencias-da-norma-brasileira-de-instalacoes-eletricas-de-baixa-tensao/>
  22. NBR 5410: o que diz, onde se aplica e principais exigências - Produttivo, acessado em abril 5, 2025, <https://www.produttivo.com.br/blog/nbr-5410/>
  23. Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas SPDA - UDESC, acessado em abril 5, 2025, [https://www.udesc.br/arquivos/udesc/id\\_cpmenu/9731/spda3\\_v5\\_19\\_17218293553749\\_9731.pdf](https://www.udesc.br/arquivos/udesc/id_cpmenu/9731/spda3_v5_19_17218293553749_9731.pdf)
  24. facultadefic.edu.br, acessado em abril 5, 2025, <https://facultadefic.edu.br/downloads/abnt-nbr-5419-1.pdf>
  25. Equipotencialização indireta de partes metálicas - Termotécnica ..., acessado em abril 5, 2025, <https://tel.com.br/equipotencializacao-indireta-de-partes-metalicas-da-instalacao/>

- [o/](#)
26. A visão da nova ABNT NBR 5419 sobre os materiais - O Setor Elétrico, acessado em abril 5, 2025, <https://www.osetoreletrico.com.br/a-visao-da-nova-abnt-nbr-5419-sobre-os-materiais/>
  27. O uso da haste de aterramento no SPDA - O Setor Elétrico ..., acessado em abril 5, 2025, <https://www.osetoreletrico.com.br/o-uso-da-haste-de-aterramento-no-spda/>
  28. Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas SPDA - UDESC, acessado em abril 5, 2025, [https://www.udesc.br/arquivos/udesc/id\\_cpmenu/9731/spda1\\_v8\\_24\\_spr1\\_1727291\\_0892465\\_9731.pdf](https://www.udesc.br/arquivos/udesc/id_cpmenu/9731/spda1_v8_24_spr1_1727291_0892465_9731.pdf)
  29. ABNT NBR 5419-3 NBR5419-3 Proteção contra descargas - Target Normas, acessado em abril 5, 2025, <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/34931/abnt-nbr5419-3-protecao-contra-descargas-atmosfericas-parte-3-danos-fisicos-a-estruturas-e-perigos-a-vida>
  30. ABNT NBR 5419 - IFSC, acessado em abril 5, 2025, [https://docente.ifsc.edu.br/felipe.camargo/MaterialDidatico/ELETRO%203%20-%20ELETROT%C3%89CNICA/NBR/Nbr\\_5419\\_-\\_Abnt\\_-\\_Protecao\\_De\\_Estruturas\\_Contra\\_Descargas\\_Atmosfericas.pdf](https://docente.ifsc.edu.br/felipe.camargo/MaterialDidatico/ELETRO%203%20-%20ELETROT%C3%89CNICA/NBR/Nbr_5419_-_Abnt_-_Protecao_De_Estruturas_Contra_Descargas_Atmosfericas.pdf)
  31. NBR 5419: o que é, principais mudanças e norma atualizada - Produttivo, acessado em abril 5, 2025, <https://www.produttivo.com.br/blog/nbr-5419/>
  32. NBR 5419: o que é, aplicações e atualizações da norma da Proteção Contra Descargas Atmosféricas - Blog Engeman® Software de Manutenção, acessado em abril 5, 2025, <https://blog.engeman.com.br/nbr-5419-protecao-contra-descargas-atmosfericas/>
  33. ABNT NBR 15751 NBR15751 Sistemas de aterramento de ... - Target, acessado em abril 5, 2025, <https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/41233/nbr15751-sistemas-de-aterramento-de-subestacoes-requisitos>
  34. ABNT NBR 15749 NBR15749 Medição de resistência de ... - Target, acessado em abril 5, 2025, <https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/41231/nbr15749-medicao-de-resistencia-de-aterramento-e-de-potenciais-na-superficie-do-solo-em-sistemas-de-aterramento>
  35. IEC 60364-8-1: o uso eficiente geral da eletricidade em instalações elétricas, acessado em abril 5, 2025, <https://www.normas.com.br/visualizar/artigo-tecnico/3499/iec-60364-8-1-o-uso-eficiente-geral-da-eletricidade-em-instalacoes-eletricas>
  36. abcobre.org.br, acessado em abril 5, 2025, <https://abcobre.org.br/wp-content/uploads/2021/05/bwi-guia-procobre-iec-60364-8-1-eficiencia-instalacoes-eletricas-mar19.pdf>
  37. Aterramentos elétricos - Panorama da normalização - O Setor Elétrico |

Conteúdo técnico para profissionais do setor elétrico, acessado em abril 5, 2025,  
<https://www.osetoeletrico.com.br/aterramentos-eletricos-panorama-da-normalizacao/>

38. [www.iep.pt](http://www.iep.pt), acessado em abril 5, 2025,  
<https://www.iep.pt/uploads/Guia%20Pr%C3%A1tico%20NP%20EN%2062305-3.pdf>
39. Fundamentos do Aterramento para Equipamentos de Alta Tensão ..., acessado em abril 5, 2025,  
<https://www.nojapower.com.br/expertise/2023/fundamentals-of-high-voltage-equipment-earthing-pt>