

ATERRAMENTO RESIDENCIAL: fundamentos e dimensionamento de sistemas de aterramento

RESIDENTIAL GROUNDING: fundamentals and design of grounding systems

Maurício Carlos dos Santos*
Luis Gustavo Schröder e Braga**

RESUMO

Este estudo analisa os impactos técnicos e de segurança decorrentes da ausência ou inadequação do sistema de aterramento em instalações elétricas residenciais. A elevada ocorrência de acidentes fatais relacionados a falhas nesse sistema justifica a realização da pesquisa, considerando a importância do aterramento na proteção de pessoas e equipamentos. A metodologia adotada compreende uma pesquisa bibliográfica e documental, com abordagem descritiva e explicativa, fundamentada nas normas ABNT NBR 5410 e em publicações técnicas nacionais e internacionais. O estudo também considera dados estatísticos da ABRACOPEL, relatórios do ELAT/INPE e pesquisas sobre as propriedades físico-químicas do solo que influenciam a resistência elétrica do sistema de aterramento. A análise evidencia que a ausência de um aterramento funcional compromete a operação de dispositivos de proteção como o disjuntor diferencial residual (DR) e o dispositivo de proteção contra surtos (DPS), ampliando os riscos de choques elétricos, incêndios e danos a equipamentos sensíveis. Verifica-se ainda que a efetividade do aterramento depende de fatores como a umidade, a granulometria e a condutividade do solo, o que reforça a necessidade de um projeto técnico adequado e de manutenção periódica. A conclusão aponta que o aterramento, quando implementado segundo critérios normativos e sustentado por conhecimento técnico, representa uma medida indispensável à segurança das instalações elétricas. O estudo recomenda a adoção de ações educativas, regulatórias e profissionais, a fim de promover a conformidade das instalações com as normas vigentes e reduzir a incidência de acidentes elétricos em ambientes residenciais.

Palavras-chave: Segurança elétrica. Normas técnicas. Choque elétrico.

ABSTRACT

This study analyzes the technical and safety impacts resulting from the absence or inadequacy of grounding systems in residential electrical installations. The high incidence of fatal accidents related to failures in these systems justifies the research, considering the importance of grounding in protecting people and equipment. The adopted methodology consists of a bibliographic and documentary review, with a descriptive and explanatory approach, based on the ABNT NBR 5410 standards and both national and international technical publications. The study also takes into account statistical data from ABRACOPEL, reports from ELAT/INPE, and research on the physicochemical properties of soil that influence the electrical resistance of grounding systems. The analysis shows that the absence of a functional grounding system compromises the operation of protection devices such as the residual current device

(RCD) and the surge protection device (SPD), increasing the risks of electric shocks, fires, and damage to sensitive equipment. It is also verified that the effectiveness of grounding depends on factors such as soil moisture, granulometry, and conductivity, reinforcing the need for proper technical design and periodic maintenance. The conclusion indicates that grounding, when implemented according to regulatory standards and supported by technical knowledge, constitutes a necessary measure for electrical safety in residential installations. The study recommends the adoption of educational, regulatory, and professional actions to ensure compliance with current standards and reduce the incidence of electrical accidents in residential environments.

Keywords: Electrical safety. Technical standards. Electric shock.

* Rede de Ensino Doctum – Unidade João Monlevade – mauricionovaera@gmail.com – graduando em Engenharia de Elétrica

** Rede de Ensino Doctum – Unidade João Monlevade – luis.braga@doctum.edu.br

1- Introdução

A segurança elétrica em ambientes residenciais é um dos pilares fundamentais para a proteção da vida humana e da integridade de equipamentos eletroeletrônicos. No entanto, percebe-se que muitas instalações elétricas ainda são executadas sem o acompanhamento de profissionais habilitados e, frequentemente, desprovidas de elementos essenciais, como sistemas de proteção contra eventos indesejados. Essa ausência pode ocasionar uma série de consequências negativas, desde falhas técnicas até acidentes graves envolvendo choques elétricos e queima de dispositivos eletroeletrônicos.

Dentre as medidas de proteção no sistema elétrico, a NBR 5410, norma brasileira que regulamenta instalações elétricas de baixa tensão, estabelece a obrigatoriedade da existência de um sistema de aterramento funcional. Entende-se que o aterramento é uma das principais medidas de proteção das instalações elétricas, pois estabelece um caminho seguro para a dispersão de correntes de fuga ou de falha, contribuindo para o funcionamento eficaz dos dispositivos de proteção. Apesar disso, é notável que grande parte das residências brasileiras ainda não atende plenamente aos critérios normativos estabelecidos.

A falta ou a ineficiência do aterramento também interfere negativamente na performance de equipamentos sensíveis a distúrbios eletromagnéticos. Com o avanço da tecnologia, muitos dispositivos presentes em residências modernas operam com eletrônica embarcada ou controle digital. A presença de harmônicas, ruídos elétricos e incompatibilidade eletromagnética pode reduzir significativamente sua vida útil, causando perdas financeiras e operacionais. Dessa forma, nota-se que a ausência de um aterramento adequado não apenas compromete a segurança, mas também a funcionalidade dos sistemas instalados.

Estudos realizados por entidades como a ABRACOPEL (Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade) apontam que a negligência no cumprimento das normas técnicas tem sido uma das principais causas de acidentes elétricos domésticos no Brasil. Esses dados reforçam a necessidade de conscientização e adequação técnica dos sistemas elétricos residenciais, especialmente no que se refere ao aterramento, que, por vezes, é deixado em segundo plano.

Diante disso, o problema de pesquisa que se propõe investigar é: quais os impactos técnicos e de segurança decorrentes da ausência ou inadequação do sistema de aterramento em instalações residenciais? O objetivo geral desta pesquisa

é analisar os sistemas de aterramento em residências, considerando seus tipos, os acidentes elétricos associados e as consequências técnicas de sua ausência ou inadequação.

Como objetivos específicos, pretende-se: a) Apresentar dados estatísticos atualizados sobre acidentes de origem elétrica em ambientes residenciais; b) Descrever e classificar os principais tipos de sistemas de aterramento previstos na norma ABNT NBR 5410; e c) Analisar as consequências técnicas da inexistência ou inadequação do sistema de aterramento.

A pesquisa parte das seguintes hipóteses: a ausência de aterramento em instalações residenciais aumenta a incidência de choques elétricos e falhas em equipamentos; a compatibilidade eletromagnética é comprometida quando não há um sistema de aterramento adequado; e muitos acidentes domésticos com origem elétrica ocorrem pela não aplicação das normas técnicas específicas de aterramento.

A justificativa pessoal deste estudo está relacionada à formação técnica e ao interesse profissional do pesquisador em segurança elétrica e instalações de baixa tensão. Do ponto de vista social, a pesquisa busca contribuir para a conscientização da população sobre os riscos da negligência com o aterramento. Em termos acadêmicos, pretende-se ampliar o debate técnico e normativo sobre o tema, incentivando futuras investigações na área.

Este trabalho consiste em uma pesquisa bibliográfica e documental, baseada em normas brasileiras e internacionais, artigos científicos e publicações técnicas relacionadas ao sistema de aterramento elétrico residencial. A pesquisa tem caráter descritivo e explicativo, pois busca apresentar as principais diretrizes normativas e compreender os impactos da falta ou ineficiência do aterramento.

2- Referencial teórico

2.1 Acidentes de origem elétrica.

A energia elétrica é fundamental para a vida moderna. Com o aumento da demanda por energia, circuitos elétricos são distribuídos em vários locais. O programa 'Luz para Todos' tem contribuído para expandir a disponibilidade de energia elétrica, inclusive em áreas remotas. No entanto, é importante garantir que as instalações elétricas sejam executadas corretamente para evitar acidentes graves.

De acordo com os dados da ABRACOPEL representados no Gráfico 1, em 2024 foram registrados 2354 acidentes de natureza elétrica. A análise dos dados revela que

a maioria dos acidentes fatais ocorreu em ambientes residenciais, com 842 ocorrências e 303 mortes, sendo que 295 desses acidentes foram causados por choques elétricos, resultando em 248 mortes. Os incêndios de origem elétrica em residências também são uma preocupação significativa, com 510 ocorrências e 46 mortes registradas em 2024. Embora a taxa de mortalidade seja relativamente baixa em comparação a outros tipos de eventos, o potencial catastrófico de um incêndio é considerável e merece atenção especial. Esses dados demonstram a gravidade da situação e a necessidade urgente de medidas preventivas eficazes para garantir a segurança elétrica em residências.



Gráfico 1: Acidentes de origem elétrica ano base 2024

Fonte: ABRACOPEL- Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica

Além disso, as descargas atmosféricas representam um fator crítico para a segurança elétrica. O Brasil é líder mundial em incidência de raios, com 77,8 milhões de descargas anuais para o solo, segundo o ELAT (Grupo de Eletricidade Atmosférica). Embora seja um país com alta incidência de raios, ocupa a sétima posição em número de mortes causadas por esse fenômeno. Dados da ABRACOPEL revelam que, em 2024, 31 pessoas morreram devido a descargas atmosféricas, com 9 dessas mortes ocorrendo dentro de residências.

Esses acidentes estão frequentemente ligados a instalações elétricas precárias em residências, resultantes de falhas na execução ou falta de manutenção em estruturas antigas.

Além dos riscos à saúde, instalações precárias intensificam as interferências eletromagnéticas provocadas pelas novas tecnologias presentes em equipamentos digitais e de eletrônica de potência. Esses distúrbios resultam em funcionamento irregular ou danos em equipamentos mais sensíveis.

2.2 Aterramento elétrico residencial

Uma forma de mitigar os danos oriundos de uma falha na instalação elétrica é prover um sistema de aterramento eficiente, capaz de direcionar com segurança as correntes de falta para a terra, evitando que alcancem os circuitos internos e comprometam a integridade de pessoas e equipamentos. Conforme Pinheiro (2013, p.1), “Os sistemas de aterramento foram criados para proteger pessoas, animais e materiais contra uma possível falha de um determinado sistema”. Além disso, o aterramento é fundamental para a operação de vários dispositivos de proteção, como o disjuntor termomagnético, o DR (disjuntor residual) e os DPS (dispositivo de proteção contra surtos). As estruturas condutivas equipotencializadas, conectadas ao aterramento, oferecem um caminho seguro para a corrente de falta, energia eletrostática e descargas atmosféricas.

De acordo com Sant’ Anna (2005, p. 1), “[...] os surtos de tensões devidos às descargas atmosféricas diretas e indiretas, devem ter suas correntes drenadas para os sistemas de eletrodos [...]”, e que para tal faz-se necessário à contribuição da proteção na instalação elétrica dos consumidores.

A NBR-5410 estabelece as condições mínimas necessárias de uma instalação elétrica, a fim de garantir a segurança das pessoas e animais e a integridade da instalação. Na norma diz que “Toda edificação deve dispor de uma infraestrutura de aterramento, denominada “eletrodo de aterramento” [...]”, (NBR-5410 2004, p.121). Da mesma forma, as concessionárias de energia também solicitam a instalação de aterramento no ponto de medição.

A CEMIG, através da ND-5.1 (Norma de Distribuição Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea – Edificações Individuais) no item 4.5.2 exige que: “O eletrodo de aterramento deve ser cravado deixando sua extremidade superior (incluindo conector) acessível à inspeção pela Cemig, dentro de uma caixa localizada na propriedade do consumidor [...]”. (ND-5.1 2017, p. 4-9).

De acordo com Bezerra (2011, p. 20), o aterramento é fundamental em um sistema de distribuição elétrica, pois garante um caminho adequado para a circulação de corrente quando da existência de uma falta ou descarga atmosférica.

Sem dúvida, o aterramento é o caminho por onde circulam as correntes indesejadas de uma instalação até a terra. Quanto maior a resistência oferecida para circulação dessas correntes, maior será o nível de potencial nos condutores proteção

e neutro e nas estruturas condutivas aterradas da residência. Para evitar essa condição, o aterramento tem que ser eficiente e, isto depende da característica do solo e da configuração da haste de aterramento.

Umidade, granulometria, compactidade, concentração de sais minerais, homogeneidade, temperatura e tipo de solo são fatores que influenciam significativamente o valor da resistência de aterramento. Este fato foi observado por Visacro Filho (2002, p. 25), onde comenta que “[...] os parâmetros que influenciam o valor da resistividade do solo, exercem uma influência na mesma proporção sobre a resistência de aterramento”. Pinheiro também retrata a interferência das condições do solo sobre o funcionamento do aterramento e recomenda que:

Antes de começar o projeto, é necessário prestar atenção no tipo de solo que o pátio da casa dispõe. O que deve ser observado é se ele é úmido, pois solos com esse aspecto são melhores para o aterramento. Caso ele seja rochoso e seco, é necessário fazer uma análise e um tratamento para deixá-lo de acordo com o necessário para o trabalho de aterramento residencial (PINHEIRO, 2013, p. 71).

Para se certificar das condições do sistema, a medição da resistência do aterramento é item muito importante. Porém, as formas de medições são complexas e exigem certa perícia para entender os resultados e traduzi-los dentro do funcionamento esperado do circuito. Tal realidade é percebida por Visacro Filho (2002, p. 61) quando relata que:

Para se efetuar a medição correta de uma grandeza, é necessário ter conhecimento das características da mesma, a fim de evitar-se interpretações equivocadas quanto ao significado dos resultados da medição. Tal conhecimento é particularmente importante no caso de grandezas de reconhecida complexidade, tais quais a resistividade do solo e a resistência de aterramento (VISACRO FILHO, 2002, p. 61).

Visacro Filho (2002 cap. 3) menciona métodos para fazer a medição da resistência de aterramento, com base na distribuição de correntes e potenciais no solo. A NBR-5410, no anexo J, descreve dois métodos de medição de aterramento que também utilizam da técnica de distribuição de correntes e potenciais no solo. Essa técnica consiste em injetar, no eletrodo de aterramento e em uma haste auxiliar, uma corrente alternada de valor conhecido e realizar as medições de potencial em pontos específicos utilizando outra haste auxiliar. Com os valores de corrente e tensão obtidos, calcula-se a resistência do aterramento. Existem no mercado, vários instrumentos que realizam a medição da resistência de aterramento e possuem funcionamentos diferentes entre si.

Diante da importância do sistema de aterramento, Tozetto (2018, p. 13) corrobora com estas informações e indaga a seguinte questão que traz à tona a necessidade de um estudo bem elaborado:

Considerando o grande número de residências com instalações elétricas fora de norma, como seguir um certo padrão através de normatizações pode facilitar e tornar a vida de quem utiliza estes sistemas mais segura e confiável? (TOZETTO, 2018, p. 13).

Diante do exposto, fica evidente que o aterramento é um componente importante para a segurança das instalações elétricas, tanto em ambientes residenciais quanto comerciais. A elevada incidência de choques elétricos e descargas atmosféricas no Brasil reforça a necessidade de um sistema de aterramento eficiente, que proteja vidas, evite danos a equipamentos e atenda às exigências normativas.

A eficácia do aterramento depende de diversos fatores, como a característica do solo, o tipo de eletrodo utilizado e a correta medição da resistência, conforme apontado por Visacro Filho, Pinheiro e pelas normas técnicas como a NBR-5410 e a ND-5.1 da CEMIG. Portanto, adotar boas práticas de projeto, execução e manutenção do sistema de aterramento é uma medida indispensável para garantir a integridade das instalações elétricas e promover a segurança das pessoas e do patrimônio.

2.3 Tipos de aterramentos

A norma técnica ABNT NBR 5410 (2004), ao tratar dos esquemas de aterramento, ressalta que as representações gráficas utilizadas para exemplificar os diferentes sistemas devem ser interpretadas de maneira conceitual e não literal. As ilustrações apresentadas nesse contexto tomam por base sistemas trifásicos apenas como modelo de referência, sem a intenção de restringir sua aplicação a esse tipo específico de sistema elétrico. As massas representadas nas figuras também não se referem a um único equipamento, mas sim a um conjunto de equipamentos elétricos que compõem a instalação.

Adicionalmente, a norma destaca que as ilustrações não devem ser interpretadas com delimitação espacial precisa, tendo em vista que uma instalação elétrica pode abranger diversas edificações. Nesses casos, é obrigatório que todas as massas pertencentes a uma mesma edificação estejam interligadas a um único eletrodo de aterramento, a fim de garantir a equipotencialização. Contudo, quando as massas estiverem distribuídas em edificações distintas dentro de uma mesma instalação, admite-se que cada grupo esteja conectado ao eletrodo de aterramento

correspondente à respectiva edificação. Os símbolos gráficos utilizados para representar os elementos do sistema de aterramento possuem caráter meramente ilustrativo e encontram-se descritos na Figura 1 (ABNT NBR 5410, 2004).

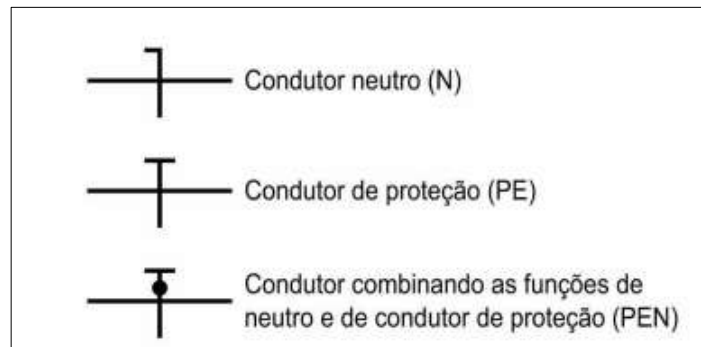


Figura 1: Simbologias de condutores
Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

O projeto elétrico de uma edificação deve especificar o tipo de aterramento a ser utilizado, conforme as características do sistema seja ele TN, TT ou IT, seguindo as orientações técnicas apropriadas, como descrito por Flandoli (2017).

Significado das letras dos sistemas de aterramento:

- Primeira letra: indica a condição da fonte de alimentação em relação ao aterramento:

T: um ponto está conectado diretamente à terra;

I: todas as partes ativas são isoladas da terra ou conectadas por meio de uma impedância.

- Segunda letra: refere-se à forma como as massas (partes metálicas que não conduzem normalmente corrente) da instalação estão ligadas à terra:

T: as massas são diretamente aterradas, independentemente do aterramento do ponto de alimentação;

N: as massas estão conectadas diretamente ao ponto de alimentação que também está aterrado (geralmente o neutro em sistemas de corrente alternada).

- Outras letras: indicam a configuração dos condutores de neutro e proteção:

S: os condutores de neutro e proteção são separados;

C: as funções de neutro e proteção são combinadas em um único condutor, chamado PEN.

No esquema TN, o ponto de alimentação é diretamente aterrado, e as massas da instalação são conectadas a esse ponto por meio de condutores de proteção. Dependendo de como são organizados os condutores de neutro e proteção, o sistema TN pode apresentar três variantes (FLANDOLI, 2017).

O sistema TN-S é caracterizado pela separação física entre o condutor de neutro e o condutor de proteção. Essa configuração pode ser observada na representação do esquema TN-S, onde ambos os condutores são distintos, conforme ilustrado na Figura 2.

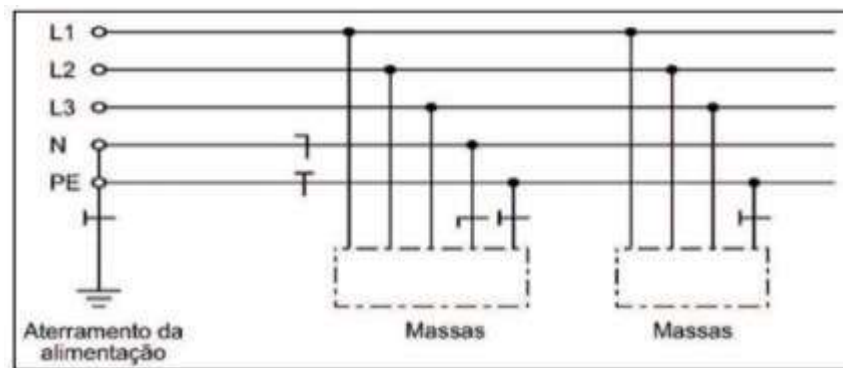


Figura 2: Esquema TN-S

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

O sistema de aterramento do tipo TN-C-S é caracterizado pela utilização combinada das funções de neutro e proteção em um único condutor denominado PEN (*Protective Earth and Neutral*) em parte da instalação, sendo posteriormente segregadas em condutores distintos: o condutor neutro (N) e o condutor de proteção (PE). Essa configuração é amplamente empregada em redes de distribuição pública e permite a continuidade do potencial de referência em toda a instalação, desde que atendidos os critérios de dimensionamento e equipotencialização estabelecidos pela norma, conforme ilustrado na Figura 3 (ABNT NBR 5410, 2004; FLANDOLI, 2017).

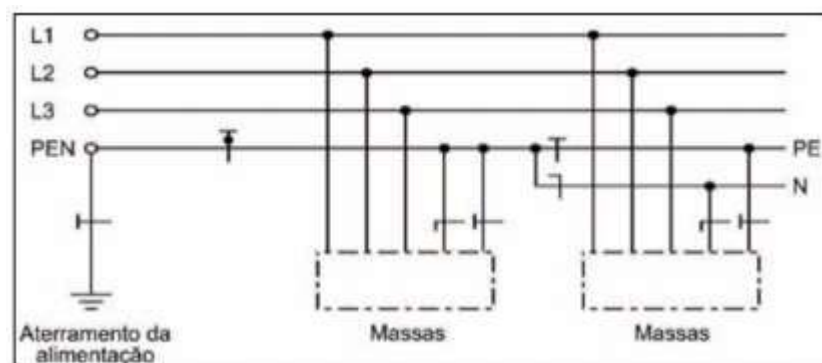


Figura 3: Esquema TN-C-S

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

O sistema TN-C é conhecido como sistema de quatro condutores e é considerado uma das configurações mais modernas. Sua principal vantagem está no baixo custo, já que elimina a necessidade de um quinto fio, tornando-o adequado para aplicações em equipamentos de pequeno porte. No entanto, há restrições quanto ao uso direto de dispositivos diferenciais residuais (DR) na linha do neutro.

Caso ocorra a interrupção do neutro nesse sistema, os equipamentos podem ficar submetidos ao mesmo potencial da fase, o que representa um risco. Além disso, para a adoção segura do TN-C, o condutor neutro não deve ter seção transversal inferior a 10 mm². Nesse sistema, as funções de neutro e proteção são integradas em um único condutor ao longo de toda a instalação, como ilustrado no Diagrama TN-C da Figura 4 (GENTIL, 2003).

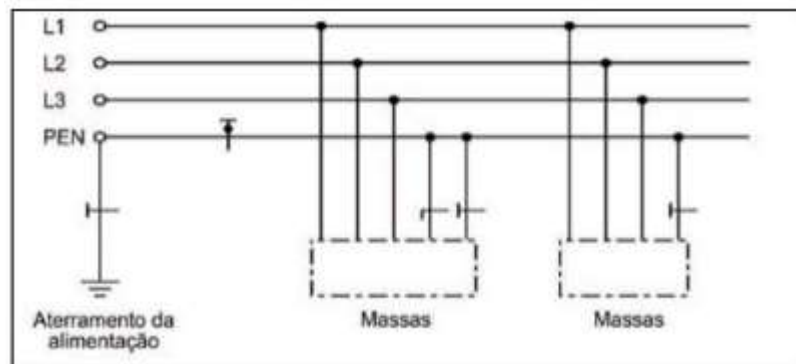


Figura 4: Esquema TN-C
Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

No esquema de aterramento do tipo TT, um dos pontos da alimentação, geralmente o condutor neutro, é conectado diretamente à terra por meio de um eletrodo de aterramento pertencente à concessionária de energia elétrica. As massas da instalação do usuário, por sua vez, são interligadas a um ou mais eletrodos de aterramento próprios, eletricamente independentes do eletrodo utilizado no sistema de alimentação. Essa configuração, representada na Figura 5, estabelece uma separação física entre os sistemas de aterramento da fonte e da carga, exigindo cuidados específicos no projeto das proteções (ABNT NBR 5410, 2004).

Devido à ausência de continuidade elétrica entre os eletrodos da concessionária e da instalação do usuário, o caminho de retorno da corrente de falha se dá majoritariamente pelo solo, o que implica em uma impedância relativamente elevada. Por essa razão, a proteção contra choques elétricos não pode ser confiada exclusivamente a dispositivos de sobrecorrente, como disjuntores ou fusíveis, cuja atuação depende da intensidade da corrente. Torna-se, portanto, necessária a

utilização de dispositivos diferenciais residuais (DR), que detectam desequilíbrios de corrente entre fase e neutro mesmo em situações de fuga com baixa intensidade, promovendo o desligamento do circuito de forma segura (MAMEDE FILHO, 2017).

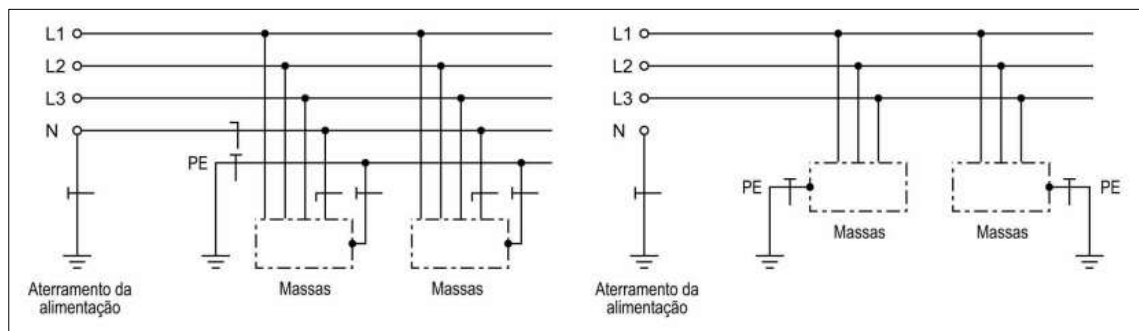


Figura 5: Esquema TT

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

No sistema IT, todas as partes condutoras ativas da instalação são isoladas da terra, ou então um ponto específico da fonte de alimentação é conectado à terra por meio de uma impedância, conforme representado na Figura 6. Nesse tipo de sistema, os equipamentos são aterrados, e devem ser consideradas as seguintes possibilidades: o aterramento pode ser feito no mesmo eletrodo de aterramento da fonte de energia (caso ele exista); ou pode ocorrer em um eletrodo de aterramento separado, seja porque a fonte de alimentação não possui um eletrodo próprio, seja porque o eletrodo de aterramento utilizado não tem ligação elétrica com o da fonte (GENTIL, 2003).

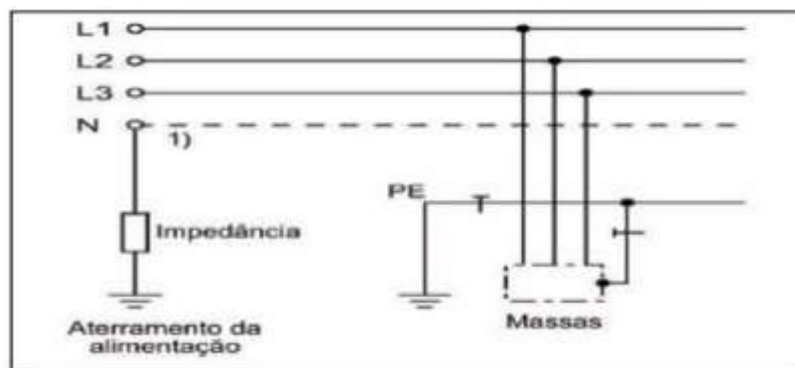


Figura 6: Esquema IT

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

O ponto neutro em um sistema elétrico pode ser conectado ou não ao aterramento. Quando essa conexão é feita, pode-se utilizar uma impedância para interligar a fonte de alimentação ao solo. A frequência e o tipo de manutenção recomendada variam conforme as características específicas da instalação, como sua dimensão, finalidade e nível de tensão (FLEURY, 2015).

É comum que se realize uma inspeção completa do sistema de aterramento, com a finalidade de avaliar seu estado, identificar e corrigir falhas ou substituir cabos

danificados, caso necessário. Essas verificações devem ocorrer, preferencialmente, em intervalos que não ultrapassem cinco anos. O objetivo das intervenções no solo é melhorar as condições de contato entre os eletrodos e o terreno, especialmente em instalações mais antigas. Em locais onde o solo apresenta alta resistência elétrica ou presença de rochas, é recomendável realizar um tratamento ao redor do eletrodo, com material de boa condutividade, para garantir uma conexão eficiente com o sistema de aterramento (GENTIL, 2003).

Para o desenvolvimento de um projeto de aterramento eficiente, é fundamental o conhecimento prévio das propriedades do solo, em especial quanto à sua homogeneidade. A correta aplicação das normas técnicas é essencial para garantir a confiabilidade e segurança do serviço prestado (GENTIL, 2003).

O domínio das normas técnicas aplicáveis ao sistema de aterramento reflete o preparo tanto do projetista quanto do executor da instalação, contribuindo para um sistema mais confiável, seguro e eficiente. Além disso, garantir que as instalações elétricas estejam devidamente aterradas é essencial para o funcionamento adequado dos equipamentos e, conseqüentemente, para a segurança de todos os usuários. Nesse contexto, o conhecimento sobre técnicas corretas de aterramento contribui significativamente para evitar acidentes e proteger os sistemas eletrônicos (GENTIL, 2003).

2.4 Equipotencialização e dispositivos de proteção

A segurança elétrica em instalações de baixa tensão depende da integração entre os sistemas de aterramento, equipotencialização e dispositivos de proteção. A equipotencialização consiste na interligação elétrica de massas condutivas e elementos metálicos acessíveis, de modo a manter uma diferença de potencial elétrica nula ou suficientemente reduzida entre eles, mesmo em situações de falha. Essa medida tem como objetivo prevenir tensões perigosas de contato e passo, conforme estabelecido nos itens 6.4.2 e seguintes da NBR 5410 (ABNT, 2004), sendo uma exigência técnica em ambientes residenciais, comerciais e industriais.

Entre os dispositivos de proteção que atuam em conjunto com o sistema de aterramento e a equipotencialização, destacam-se o disjuntor diferencial residual (DR), o interruptor diferencial residual (IDR) e o dispositivo de proteção contra surtos (DPS). O DR realiza o monitoramento contínuo das correntes nos condutores de fase e neutro. Ao identificar uma diferença entre essas correntes, característica de uma fuga para a terra, interrompe automaticamente o circuito, reduzindo o risco de choques

elétricos. O IDR exerce a mesma função de detecção de corrente diferencial, mas não incorpora a proteção contra sobrecorrentes, sendo usualmente instalado em conjunto com disjuntores termomagnéticos (MAMEDE FILHO, 2017).

Para que esses dispositivos operem de maneira apropriada, é necessário um sistema de aterramento compatível, pois sua atuação depende de uma referência de potencial que permita o escoamento da corrente de fuga. Em instalações com resistência elevada de aterramento, pode haver retardo ou falha na atuação dos dispositivos, comprometendo a proteção elétrica (MAMEDE FILHO, 2017; PINHEIRO, 2019).

O DPS tem como função proteger os equipamentos contra sobretensões transitórias, como aquelas provocadas por descargas atmosféricas ou por manobras na rede elétrica. Seu princípio de funcionamento baseia-se na condução dessas sobretensões para o sistema de aterramento, evitando que atinjam os circuitos internos da edificação. O desempenho do DPS está diretamente relacionado à impedância do percurso de aterramento. Se o eletrodo apresentar resistência elétrica elevada, a dissipação do surto será prejudicada, o que pode resultar em danos aos componentes eletrônicos conectados à instalação (NBR 5410, 2004; MEDEIROS; MEDEIROS, 2016).

Dessa forma, observa-se que o sistema de aterramento não se limita à proteção contra choques elétricos, sendo também uma condição técnica necessária para o funcionamento apropriado dos dispositivos de proteção. A equipotencialização complementa esse conjunto ao assegurar que todas as partes metálicas da instalação estejam eletricamente conectadas, reduzindo a possibilidade de diferenças de potencial perigosas entre diferentes pontos. A integração entre aterramento, equipotencialização e dispositivos de proteção representa uma abordagem técnica capaz de mitigar riscos de acidentes elétricos e preservar os equipamentos da instalação (MEDEIROS; MEDEIROS, 2016; MAMEDE FILHO, 2017).

2.5 Consequências técnicas da ausência de aterramento

A ausência de aterramento em instalações elétricas representa um dos fatores técnicos mais críticos relacionados à ocorrência de acidentes fatais por choque elétrico no Brasil. O aterramento, conforme estabelecido na NBR 5410 (ABNT, 2004), tem como principal função garantir a equipotencialização das massas metálicas das instalações e prover um caminho de baixa impedância para a corrente de fuga,

permitindo a atuação eficaz de dispositivos de proteção como o disjuntor diferencial residual (DR) e o dispositivo de proteção contra surtos (DPS).

Dados do Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica (2025) demonstram a gravidade dessa falha técnica. Em 2024, foram registrados 295 acidentes elétricos, dos quais 248 resultaram em óbito, representando uma taxa de letalidade de 84%. A maior parte dos acidentes ocorreu em situações diretamente associadas a falhas em instalações fixas e equipamentos domésticos, como evidenciado na Figura 7.

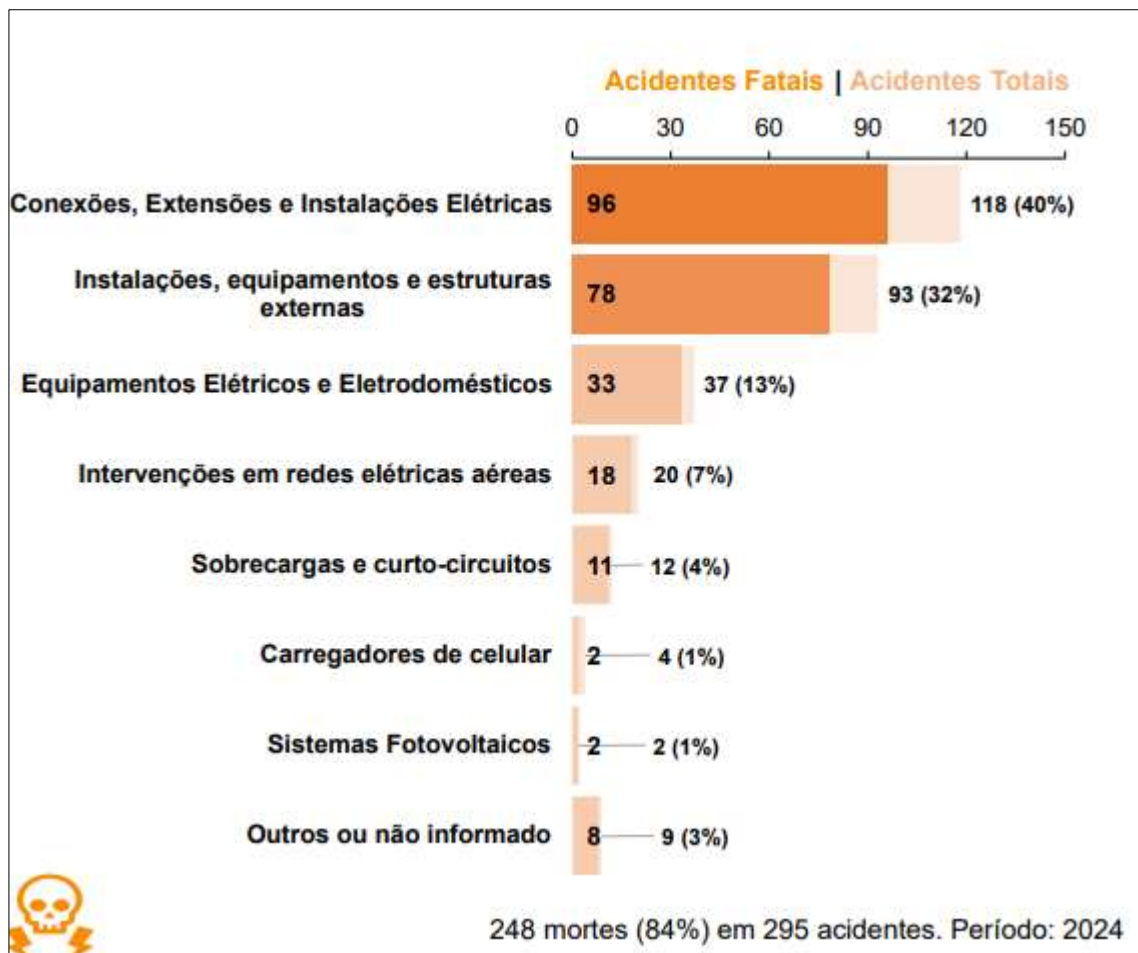


Figura 7: Causas mais frequentes de acidentes elétricos em residências no ano de 2024

Fonte: Martinho *et al.*, (2025)

Conforme apresentado na Figura 7, os acidentes mais letais ocorreram em "Conexões, Extensões e Instalações Elétricas", com 96 mortes (40% dos acidentes), seguidos de "Instalações, Equipamentos e Estruturas Externas", com 78 mortes (32%). A falha no aterramento, nesses casos, compromete a segurança da instalação ao impedir o escoamento da corrente de falha para o solo, o que dificulta ou impede a atuação dos dispositivos de proteção.

Além disso, os acidentes com "Equipamentos Elétricos e Eletrodomésticos", que resultaram em 33 mortes, refletem a vulnerabilidade de sistemas domésticos

frequentemente negligenciados quanto à proteção por aterramento. É comum, por exemplo, que chuveiros, geladeiras e máquinas de lavar sejam conectados a tomadas sem pino de aterramento ou em circuitos onde este está inoperante.

Do ponto de vista técnico, a inexistência de um sistema de aterramento funcional compromete toda a cadeia de segurança elétrica. A corrente de fuga, sem um caminho definido para o solo, pode circular pelas estruturas metálicas dos equipamentos, colocando em risco os usuários. Além disso, a ausência de aterramento inibe o funcionamento do DR, cujo princípio de atuação depende da detecção de corrente diferencial causada por desvios para a terra. Em sistemas fotovoltaicos e eletrônicos, a falta de aterramento impede a dissipação de sobretensões, aumentando o risco de queima de componentes e incêndios.

Dessa forma, os dados apresentados evidenciam a relação direta entre a ausência de aterramento e a ocorrência de acidentes elétricos fatais, reforçando a necessidade de sua implementação conforme os critérios normativos. A negligência nesse aspecto configura uma grave não conformidade técnica, cujas consequências podem ser fatais.

2.6 Impactos da ausência de aterramentos na segurança

A inexistência de um sistema de aterramento adequado em instalações elétricas configura um dos principais fatores de risco à segurança das pessoas e à proteção das edificações. A ausência desse sistema compromete a integridade da instalação, favorecendo a ocorrência de choques elétricos, danos a equipamentos e incêndios. Segundo a norma ABNT NBR 5410 (2004), o aterramento tem como finalidade limitar a tensão entre as massas condutivas acessíveis e a terra, estabelecendo um caminho de baixa impedância para a dissipação de correntes de falha e surtos provenientes da rede elétrica ou descargas atmosféricas (ABNT NBR 5410, 2004).

Sob a perspectiva da segurança das pessoas, destacam-se os fenômenos da tensão de toque e da tensão de passo como condições perigosas em ambientes não aterrados. Mamede Filho (2017) explica que a tensão de toque é a diferença de potencial entre partes metálicas acessíveis e o solo, a qual pode gerar a circulação de corrente elétrica pelo corpo humano em situações de contato simultâneo. A tensão de passo, por sua vez, corresponde à diferença de potencial entre os pés de uma pessoa que caminha sobre um solo eletricamente energizado. Ambos os fenômenos se

tornam mais críticos na ausência de sistemas de equipotencialização e de aterramento com baixa resistência ôhmica, contribuindo para a exposição a riscos de queimaduras, contrações musculares e arritmias cardíacas, como a fibrilação ventricular (VILELA; SOARES, 2016).

Esses riscos assumem proporções ainda mais preocupantes em ambientes com elevada umidade ou com estruturas metálicas interconectadas, como banheiros, cozinhas e áreas externas. Nessas condições, falhas de isolamento associadas à inexistência de um caminho condutivo para a terra propiciam o surgimento de tensões perigosas entre superfícies acessíveis. Conforme Medeiros e Medeiros (2016), tensões da ordem de 25 a 50 volts, embora consideradas relativamente baixas em condições normais, podem ser perigosas ou fatais em ambientes molhados, especialmente quando a corrente elétrica percorre regiões sensíveis do corpo humano, como o tórax.

A ausência de aterramento também está associada ao risco de incêndios de origem elétrica, uma vez que correntes de fuga que não são adequadamente escoadas podem circular por estruturas metálicas ou condutores indevidamente aterrados. O acúmulo de calor por efeito Joule, resultante de conexões frouxas ou mal dimensionadas, é um fator que pode desencadear a ignição de materiais combustíveis. Segundo Vieira *et al.* (2022), uma parcela significativa dos incêndios urbanos está associada a falhas elétricas em sistemas sem aterramento funcional, com impactos econômicos, sociais e humanos expressivos.

Diante desse cenário, observa-se que o aterramento constitui uma condição técnica indispensável à mitigação dos riscos elétricos em edificações. Sua correta implementação, quando combinada à equipotencialização e à instalação de dispositivos de proteção como disjuntores diferenciais residuais (DR) e dispositivos de proteção contra surtos (DPS), contribui para a conformidade normativa e para a redução da probabilidade de acidentes graves nas instalações de baixa tensão (MAMEDE FILHO, 2017; COSTA; FURTADO, 2020).

3- Metodologia

Este estudo foi desenvolvido por meio de uma pesquisa bibliográfica e documental, com abordagem descritiva e explicativa, voltada à análise das normas técnicas e dos impactos práticos relacionados ao sistema de aterramento elétrico em instalações residenciais. A investigação teve como objetivo compreender, a partir da literatura especializada e de dados estatísticos, as consequências da ausência ou

ineficiência do aterramento, correlacionando-as com diretrizes normativas, aspectos técnicos construtivos e casos reais de acidentes elétricos.

Inicialmente, foi realizado o levantamento do material bibliográfico e normativo, com a seleção das normas brasileiras ABNT NBR 5410 e ABNT NBR 5419, além de uma norma internacional pertinente sobre sistemas de aterramento, a fim de proporcionar uma base comparativa. Também foram consultados artigos científicos e publicações técnicas nas bases IEEE Xplore, *SciELO* e *Google Scholar*, com ênfase em trabalhos publicados nos últimos dez anos, o que garantiu a atualidade e a relevância das informações.

Em seguida, foi conduzida uma análise comparativa entre as normas brasileiras e internacionais, visando identificar convergências, divergências e lacunas no que diz respeito à segurança das instalações, proteção contra surtos elétricos e compatibilidade eletromagnética. Essa etapa permitiu avaliar o grau de alinhamento entre os padrões nacionais e internacionais.

Na terceira etapa, foi desenvolvido um estudo sobre os impactos técnicos da ausência ou deficiência do aterramento elétrico, com base em estudos de caso documentados e em dados estatísticos extraídos de fontes como a ABRACOPEL (2025) e os relatórios do ELAT/INPE. Também foram analisadas publicações especializadas sobre os efeitos da interferência eletromagnética no desempenho de equipamentos eletrônicos em ambientes residenciais.

Além disso, foram incorporados à análise aspectos relacionados à influência das propriedades físico-químicas do solo na resistência elétrica do aterramento, com base em estudos técnicos e normas que abordam a condutividade do terreno, a composição granulométrica, a umidade e a profundidade de cravação dos eletrodos. Essa abordagem buscou identificar como essas variáveis interferem na eficácia do sistema de proteção, especialmente no funcionamento de dispositivos como o DR e o DPS.

Finalmente, os dados coletados foram organizados e interpretados de modo a responder aos objetivos propostos na pesquisa. A síntese dos achados fundamentou a discussão sobre a importância da aplicação rigorosa das normas técnicas e da adoção de boas práticas em projetos e execuções de instalações elétricas, com ênfase na função do aterramento como elemento essencial para a segurança e a confiabilidade das instalações.

Essa abordagem metodológica possibilitou uma compreensão ampla, técnica e fundamentada sobre a relevância do aterramento elétrico residencial, estabelecendo

conexões entre a normatização técnica, as características do solo, as estatísticas de acidentes e a prática profissional em engenharia elétrica.

4- Resultados e discussões

Os dados obtidos ao longo desta pesquisa revelaram a urgência da adoção de sistemas de aterramento bem dimensionados e devidamente implantados nas instalações elétricas residenciais no Brasil. A análise foi baseada em publicações técnicas, artigos científicos e, em especial, nos registros da ABRACOPEL, que oferece uma compilação detalhada de ocorrências elétricas com vítimas.

Em 2024, conforme o anuário, foram registrados 295 acidentes elétricos por choque em residências, dos quais 248 resultaram em óbito, o que corresponde a uma taxa de letalidade de aproximadamente 84% (ABRACOPEL, 2025). Esses dados ilustram o impacto severo da negligência com os requisitos mínimos de segurança elétrica, especialmente no que diz respeito à inexistência ou deficiência do sistema de aterramento. A maioria dos acidentes ocorreu durante o uso cotidiano de eletrodomésticos como chuveiros elétricos, geladeiras, ventiladores e máquinas de lavar, evidenciando que os riscos estão presentes em situações comuns da vida doméstica.

A análise qualitativa das notícias destacadas no próprio anuário reforça essa constatação. Em diversos casos, vítimas sofreram choques elétricos fatais ao manusear eletrodomésticos conectados a instalações sem fio terra. Um exemplo recorrente foi o de um adolescente que morreu ao tocar em uma geladeira ligada a uma tomada sem aterramento; a perícia apontou corrente de fuga na carcaça metálica do equipamento, sem dispositivos de proteção instalados que interrompessem o circuito ou direcionassem a corrente ao solo (ABRACOPEL, 2025, p. 52–56).

Esses acidentes refletem falhas em diferentes etapas do processo de instalação elétrica: na ausência de planejamento adequado, na execução sem supervisão técnica e na falta de dispositivos como disjuntores diferenciais residuais (DR). A norma ABNT NBR 5410 (2004) determina que toda edificação deve dispor de um eletrodo de aterramento conectado às massas metálicas e aos condutores de proteção, o que raramente é verificado em inspeções de campo.

Do ponto de vista técnico, a inexistência de um caminho condutivo para a dispersão da corrente de fuga aumenta a probabilidade de acidentes graves. A corrente, sem ter por onde ser desviada, percorre superfícies metálicas, elevando o risco de contato acidental. Além disso, o funcionamento de dispositivos de segurança

como o DR depende da presença de um aterramento com baixa impedância elétrica. Em sua ausência, o dispositivo pode não atuar, mesmo diante de falhas perigosas.

Casos recorrentes em áreas urbanas e periféricas revelaram ainda o uso de ligações improvisadas, como extensões e adaptadores conectados a redes sem proteção adequada. Nessas condições, além da ausência de condutores de proteção e aterramento, é comum a presença de instalações envelhecidas ou mal dimensionadas. Os efeitos da exposição prolongada a tais condições incluem a degradação de componentes, curtos-circuitos e, em muitos casos, a ignição de incêndios domésticos.

A vulnerabilidade das instalações sem aterramento também foi observada no funcionamento de aparelhos eletrônicos. Muitos equipamentos modernos, como televisores, computadores, roteadores e inversores fotovoltaicos, utilizam componentes eletrônicos sensíveis a variações de tensão e surtos. Em ambientes sem proteção contra descargas atmosféricas e com alta impedância no percurso de aterramento, a probabilidade de danos é significativamente maior, contribuindo para prejuízos financeiros e perda de funcionalidade.

Os dados do anuário mostram ainda que tais acidentes ocorrem tanto em zonas carentes de infraestrutura quanto em áreas urbanizadas, demonstrando que o problema não está restrito a um perfil socioeconômico específico. Trata-se de uma deficiência técnica generalizada, que requer medidas educativas, regulamentares e profissionais mais consistentes.

A conexão entre os dados estatísticos e os relatos de acidentes permite afirmar que a ausência de aterramento está diretamente associada a consequências severas para os usuários. A literatura técnica consultada (MAMEDE FILHO, 2017; VISACRO FILHO, 2002; PINHEIRO, 2013) também aponta que sistemas de proteção só funcionam adequadamente quando o aterramento está corretamente dimensionado e mantido dentro dos parâmetros recomendados. A resistência do eletrodo deve ser monitorada periodicamente, considerando as características do solo, conforme especificado pela NBR 5410 e pelas normas complementares das concessionárias.

Assim, constata-se que a segurança elétrica em instalações residenciais depende de um conjunto de ações técnicas, normativas e educativas. Não se trata apenas da instalação de componentes, mas da aplicação coerente de projetos, da fiscalização e da valorização da atuação profissional qualificada. A negligência quanto ao aterramento não é um simples descuido técnico, mas sim risco concreto e grave à integridade física das pessoas.

Ademais, os resultados desta pesquisa indicam que a falta de aterramento em conformidade com as normas é uma das principais causas de acidentes elétricos fatais no país. A correção desse cenário exige uma mudança cultural na forma como as instalações elétricas são projetadas e executadas. A aplicação rigorosa das normas técnicas, aliada à conscientização da população e ao fortalecimento da fiscalização, pode contribuir significativamente para a redução desses eventos.

5- Considerações Finais

A pesquisa realizada permitiu identificar os principais efeitos associados à ausência ou inadequação do sistema de aterramento em instalações elétricas residenciais. A análise normativa, aliada à consulta de dados estatísticos e à literatura especializada, evidenciou que o aterramento tem função operacional no escoamento de correntes de falha e na viabilização do funcionamento dos dispositivos de proteção.

Verificou-se que, na inexistência de um sistema de aterramento funcional, ocorrem condições propícias à circulação de corrente elétrica por superfícies metálicas, o que amplia o risco de choques, danificações em equipamentos e falhas em dispositivos de proteção. A pesquisa demonstrou que tais situações estão presentes em contextos com ausência de condutores de proteção, resistências de aterramento elevadas ou projetos fora das especificações normativas.

Com relação aos objetivos específicos, observou-se que foram analisados os registros estatísticos mais recentes de acidentes elétricos em ambientes residenciais; foram descritas e diferenciadas as principais tipologias de sistemas de aterramento previstas na norma ABNT NBR 5410; e foram examinadas as implicações técnicas da inexistência ou da má execução do sistema de aterramento nas instalações.

As hipóteses da pesquisa foram confirmadas: a não existência de aterramento em conformidade com os parâmetros normativos está associada ao aumento da frequência e da gravidade de acidentes elétricos; a operação de dispositivos de proteção depende diretamente da existência de um sistema de aterramento com baixa impedância elétrica; e a integridade funcional dos equipamentos e das instalações está condicionada à aplicação correta das normas.

Conclui-se que o aterramento é elemento técnico necessário para a segurança elétrica em ambientes residenciais. Sua implementação requer o atendimento às exigências normativas, o conhecimento das propriedades do solo e a execução conforme critérios de projeto e manutenção estabelecidos. A redução dos riscos

identificados depende da adoção de procedimentos normativos e operacionais integrados ao processo de planejamento, execução e inspeção das instalações.

Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5419: Proteção contra descargas atmosféricas*. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABRACOPEL – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSCIENTIZAÇÃO PARA OS PERIGOS DA ELETRICIDADE. *Anuário estatístico de acidentes de origem elétrica 2025*. Campinas: Abracopel, 2025. Disponível em: <https://www.abracopel.org>. Acesso em: 25 maio 2025.

BEZERRA, S. R. C. *Avaliação de sistemas de aterramento considerando a utilização de condutores e hastes envolvidos em concreto*. 2011. 161 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

CEMIG – COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. *ND-5.1 – Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária – rede de distribuição aérea – edificações individuais*. 3. ed. Belo Horizonte: CEMIG, 2017.

COSTA, T. H.; FURTADO, E. M. *Segurança em instalações elétricas residenciais: análise de acidentes e proposta de medidas preventivas*. Revista Eletricidade Moderna, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 24–33, 2020.

FLANDOLI, F. *Instalações elétricas: fundamentos, esquemas e dimensionamento*. 4. ed. São Paulo: Érica, 2017.

FLEURY, A. L. *Inspeções e manutenções em sistemas elétricos: práticas e fundamentos técnicos*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2015.

GENTIL, J. R. *Aterramento elétrico: teoria e prática segundo as normas brasileiras*. 3. ed. São Paulo: Érica, 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Grupo de Eletricidade Atmosférica – ELAT. *Relatórios técnicos sobre descargas atmosféricas e acidentes elétricos*. São José dos Campos: INPE, 2024. Disponível em: <http://www.inpe.br/elat>. Acesso em: 29 maio 2025.

MAMEDE FILHO, H. *Instalações elétricas: projeto e execução*. 7. ed. São Paulo: Érica, 2017.

MARTINHO, R. et al. *Causas mais frequentes de acidentes elétricos em residências: uma abordagem estatística*. Revista Brasileira de Engenharia Elétrica, v. 35, n. 1, p. 48–60, 2025.

- MEDEIROS, F. L.; MEDEIROS, M. S. *Proteção contra surtos em instalações residenciais: fundamentos e aplicações práticas*. Revista Técnica de Engenharia, v. 19, n. 2, p. 33–42, 2016.
- PINHEIRO, C. L. *Instalações elétricas residenciais descomplicadas*. 2. ed. São Paulo: Érica, 2013.
- PINHEIRO, C. L. *Práticas de proteção e aterramento em sistemas elétricos residenciais*. Revista Técnica de Instalações, v. 16, n. 3, p. 29–37, 2019.
- SANT' ANNA, N. *Instalações elétricas: fundamentos, projetos e aplicações práticas*. Rio de Janeiro: LTC, 2005.
- TOZETTO, A. M. *Segurança em instalações elétricas residenciais: aplicação da NBR 5410 em edificações unifamiliares*. Revista da Faculdade de Engenharia, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 10–16, 2018.
- VIEIRA, M. R. et al. *Incêndios de origem elétrica: causas, consequências e prevenção*. Revista Segurança e Engenharia, v. 10, n. 4, p. 22–31, 2022.
- VILELA, M. C.; SOARES, D. R. *Tensão de toque e passo: análise dos riscos elétricos em ambientes residenciais*. Revista Brasileira de Segurança do Trabalho, v. 8, n. 1, p. 15–24, 2016.
- VISACRO FILHO, M. *Aterramento de sistemas elétricos: fundamentos teóricos, medições e aplicações*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002.