



CARLOS CASTRO FREIXO

ATERRAMENTO ELÉTRICO EM BAIXA TENSÃO

CARLOS CASTRO FREIXO

ATERRAMENTO ELÉTRICO EM BAIXA TENSÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Faculdade Pitágoras, como requisito parcial para obtenção do título de graduado em Engenharia Elétrica.

Orientador: Carlos Júnior

Belo Horizonte

2020

CARLOS CASTRO FREIXO

ATERRAMENTO ELÉTRICO EM BAIXA TENSÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Pitágoras, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Engenharia Elétrica.

BANCA EXAMINADORA

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Belo Horizonte, de dezembro de 2020

FREIXO, Carlos Castro. **Aterramento elétrico em baixa tensão**. 2020. 28 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso Graduação em Engenharia Elétrica – Faculdade Pitágoras, Belo Horizonte, 2020.

RESUMO

O trabalho a seguir apresentará uma abordagem sobre aterramento elétrico em baixa tensão e como o aterramento elétrico utilizado e sua instalação correta tende a promover um impacto na segurança do usuário, minimizando os acidentes, visto que a maioria dos usuários não fazem ideia do que é nem mesmo para que serve um sistema de aterramento, para a elaboração desta pesquisa o objetivo geral será entender o aterramento elétrico e de que forma a sua atuação pode contribuir com a segurança do usuário e como objetivos secundários: demonstrar a importância de um sistema de aterramento; apontar os danos que podem ser causados pela sua inexistência e os tipos de sistemas de aterramento que são utilizados. A metodologia de pesquisa utilizada será uma revisão de literatura, na qual será realizada uma consulta em livros que abordam o tema desta pesquisa, a conclusão que se chegou através dos resultados encontrados é que o sistema de aterramento tem importante participação na segurança e proteção e que o sistema de aterramento TN-S é o melhor a ser utilizado pois o condutor de proteção estará sempre com potencial zero.

Palavras chave: Aterramento. Equipotencialização. Proteção. Segurança.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Acidentes elétricos.....	11
Figura 2 – Armadura do concreto.....	12
Figura 3 – Fita, barra ou cabo metálico.....	12
Figura 4 – Malha metálica.....	13
Figura 5 – Anel metálico.....	13
Figura 6 – Haste coperweld.....	14
Figura 7 – Barramento Equipotencial Príncípal.....	15
Figura 8 – Condutor de aterramento.....	16
Figura 9 – Conexões exotérmicas.....	16
Figura 10 – Tensão de contato ou toque.....	18
Figura 11 – Tensão de passo.....	18
Figura 12 – Esquema TN-S.....	21
Figura 13 – Esquema TN-C.....	22
Figura 14 – Esquema TT.....	22
Figura 15 – Esquema IT.....	23
Figura 16 – Terrômetro digital.....	25
Figura 17 – Esquema de ligação do terrômetro nas Hastes.....	25
Figura 18 – Fórmula de Palmer.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de solos e suas resistividades.....	24
Tabela 2 - Espaçamento entre hastes para várias medições.....	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRACOPEL - Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR - Normas Brasileiras Reunidas.

BEP - Barramento de Equipotencialização Principal.

DR - Dispositivo Residual

NR 10 - Norma Regulamentadora N° 10

NR 18 – Norma Regulamentadora N° 18

PE - Condutor de Proteção

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	A IMPORTÂNCIA DE UM ATERRAMENTO ELÉTRICO	10
2.1	Elementos de um sistema de aterramento.....	12
3	DANOS PROVOCADOS POR ATERRAMENTO INADEQUADO	16
4	SISTEMAS DE ATERRAMENTOS PERMITIDOS PELA NORMA 5410	20
4.1	Resistencia do solo e sua importância para o aterramento.....	23
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
	REFERÊNCIAS	28

1. INTRODUÇÃO

O aterramento elétrico constante na Norma Brasileira 5410 (2004) é parte indispensável em um sistema de proteção para promover a segurança das pessoas e equipamentos, sua instalação correta presente nas residências fará com que o sistema de proteção atue corretamente para proteger o usuário contra choque elétrico.

A NBR 5410 (2004) em seu capítulo 6.4 destina-se exclusivamente ao aterramento elétrico de baixa tensão e equipotencialização; tipos de eletrodos com sua ordem de preferência; sua topologia; seus condutores e seções e os modelos de sistemas de aterramento que são aceitos e que por ser tão relevante deve estar presente nas instalações elétricas residências.

Mesmo tendo um capítulo na norma regulamentadora para tratar um item tão importante muitos usuários não a conhecem, nem tem mínima noção do que é um sistema de aterramento, nem mesmo sabem se o local em que moram possuem esta proteção que é obrigatória em todas as construções, com esta falta de informação e conhecimento muitos podem correr sérios riscos de ficarem em contato com correntes que podem levá-los até mesmo a um acidente fatal.

A norma já está em vigor há dezesseis anos, teve sua publicação em 2004 e mesmo assim parece desconhecida por muitos, motivo esse que pode ser uma das causas dos vários acidentes que vem ocorrendo, pois o anuário de acidentes elétricos de 2019 ainda aponta alto número de ocorrências envolvendo trabalhadores que lidam diariamente com serviços de energia elétrica e também com consumidores finais de energia elétrica que não possuem conhecimento técnico sobre aterramento elétrico.

O tema aterramento elétrico é de tamanha importância que sua abordagem justifica se visto que muitos usuários não fazem a mínima ideia de para que serve o sistema de aterramento, nem mesmo como é seu funcionamento, além de não Sabem se suas residências possuem aterramento.

A relevância desta pesquisa está relacionada a segurança que um sistema de aterramento proporciona para as pessoas prevenindo que as mesmas sejam eletrocutadas e que os equipamentos possam funcionar corretamente sem serem danificados, pois a proteção destes necessitam do aterramento para funcionarem corretamente.

A abordagem deste tema tende a contribuir esclarecendo aos usuários de energia elétrica, quais serão as vantagens da instalação correta de um sistema de aterramento e

quais serão suas consequências positivas e as negativas por não se ter um aterramento eficiente.

Considerando o aumento do número de mortes provocadas por acidentes com choque elétrico, como o aterramento elétrico utilizado e sua instalação correta tende a promover um impacto na segurança do usuário minimizando os acidentes.

Para entender o aterramento elétrico e de que forma a sua atuação tende a contribuir com segurança do usuário, foi preciso demonstrar qual é a importância de um aterramento elétrico, apontando os danos causados pela inexistência de um aterramento em uma residência e descrevendo quais são os tipos de sistemas de aterramento que estão sendo utilizados atualmente.

O tipo de pesquisa utilizada para a elaboração deste trabalho, foi uma revisão de literatura, na qual realizou-se uma consulta a livros, dissertações, artigos científicos e sites especializados no tema abordado. Sendo necessário poderia utilizar o acervo físico ou digital da faculdade Pitágoras. O período do material de apoio será de 1995 a 2019. Palavras chave (Aterramento , Equipotencialização, Proteção, Segurança).

2. A IMPORTÂNCIA DE UM ATERRAMENTO ELÉTRICO

O aterramento elétrico e equipotencialização são fundamentais em uma instalação elétrica, porém seus conceitos são diferentes, pois o aterramento elétrico significa que um condutor fase ou geralmente o condutor neutro está ligado intencionalmente direto na terra e equipotencializar significa colocar todos os componentes em um mesmo potencial, no caso da terra por ela ter potencial zero.

O aterramento necessita de uma atenção particular por ser fundamental para que todos os sistemas de energia elétrica funcionem corretamente proporcionando que o sistema de proteção possa atuar protegendo as pessoas, os animais e os equipamentos conectados na rede elétrica, essa atenção deve constar na elaboração do projeto elétrico, segundo (KINDERMAN; CAMPAGNOLO, 1995).

Afirma Mamede (2018) que cada projeto deverá contar com um dimensionamento adequado do sistema de aterramento para que a instalação elétrica funcione corretamente sendo segura para não causar acidentes fatais para aqueles que a estiverem utilizando.

São finalidades principais do sistema de aterramento de acordo com Kinderman; Campagnolo (1995) ter uma resistência de aterramento mais baixa possível; não permitir

fibrilação do coração humano causado pela corrente de falta; levar as descargas atmosféricas para a terra; promover maior sensibilidade aos equipamentos de proteção e Levar as cargas estáticas dos equipamentos para terra.

Quando uma edificação não possui aterramento ou se mesmo existindo for construído de forma inadequada, fora da norma 5410 (2004) as consequências para as pessoas poderão representar riscos fatais, já para os equipamentos o prejuízo será financeiro proporcionado pelo mau funcionamento, ou pela queima do mesmo. (ABNT, 2004).

A instalação correta do sistema de aterramento é de tamanha importância para a proteção das pessoas contra choques elétricos que o item 6.4 aterramento e equipotencialização, constante na norma 5410 (2004) dedicasse exclusivamente a abordagem deste tema, contendo detalhes de sua construção, suas dimensões, os tipos de materiais a serem utilizados e os modelos de sistema de aterramento que podem ser utilizados.

Dê acordo com a Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade – ABRACOPEL (2020) os acidentes de origem elétrica envolvendo usuários e profissionais que lidam com manutenção elétrica teve um aumento significativo se comparado com o ano de 2019, pois em seu anuário estatístico de acidentes de origem elétrica 2020 – ano base 2019 fica evidente a necessidade de maiores cuidados na prevenção deste tipo de acidente.

Figura 1- Acidentes elétricos



Fonte: Abracopel

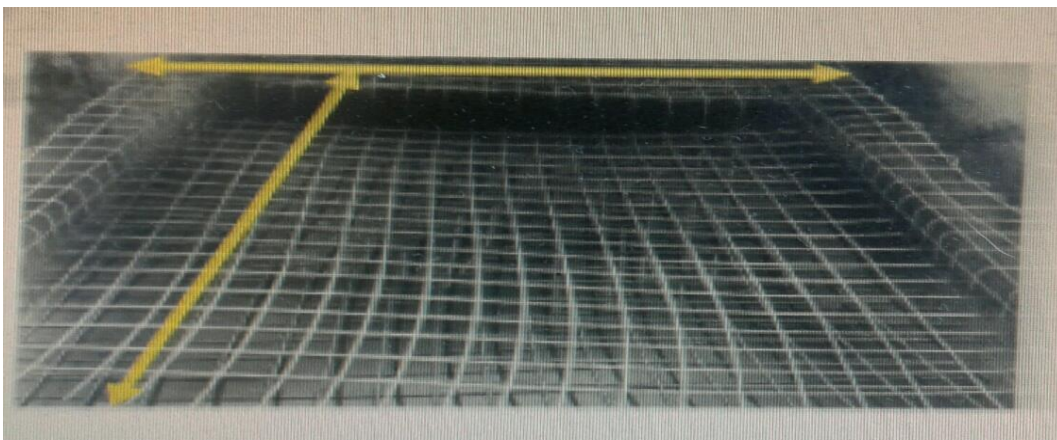
Segundo ABRACOPEL (2020) de 909 acidentes envolvendo choque elétrico 609 resultaram em morte da vítima, houve também 656 incêndios causados por sobrecarga resultando em prejuízo material aos donos e usuários destes estabelecimentos.

Com o uso adequado de sistemas de proteção e seccionamento automático aliados a um eficiente sistemas de aterramento o número de acidentes demonstrados na figura estatística acima poderia ser diferente e talvez o número de vítimas fatais não seria tão auto, pois o prejuízo econômico e possível ser revertido, porém as vidas humanas não podem ser recuperadas.

2.1 Elementos de um sistema de aterramento

Armadura do concreto das fundações

Figura 2- Armadura do concreto



Fonte: Livro Instalações elétricas, Ademaro Cotrin

A NBR 5410 diz que preferencialmente deve se usar as armaduras do concreto das fundações como eletrodos naturais para o sistema de aterramento, pois devido a quantidade de aço existente nestas armaduras a resistividade em $\Omega \cdot m$ será sempre a mais baixa possível.

Como segunda opção de eletrodo de aterramento a NBR 5410 diz que pode ser utilizado fitas, barras, ou cabos metálicos imersos no concreto das fundações.

Figura 3- Fitas, barras ou Cabos metálicos



Fonte: Potência educação, Hilton Moreno

Dê acordo com a NBR 5410 (2004) estas fitas, barras ou cabos devem formar um anel em torno do perímetro da edificação, deverá ficar coberto por uma camada de 0,5 ctm de concreto e com profundidade de 0,5 mts, no mínimo, pois assim garantirá uma baixa resistência ôhmica e proporcionará um bom aterramento para proteção tanto das pessoas como também dos equipamentos nele conectados.

A malha metálica para aterramento é a terceira opção permitida pela norma que é amplamente utilizada onde as fundações da edificação já estão prontas e por algum motivo não foi deixado o cabo de aterramento fixado na armadura do concreto desta fundação.

Figura 4- Malha metálica



Fonte: Proluz.com.br

A terceira opção de eletrodo de aterramento proporcionado pela norma 5410 é a malha metálica que deve ser colocada no nível da fundação nos casos onde não se pode utilizar as opções anteriores descritas.

Quarta opção de eletrodo de aterramento permitido pelo norma

Figura 5 - Anel metálico



Fonte: Abracopel.com.br

Como quarta opção de eletrodo para aterramento a norma permite que seja utilizado no mínimo um anel metálico enterrado no solo circulando o perímetro da edificação a 50 ctm de profundidade e envolto por concreto para reforçar a resistência mecânica do material. Este anel poderá ser um cabo de cobre nu com seção de 50mm², sendo necessário pode ser complementado com hastes coperweld.

Segundo a NBR 5410 (2004) em sua nota outras soluções de aterramento podem ser admitidos para instalação de sistemas de aterramento nos locais ou reformas de construções onde nenhum dos tipos de eletrodos acima descritos puderem ser utilizados.

Esta nota abre a possibilidade de se utilizar estas conhecidas hastes coperweld nas instalações temporárias, nas instalações em locais onde não possua cobertura, como pátios e jardins, como também em campus de acampamentos, nas marinas onde ficam ancorados as embarcações e nos sítios históricos onde não se pode fazer muitas modificações. Pode ser conferido na (NBR 5410, 2004).

Eletrodos coperweld são os mais simples e são encontrados com facilidade no mercado.

Figura 6 - Haste coperweld



Fonte: Inteli.com.br

Segundo Mamed (2019) Eletrodos de terra de aço cobreado são vergalhões de aço revestidos por uma camada de cobre para proporcionar uma elevada resistência contra corrosão e também são conhecidas como hastes coperweld ou cadweld, podem ser comuns com superfície lisas, ou prolongáveis onde possuem rosca em ambas extremidades para serem acopladas umas às outras, com isto prolongando seu comprimento.

Dê acordo com Kinderman; Campagnolo (1995) Este tipo de haste é o eletrodo mais comum e por isto amplamente utilizado nas residências brasileiras, estes eletrodos são colocadas geralmente em série ou em paralelo, a distância entre ambas é o mesmo que o comprimento da haste ou duas vezes seu tamanho.

Quanto maior for o comprimento da haste menor será a resistência do aterramento, porém o cravamento não é fácil de fazer pois dependerá da composição do solo, por isto a maioria destas possuem 2,40 mts e tem que estarem ligadas entre si por cabo com conector e solda exotérmica, a figura cinco acima mostra a haste comum e a expansiva.

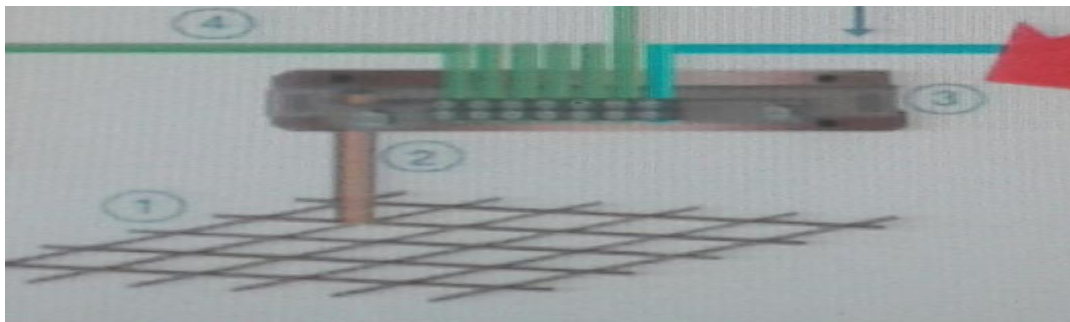
Segundo Kinderman; Campagnolo (1995) as melhores hastes são as que recebem revestimento em cobre e são chamadas de coperweld e cadwel, a diferença entre as

duas são: na copperweld o cobre é fundido em uma barra de aço e na cadweld o cobre é fixado através do processo eletrolítico sobre o aço da haste.

Dê acordo com Mamede (2018) os eletrodos de terra também são chamados de eletrodos verticais e possuem uma elevada resistência contra o processo de corrosão e com o passar do tempo não perdem suas características originais proporcionadas pela cobertura de cobre sobre o aço promovido pelo processo de eletrodeposição que demonstra-se muito satisfatório.

O condutor de aterramento é o responsável por conectar o barramento de equipotencialização ao eletrodo de aterramento, a NBR 5410 2004 exige que em cada edificação esteja presente um BEP (barramento de equipotencialização principal).

Figura 7 - BEP



Fonte: Potência Educação, Hilton Moreno.

Descrição e nomenclatura dos elementos da figura 6.

- 1- Eletrodo da fundação
- 2- Condutor de aterramento
- 3- Barramento de Equipotencialização Principal,
- 4- Condutores de proteção e
- 5- Condutor neutro da concessionária de cor azul.

Na figura 6 o BEP está conectado ao eletrodo da fundação pelo condutor de aterramento e no Barramento também estão conectados o condutor azul que é o neutro da concessionária e também do BEP estão saindo os cabos de cor verde que são os condutores de proteção que deverão estar conectados nas massas e tomadas de força.

Figura 8 - Condutor de aterramento

Fonte: Intelli.com.br

Dê acordo com a NBR 5410(2004) este condutor é um cabo de cobre nu com bitola não inferior a seção 16mm^2 , pois em alguns casos onde o cabo da fase seja superior a seção acima mencionada este condutor também terá sua seção aumentada.

Conexões para sistema de aterramento

São várias as canecões existentes para conexão dos cabos nas hastes e para interligar a malha de aterramento e segundo Mamed (2019) as mais utilizadas são: As conexões exotérmicas, mostradas na figura a baixo e que conectores aparafusados não devem ser utilizados nas conexões de condutores do sistema de aterramento.

Figura 9- Conexões exotérmicas

Fonte: Intelli.com.br

Para utilizar as conexões: conector simples, em t, ou em x nas diversas emendas dos cabos utiliza-se molde de grafite, alicate próprio e pó exotérmico, e quando for proporcionado a ignição dentro dos moldes os conectores se fundirão nas pontas dos cabos. (MAMED, 2019).

3. DANOS PROVOCADOS POR ATERRAMENTO INADEQUADO

Quando uma edificação não possui aterramento ou se mesmo existindo for construído de forma inadequada, fora da norma 5410, as consequências para as pessoas poderão representar desde riscos leves, riscos moderados e até mesmo riscos fatais, proporcionado pelo valor da corrente que circular pelo corpo humano, já para os equipamentos o prejuízo será financeiro proporcionado pela queima do mesmo. (ABNT, 2004).

Segundo Cotrim (2009) a gravidade do dano e os efeitos fisiológicos causados pela passagem de uma corrente elétrica pelo corpo humano depende da intensidade e do

tempo a qual este organismo ficou submetido a esta corrente elétrica proveniente de um contato direto, ou por um contato indireto.

O contato direto caracterizasse quando a pessoa encosta consciente ou inconscientemente uma parte do seu corpo direto no condutor energizado ou em partes do circuito elétrico da instalação e que o contato indireto tem como causa a falha no material isolante de equipamentos, assim proporcionando que indivíduos e animais tenham contato com estas massas energizadas. (COTRIM,2009).

Dê acordo com Mamed (2019) o conato indireto é o responsável pela maior partes dos acidentes elétricos envolvendo as pessoas que trabalham diretamente com eletricidade e este acontece quando através do toque acidental a pessoa fica submetida a uma tensão entre fase e terra, por falha na isolação do equipamento e que caso o sistema de aterramento estivesse corretamente instalado poderia ser evitado, pois a corrente tende a percorrer em sentido a terra passando pelo sistema de aterramento, pois a resistência do aterramento seria menor que a do corpo humano que representa 1000 ohms.

Afirma Cotrim (2009) que o contato direto é o responsável por provocar muitos acidentes graves e alguns fatais, causados por ruptura, deterioração ou pela retirada indevida de algumas partes do isolante de cabos ou dos equipamentos e que a imprudência também é a causa destes contatos diretos.

Visto que algumas pessoas que não tem conhecimento adequado por algum motivo resolvem manusear equipamentos ou desmontá-los, sem adotar os devidos cuidados preventivos para garantir sua segurança.

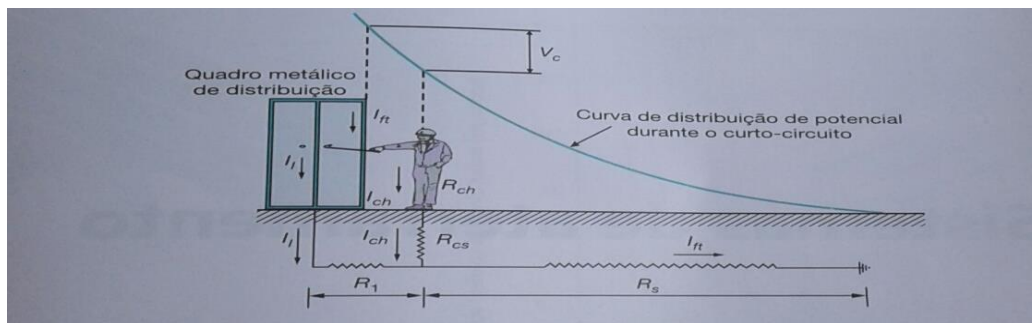
A corrente elétrica ao passar pelo corpo humano tende a provocar diversos tipos de acometimento ao indivíduo e dependendo do tempo que o corpo ficar sob ação desta corrente a pessoa pode ser levada a morte. Os principais danos causados pela corrente elétrica ao corpo humano são tetanização, parada respiratória, queimaduras e fibrilação ventricular. (COTRIM,2009).

Afirmam Kinderman; Campagnolo (1995) que o choque elétrico causado pela tensão de toque ou de passo poderá provocar a fibrilação ventricular do coração humano ao ser percorrido pela passagem da corrente elétrica e que seus efeitos podem variar de acordo com o percurso, a intensidade, o tempo de duração e a frequência da corrente.

A tensão de toque a qual refere-se Kinderman; Campagnolo (1995) é a mesma denominada também de tensão de contato ou de toque no qual o indivíduo entra em

contato com a corrente através do toque em uma massa energizada por alguma falha na isolação do equipamento.

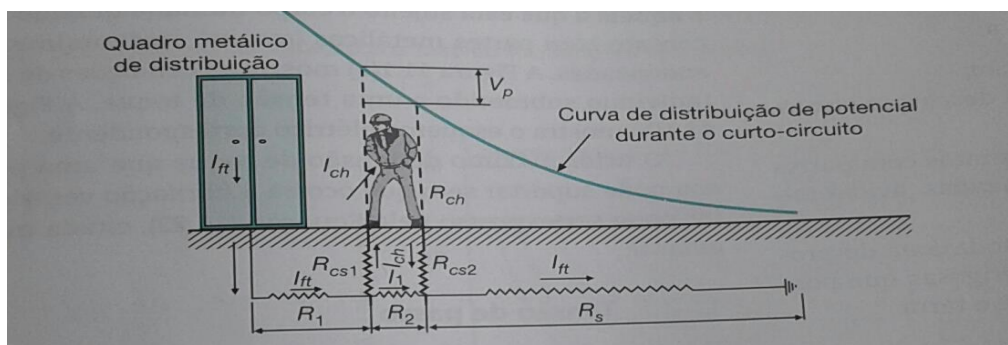
Figura 10 - Tensão de contato ou toque



Fonte: Livro Instalações elétricas Industriais, 2009.

Quando alguém tocar em uma carcaça de um equipamento ou mesmo um quadro energizado por falha na isolação o corpo da pessoa será percorrido por uma tensão elétrica que pode ser representada pela fórmula $V_{toque} = (R_{ch} + R_c/2) \cdot I_{choque}$.

Figura 11 - Tensão de passo



Fonte: Livro Instalações Elétricas Industriais, 2009.

A tensão de passo ocorre entre os pés da pessoa que estarão apoiados em uma superfície, e que ocorrerá a diferença de potencial quando os pés estiverem apoiados em linhas equipotenciais diferentes que se formarão durante o escoamento da corrente de curto circuito. (KINDERMAN; CAMPAGNOLO, 1995).

Dê acordo com Kinderman; Campagnolo (1995) a corrente elétrica proveniente de curto circuito que escoará pela terra resultará no potencial de passo que ocorre entre dois pontos no chão com distância entre ambos de 1 metro. A tensão de passo pode ser representada pela fórmula $V_{passo} = (R_{ch} + 2R_c) \cdot I_{choque}$.

Segundo Mamed (2019) o corpo humano suporta a passagem de 25 mA de corrente alternada, e que de 15 a 25 mA a pessoa tem dificuldade de soltar um objeto energizado, até 80 mA a pessoa sente contrações e asfixia, para valores superiores a 80

mA o indivíduo é acometido a graves lesões musculares e queimaduras além de asfixia imediata, para valores de mais amperes os danos são intensas queimaduras; eletrólise do sangue e necrose dos tecidos.

Afirma Cotrim (2009) que os acidentes provenientes de contatos diretos acontecem com menos frequência e que são causados por falta de conhecimento, negligência, ou até mesmo por imprudência daqueles que sofrem o acidente ao entrarem em contato com partes energizadas.

Dê acordo com a NBR 5410 (2004) a proteção básica refere se a proteção contra contatos diretos e para que estes sejam evitados devem ser colocados Barreiras ou invólucros de proteção, obstáculos, isolamentos nas partes vivas e dispositivos de proteção contra à corrente diferencial residual, etc.

Afirma Cotrim (2009) que o contato indireto frequentemente vem ocorrendo e que é difícil de ser previsto e que os danos causados a vítima são muito mais graves, por isto a norma os consideram mais importantes e os tratam com maior atenção.

Segundo a NBR 5410 (2004) a proteção suplementar deverá ser adotado com o intuito de proteger as pessoas contra contatos indiretos e que as medidas adotadas são: a equipotencialização que fará com todos os equipamentos estejam no mesmo potencial.

A adoção do DR (dispositivos de proteção a corrente residual) que provocará a abertura dos seus contatos quando a corrente diferencial residual atingir o valor estabelecido no DR, com isto o circuito ficará sem tensão e sem corrente protegendo aquele que estiver em contato com o equipamento, também poderá ser feita a separação elétrica, afirma (COTRIM 2009).

Dê acordo com Cotrim (2009) estes métodos prescritos pela norma 5410 podem ser divididos em dois grupos, sendo: os passivos aqueles que limitam a corrente elétrica ou impedem o acesso das pessoas as partes vivas. E os ativos aqueles que seccionam automaticamente os circuitos durante a ocorrência de uma falta.

A norma 5410 tendo como intuito proteger ainda mais a pessoas contra tensão de contato indireto em massas energizadas por defeitos na isolação determinou que para qualquer um dos tipos de aterramento adotado, a instalação de dispositivos (DR) com corrente diferencia residual de alta sensibilidade não superiores a 30 mA e sua adoção como proteção complementar será obrigatória nas áreas molhadas dê acordo com a (ABNT, 2004).

4. SISTEMAS DE ATERRAMENTO PERMITIDOS PELA NORMA 5410

Segundo Cotrim (2009) Ao projetar um esquema de aterramento sua parte mais importante é sua eficiência em garantir segurança ao funcionamento de uma instalação elétrica e que existe dois tipos de aterramento elétrico, o de proteção e o funcional.

No aterramento de proteção as massas estão conectadas diretamente a terra através do condutor de proteção (PE) e tem como objetivos: reduzir o potencial entre as massas e a terra a um valor seguro em condições normais de funcionamento e garantir que os dispositivos de proteção funcionem corretamente com o retorno da corrente de falta a terra. COTRIM (2009).

Dê acordo com Cotrim (2009) No aterramento funcional o neutro é ligado diretamente na terra através do condutor de aterramento que está conectado a um ou mais eletrodos e tem como objetivos: estabilizar a tensão, a redução da sobretensão causadas por manobras, ou descargas atmosféricas, além de conduzir a corrente de curto para a terra.

A NORMA 5410 (2004) também admite o aterramento combinado, neste um único condutor é destinado a servir ao mesmo tempo como condutor de proteção e de aterramento funcional.

Outro tipo de aterramento que é utilizado está citado na NBR 5410 (2004) logo no início da norma em seus objetivos, em 1.2.1 alínea c está claro no texto a determinação da sua aplicabilidade em canteiros de obras, com isto o aterramento provisório que também é conhecido como aterramento de trabalho ou aterramento temporário torna-se obrigatório nesta etapa da construção.

Afirma Cotrim (2009) que este aterramento provisório também é utilizado durante serviços de manutenção em redes sobe tensão e que estas foram desligadas para serem reparadas. No canteiro de obras este aterramento provisório também é utilizado para a proteção dos operários que estão trabalhando no início das construções onde ainda não está instalado a rede elétrica definitiva, visto que muitos acidentes com eletricidade acontecem nestes canteiros

A Norma Regulamentadora número 10 (2020) Trata especificamente de segurança em instalações e serviços com eletricidade e define aterramento elétrico temporário como uma ligação direta intencional a terra para garantir a equipotencialidade e proteger o trabalhador durante o trabalho nas instalações elétricas.

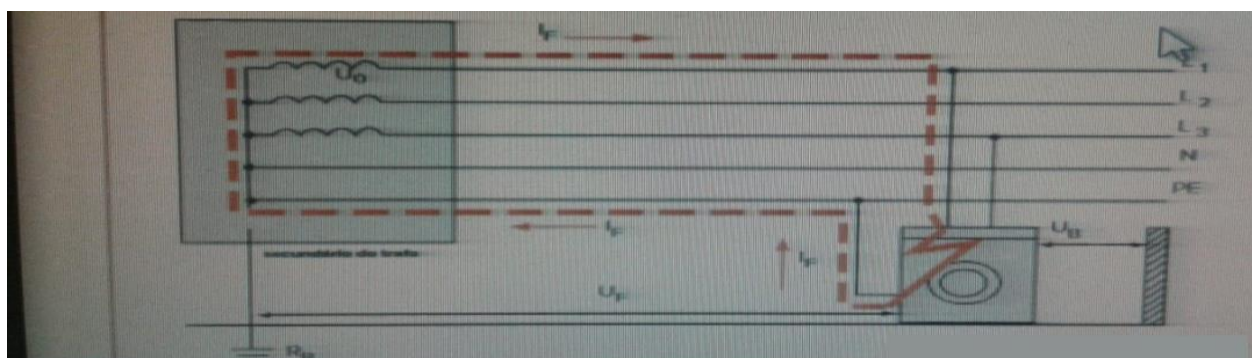
Determina também que em todos os projetos elétricos o aterramento temporário deve ser descrito para garantir a proteção completa do trabalhador caso este venha a ter contato direto ou indireto com partes energizadas da instalação elétrica no qual está trabalhando. Pode ser conferido em NR 10 (2020).

A norma regulamentadora 18 (2020) enfatiza as condições de segurança e saúde no trabalho na indústria da construção, está também considera que nas instalações elétricas temporárias o aterramento deverá constar no projeto elétrico e que durante a construção ele deverá passar por inspeção semestral a ser comprovado através de laudo emitido por profissional legalmente habilitado.

De acordo com a NR 18 (2020) no laudo de aterramento elétrico deverá conter dados da medição ôhmica que comprovará a eficiência do aterramento e está NR reforça o uso obrigatório do dispositivo Residual Diferencial (DR) nos canteiros de obras como medida de segurança adicional.

Os tipos de aterramentos elétricos constantes na norma 5410 que podem ser utilizados em instalações de baixa tensão segundo ABNT (2004) são três, sendo: esquema TN, nesta topologia o neutro deverá estar ligado diretamente a terra através do tipo de eletrodo utilizado, onde todas as massas terão que estar ligadas no condutor de proteção (PE). O TN é o mais utilizado no Brasil e por ele circula uma alta corrente que fará com que o seccionamento automático atue, este esquema aceita algumas variações, sendo TN-C, TN-S e TN-C-S.

Figura 12 - Esquema TN-S

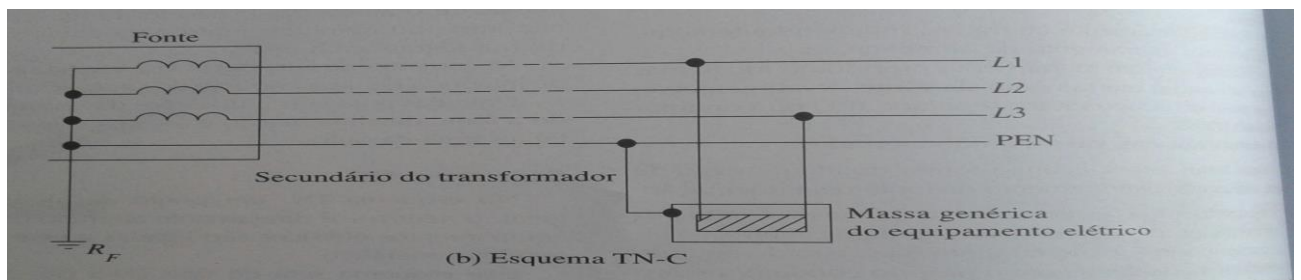


Fonte: Potência Educação

Afirma Cotrim (2009) que sempre deve ser dada preferência ao sistema TN-S, pois neste o condutor PE estará sempre no mesmo potencial do aterramento da fonte que é tensão zero, ou quase zero, em toda sua extensão e que isto ocorrerá quando o funcionamento do sistema estiver em condições normais.

No esquema de aterramento TN-C o condutor PEN serve como condutor neutro e de proteção ao mesmo tempo e que pode ser visualizado na figura abaixo.

Figura 13 - Esquema TN-C



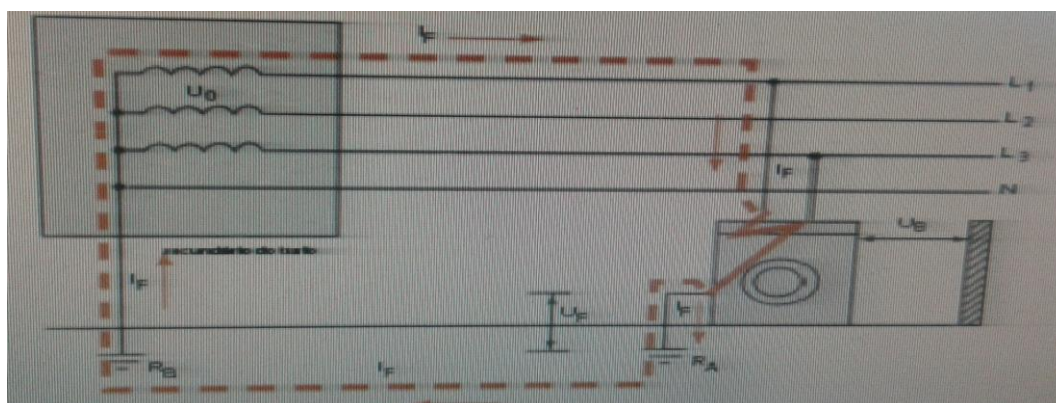
Fonte: livro Instalações Elétricas

Segundo Cotrim (2009) a configuração TN-C é muito utilizada, porém merece uma atenção especial por representar perigo para nós humanos, pois nesta no condutor PEN a tensão não é zero devido a correntes da carga, de harmônicas e de desequilíbrio que estão retornando pelo neutro.

No TN-C o potencial nas massas são diferentes e não estão no mesmo potencial da fonte com isto o operador pode estar sujeito ao potencial de toque pois a tensão na massa é diferente da do seu pé, outro risco é que se o neutro partir aparecerá na massa o potencial da fase que poderá matar quem estiver em contato com esta massa, pode ser conferido em COTRIM (2009).

No esquema TT além do aterramento do neutro da fonte utiliza-se um aterramento independente para ligação das massas, porém nesta topologia o disjuntor de seccionamento comum não atuará e para não colocar o usuário em risco, deverá ser utilizado um disjuntor residual para proteger aquele que encostar na massa caso ocorra uma falta.

Figura 14- Esquema TT

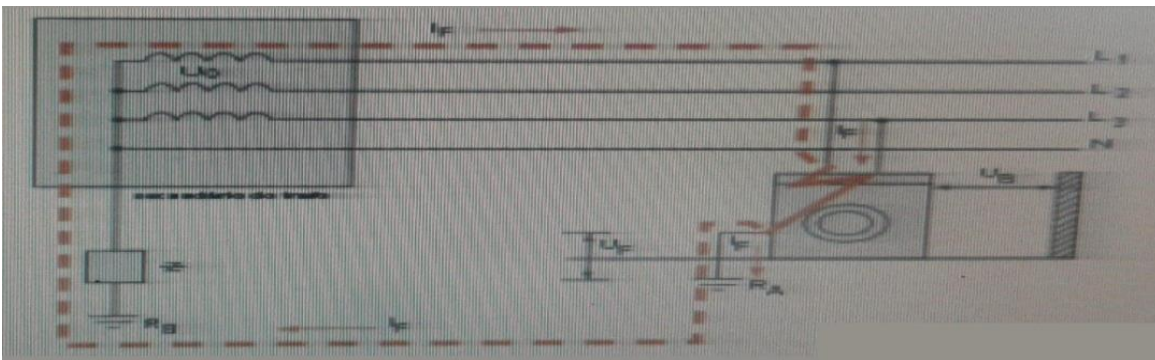


Fonte: Potência Educação

Na imagem acima é possível ver o caminho da corrente de falta onde a mesma sai pelo aterramento independente, passa pela terra e retorna pelo outro aterramento.

O esquema IT é especial e tem certa semelhança com o TT, porém entre o neutro e o aterramento deverá ser colocado uma impedância para que o seccionamento não ocorra com a primeira falta, sua destinação é para hospitais e salas de cirurgia ou processos industriais complexos. Para que a segunda falta não coloque pessoas em risco a norma 5410 diz que o seccionamento automático deverá ser feito com DR, de acordo com a ABNT (2004).

Figura 15 - Esquema IT



Fonte: Potência Educação

O esquema IT é utilizado em situações onde a primeira falta não pode desligar alguns equipamentos. O caminho da corrente de falta é o mesmo que no TT, porém no caminho entre os eletrodos existe uma impedância.

4.1 Resistência do solo e sua importância para o aterramento

A resistividade do solo exerce influencias significativas no sistema de aterramento e que o solo por não ser homogêneo não é igual em toda sua extensão e profundidade por isto possui resistividades diferentes para cada tipo e composição.

Afirma Mamed (2009) que conhecer com antecedência a resistividade do solo é importantíssimo para o início de um projeto de aterramento, visto que o solo não e igual em toda sua extensão e por ser diferente suas características possuem resistividades diferentes.

Dê acordo com Kinderman; Campagnolo (1995) além da resistividade do solo existem outras etapas a serem seguidas para elaborar o projeto, tais como: definição do local, estratificar o solo em camadas e definir o tipo de sistema de aterramento a ser utilizado.

Tabela 1- Tipos de solos e suas resistividades

Natureza dos solos	Resistividade (Ohm · m)	
	Mínima	Máxima
Solos alagadiços e pantanosos	-	30
Lodo	20	100
Húmus	10	150
Argilas plásticas	-	50
Argilas compactas	100	200
Terra de jardins com 50 % de umidade	-	140
Terra de jardins com 20 % de umidade	-	480
Argila seca	1.500	5.000
Argila com 40 % de umidade	-	80
Argila com 20 % de umidade	-	330
Areia com 90 % de umidade	-	1.300
Areia comum	3.000	8.000
Solo pedregoso nu	1.500	3.000
Solo pedregoso coberto com relva	300	500
Calcários moles	100	400
Calcários compactos	100	5.000
Calcários fissurados	500	1.000
Xisto	50	300
Micaxisto	-	800
Granito e arenito	500	10.000

Fonte: Livro instalações elétricas Industriais

Na tabela acima percebe-se que os solos com menor resistividade são: húmus, lodo e xisto, embora o alagadiço e pantanoso não conste valor de resistividade mínima, tendo como base o valor máximo de sua resistividade é possível presumir que sua resistividade mínima é bem menor que a dos outros citados.

Em contra partida os piores solos demonstrados na tabela acima tratando-se de resistividade são: os de granito e arenito, areia comum, calcário compactado e argila seca, nesta ordem. Para estes tipos de solos um projeto de sistema de aterramento é praticamente inviável pois as altas resistividades deste solos são quase impossíveis de serem melhoradas.

Nos solos com humidade moderada ou elevada sua resistividade é consideravelmente muito baixa favorecendo para se obter um bom sistema de aterramento, esta baixa resistividade do solo foi promovida pelo meio eletrolítico formado pela dissolução de sais presentes no solo que é favorável para a condução de correntes iônicas.

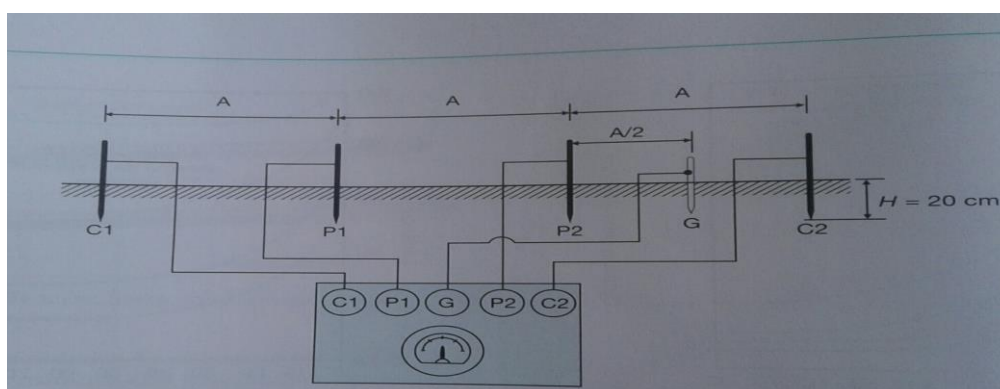
Os valores apresentados na tabela acima podem ser utilizados para a elaboração de projetos de sistemas de aterramentos, porém se necessitar de valores com maior exatidão pode ser utilizado para fazer a medição da resistividade do solo um aparelho chamado terrômetro digital.

Figura 16 - Terrômetro digital

Fonte: Minipa

Na figura acima está representado um dos vários modelos existentes de terrômetros digitais com seus cabos e as quatro hastes com aproximadamente 40 cm de comprimento que são utilizados para fazer medição da resistividade do solo, para ser utilizado em cálculo de resistência do sistema de aterramento em determinado projeto a ser elaborado.

Para a medição desta resistividade existem vários métodos, mas neste estudo abordaremos o método de Wenner por ser mais difundido nas publicações existentes. E frequentemente são utilizados termômetros para fazer a medição para ser utilizado neste método.

Figura 17- Esquema de ligação do termômetro nas hastes

Fonte: Livro instalações elétrica industriais

A figura acima complementar a descrição do método de Wenner onde neste utiliza 4 hastes de mesmo comprimento fincadas no solo, com mesma profundidade de 30cm, alinhadas e com distância A igual entre ambas, os eletrodos dos extremos são conectados nos terminais de corrente $C1$ e $C2$ por onde sairá a corrente que será injetada no solo e os dois eletrodos do meio são conectados nos terminais de potencial $P1$ e $P2$. Pode ser conferido em MAMED (2009).

O terminal G é ligado em um quinto eletrodo e que não está presente em todos os modelos, mesmo sendo muito importante para minimizar as correntes parasitas que possuem valor elevado e pode comprometer os resultados da medição.

Afirmam Kinderman; Campagnolo (1995) que neste método de Wenner utiliza-se a fórmula de Palmer para medir a resistividade elétrica do solo e que utiliza-se várias medições com distâncias diferentes para se obter uma média aritmética da resistência de aterramento.

Figura 18 - Fórmula de Palmer

$$\rho = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + (2p)^2}} - \frac{2a}{\sqrt{(2a)^2 + (2p)^2}}} \quad [\Omega.m]$$

Fonte: Livro aterramento elétrico

A Fórmula de Palmer ainda é muito utilizada para calcular a resistividade de solos quando não se tem em mãos para uso software específico destinado a este cálculo.

Para obter o valor médio da resistividade do solo os espaçamentos constantes na tabela 2 abaixo são recomendadas por (KINDERMAN; CAMPAGNOLO, 1995).

Tabela 2 - Espaçamento entre hastes para várias medições

Espaçamento a (m)	Leitura R (Ω)	Calculado ρ [Ω.m]
1		
2		
4		
6		
8		
16		
32		

Fonte: Livro Aterramento elétrico

Para calcular a média da resistência de aterramento substitui-se os valores na fórmula para cada uma das distâncias constantes na tabela acima para encontrar a resistência de cada uma, então faz-se a média dos valores encontrados.

De acordo com Mamed (2009) Outros fatores que interferem na resistividade do solo são: a composição química, umidade, temperatura, corrosão. Estes devem ser tratados com o intuito de amenizar a interferência que causam.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando iniciou-se esta pesquisa havia uma dúvida se seria importante estudar sobre o aterramento elétrico e se este tinha relação com acidentes que os usuários poderiam vir a serem acometidos, diante disto a pesquisa teve como objetivo geral entender o aterramento elétrico e de que forma a sua atuação pode contribuir com segurança do usuário, constatou-se que o objetivo geral foi atendido visto que sua existência é primordial para com a segurança dos usuários.

Quanto ao primeiro objetivo específico a importância do aterramento elétrico foi atendido ao demonstrar que sua existência contribui enormemente evitando que choques elétricos venham a causar danos graves as pessoas e que dependendo da gravidade pode levar até mesmo a fatalidade em alguns casos.

O segundo objetivo específico aponta os danos que a falta de um sistema de aterramento pode causar para seres humanos, sendo: choque, queimadura, mutilação, danos respiratórios, mortes, já os danos financeiros são a queima de equipamentos, dentre outros.

NBR 5410 descreve os três sistemas de aterramento aceitos por ela, sendo: TN, TT, IT e que a variação TN-S deve ser priorizada, pois tende a proteger ainda mais ao usuário ao ter tensão zero no condutor PE. Assim o terceiro objetivo específico está atendido.

A instalação correta de um sistema de aterramento impactará significativamente na segurança dos usuários evitando acidentes provenientes da tensão de toque e da tensão de passo, esta é a resposta mais aceitável do problema levantado no começo da pesquisa.

Parte da metodologia utilizada nesta pesquisa de revisão bibliografia foi significativamente impactada por falta de condições em se ter acesso a bibliografia em exemplares físicos de obras importantíssimas que contribuiriam muito no desenvolvimento desta pesquisa, pois devido a pandemia covid 19 que atingiu o mundo inteiro os estabelecimentos de ensino ficaram fechados.

Como contribuição futura para complementação desta pesquisa uma boa abordagem pode ser a verificação em bibliografia sobre qual a aceitação na engenharia civil quanto a uso das estruturas de concreto armado como eletrodo natural de aterramento, visto que a NBR 5410 diz que este é o eletrodo preferencial a ser utilizado em todos os projetos elétricos.

REFERÊNCIAS

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ACIDENES ELÉTRICOS 2020. Abracopel, 2020. Disponível em: <<https://abracopel.org/>>. Acessado em: 06, de junho 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Norma Brasileira Regulamentadora 5410 – NBR 5410: **Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

COTRIM, Ademaro A. M. B. **Instalações Elétricas**, 5ª ed, São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

ESQUEMAS DE ATERRAMENTO. Abracopel, 2020. Disponível em: <<https://abracopel.org/download/webinar-esquemas-de-aterramento-it/>>. Acessado em: 05, de abril 2020.

HSTE COPERWELD. Intelli, 2020. Disponível em: <<http://www.intelli.com.br/>>. Acessado em: 10, de maio 2020.

KINDERMAN, Geraldo; COMPAGNOLO, Jorge Mário. **Aterramento Elétrico**, 3ª ed, Porto Alegre: Sagra, 1995.

MALHA METÁLICA. Proluz, 2020. Disponível em: <<http://www.proluz.com.br/>>. Acessado em: 10, de maio 2020.

MAMEDE, João Filho. **Instalações Elétricas Industriais**, 9ª ed, Rio de Janeiro: LTC, 2018.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO - MTE. **NR-10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Aprovada pela portaria nº 598, de 07 de dezembro de 2004, publicada no D.O.U. em 8 de dezembro de 2004. Revisada em 2019. (Acessado em 10 de junho 2020). Disponível em <<http://www.mte.gov.br>>.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTE. Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho. **NR-18 Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção Civil**. Portaria nº3214, de 08 de junho de 1978, publicada no D. O. U. em 06 de julho de 1978. Revisada em 11 de fevereiro de 2020. (Consulta em 06 de junho 2020). Disponível em: <<http://www.mte.gov.br>>.

MORENO, Hílon; COSTA, Paulo F. **Aterramento Elétrico** (em linha) Potencia Educação, act, 2018, (Consulta. 05 Abr. 2020). Disponível em <<http://www.abcobre.org.br/uploads/conteudo/conteudo/2019/11/GOdTD/e-book-aterramento-eletrico.pdf>>.

MORENO, Hilton. **Como aplica a NBR 5410.pdf** Revista Potência, 2019. Disponível em: <<https://revistapotencia.com.br/potencia-educacao/>>. Acessado em: 05, set, 2019.