**Nome do livro: Instalações elétricas de baixa tensão  
Autoria: José Augusto Júnior**

# **APRESENTAÇÃO DO LIVRO**

A energia elétrica é essencial em todos os aspectos da vida moderna, presente desde pequenos dispositivos até grandes usinas que abastecem cidades. Este livro te convida a explorar os conceitos fundamentais da eletricidade, desde suas origens nos átomos até a aplicação prática no cotidiano.

Ao longo dos capítulos, você aprenderá como a eletricidade chega às edificações, os mecanismos que garantem seu uso seguro e eficiente, e os sistemas por trás de ações simples, como acender uma lâmpada. Também serão abordadas as diferenças entre tipos de instalações elétricas, como as que atendem residências e hospitais, respondendo a perguntas sobre interruptores, tomadas e sistemas de proteção.

Além disso, o livro trata do planejamento de projetos elétricos, explicando a distribuição de tomadas e a escolha de lâmpadas adequadas, tudo codificado por simbologias específicas. O objetivo é oferecer uma compreensão prática e teórica de como a eletricidade está presente em nossas vidas de forma segura e eficiente. Bem-vindo ao mundo da eletricidade!

# **SUMÁRIO**

**Unidade 1**

Eletricidade e energia elétrica

Condutores e isolantes elétricos

Tensão - corrente e potência elétrica

Sistemas de fornecimento elétrico mono, bi e trifásicos

**Unidade 2**

Padrão de entrada e sua descrição

Quadro de distribuição e suas aplicações

Dispositivos de proteção e seus usos

Interruptores elétricos

**Unidade 3**

Circuitos Elétricos de Distribuição e Terminais

Aterramento de Sistemas Elétricos

Componentes de Instalações Elétricas

Cabos de Instalação Elétrica

**Unidade 4**

Tomadas de usos geral e específico

Iluminação e seus componentes

Simbologia básica aplicada aos projetos.

Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA)

# **UNIDADE 01 - OBJETIVOS**

Olá. Seja muito bem-vindo à Unidade 1. Nosso objetivo é auxiliá-lo no desenvolvimento das seguintes competências profissionais até o término desta etapa de estudos:

1. Definir os conceitos básicos de eletricidade e energia elétrica.

2. Distinguir materiais condutores de materiais isolantes.

3. Definir os conceitos de tensão, potência e corrente elétrica, discernindo sobre suas aplicações práticas.

4. Diferenciar fornecimentos de energia monofásicos, bifásicos e trifásicos.

Então? Preparado para uma viagem sem volta rumo ao conhecimento? Ao trabalho!

# **UNIDADE 01 - Capítulo 01**

# **Eletricidade e energia elétrica**

## INÍCIO DA SEÇÃO **<TEXTO>**

**Eletricidade**

Alguns conceitos já estão enraizados em nosso dia a dia, de modo que, por muitas vezes, não paramos para refletir sobre o que está por trás destes ou como ocorrem. Mas, de forma teórica, reunindo concepções abordadas por autores clássicos de física como Bonjorno et al. (2016), Halliday e Resnick (2016) e Gaspar (2006), podemos compreender o conceito de eletricidade da seguinte maneira:

## INÍCIO DA SEÇÃO **<DEFINIÇÃO>**

A eletricidade diz respeito à medida da carga elétrica verificada a partir das partículas elementares de um átomo, sendo esta carga uma propriedade intrínseca das mencionadas partículas quando estas se encontram em desigualdade. Os fenômenos que ocorrem a partir da ação das cargas elétricas são denominados Fenômenos Elétricos e podem ser provocados através de mecanismos distintos.

## FIM DA SEÇÃO **<DEFINIÇÃO>**

Para compreendermos melhor como estes fenômenos ocorrem e, consequentemente, como a energia elétrica (que é o objeto de estudo de nossa disciplina) é gerada, se faz importante relembrarmos (ou conhecermos) o sistema que possui aquelas que chamamos de partículas elementares: o átomo. Além disso, ao conhecer esse sistema, podemos também definir de forma mais clara as partículas elementares, que são as responsáveis pela geração de carga elétrica e como estas tendem a se organizar e comportar.

A etimologia da palavra átomo, que provém do grego em que “a” significa “não” e “tomo” significa “divisão”, é capaz de expor aquilo que por muito tempo se acreditou que tal sistema seria: indivisível. Durante muito tempo, acreditou-se que átomos eram esferas maciças e indivisíveis, semelhantes às que hoje conhecemos como bolas de bilhar, porém em proporções infinitamente menores e devidamente dispostas para compor, de diferentes maneiras, a partir de distintas substâncias, tudo o que havia no universo (FEITOSA, BARBOSA, FORTE 2016). Por muito tempo, os átomos foram compreendidos como esferas maciças semelhantes a bolas de bilhar, porém em dimensões reduzidas e organizações específicas.

Tudo o que há no universo, todos os corpos e matérias, são constituídos por átomos, sendo estes organizados de maneiras diferentes de modo a compor os distintos elementos químicos que formam tudo o que conhecemos (FERRARO, SOARES, 1998).

Com o avanço dos estudos científicos, atribuíram-se aos prótons e elétrons cargas, as quais são denominadas cargas elétricas que, no Sistema Internacional de Unidades são expressas em Coulomb (C). A magnitude das cargas elétricas de um próton e de um elétron apresentam o mesmo valor: 1,60 . 10-19 C (BONJORNO et al., 2016; CALLISTER, 2008).

No entanto, se as cargas elétricas de prótons e elétrons podem ser expressas pelo mesmo valor, o que diferencia um elemento do outro?

O que diferencia os prótons dos elétrons é o fato de que aos elétrons atribui-se carga elétrica negativa e aos prótons, carga elétrica positiva, ou seja, eles são opostos (BONJORNO et al., 2016). Isso faz com que os prótons se concentrem no núcleo e, graças à atração de cargas contrárias, os elétrons orbitam em torno deles.

Mas e quanto aos nêutrons, qual será sua carga? Ora, o nome dos mesmos já é bastante sugestivo. Os nêutrons são neutros, ou seja, não possuem carga. Porém, se concentram também no núcleo, juntamente com os prótons e são de extrema importância para a estabilização do sistema (CALLISTER, 2008).

A imagem a seguir traz uma representação atômica mais moderna, na qual podemos verificar o núcleo, composto de prótons e nêutrons, e em torno desses, os elétrons orbitando. As linhas brancas representam a movimentação dos elétrons ao redor do núcleo, na eletrosfera.



INOVA\_61\_2024\_F003  
<Leg: Representação atômica com prótons, nêutrons e elétrons>

Apesar dos elétrons serem popularmente representados como partículas que orbitam em volta do núcleo, se sabe que, na verdade, seu comportamento se dá através de uma dualidade entre onda e partícula. Isso significa afirmar que o posicionamento dos elétrons é visto como uma probabilidade de localizações distintas ao redor do núcleo, não mais como uma partícula que faz apenas um caminho específico, mas sim como uma nuvem eletrônica de carga negativa que paira ao redor do núcleo, o qual, por sua vez, possui carga positiva e, com isso, sempre atrai os elétrons para sua órbita (CALLISTER, 2008)

As nomenclaturas de eletricidade e carga elétrica são bastante sugestivas. Elas estão ligadas à quantidade de elétrons do corpo eletrizado. Ferrero e Soares (1998, p. 499) afirmam que “a quantidade de elétrons em falta ou excesso caracteriza a carga elétrica (Q) do corpo, podendo ser positiva no primeiro caso e negativa no segundo”.

Se os elétrons possuem carga negativa e os prótons carga positiva, um corpo em que há excesso de elétrons estará carregado eletricamente de que maneira? De forma negativa! Quando o contrário ocorre, um corpo perde elétrons e, consequentemente, possui prótons em excesso, como ele ficará carregado? De forma positiva! Mas, e se tivermos os números de cargas positivas e negativas iguais? Nesse caso, o corpo estará com as cargas balanceadas, ou seja, se trata de um objeto eletricamente neutro.

De maneira natural, a maioria dos corpos e elementos tendem a estar em estado neutro, ou seja, possuem suas cargas positivas e negativas balanceadas, a esta área da eletricidade denominamos **eletrostática**. Em contrapartida, se a eletricidade é justamente gerada pelo desequilíbrio entre prótons e elétrons ou simplesmente pelo excesso ou falta de elétrons, como isso é provocado?

O fenômeno que provoca o surgimento de cargas elétricas (ou eletricidade) é denominado eletrização e pode ocorrer através de duas formas distintas quando analisados a partir do ramo eletrostático: eletrização por contato e eletrização por indução (GASPAR, 2006).

A eletrização por contato (também chamada de eletrização por atrito) ocorre quando corpos distintos são colocados em contato direto e, com isso, suas estruturas atômicas passam a interagir. Dito de outro modo, os elétrons mais externos dos átomos, em virtude de tanta proximidade, se energizam e passam a migrar de um corpo para o outro. Nesse fenômeno, a matéria que perdeu elétrons passa a se energizar positivamente já que perdeu cargas negativas e a matéria que ganhou elétrons energiza-se negativamente. É importante ressaltar que não há geração de energia em excesso, a energização que ocorre é uma conservação das cargas pré-existentes nos corpos envolvidos nesse sistema (GASPAR, 2006; BONJORNO et al., 2016).

O atrito é a maneira mais comum de energizar um corpo, até então, neutro. Todavia, se um dos corpos já estiver energizado, não é necessário realizar a excitação eletrônica (ativação da carga elétrica para níveis energéticos distintos) por meio de atrito, basta promover o simples contato entre o corpo energizado e o que se encontra em estado neutro para que, assim, a energização por contato (daquele que estava neutro) ocorra (GASPAR, 2006).

## INÍCIO DA SEÇÃO **<IMPORTANTE>**

Quando são mencionados os termos corpos e/ou matéria estamos nos referindo, no contexto estudado, a quaisquer elementos compostos de átomos.

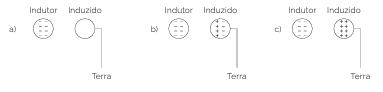
## FIM DA SEÇÃO **<IMPORTANTE>**

A eletrização por indução, por sua vez, ocorre quando um corpo induz o outro a se eletrizar, porém sem ter contato com ele. Basicamente, um corpo já eletrizado é aproximado de um corpo neutro. Como reação de tal aproximação, o corpo que se encontra em estado neutro (com prótons e elétrons em equilíbrio) sofre uma polarização. Isto é, um desequilíbrio de cargas orientado em direção do indutor e, assim, tende a buscar se restabelecer. Para que o corpo neutro que foi induzido a se eletrizar assim o faça, ele tende a buscar elétrons (ou descarregá-los, a depender da carga do corpo indutor) de um corpo ainda maior, geralmente a Terra (GASPAR, 2006).

Logo, para que o processo de eletrização ocorra, o corpo eletrizado precisa estar em contato com um corpo ainda maior, para que assim possa buscar ou descarregar elétrons para se reequilibrar, gerando um fluxo de carga elétrica (GASPAR, 2006).

Se o corpo indutor estiver energizado positivamente, a tendência é que o corpo induzido necessite de mais cargas negativas (ou seja, se energize negativamente). Isso ocorre para que entre em equilíbrio e atenda à sua demanda de elétrons e à do indutor, logo, tende a buscar elétrons da Terra.

De forma contrária, conforme podemos observar na imagem a seguir, se o corpo indutor estiver com carga negativa o corpo induzido tenderia a emitir elétrons para a Terra para que, desta maneira, não perdesse seu equilíbrio. Todavia, com a retirada do corpo indutor, esse teria elétrons em quantidade inferior e, com isso, resultaria em geração de carga positiva.



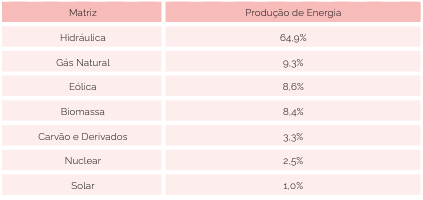
INOVA\_61\_2024\_F089

<Leg: Esquema de eletrização por indução: a) indutor negativo e induzido neutro, b) processo de indução com polarização do induzido e emissão de elétrons para a Terra, c) afastamento do indutor, resultando em corpo induzido com carga positiva>

Apesar de parecer um mecanismo complexo, não é difícil que fenômenos de eletrização ocorram em atividades corriqueiras. Você já deve ter levado um choque ao tocar em outra pessoa ou objeto, não é mesmo?

**Geração de energia elétrica**

De acordo com o Balanço Energético Nacional produzido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) no ano de 2019, a produção de energia elétrica no Brasil se deu por meio de oito matrizes principais, conforme exposto na tabela a seguir



INOVA\_61\_2024\_F090

<Dia, Leg: Matrizes elétricas brasileiras e suas contribuições para a produção de energia no Brasil no ano de 2019.

Cotas: Matriz Produção de Energia Hidráulica 64,9% Gás Natural 9,3% Eólica 8,6% Biomassa 8,4% Carvão e Derivados 3,3% Nuclear 2,5% Solar 1,0%>

Conforme verifica-se na tabela, a maior parte da energia elétrica brasileira é produzida através de usinas hidrelétricas, ou seja, que fazem uso da força da água para a geração de energia elétrica. Todavia, apesar da variação das matrizes de produção, na maioria delas o princípio que prevalece é o mesmo: buscar uma fonte de energia mecânica (movimento) e transformá-la em energia elétrica. Esse processo de transformação só é possível graças a um princípio denominado indução eletromagnética.

Basicamente, na geração de energia elétrica a indução se dá através de um campo magnético que induz a eletrização de bobinas metálicas (fios, cabos ou barras, geralmente de cobre) e, a partir disso, a geração de corrente elétrica. Entretanto, é importante que uma das partes envolvidas nesse processo (as bobinas ou os imãs que gerarão o campo eletromagnético) esteja em movimento, para assim, promover uma variação no fluxo eletromagnético. Esse processo irá gerar uma movimentação de elétrons livres disponíveis no metal da bobina capaz de provocar o que chamamos de corrente elétrica (BONJORNO et al., 2016; CRUZ, ANICETO, 2012; REIS, 2011; GUSSOW, 2009).

Em uma usina hidrelétrica, por exemplo, a água de um rio é represada e passando por um conduto forçado (canal de dimensões limitadas que faz com que o montante de água adquira força) é direcionada até as turbinas. As turbinas são estruturas que geram energia mecânica (movimento) a partir da passagem da água e, acima destas, se localizam os geradores de energia. Esses geradores são compostos basicamente por grandes ímãs (que geram o fluxo eletromagnético que, ao variar, provoca a obtenção de corrente elétrica) com bobinas de cobre posicionadas muito próximas a eles. Com a força da água, as turbinas são movimentadas e, estando ligadas ao gerador, fazem com que o rotor (parte que se movimenta) gire, provocando a indução eletromagnética (REIS, 2011; PEREIRA, 2015).

## INÍCIO DA SEÇÃO **<RESUMINDO>**

Neste capítulo, exploramos os conceitos básicos de eletrização e geração de energia elétrica. Descobrimos que a eletricidade depende dos átomos, que são compostos por prótons (carga positiva), elétrons (carga negativa) e nêutrons (neutros). Os corpos, normalmente neutros, podem ser eletrizados por mecanismos específicos, adquirindo cargas positivas ou negativas. Vimos que a eletrização ocorre por contato, quando dois corpos trocam elétrons, ou por indução, quando um corpo carregado influencia outro sem contato direto. O processo de geração de energia elétrica acontece por indução eletromagnética, onde uma bobina, ao ser exposta a um campo magnético em movimento, gera corrente elétrica sem contato.

# **UNIDADE 01 - Capítulo 02**

# **Condutores e isolantes elétricos**

## INÍCIO DA SEÇÃO **<TEXTO>**

Imagine a seguinte situação: uma dinâmica será realizada em uma sala com dois grupos distintos, o objetivo é conduzir balões de uma ponta da sala até a porta de saída localizada na extremidade oposta. No primeiro grupo, as pessoas se organizaram em uma fileira, estando uma ao lado da outra e ainda todas dispostas a se movimentarem para conduzir os balões. Já no segundo grupo, as pessoas ficaram afastadas umas das outras, de maneira isolada e desorganizadas, sem se movimentarem para transportar os balões. Diante disso, através de qual grupo você acha que os balões chegaram mais rapidamente à porta.

Se você respondeu que os balões chegaram de maneira mais rápida e eficiente à porta por meio do grupo em que as pessoas se organizaram e estavam dispostas a carregá-los, você acertou! Organizadas e se movimentando para conduzir os balões, facilmente a tarefa seria cumprida. No outro grupo ninguém estava se movimentando, estavam todos fortemente dispostos em posições não favoráveis. Os balões nem mesmo chegariam à metade do caminho.

A partir dessa analogia, podemos compreender a principal diferença entre materiais condutores e materiais isolantes. Considerando que os balões sejam cargas elétricas, os materiais condutores se comportariam como o grupo que tinha uma organização e indivíduos dispostos a transportá-las. Em outras palavras, há facilidade no movimento de eletricidade. Nos conceitos de eletricidade, esses indivíduos seriam os elétrons livres disponíveis nos condutores. Os materiais isolantes, assim como o segundo grupo, podem até estar organizados, mas não de maneira disposta ou favorável a conduzir as cargas elétricas, ou seja, não há facilidade de movimento dessas cargas (FERRARO; SOARES, 1998).

**Ligações atômicas**

A partir da compreensão do que são e como ocorrem as ligações atômicas (também chamadas de ligações químicas), podemos definir de forma muito clara como um material irá apresentar facilidade ou resistência em conduzir eletricidade (FERREIRA, 2017). De acordo com o que explanam Feitosa, Barbosa e Forte (2016), podemos definir as ligações da seguinte maneira:

As ligações atômicas (ou químicas) são interações que acontecem entre os átomos do(s) elemento(s) que constituem um material, mantendo-os unidos. Essas ligações envolvem, em suma, os elétrons mais externos dos átomos envolvidos. O modo como estes participarão, ou não, dessas interações influi diretamente nas propriedades dos materiais.

Conforme exposto, as ligações tendem a ocorrer entre os elétrons mais externos dos átomos. Esses elétrons se encontram em regiões atômicas denominadas camadas de valência, que são justamente as camadas nas quais os elétrons se organizam de maneira mais distante dos núcleos dos átomos que o compõe. Sendo, então, ligados a estes de maneira mais fraca e tendem a interagir com outros átomos através de perda, ganho ou compartilhamento de suas cargas, visando a estabilidade do sistema (FEITOSA; BARBOSA; FORTE, 2016).

Porém, quando mencionamos que o átomo tende a promover ligações visando se manter estável, no que se consolida essa estabilidade? Isso pode ser explicado pela regra do octeto: A partir desse princípio, considera-se que os átomos apresentam estabilidade quando possuem oito elétrons em sua camada energética mais externa (camada de valência).

Diante disto, torna-se possível, finalmente, compreender o porquê os átomos se sujeitam às ligações atômicas. Em suma, elas ocorrem em decorrência da tendência que os átomos apresentam de buscarem se configurar como um elemento estável, ou seja, preencher totalmente sua camada de valência com oito elétrons. Como a maioria dos elementos químicos não os possuem, seus átomos doam ou compartilham seus elétrons externos com outros átomos para que, assim, atinjam esse equilíbrio (CALLISTER, 2008).

Compreendido o porquê as ligações interatômicas (entre átomos) ocorrem, torna-se possível verificar os três diferentes tipos existentes, sendo elas: ligações iônicas, ligações covalentes e ligações metálicas.

**Ligações iônicas**

Esse tipo de ligação costuma envolver dois tipos de átomos distintos, geralmente, ocorre entre um elemento denominado metálico (que costumam ter a camada de valência com poucos elétrons) e um elemento não metálico (que costumam ter a camada de valência muito próxima de obedecer à regra do octeto). Como os dois elementos visam a estabilidade, o que possui elétrons em pequena quantidade, em sua última camada, os doa para aqueles que apresentam a camada de valência quase completa. Desta maneira, ambos atingem estabilidade e passam a se atrair de maneira iônica, haja vista que um átomo doou elétron (e ficará com carga positiva) e o outro recebeu (ficando assim com carga negativa) Diante disso, a questão que cabe é a seguinte: no que esse tipo de ligação influi nas definições de condutores e isolantes?

Desta maneira, os materiais obtidos a partir de ligações iônicas são isolantes elétricos, como as cerâmicas e os vidros, por exemplo. Isso ocorre porque essas ligações possuem uma energia de ativação elevada, ou seja, os átomos estão ligados de maneira muito forte, o que não possibilita a existência de elétrons livres capazes de transportar cargas elétricas nessas estruturas (FERREIRA, 2017).

**Ligações covalentes**

Diferente das ligações iônicas, nas ligações covalentes não há doação e recebimento de elétrons, não ocorre transferência e sim compartilhamento. Isso mesmo! Dois átomos compartilham seus elétrons mais externos para que, assim, possam se manter estáveis. Geralmente, essas ligações ocorrem entre não-metais, cujas camadas de valência têm quantidade de elétrons intermediária (FEITOSA; BARBOSA; FORTE, 2016).

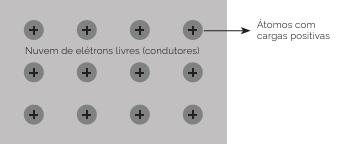
Os materiais compostos de átomos ligados de maneira covalente também não tendem a ser condutores e sim isolantes. Isso porque os elétrons estão todos envolvidos nas ligações, de maneira compartilhada. Sendo assim, não ficam livres para realizar o transporte efetivo de cargas elétricas. A força das ligações covalentes depende do número de elétrons compartilhados nas relações interatômicas. Dessa maneira, essas ligações podem ser muito fortes, como ocorre no diamante ou muito fraca, como é o caso do bismuto (CALLISTER, 2008).

**Ligações metálicas**

Os materiais condutores são aqueles cujos átomos interagem através das chamadas ligações metálicas que, como o próprio nome sugere, ocorre nos metais. Os materiais que se enquadram como metais apresentam poucos elétrons em sua camada de valência (geralmente um ou dois, se limitando a um máximo de três) o que faz com que estes elétrons estejam ligados de maneira muito fraca a seus respectivos núcleos e, sendo assim, buscando a estabilidade, os átomos constituintes dos metais e suas ligas simplesmente se livram de tais elétrons, de modo que os mesmos não se ligam de maneira particular à átomos específicos e sim ficam livres se movimentando e atendendo diversas estruturas atômicas (CALLISTER, 2008; SCHMIDT, 2010; FERREIRA, 2017).

Como tais materiais são constituídos por estruturas atômicas iguais ou muito semelhantes, no caso das ligas metálicas, os átomos passam a se comportar como cargas positivas, pois perderam seus elétrons de valência. Contudo, as cargas negativas (elétrons) que foram por eles liberadas não se ligam a átomos vizinhos, pois todos se estabilizaram da mesma forma: liberando elétrons de valência para atender à regra do octeto. É justamente isso que deixa esses elétrons livres entre os átomos de carga positiva, formando uma espécie de nuvem eletrônica, que além de garantir que os núcleos estejam todos interligados ainda se mostram livres para conduzir carga elétrica (CALLISTER, 2008; SCHMIDT, 2010).

Em virtude dessas características, os condutores de energia elétrica sempre serão constituídos por materiais metálicos, como cobre, alumínio, prata, entre outros (SHMIDT, 2017). A imagem a seguir retrata como se estruturam as ligações metálicas (de suma importância para instalações elétricas) em modelo baseado no que aborda Callister (2008).



INOVA\_61\_2024\_F091

<Leg: Representação atômica com prótons, nêutrons e elétrons>

**Estrutura cristalina**

Em um material, os átomos podem ocupar posições de maneira ordenada (ou organizada) ou de forma desordenada (ou desorganizada). Quando organizados, os átomos tendem a estar assim de maneira padronizada, seguindo sempre uma mesma matriz esquemática. Deste modo, dizemos que se trata de um material cristalino (CALLISTER, 2008).

Nos materiais cristalinos, por sua vez, os átomos se dispõem em matrizes de repetição, sempre ocupando as mesmas posições e condições de distanciamento. Essa matriz é chamada de célula unitária e pode apresentar diferentes formatos e volumetrias, sendo um padrão de repetição em toda a estrutura do material cristalino (CALLISTER, 2008).

Essa maneira organizacional dos átomos metálicos facilita ainda mais a condução de energia, uma vez que, além de possuir elétrons livres, esses elétrons ainda estão inseridos em uma estrutura organizada, o que facilita sua passagem. Em contrapartida, quando os átomos estão desorganizados, ou seja, não apresentam uma estrutura cristalina definida, dizemos que se trata de materiais amorfos. Esse conceito se aplica aos polímeros, comumente utilizados na condição de isolantes. Além de não apresentarem elétrons livres para a condução, tais materiais ainda possuem uma desordem atômica, que funciona como um labirinto para a passagem de corrente, impedindo que ela ocorra.

Se lembra da analogia que fizemos no início do capítulo a respeito da dinâmica com balões? Pois agora ficará ainda mais fácil enxergar aquilo que deduzimos. O grupo que conseguiu transportar os balões com mais eficiência foi o que estava organizado em fila e com os integrantes dispostos a levá-los até a porta, certo? Essa organização se trata de uma analogia à estrutura cristalina dos condutores e a disposição que as pessoas da equipe tiveram para o transporte representa os elétrons livres que conduzem a eletricidade por meio da estrutura organizada! O outro grupo, apesar de também possuir integrantes, estava organizado de maneira não muito vantajosa e, além disso, sem disposição para realizar a tarefa, assim como ocorre nos materiais amorfos, geralmente isolantes, que não possuem átomos organizados e, além disso, não apresentam elétrons livres para a condução de energia.

**Materiais utilizados em instalações elétricas**

Ao darmos um destaque especial à ideia de que os elétrons se movimentam sem nenhuma resistência e conduzem facilmente a eletricidade, verificamos dois conceitos importantes capazes de definir se um material é condutor ou isolante: a condutividade e a resistividade elétrica (FERREIA, 2017).

A resistividade elétrica é a medida capaz de definir o quanto um material é resistente à passagem de corrente. Representada pela letra grega ρ (rô), seu valor se dá em Ω.m (lê-se: ohm vezes metro). Seus valores costumam ser tabelados e específicos para cada tipo de material (FERREIRA, 2017).

Inversamente proporcional à resistividade, está a condutibilidade, ou seja, esta grandeza expressa a facilidade que um material apresenta em conduzir corrente. Representada pela letra grega σ (sigma) seu valor é dado em (Ω.m)-1 ou 1/(Ω.m), haja vista que a condutividade é calculada da seguinte maneira:

σ = 1/ρ

Em que: σ = condutibilidade elétrica (Ω.m)-1.

ρ = resistividade elétrica do material (Ω.m).

Assim, é possível afirmar que, quanto maior for a condutibilidade de um material, menor sua resistividade e vice-versa. Sobre esse quesito, Ferreira (2017) explicita que, com base nos valores de condutibilidade, é possível classificar um material em condutor ou isolante. De acordo com o mesmo, condutores de alta condutibilidade apresentam tal parâmetro na ordem de 107 (Ω.m)-1, já materiais isolantes (de baixa condutibilidade) a teriam na ordem de 10-10 a 10-20 (Ω.m)-1.

Sabe-se que os melhores condutores são a platina, o ouro, a prata, o cobre e o alumínio. Todavia, para a realização de instalações elétricas, considera-se apenas a utilização de cobre e alumínio enquanto metais condutores, em virtude de suas características técnicas e da viabilidade econômica de utilização, haja vista que o cobre apresenta uma condutividade de 6,0 . 107 (Ω.m)-1 e o alumínio de 3,8 . 107 (Ω.m)-1 (CRUZ, ANICETO, 2012; FERREIRA, 2017).

Além disso, a Norma Brasileira (NBR) 5410 (ABNT, 2008) que regulamenta as instalações elétricas de baixa tensão em âmbito nacional impõe prescrições para utilização de condutores apenas de cobre e alumínio, sendo os de cobre indicados de maneira direta e os de alumínio com ressalvas: só podem ser utilizados em estabelecimentos industriais e comerciais, em conformidade com o que se lista. Estabelecimentos industriais:

• Devem ter seção nominal (área transversal) maior ou igual a 16mm².

• A instalação deve ser alimentada de forma direta a partir de transformadores provindos da rede de alta tensão ou então, possuir fonte própria de geração.

• Tanto a instalação quanto a manutenção devem ser realizadas por profissionais devidamente qualificados.

Já para os estabelecimentos comerciais, a referida norma prescreve que:

• Devem ter seção nominal (área transversal) maior ou igual a 50mm².

• A edificação possua baixa densidade de população e altura inferior a 28 metros.

• Tanto a instalação quanto a manutenção devem ser realizadas por profissionais devidamente qualificados.

Além de especificar os materiais condutores, a NBR 5410 (ABNT, 2008) especifica que todos os condutores devem ter invólucros de materiais isolantes. Sobre esse aspecto, Cruz e Aniceto (2012, p. 19) afirmam que “caracterizam-se por terem pouquíssimos elétrons livres, de modo que eles não permitem a condução de eletricidade facilmente, oferecendo muita resistência a ela”. Esse uso conjunto garante a qualidade e segurança das instalações. Desta maneira, uma instalação não é possível se não possuir elementos condutores e isolantes.

A NBR 5410 (ABNT, 2008) impõe que o isolamento de condutores deve ser constituído por cloreto de polivinil (PVC), polietileno reticulado (XLPE) ou borracha etileno propileno (EPR). Sendo todos esses materiais da classe dos polímeros, ou seja, com ligações covalentes (sem elétrons livres) e estrutura atômica amorfa, o isolamento em PVC é recomendado apenas para instalações internas (acomodados em eletrodutos sem contato com a água ou umidade), enquanto os isolamentos em XLPE e EPR são permitidos para usos externos, subterrâneos e até mesmo em contato com a umidade.

## INÍCIO DA SEÇÃO **<RESUMINDO>**

Neste capítulo, aprendemos que as instalações elétricas dependem do uso combinado de materiais condutores e isolantes. Os condutores permitem a fácil passagem de eletricidade devido às ligações metálicas que liberam elétrons. Já os isolantes oferecem grande resistência, pois seus elétrons estão presos em ligações iônicas ou covalentes. Essas características dependem da estrutura atômica de cada material, sendo essenciais para garantir o funcionamento seguro das instalações elétricas.

# **UNIDADE 01 - Capítulo 03 - Tensão - corrente e potência elétrica**

## INÍCIO DA SEÇÃO **<TEXTO>**

Compreender os conceitos e aplicações de tensão, corrente e potência elétrica possibilita uma transição, um salto no nível de conhecimento a respeito das instalações elétricas de baixa tensão. Esses conceitos e suas aplicações atuam como um portal capaz de nos conduzir pelos conhecimentos prévios a respeito de estruturas atômicas, suas ligações e tipos de materiais que, por vezes, podem parecer abstratos, até a materialização da eletricidade em nosso dia a dia. Isso se dá através do projeto de instalações elétricas, dados inerentes aos aparelhos elétricos e dispositivos de iluminação e até mesmo o porquê um certo eletrodoméstico pifou por ter sido ligado a uma tomada de tensão 220V quando na verdade só suportava 110V.

**Tensão elétrica**

Para iniciarmos a compreensão do que é tensão elétrica, mais uma vez precisamos fazer uso da máxima que prevalece tanto na ciência quanto no saber popular de que “os opostos se atraem”. Quando uma carga positiva e uma carga negativa são dispostas em regiões próximas, atuam sobre essas uma força de atração, que se resume a um campo elétrico atuante entre os dois corpos. Se no meio desses dois corpos for disposta uma carga negativa (outro elétron), a tendência é que a carga positiva já existente busque atraí-lo e a carga negativa que ali também já estava busque repeli-lo. A capacidade que cada uma das duas cargas preexistentes têm de atuar é chamada de potencial elétrico (seja uma sobre a outra ou seja sobre o elétron que entre elas foi inserido) (GUSSOW, 2009).

Na situação inicial apresentada, havia cargas contrárias, ou seja, uma tinha um potencial positivo e outra, negativo e, entre elas, foi inserida uma carga negativa. Logo, de um lado, o elétron inserido tende a ser atraído e, do outro, tende a ser repelido, o que faz com que forças diferentes atuem sobre esse corpo, provocando o que chamamos de diferença de potencial (ddp) ou tensão elétrica. A tensão elétrica, provocada pela diferença de potencial, funcionará então como um impulso, como a força que turbina esse elétron a caminhar pelo condutor, pois de um lado ele é empurrado por uma carga negativa e, no mesmo sentido, é atraído por uma carga positiva (GUSSOW, 2009; CRUZ; ANICETO, 2012).

A tensão elétrica é representada pela letra U e sua unidade é o volt (V). O movimento dos elétrons submetidos à tensão elétrica ocorre do menor para o maior potencial, ou seja, das cargas negativas para as positivas (CARVALHO JUNIOR, 2018).

**As tensões elétricas podem ainda atuar de maneira contínua ou alternada.**

A tensão contínua é aquela em que não existe uma alteração na disposição dos potenciais diferentes, ou seja, não ocorre nenhuma mudança entre o posicionamento dos pólos positivos e negativos. Dessa maneira, a tensão tende a impulsionar os elétrons sempre no mesmo sentido. Esse tipo de tensão é encontrado em pilhas e baterias, por exemplo.

A tensão alternada, por sua vez, é aquela em que há alterações em frequências definidas dos potenciais elétricos. Em outras palavras, o elétron muda o sentido de sua trajetória em intervalos de tempo pré definidos. Isso faz com que a diferença de potencial seja mais efetiva e as tensões provocadas ocorram em valores maiores do que a das contínuas. O que define o número de vezes que a tensão irá se alterar em um segundo é o padrão da usina geradora de energia. No Brasil, opera a corrente alternada de 60 hertz (Hz), o que quer dizer que a tensão tem seus potenciais (positivos e negativos) alternados 60 vezes por segundo. Todos os equipamentos que utilizamos conectados a tomadas operam através de tensão alternada.

As instalações elétricas de baixa tensão são aquelas em que a tensão que as alimentam é igual ou inferior a 1000V, o que enquadra a maioria das instalações elétricas projetadas, que geralmente operam em 110V, 127V e 220V. Sendo assim, as instalações médias seriam as que são encontradas na rede pública, que costumam operar em 13,8kV. Essas passam por transformadores de energia (localizados nos postes) e são convertidas em baixa tensão (CREDER, 2016). As altas tensões dizem respeito às estruturas muito maiores, como unidades geradoras e subestações de energia.

**Corrente elétrica**

Compreendendo que a tensão elétrica é o combustível que impulsiona os elétrons a se deslocarem através dos materiais condutores, a corrente elétrica será basicamente, o movimento dos elétrons causados pela ação da tensão elétrica. Graças à estrutura cristalina dos metais condutores, esse movimento ocorre de forma ordenada.

A corrente elétrica é comumente representada pela letra I e sua unidade é expressa em ampere (A) (CARVALHO JUNIOR, 2018).Assim como ocorre com a tensão elétrica, o sentido de fluxo da corrente se dá do menor para o maior potencial. Até porque, é a tensão elétrica que impulsiona os elétrons ao movimento, consolidando a corrente. A quantidade de corrente gerada será diretamente proporcional à quantidade de cargas elétricas disponíveis para que a mesma ocorra. Além disso, uma corrente também pode ser contínua ou alternada e isso depende do tipo de tensão que a gerou: em condutores em que atua a tensão contínua será estabelecida a corrente contínua, já em condutores em que se atua tensão alternada, se estabelecerá corrente alternada.

**Potência elétrica**

A partir da ação da tensão e da corrente elétrica, se consolida a potência elétrica, definida por Carvalho Junior (2018, p. 50) como a “capacidade dos aparelhos para solicitar uma quantidade de energia elétrica, em maior ou menor tempo, e transformá-la em outro tipo de energia”

Imagine que você está cansado, com fome e muita pressa. Você precisa de energia para continuar estudando, certo? Sendo assim, resolve beber uma vitamina em um copo através de um canudo. Você irá sugar essa vitamina com muita força para que se alimente rapidamente, transformando esse alimento em energia para seu corpo. Nesta situação figurada, percebemos a atuação dos conceitos de potência, tensão e corrente elétrica. O canudo atua como se fosse o fio condutor, a força de sucção que você faz para que a vitamina chegue à sua boca atua de maneira análoga à tensão elétrica e o movimento do líquido passando no interior do canudo é a corrente elétrica (provocada pela força de sucção).

A partir da sua fome, ou seja, da sua capacidade de ingerir esse alimento, você foi capaz de consumi-lo e transformá-lo em energia para seu corpo, mas isso só foi possível graças à tensão e à corrente elétrica. A energia que você sentiu após consumir o alimento de maneira proporcional à sua seria análoga à potência elétrica, que é basicamente o efeito causado é percebido a partir da capacidade que os aparelhos têm de consumir energia e transformá-las para que sejam utilizados.

A potência é diretamente proporcional à tensão e à corrente elétrica. Isso mesmo! Sem tensão elétrica, não há corrente. Sem corrente elétrica, não tem como existir potência, porque ela é basicamente “a fome” dos aparelhos eletrônicos. Isso é, ela resume o quanto de corrente precisa chegar e a que força ela deve “caminhar” para alimentá-lo e, assim, transformar a energia elétrica em outros tipos, como luminosa (a luz que você acende), mecânica (o movimento das lâminas do seu liquidificador) e térmica (a água quente que sai do seu chuveiro).

A potência aparente (S) de um aparelho se dá, basicamente, pela multiplicação da tensão pela corrente elétrica que atua para o funcionamento do mesmo, é como se fosse uma potência total e, por isso, é expressa em volt-ampere (CARVALHO JUNIOR, 2018).

A potência reativa (Q) é a potência elétrica convertida em campo magnético a partir da atuação da tensão e da corrente elétrica. Essa potência não se converte em trabalho, ou seja, não produz movimento, aquecimento, enfim, outros tipos de energia e, por isso, deve ser descontada considerando-se um fator de potência. A maioria dos aparelhos já trazem suas potências elétricas com esse fator descontado.

Quando se aplica o fator de potência, descontando a potência reativa, obtém-se a potência ativa (P) que, expressa em watt (W), é a potência que de fato produz trabalho, possibilitando a utilização dos diversos aparelhos eletrônicos (CARVALHO JUNIOR, 2018; CRUZ; ANICETO, 2012; CREDER, 2016).

Por convenção, os aparelhos elétricos trazem consigo a corrente em que operam, expressa em volts, e a potência ativa que demandam, expressa em W. Logo, em suma, essas potências já vêm convertidas a partir de seus respectivos fatores.

De posse da tensão a ser fornecida para gerar uma corrente capaz de alimentar um ou diversos aparelhos, chegamos à potência elétrica. Quando se planeja um projeto elétrico é preciso definir qual o tipo de ligação a ser instalada (mono, bi ou trifásica) e essa definição se dá a partir da potência elétrica total instalada (ou demandada) pela edificação. Sendo assim, basicamente é realizada a soma das potências de todos os aparelhos a serem utilizados e, a partir desse valor, se classifica a ligação mais adequada. Logo, é importante ressaltar que isso também ocorre em conjunto com a tensão demandada (CARVALHO JUNIOR, 2018).

**Demanda de potência e o consumo de energia elétrica**

Além de sua importância para que as instalações elétricas de uma unidade consumidora sejam projetadas de forma adequada, é a partir da potência elétrica média calculada por mês (em função de horas) que se é tarifada a energia elétrica.

Basicamente, cada aparelho demanda uma potência ativa de funcionamento. Multiplicando essa potência pelo tempo (em horas) em que o aparelho ficou em uso durante o mês, se terá o consumo de potência por horas (h), cuja unidade será watt-hora (W.h). Nossa conta de luz nada mais é do que a soma de todos os consumos em W.h multiplicada por um valor tarifário padronizado por cada agência fornecedora (CARVALHO JUNIOR, 2018). Sendo assim, o consumo de energia elétrica de um aparelho é dado por:

Consumo = P . tempo de uso

Em que: P = potência ativa (W)

Tempo de uso = expresso em horas (h).

Além disso, o consumo costuma vir convertido em quilowatt-hora (kW.h), ou seja, para que os valores não sejam expressos em números tão altos, eles são convertidos em quilos, que nada mais é que os dividir por mil (lembre-se de que 1 quilograma tem mil gramas). A partir disso, a concessionária fornecedora de energia impõe um valor a ser cobrado por cada kW.h consumido.

## INÍCIO DA SEÇÃO **<RESUMINDO>**

Neste capítulo, exploramos os conceitos de tensão, corrente e potência elétricas. A tensão é a força que impulsiona os elétrons a se moverem por um condutor, gerada por uma diferença de potencial (ddp) e expressa em volts (V). A corrente elétrica, representada em amperes (A), é o fluxo ordenado dos elétrons, gerado pela tensão. Juntas, tensão e corrente originam a potência elétrica, que é a capacidade de um equipamento de converter energia elétrica em outras formas. A potência aparente (S) é o produto da tensão e corrente, medida em volt-ampere (VA). Parte dessa potência se transforma em potência reativa (Q), que não gera trabalho, e outra parte se converte em potência útil (P), medida em watts (W), que efetivamente faz o aparelho funcionar. A tarifa de energia elétrica é calculada com base no consumo de potência útil ao longo do tempo, medido em quilowatt-hora (kW.h).

# **UNIDADE 01 - Capítulo 04 - Sistemas de fornecimento elétrico mono , bi e trifásicos**

## INÍCIO DA SEÇÃO **<TEXTO>**

Para que as instalações elétricas de baixa tensão sejam consolidadas em uma edificação, é preciso que a mesma seja abastecida a partir da rede pública, que será fornecida por uma concessionária.

Uma indústria por exemplo não terá o mesmo consumo de uma residência, assim como uma residência de alto padrão não demandará fornecimento elétrico da mesma maneira que uma residência de baixo padrão. Compreender que cada unidade consumidora apresenta suas particularidades e suas demandas é de extrema importância para que, assim, seja solicitada a ligação de energia elétrica junto à concessionária, visando atender a essas necessidades de maneira segura e econômica. Dessa forma, antes de se especificar o tipo de fornecimento a ser instalado em uma edificação é de suma importância prever a carga a ser demandada e, a partir disso, identificar a categoria de atendimento que melhor se enquadra àquela utilização diante dos normativos técnicos dispostos pela concessionária local (CAVALIN; CERVELIN, 2006; CARVALHO JUNIOR, 2018).

Diante das variabilidades de utilização, as concessionárias fornecem energia elétrica em sistemas monofásicos, bifásico e trifásicos (CARVALHO JUNIOR, 2018)

Quando mencionamos sistemas de abastecimento monofásicos, bifásicos e trifásicos, percebemos uma alteração nos prefixos matemáticos dispostos antes do restante da palavra, que é constituído por “fásicos”, nos remetendo às fases. Logo, presumimos que a diferença de um sistema para o outro se consolide no número de fases, certo? Mas, você sabe o que é uma fase em um sistema de energia elétrica?

**Condutores que constituem as instalações elétricas**

De acordo com os conceitos já aprendidos, verificamos que a condução de energia elétrica e, consequentemente o funcionamento dos aparelhos por ela alimentados, só é possível graças à condução de carga elétrica que é impulsionada por uma tensão, deslocando-se de maneira organizada através de um condutor (GUSSOW, 2009).

Diante disso, quando em um sistema elétrico que esteja funcionando normalmente há passagem de corrente elétrica através de um condutor, classificamos esse como condutor carregado (ou seja, que possui carga). Em situações comuns, os condutores carregados de um circuito elétrico serão a fase e o neutro (CAVALIN, CERVELIN, 2006).

Note que o aterramento do sistema (fio terra) não se enquadra como condutor carregado. Isto porque a função desse é descarregar a carga na terra em caso de fuga de corrente, garantindo, assim, a segurança da utilização. Dessa maneira, em situações normais, o aterramento não conduzirá quantidade significativa de eletricidade.

O condutor carregado, denominado fase, é aquele através do qual a corrente elétrica irá passar de maneira efetiva. Ele provém da rede pública de distribuição, diretamente do transformador. As fases podem ser compostas por distintas tensões elétricas, a depender do padrão de fornecimento da concessionária. O condutor fase é, então, o que sempre estará “energizado” graças a uma tensão elétrica constante entregue pelo sistema de abastecimento (CREDER, 2016).

Todavia, conforme conhecimentos prévios, sabemos que, para uma tensão elétrica existir, é necessária uma diferença de potencial, lembre-se? Essa diferença, que garantirá a efetiva atuação da tensão elétrica em um aparelho, ocorre graças ao condutor neutro. Quando não é submetido a uma potência (ou seja, não tem um aparelho a ele ligado), o mesmo apresenta tensão nula (inclusive garante a segurança do sistema, pois não faz com que a corrente seja gerada sem utilização). Todavia, quando um aparelho é ligado, o neutro proporciona uma diferença de potencial à fase (já carregada) e com isso a corrente elétrica circula (CREDER, 2016).

Tanto as fases (condutores em que atua a tensão elétrica) quanto o neutro (condutor de carga “nula” responsável por causar a diferença de potencial que gera a tensão na fase) são gerados nos transformadores. Aqueles mesmos, que se encontram nos postes da sua rua.

Esses dispositivos têm, literalmente, a função de transformar as tensões elétricas fornecidas, diminuindo ou aumentando. No caso dos transformadores das redes públicas de abastecimento, os mesmos têm a função de diminuí-las, uma vez que esses são abastecidos por rede de média tensão (geralmente a 13,8kV), o que seria uma carga extremamente grande para alimentar os diversos equipamentos eletrônicos que fazemos uso. Sendo assim, ao passar por tais dispositivos, a tensão é rebaixada para os níveis que comumente utilizamos, como 127V e 220V (CREDER, 2016).

Sabendo que, nos casos em que é necessária sua utilização, o neutro atuará como uma referência para a geração de corrente elétrica através da tensão elétrica presente na fase, é importante que ambos sigam especificações que os tornem proporcionais e seguros ao uso. A NBR 5410 (ABNT, 2008) indica que nas instalações elétricas o condutor neutro seja único. Além disso, seu dimensionamento deve se dar em consonância com a fase que o mesmo irá referenciar para geração de corrente.

As tomadas costumam apresentar dois pinos justamente porque um é acoplado ao neutro e outro à fase, fazendo com que a corrente flua aos aparelhos plugados. No Brasil, as especificações exigem ainda um terceiro pino, sendo esse conectado ao fio terra, garantindo assim a segurança efetiva do sistema, conforme a Norma Brasileira (NBR) 14136 (ABNT, 2012).

Tensões de distribuição Já aconteceu com você ou já ouviu alguém dizer, que um determinado aparelho elétrico “queimou”, porque sua tensão de funcionamento era 127V e o mesmo foi acionado em uma tensão de 220V.

Esse tipo de acidente é muito comum, em virtude das diferentes tensões distribuídas pelas diversas concessionárias de energia elétrica que atuam no Brasil.

De acordo com Cruz e Aniceto (2012), as baixas tensões distribuídas em nosso país são: 115/230V, 120/240V, 127/220V e 220/380V. Entre elas, as mais comuns são as de 127/220V e 220/380V.

Mas, o que isso quer dizer? Essas tensões são geradas nos transformadores quando estes rebaixam seus níveis de 13,8kV, provindo da chamada distribuição primária. Isso é, os transformadores dos postes convertem uma tensão média de 13,8kV para tensões baixas, conforme descritas acima, que consolidam distribuições secundárias (CRUZ, ANICETO, 2012; CREDER, 2016).

Analisando com mais atenção, todos os valores são dispostos em pares, correto?

Os transformadores irão realizar a conversão de modo que deles saiam três fases, ou seja, de maneira bastante direta, serão disponibilizados para ligação até três condutores, todos com o mesmo valor de tensão. Quando na instalação elétrica esta tensão é associada a um condutor neutro, afirmamos que foi gerada uma tensão de fase, isto é, a diferença de potencial ocorrerá entre a fase e o neutro (fase-neutro). Com isso, o valor da tensão será mais baixo. Contudo, as instalações também podem ser feitas com dois condutores de fase e sem nenhum condutor neutro. Nesse caso, a diferença de potencial ocorrerá entre uma fase e outra (fase-fase) e a tensão passará a chamar tensão de linha, sendo esta maior. Isso explica o motivo das tensões de distribuição serem descritas sempre em pares, pois o primeiro valor é o que se dá entre fase e neutro e o segundo entre fase e fase (CREDER, 2016; CARVALHO JUNIOR, 2018).

Logo, se um transformador produz fases em tensão de 127V, por exemplo, a tensão de fase produzida será também de 127V (pois ela se dá tendo como referência o neutro, cuja tensão é zero). Porém, o que ocorre para que esse valor seja convertido em 220V quando temos diferença de potencial entre duas fases?

Conforme explana Creder (2013), a tensão gerada pela diferença de potencial entre duas fases deve ser calculada multiplicando-se a tensão de fase (produzida pelo gerador) pela raiz quadrada de três (√3). Isso se dá em virtude da conformação física do transformador. Portanto, para uma tensão de fase de 127V gerada entre fase-neutro, a tensão de linha (gerada entre fase-fase) será de 127V x √3, que resulta em 220V.

**Sistemas de fornecimento**

É importante ressaltarmos que os parâmetros de abastecimento (valores que referenciam o tipo de ligação a ser feito em virtude da carga total a ser consumida) sofrem alterações inerentes às diferentes concessionárias de energia, assim como as tensões de fornecimento. Dessa forma, a concessionária deve ser consultada.

Caso o consumidor deseje realizar uma instalação na categoria acima daquela na qual sua unidade se enquadra, ele deve apresentar à concessionária atuante um laudo emitido por técnico credenciado e Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) de modo a justificar a solicitação, devendo ainda, arcar com custos adicionais. Além disso, em caso de reformas e/ou ampliações que demandem um aumento de carga significativo o bastante para fazer com que o sistema de fornecimento evolua de categoria, esta deve ser realizada mediante consulta prévia e aprovação da concessionária (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

**Sistema de fornecimento monofásico**

Como indica a nomenclatura, o sistema de abastecimento monofásicos é consolidado apenas por uma fase. Todavia, o mesmo se constitui por dois condutores, sendo uma fase e um neutro (CAVALIN, CREVELIN, 2006; CREDER, 2016). Desta maneira, a tensão que atua nestas instalações será a tensão de fase.

De acordo com Carvalho Junior (2018) esse sistema deve ser considerado em instalações cuja carga total exigida seja menor que 12 kW e em redes 127/220V a tensão será apenas 127V, já que a única ligação possível é entre fase e neutro.

Apesar de poder atender a alguns limites, as ligações monofásicas devem ser operadas com segurança, pois toda a potência solicitada pela unidade consumidora será exigida por intermédio de apenas um condutor de fase.

**Sistema de fornecimento bifásico**

Vale salientar que o sistema de fornecimento bifásico é atendido por três condutores, sendo duas fases e um neutro. De acordo com Carvalho Junior (2018), esse sistema é indicado para ligações que demandem potência total entre 12kW e 25kW para redes em que a distribuição ocorre com tensões de 127/220V. Nesse sistema, é possível a obtenção de instalações em tensão de fase a 127V, ligando fase-neutro e/ou tensão de linha a 220V, ligando fase-fase.

**Sistema de fornecimento trifásico**

Nas ligações trifásicas, o abastecimento ocorre por intermédio de quatro condutores, sendo três fases e um neutro. Carvalho Junior (2018) afirma que, em sistemas cujas tensões de fase sejam de 127V, é possível obter ligações em tensão 127V ligando fase-neutro e, em tensão 220V, ligando fase-fase. Nesses casos, a instalação ocorre para cargas totais de potência operando em intervalo de 25kW a 75kW.

## INÍCIO DA SEÇÃO **<RESUMINDO>**

Neste capítulo, aprendemos que a escolha do sistema de abastecimento elétrico depende da demanda total de carga da unidade consumidora, calculada pela soma das potências dos aparelhos elétricos. Os sistemas são compostos por fases e neutro, onde a fase conduz a tensão e o neutro serve de referência e garante a segurança do sistema. As tensões podem ser de fase (entre fase e neutro) ou de linha (entre fases), com valores comuns de 127/220V e 220/380V. Os sistemas podem ser monofásicos (fase e neutro, até 10kW), bifásicos (duas fases e neutro, até 20kW), ou trifásicos (três fases e neutro, até 75kW).

# **UNIDADE 02 - OBJETIVOS DA UNIDADE**

Olá. Seja muito bem-vindo à Unidade 2. Nosso objetivo é auxiliá-lo no desenvolvimento das seguintes competências profissionais até o término desta etapa de estudos:

1. Descrever o funcionamento do padrão de entrada da alimentação elétrica.

2. Compreender o funcionamento de um quadro de distribuição.

3. Distinguir disjuntores termomagnéticos de diferenciais residuais, entendendo o seu papel na proteção do circuito e dos usuários.

4. Diferenciar a aplicação de interruptores simples, paralelos e intermediários.

Então? Preparado para uma viagem sem volta rumo ao conhecimento? Ao trabalho!

# **UNIDADE 02 - Capítulo 01**

# **Padrão de entrada e sua descrição**

## INÍCIO DA SEÇÃO **<TEXTO>**

Alguma vez você já ouviu falar no termo “padrão de energia”? Na sua concepção, do que se trata esse padrão? Qual a base para estabelecer um padrão? Seria apenas o medidor? Padrão seria o poste?

O padrão de entrada de energia elétrica se trata de um conjunto de materiais e dispositivos que possibilitam o fornecimento, a medição e a distribuição de energia para o uso em uma edificação, seja ela residencial, industrial, comercial, predial, enfim, de qualquer tipo, desde que haja a necessidade de ligação de energia elétrica (CRUZ; ANICETO, 2013).

A instalação deste conjunto compõe a primeira etapa da instalação de energia elétrica em uma edificação e, sem a mesma, não há qualquer tipo de fornecimento. Além disso, é a partir do padrão de entrada que a unidade consumidora é concebida. Por unidade consumidora, entende-se a instalação de energia a um único consumidor, ou seja, em um único ponto, de modo a gerar a medição e a cobrança de tarifa por consumo de forma individualizada (CREDER, 2016).

Você já se perguntou por que esse conjunto é chamado de padrão?

Isso ocorre justamente porque ele deve obedecer aos padrões estabelecidos pela concessionária fornecedora de energia. Sendo assim, cada concessionária possui normativas específicas que ditam materiais e requisitos de instalação para que a energia elétrica seja ligada. Logo, o consumidor deve realizar as pré-instalações necessárias após consulta às normas impostas. Posteriormente, ele deve solicitar a ligação junto à concessionária, que irá até o local fazer uma visita de inspeção. Estando tudo de acordo, no padrão imposto, é feita a ligação da rede de distribuição secundária à unidade consumidora, o que deixará a energia elétrica disponível para o uso na edificação (CARVALHO JUNIOR, 2018; CRUZ, ANICETO, 2012).

Apesar da variabilidade de concessionárias fornecedoras de energia em atuação no Brasil, os padrões tendem a seguir as mesmas métricas, em consonância com requisitos da NBR 5410 (ABNT, 2008).

**Ramal de ligação**

## INÍCIO DA SEÇÃO **<DEFINIÇÃO>**

“Conjunto de condutores e acessórios instalados pela concessionária entre o ponto de derivação da rede secundária e o ponto de entrega.” (CAVALIN, CERVELIN, 2006, p. 206)

## FIM DA SEÇÃO **<DEFINIÇÃO>**

Por ramal, podemos entender como um segmento, ou uma ramificação, provinda de um sistema principal. Diante disso, a partir da definição feita, entende-se por ramal de ligação a ramificação provinda da rede secundária de energia de modo a ligar a unidade consumidora. Com isso, a rede secundária (que constitui os cabos de baixa tensão localizados abaixo dos transformadores na via pública) estabelece o sistema principal do qual se originam tais ramificações.

O conjunto de condutores que constitui o ramal de ligação será composto de acordo com o tipo de fornecimento definido para o atendimento das necessidades elétricas da unidade consumidora. Sendo assim, se o fornecimento for monofásico, o conjunto de condutores do ramal de ligação será instituído por dois condutores, dos quais um será fase e o outro neutro. Se o fornecimento solicitado for bifásico, o ramal de ligação possuirá três condutores, dentre os quais dois fases e um neutro. Por fim, se o fornecimento necessário precisar ser trifásico, o ramal de ligação possuirá então quatro condutores, sendo três fases e um neutro (CRUZ, ANICETO, 2013).

Carvalho Junior (2018) afirma que não é conveniente que esses ramais apresentem extensão de mais de 30 metros (m) entre a rede de distribuição e o ponto de entrega à unidade consumidora. Isto é, a distância máxima que a unidade consumidora deve ser locada da rede de distribuição é de, no máximo, 30m. Além disso, de acordo com o autor mencionado, tais condutores devem ser instalados respeitando a altura mínima de 5,50m, quando dispostos cruzando vias públicas (atravessando de um lado para o outro da rua); 4,50m, quando dispostos interceptando garagens residenciais; e 3,50m quando passarem por cima de vias nas quais se prevê o trânsito de pedestres apenas.

A instalação do ramal de ligação e o fornecimento dos materiais que o constituem são de responsabilidade da concessionária. Quando afirmamos que será realizado, por parte da concessionária, a “ligação da energia”, estamos falando justamente da instalação do ramal de ligação (CRUZ, ANICETO, 2013).

Ramal de entrada

## INÍCIO DA SEÇÃO **<DEFINIÇÃO>**

“Conjunto de condutores e acessórios e equipamentos instalados pelo consumidor desde o ponto de entrega até a medição, inclusive.” (CAVALIN, CERVELIN, 2006, p. 206)

## FIM DA SEÇÃO **<DEFINIÇÃO>**

Conforme definição, o ramal de entrada é a primeira parte do padrão de fornecimento que é de responsabilidade do cliente. Por se tratar de um ramal, basicamente, também será um segmento ou ramificação provinda da rede de distribuição, podendo ser interpretado como um prolongamento do ramal de ligação.

O ponto que limita o ramal de ligação do ramal de entrada e, consequentemente, limita também as responsabilidades de instalação dos condutores entre a concessionária e a unidade consumidora é denominado ponto de entrega. Consoante ao pensamento de Creder (2016), este ponto estará localizado no limite entre a propriedade que configura a unidade consumidora e a via pública, na qual localiza-se a rede de distribuição da concessionária. Neste ponto, ocorrerá o ancoramento do ramal de ligação e, a partir deste, considera-se ramal de entrada, que desce através de eletrodutos (que são tubulações específicas para o abrigo de condutores) fixados no poste particular, até a caixa de medição.

Por se tratar de uma instalação de responsabilidade do consumidor, o ramal de entrada deve seguir especificações de modo a viabilizar sua compatibilidade com o ramal de ligação, cujos materiais e execução são de responsabilidade da concessionária.

De acordo com Cruz e Aniceto (2013), o eletroduto, responsável por abrigar os condutores que compõem o ramal de entrada, os interligando até o quadro de medição, deve ser do tipo bengala; ou seja, deve possuir uma curvatura em sua extremidade superior, visando evitar a entrada de água e, com isso, proteger todo o sistema de possíveis danos. Além disso, deve ser constituído por materiais rígidos e resistentes, como policloreto de vinila (PVC) ou aço carbono.

Por sua vez, os condutores que irão compor este tipo de ramal devem ser compatíveis com o número de condutores que compõem o ramal de ligação. Isso significa afirmar que, se o ramal de ligação for bifásico (duas fases e um neutro) com três condutores, o ramal de entrada também deve possuir três condutores de mesma tipologia. Além disso, todos eles devem ser compostos de cobre e isolados com material sólido (como PVC, XLPE ou EPR) que apresente tensão de isolamento na faixa de 600V a 1000V, ou seja, devem suportar isso (CRUZ; ANICETO, 2013).

A área mínima da seção dos condutores fase, em ramais de entrada, deve ser de 10 milímetros quadrados (mm²), e a máxima, de 240mm², não sendo admitidas reduções ou aumento de área no trecho compreendido entre o ponto de entrega e a caixa do medidor. Para o neutro, entretanto, aconselha-se a instalação de condutores da mesma área de seção transversal do fase (CRUZ; ANICETO, 2013).

## INÍCIO DA SEÇÃO **<DEFINIÇÃO>**

Quando mencionamos sobre a “área da seção transversal” dos condutores, estamos nos referindo à área da circunferência destes quando vistos de frente. Ou seja, é como se pegássemos um condutor, o cortássemos e visualizássemos o círculo formado a partir desse corte. Por serem circulares, a área da seção transversal de um condutor será obtida pela área da circunferência , que é: A = (π . D²)/4. Em que π é o valor de pi; e D é o diâmetro da circunferência (sua medida de uma extremidade à outra). Sendo assim, um condutor, cuja seção transversal é de 12mm², apresentará diâmetro de, aproximadamente, 4mm. Popularmente, esses diâmetros são chamados de “bitolas”.

## FIM DA SEÇÃO **<DEFINIÇÃO>**

Ao serem pré-instalados pelo consumidor, os condutores que compõem o ramal de entrada devem ser posicionados com uma folga mínima de 0,50m para fora da extremidade do eletroduto (bengala) de modo a possibilitar a ligação com o ramal de ligação por parte da concessionária. Além disso, não é permitido que apresentem emendas em qualquer trecho e devem ser posicionados sempre pela frente da unidade, a uma distância mínima de 1,20m de sacadas e janelas, livres de obstáculos e não podem interceptar terrenos vizinhos (CARVALHO JUNIOR, 2018; CRUZ; ANICETO, 2013).

**Quadro de medição**

## INÍCIO DA SEÇÃO **<DEFINIÇÃO>**

“Caixa lacrável destinada à instalação do medidor ou medidores de energia e seus respectivos acessórios, na qual pode ter instalado também o equipamento de proteção” (CAVALIN, CERVELIN, 2006, p. 206).

## FIM DA SEÇÃO **<DEFINIÇÃO>**

Dessa forma, o quadro de medição (que também pode ser chamado de caixa) consolida-se na estrutura que irá receber o ramal de entrada e abrigará o medidor de energia; sendo assim, é neste compartimento que o consumo é mensurado. O eletroduto que abriga o ramal de entrada pode acessar o quadro de medição pela parte superior, inferior ou lateral, o que definirá esta disposição será a facilidade de acesso junto ao projeto. Caso seja necessário a integração de curvas neste percurso de acesso, estas devem ser em 90° e limitadas ao máximo de três (CRUZ; ANICETO, 2013).

A instalação dos eletrodutos, bem como do quadro de medição, é de responsabilidade do cliente. Conforme já mencionado, o quadro tem a finalidade de proteger o medidor, o dispositivo de proteção e gerar a transição dos condutores ao interior da unidade consumidora.

O quadro de medição deve ser instalado de modo a facilitar a leitura do consumo por parte da concessionária, tendo seu visor voltado para a via pública e não afastado desta em distância superior a três metros (podendo variar de acordo com as normativas de cada fornecedor). Além disso, é preciso estar posicionado a uma altura de 1,40m a 1,60m, tendo como referência a calçada, ou solo no qual se posicionará o leiturista (CARVALHO JUNIOR, 2018).

Estando tudo de acordo, a concessionária instala, então, o medidor (juntamente com o ramal de ligação). A partir deste aparelho é mensurada toda a potência consumida pela unidade em função do tempo (kW.h) e, a partir disso, é feita a cobrança de energia elétrica (CRUZ; ANICETO, 2013). Os medidores modernos são compostos de recursos digitais, todavia ainda é muito comum verificarmos medidores analógicos.

No quadro de medição, também é comumente instalado o primeiro dispositivo de proteção de todo o sistema elétrico da unidade - um disjuntor-, logo abaixo do medidor, para que, diante de qualquer problema, o fornecimento seja interrompido. Além disso, a partir do quadro de medição origina-se o sistema de aterramento (CRUZ; ANICETO, 2013).

**Aterramento**

## INÍCIO DA SEÇÃO **<DEFINIÇÃO>**

Sistema que “tem por finalidade proteger a instalação e seus usuários de uma ligação à terra, onde a corrente elétrica flui sem riscos” (CAVALIN, CERVELIN, 2006, p. 355).

## FIM DA SEÇÃO **<DEFINIÇÃO>**

Dessa forma, o aterramento do sistema ocorre no padrão de entrada tanto com o intuito de descarregar cargas remanescentes, que possam atuar sobre a superfície do sistema, quanto de originar o condutor de proteção (popularmente conhecido como “fio terra”, não é carregado e serve apenas para fuga de carga excessiva para a terra) e o neutro, pois é comum que ambos estejam interligados neste sistema (CREDER, 2016).

No caso do padrão de entrada, é obrigatório o seu aterramento através de ligação direta com a terra por intermédio de haste de cobre nu (ou seja, sem proteção de material isolante, de modo a facilitar a dissipação da carga) inserida no solo a uma profundidade mínima de 2m e com diâmetro mínimo de 25mm². A esta haste enterrada são interligados, com conectores específicos para tal, o condutor de proteção e o neutro, possibilitando assim que eles sempre estejam aterrados. O ideal é que o condutor de proteção percorra toda a instalação interna da unidade consumidora (CREDER, 2016).

Além disso, a NBR 5410 (ABNT, 2008) diz que o condutor de proteção não deve ser seccionado, de modo a garantir sua ligação mais livre e direta possível com a terra e, em unidades consumidoras cuja demanda de potência seja de até 23,2 kVA, essa ligação pode se dar por intermédio de haste única. Em casos excedentes, o número de hastes deve ser aumentado. Na base do sistema do padrão de entrada de fornecimento, deve ser disposta a caixa de inspeção do aterramento, podendo esta ser de alvenaria ou material isolante polimérico. Ele deve possibilitar ainda o acesso à extremidade da haste de aterramento e da ligação dos condutores à esta. O ideal é que sejam vedadas e se faça necessária apenas uma caixa por sistema de aterramento, ou seja, por padrão de entrada (CREDER, 2016).

**Poste particular**

Um poste cuja instalação é de responsabilidade do consumidor (você o identificará, geralmente, à frente de toda edificação que possua energia elétrica). A função desse elemento estrutural, além de dar sustentação à caixa de medição, é fixar ou elevar o ramal de ligação, fazendo com que este esteja posicionado à altura de operação segura (CARVALHO JUNIOR, 2018).

## INÍCIO DA SEÇÃO **<RESUMINDO>**

Neste capítulo, exploramos o padrão de entrada de fornecimento de energia, que permite a conexão da energia elétrica às unidades consumidoras. Ele é composto pelo ramal de ligação, responsabilidade da concessionária, e pelo ramal de entrada, responsabilidade do consumidor, que deve ser compatível e protegido em eletroduto. O ramal de entrada conecta-se ao quadro de medição, onde ficam o medidor e o disjuntor. Também aprendemos sobre o sistema de aterramento, com uma haste de cobre ligada ao neutro e ao condutor de proteção. Todos esses elementos são fixados em um poste particular, garantindo estabilidade.

# **UNIDADE 02 - Capítulo 02 - Quadro de distribuição e suas aplicações**

## INÍCIO DA SEÇÃO **<TEXTO>**

O quadro de distribuição funciona como uma rede de concentração, proteção e distribuição dos condutores. Podemos fazer uma analogia de que o quadro de distribuição representa para o sistema elétrico o que nosso coração representa para o sistema cardiovascular, funcionando como uma central a qual estão ligados, direta ou indiretamente, todos os condutores.

A partir do quadro de distribuição, são organizados os circuitos que possibilitam a condução de energia elétrica às luzes, chuveiros, tomadas, aparelhos de ar-condicionado, enfim, tudo o que demanda potência elétrica para o funcionamento. Todos esses circuitos estão devidamente protegidos e seguros graças aos dispositivos também instalados no quadro de distribuição, que possibilitam a ativação e desativação dos circuitos quando necessário.

A NBR 5410 (ABNT, 2008) nomeia, como quadro de distribuição principal, o primeiro quadro que irá estruturar os circuitos e distribuí-los em uma edificação após a entrada da rede elétrica na mesma; isto é, após a passagem dos condutores pelo padrão de entrada. Como na maioria das edificações térreas esses quadros são únicos, o termo - quadro de distribuição geral - será aplicado a esse tipo de estrutura, em que estará concentrada a proteção de todos os circuitos.

Composição dos quadros de distribuição

Apesar de existir em várias tipologias e tamanhos, a depender da demanda a ser atendida, o quadro de distribuição será sempre fixado na parede, podendo ser de forma sobreposta (saltado para fora) ou embutida. A estrutura que abrigará os dispositivos de proteção e os condutores, ou seja, o quadro em si deve ser de material não inflamável (incombustível) e deve possuir chapa de montagem dos componentes (onde se instalarão os cabos e dispositivos), isoladores e, obrigatoriamente, tampa, comumente chamada de espelho. Esses quadros, frequentemente, são de composição metálica ou PVC (CARVALHO JUNIOR, 2018; CRUZ, ANICETO, 2013).

A quantidade de elementos e condutores a compor um quadro de distribuição dependerá diretamente da quantidade de circuitos a serem alimentados por ele; todavia, o porquê dessa disposição e no que consistem esses dispositivos não sofrem muita alteração (CRUZ; ANICETO, 2013)

A hierarquia citada segue a lógica de proteção e depois de distribuição. Sendo assim, primeiramente, são organizados os dispositivos que irão proteger o quadro de maneira geral, sendo três tipos distintos e, posteriormente, após as proteções necessárias, os condutores de fases são conectados aos dispositivos dos circuitos, que, além de protegê-los, irão distribuí-los.

Geralmente, pela parte superior do quadro, irão entrar os condutores de fases provindos do quadro de medição (padrão de entrada). Esses condutores serão conectados a um disjuntor geral pela sua parte superior, cuja tipologia irá depender do padrão adotado (mono, bi ou trifásico). Com isso, as fases estarão conectadas ao primeiro dispositivo de proteção do quadro de distribuição. Caso o condutor neutro não seja aterrado juntamente ao sistema do padrão de entrada, este também deve entrar no quadro através do disjuntor geral. O disjuntor protege os cabos, ou seja, em qualquer anomalia da corrente, eles desativam a passagem (CARVALHO JUNIOR, 2018).

Os condutores que entraram pela parte superior do disjuntor geral sairão por sua parte inferior e serão ligados a um Interruptor Diferencial Residual (IDR), que basicamente detecta qualquer fuga de corrente e interrompe o abastecimento.

Por fim, os condutores provindos do IDR são conectados aos Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS), os quais, além de identificar as fugas de corrente, irão conduzi-las para a terra. Costuma-se associar sua proteção aos equipamentos (CARVALHO JUNIOR, 2018). Todos esses dispositivos são fixados por meio de perfis dispostos na estrutura do quadro e um sistema de encaixe a esses organizados na parte posterior dos dispositivos.

Essa conexão, realizada entre um dispositivo e outro através da passagem de condutores, é comumente chamada de “jump”.

Todavia, visando otimizar a passagem das fases de um dispositivo para o outro dentro do quadro de distribuição, tem se tornado cada vez mais comum a utilização de barramentos de interligação das fases, ou barramento pente. Este dispositivo apresenta uma barra em cobre da qual originam-se “dentes” semelhantes a um pente. Tais dentes são conectados aos disjuntores e, através da barra que os interliga, a tensão e, consequentemente, a corrente também é transmitida de um “dente” para o outro (CARVALHO JUNIOR, 2018). Este tipo de conexão se conformará de acordo com o tipo de ligação padrão, ou seja, os barramentos monofásicos apresentará dentes únicos espaçados. Já os bifásicos apresentarão pares espaçados e os trifásicos, trios.

O uso desse tipo de dispositivo torna a instalação menos poluída, pois não necessita dos condutores “jump” entre um dispositivo e outro para transmitir as fases.

Diante dos dispositivos mencionados (disjuntor, IDR e DPS), verifica-se, então, que, por estarem todos interligados, o sistema estará protegido por todos eles, ou seja, os condutores não serão submetidos a deterioração por sobrecarga. Em virtude do disjuntor geral, o usuário estará seguro do risco de choques elétricos, em virtude do IDR e os equipamentos seguros de sobrecarga, em virtude do DPS. além disso, em caso de sobrecarga em qualquer dispositivo, o DPS a conduzirá para a terra.

Após as fases e, se necessário, o neutro, passarem pelos dispositivos de segurança de entrada, estas serão conectadas aos dispositivos de segurança dos circuitos terminais, ou seja, os disjuntores de cada circuito.

Essa ligação deve ser feita através de condutores, pois sairá da linha de cima do quadro e passará para as de baixo. Lembra-se da nossa “hierarquia de proteção”? Basicamente, os condutores de fase foram todos ligados a dispositivos que permitiram que estes fossem passados de maneira segura aos disjuntores dos circuitos. Sendo assim, na parte inferior do quadro, a(s) fase(s) é(são) ligada(s) a um dos disjuntores pela parte superior, e transmitidas, por “jump” ou barramento de interligação aos outros (CARVALHO JUNIOR, 2018).

Após a passagem das fases pelos disjuntores dos respectivos circuitos que irão abastecer, essas são conduzidas aos conduítes (tubulações de passagem dos condutores elétricos) até os pontos de utilização, juntamente com os condutores neutro e de proteção (terra).

Os condutores neutro e de proteção (terra) adentram ao quadro diretamente do quadro de medição (padrão de entrada) e são conduzidos para seus respectivos barramentos: o barramento de neutro e o barramento de proteção (CAVALIN; CERVELIN, 2006). Mas o que seriam esses barramentos?

Os barramentos são, literalmente, barras de cobre que ligam os condutores neutros do circuito ao neutro do padrão de entrada (que está aterrado) e os condutores de proteção do circuito (terra) ao condutor de proteção do padrão de entrada. Geralmente, essas barras possuem 12,7 mm de largura e, ao se interligarem nos seus respectivos barramentos, toda a tensão e corrente que passar, através do condutor neutro de qualquer circuito ou for descarregada pelo condutor de proteção de qualquer circuito, será conduzida até o neutro e o terra do padrão de entrada (CRUZ, ANICETO, 2013; CAVALIN, CERVELIN, 2006).

É importante ressaltar que o barramento de neutro deve ser isolado do quadro de distribuição, enquanto o de proteção deve apresentar contato com o quadro, visando, assim, dar fuga à corrente que possa inclusive estar em sua estrutura. Além disso, eles podem ser dispostos na horizontal ou na vertical e em tamanhos diversos, a depender da necessidade da instalação. Não são muito comuns, entretanto, em quadros monofásicos (CAVALIN; CERVELIN, 2006; CARVALHO JUNIOR, 2018). Com isso, os condutores de fase que chegarão aos pontos de utilização serão provenientes dos disjuntores e os de proteção e neutro dos seus respectivos barramentos.

**Quantidade e dimensões**

Conforme o que já foi exposto, a estrutura de um quadro de distribuição conta com componentes diversos e imprescindíveis à segurança e ao funcionamento das instalações elétricas. Sendo assim, como podemos saber quantos quadros de distribuição serão necessários para uma unidade consumidora e qual o espaço que esses devem dispor para comportar as instalações?

De acordo com a Cruz e Aniceto (2013), em edificações térreas, pode ser adotado apenas um quadro de distribuição. Todavia, quando a unidade consumidora conta com mais de um pavimento, esta deve ser provida por um quadro de distribuição por andar, sendo estes denominados pela NBR 5410 (ABNT, 2008) de quadros de distribuição parciais.

**Localização, organização e manutenção**

Além da estrutura e dos componentes compreendidos a um quadro de distribuição, é muito importante a correta disposição física deste na unidade consumidora, bem como a organização e a manutenção correntes, visando o perfeito funcionamento do mesmo.

A NBR 5410 (ABNT, 2008, p. 158) impõe que “os quadros de distribuição devem ser instalados em local de fácil acesso e ser providos de identificação do lado externo, legível e não facilmente removível”.

Estes locais devem ser pensados de modo que fiquem o mais próximo possível do quadro de medição, possibilitando, assim, uma ligação mais direta entre o padrão de entrada e o quadro de distribuição, como também o mais próximo possível dos pontos de utilização, visando uma simetria no abastecimento. Além disso, contar com o quadro de distribuição junto aos locais onde se verifica uma maior concentração de cargas facilita o abastecimento dessas e pode gerar uma economia de condutores. O quadro de distribuição deve estar localizado a, no máximo, 35m do ponto de utilização mais distante dele (CARVALHO JUNIOR, 2018; ABNT, 2008; CRUZ, ANICETO, 2013).

Os locais mais aconselhados para a instalação são áreas comuns como corredores, cozinhas e áreas de circulação, desde que sejam cobertas (CARVALHO JUNIOR, 2018). É inadmissível, de acordo com a NBR 5410 (ABNT, 2008) que os quadros de distribuição sejam instalados em ambientes reservados, de difícil acesso ou que fiquem trancados de forma periódica ou permanente. Além disso, devem “ser providos de identificação do lado externo, legível e não facilmente removível” (ABNT, 2008, p. 158).

Além da localização, o ideal é que os quadros de distribuição sejam instalados nas paredes a uma altura média de 1,50m do piso acabado (CARVALHO JUNIOR, 2018). Tão importante quanto a correta instalação, é a organização de seus componentes e a manutenção periódica, garantindo um funcionamento coerente e longínquo, facilitando a manutenção, operação e o acesso aos condutores (CRUZ, ANICETO, 2013). A NBR 5410 (ABNT, 2008, p. 158) dita que, além do quadro em si, os componentes deste também devem ser perfeitamente identificados, de forma “legível, indelével, posicionada de forma a evitar qualquer risco de confusão”, possibilitando ao usuário a pronta identificação entre o componente instalado e seu respectivo circuito elétrico.

Atualmente, é comum a identificação dos condutores com “presilhas” numeradas de modo a corresponderem ao circuito que atendem.

A identificação clara e organizada facilita a compreensão do funcionamento do quadro de distribuição e, consequentemente, atividades de manutenção e reparos, haja vista que estes devem ser verificados de maneira periódica de modo a garantir um funcionamento integral e seguro. É importante a observância do estado geral do quadro, identificação de possíveis aquecimentos e danos estruturais e averiguação das condições de fixação e funcionamento das fechaduras e dobradiças. A periódica manutenção da pintura e garantia de condições de limpeza também são medidas importantes (CARVALHO JUNIOR, 2018).

## INÍCIO DA SEÇÃO **<RESUMINDO>**

Neste capítulo, estudamos o Quadro de Distribuição, sua função e composição. Ele é alimentado pelos condutores do padrão de entrada e é responsável por distribuir a eletricidade de forma segura. As fases passam pelo disjuntor geral, IDR e DPS, que protegem contra fugas de corrente e choques elétricos. Os condutores neutro e de proteção, já aterrados, são conectados por barramentos de cobre. Cada circuito terminal conta com um disjuntor para desligamento, se necessário. A norma exige que o quadro preveja espaço para futuras instalações, esteja em local acessível, e seus componentes sejam devidamente identificados para facilitar a manutenção.

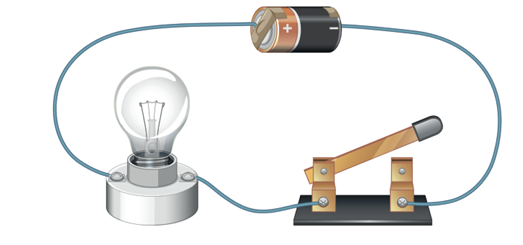
# **UNIDADE 02 - Capítulo 03 - Dispositivos de proteção e seus usos**

## INÍCIO DA SEÇÃO **<TEXTO>**

A NBR 5410 (ABNT, 2008) prescreve que as instalações elétricas devem contar com dispositivos de proteção contra efeitos térmicos (aquecimento), sobrecorrentes (sobrecargas de qualquer natureza) e contra choques elétricos, de modo que tal proteção se estenda a bens (aparelhos eletrônicos e itens da própria instalação), pessoas e animais. A referida norma dita ainda que os circuitos devem ser providos de sistemas que possibilitem sua desenergização imediata, através de desligamentos de emergência, além de seccionamento de fornecimento para manutenção. Essa ruptura no abastecimento deve ocorrer de forma automática e/ou manual, e o dispositivo deve ser facilmente identificável e manobrável (ABNT, 2008).

No entanto, é importante ressaltar que tais dispositivos não excluem por completo os riscos de danos causados por funcionamentos incoerentes das instalações elétricas. Com certeza, a presença de dispositivos de proteção as torna muito mais seguras e diminui esses riscos de forma extremamente significativa, amenizando os possíveis danos. Todavia, o uso de dispositivos corretos em associação a uma rede elétrica bem dimensionada e a prática de manutenção periódica aos componentes da instalação certamente aumentam ainda mais a segurança das instalações (CARVALHO JUNIOR, 2018).

Cada circuito deve prover de, pelo menos, um dispositivo de proteção, devendo este (ou estes) interromper imediatamente o fornecimento de energia antes que sejam causados danos tanto à estrutura da instalação quanto a seus usuários (CREDER, 2016). Basicamente, a interrupção no fornecimento de energia a um circuito ocorre através da desconexão entre parte do dispositivo de segurança. Na imagem a seguir, podemos observar de forma muito simples como um circuito pode ser interrompido. Apesar de ser este alimentado por uma pilha (o que não é o caso das instalações prediais) e de sua conexão ser semelhante a um interruptor, nos dispositivos de segurança, é realizada a desconexão dos condutores através de sistemas que são acionados mediante riscos identificados por tais dispositivos, impossibilitando, assim, a passagem de corrente.



INOVA\_61\_2024\_F025

<Leg :Esquema de interrupção de passagem de corrente em um circuito elétrico a partir da desconexão de um dispositivo>

Obviamente que as estruturas de dispositivos de segurança instalados em edificações são muito mais complexas. Além disso, devem ser acionadas mediante riscos; sendo assim, devem contar com estruturas que sejam capazes de identificar os diferentes riscos e, a partir disso, interromper o fornecimento de energia (CRUZ; ANICETO, 2013).

Mediante riscos diversos, existem diferentes dispositivos, sendo os Disjuntores Termomagnéticos (DTM) e os dispositivos Diferenciais Residuais (DR) os mais comuns a serem empregados.

**Disjuntores Termomagnéticos (DTM)**

Os disjuntores termomagnéticos são capazes de atuar contra os efeitos térmicos e de sobrecarga (ou sobrecorrentes) e protegem, principalmente os condutores do circuito (ou seja, bens) (CARVALHO JUNIOR, 2018).

Mas, no que consistem os efeitos gerados por sobrecorrentes e como eles se manifestam? Vamos ao conhecimento!

**Sobrecorrentes, sobrecargas e curtos-circuitos**

Os eventos aos quais as instalações elétricas estão sujeitas e tornam obrigatório o uso de dispositivos de segurança ocorrem em virtude de atuações de sobrecorrentes.

São proporções de correntes elétricas que atuam acima (sobre) da corrente pela qual a instalação foi projetada, sobrecarregando dessa maneira o sistema, podendo ser originadas de duas formas distintas: por sobrecarga e/ou por curto-circuito (CRUZ; ANICETO, 2013; CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Os processos de sobrecarga, geralmente, ocorrem quando as instalações elétricas são solicitadas por cargas acima das quais elas foram projetadas. Isto é, são colocados em uso equipamentos que, em um circuito elétrico, solicitam mais cargas para o funcionamento do que a de projeto; logo, a potência instalada é superior à potência projetada. Essa demanda, maior do que a que os condutores são capazes de atender, gera uma sobrecorrente, ou seja, elevação da corrente, à nível até 10 vezes superior ao projetado (CRUZ, ANICETO, 2013; CAVALIN, CERVELIN, 2006).

O uso de adaptadores em tomadas nas quais se conectam diversos aparelhos, é uma prática que tende a gerar sobrecarga, haja vista que um único ponto é exigido para a alimentação de diversos aparelhos, solicitando neste uma potência superior a qual foi projetado.

Além da sobrecarga causada por potência de uso superior à de projeto, que é a mais comum e previsível, a sobrecarga elétrica pode ser gerada por erros de dimensionamento dos condutores (sendo esses projetados para demandas menores do que as adotadas), por descargas atmosféricas (raios), que geram um aumento de carga nas instalações, e até mesmo a partir de manobras de manutenção realizadas pelas concessionárias fornecedoras de energia que podem culminar em um aumento de tensão. Tanto as descargas atmosféricas quanto os aumentos gerados por manobras técnicas são sobrecargas menos comuns e imprevisíveis, todavia, também devem ser consideradas para que, assim, sejam prevenidas (CARVALHO JUNIOR, 2018).

A elevação de carga gerada, a partir dos mecanismos descritos, tende a causar um efeito térmico na instalação, ocasionando o aquecimento dos condutores. Esse aquecimento pode gerar tanto efeitos mínimos, como o famoso “cheiro de fio queimado”, o qual às vezes sentimos em um banho muito quente com estruturas elétricas que não estão tão bem dimensionadas, como uma consequência mais séria, podendo, inclusive, levar os condutores à combustão, (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Outro fenômeno que gera o aumento expressivo de corrente elétrica, ou seja, sobrecorrente, é o curto-circuito. Como a própria nomenclatura sugere, o curto-circuito se caracteriza pelo circuito mais curto que a corrente elétrica pode fazer e, basicamente, ocorre em virtude do contato acidental entre condutores de um mesmo circuito com potenciais diferentes (seja este entre condutores fase e terra, fase e fase e, até mesmo, fase e neutro) e/ou entre partes energizadas da instalação com a terra (CAVALIN; CERVELIN, 2006; CRUZ; ANICETO, 2013).

Os contatos que tendem a gerar o curto-circuito ocorrem em decorrência de falhas ou defeitos nas instalações, como ruptura de condutores e/ou rompimento de seus isolamentos, permitindo que partes vivas (energizadas) se conectem. Essas falhas podem ocorrer por conta de instalações mal executadas e isoladas, condutores antigos e falta de manutenção (CAVALIN E CERVELIN, 2006).

Enquanto na sobrecarga, a corrente atinge níveis até 10 vezes maiores que o projetado; nos curtos-circuitos, a sobrecorrente gerada é extremamente mais alta, sendo de 1000% a 10000% superior à corrente projetada. Em virtude disso, os curtos-circuitos são eventos mais agressivos, nos quais, além de reações térmicas, são gerados aumentos significativos nos efeitos magnéticos, provocados pela transição da corrente elétrica (CRUZ; ANICETO, 2013; CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Podemos também afirmar que o curto-circuito provém de uma sobrecarga mais abrupta e repentina, ou seja, há um aumento de corrente muito mais expressivo em um intervalo de tempo muito menor.

Conforme descrito, tanto a sobrecarga quanto o curto-circuito são situações de sobrecorrente que acometem os condutores de uma instalação elétrica. Desta maneira, é necessário o uso de um dispositivo de proteção que possibilite a interrupção no fornecimento de energia quando os componentes da instalação são submetidos a tais avarias, conforme impõe a NBR 5410 (ABNT, 2008). O tipo de dispositivo mais comum a essas aplicações, conforme descreve Carvalho Junior (2018), é o disjuntor termomagnético. Vamos entender como ele funciona?

**Funcionamento de disjuntores termomagnéticos**

Por definição, os disjuntores termomagnéticos protegem os condutores dos circuitos e, em partes, os equipamentos por eles alimentados de alterações de correntes. Sabendo que essas alterações podem se dar por sobrecarga e/ou por curto-circuito, tais dispositivos devem então funcionar de modo a garantir manobras de proteção às duas anormalidades de operação citadas (CAVALIN, CERVELIN, 2006).

Esses dispositivos provocam o seccionamento do circuito (ou seja, a interrupção do contato para a passagem da corrente) automaticamente, em qualquer situação de sobrecorrente e, além disso, permitem a abertura e o fechamento de circuitos de maneira manual através de uma alavanca de manobra, a qual possibilita que parte da instalação seja desligada para a realização de manutenções de forma segura (CARVALHO JUNIOR, 2018; CRUZ, ANICETO, 2013)



INOVA\_61\_2024\_F029

<Leg: Representação atômica com prótons, nêutrons e elétrons>

Observando tal imagem, detecta-se a alavanca de manobra, que permite o seccionamento da corrente de forma manual. O acionamento automático do sistema, por sua vez, frente à sobrecarga ou curto-circuito parte de dois mecanismos distintos que operam no disjuntor, um de ativação térmica e outro de ativação magnética, daí a nomenclatura de disjuntor termomagnético (CRUZ; ANICETO, 2013).

O mecanismo de ativação térmica serve para o seccionamento do sistema em casos de sobrecarga, haja vista que, nestas ocasiões, há geração de efeito térmico. Basicamente, tal mecanismo é formado por uma tira bimetal, composta de uma mistura entre dois metais de dilatações térmicas distintas (geralmente aço e latão), que, ao ser aquecida, em virtude da sobrecarga de corrente, sofre dilatação térmica, se curva e aciona um disparador que desativa o disjuntor, provocando o seccionamento do circuito e a interrupção na passagem de corrente elétrica (CRUZ; ANICETO, 2013; CAVALIN; CERVELIN, 2006).

O mecanismo magnético, em contrapartida, irá atuar quando o sistema for submetido a um curto-circuito. Esse quadro ocorre quando, em um curto-circuito, a elevação da corrente elétrica é tão grande e rápida que provoca, por consequência, uma alteração muito brusca no campo magnético da corrente no momento em que passa por uma espira. Sendo assim, ao se provocar essa alteração de campo, o efeito irá atrair uma alavanca metálica provocando também o seccionamento do sistema e a consequente interrupção na passagem de corrente. Este sistema é chamado de disparador magnético bobinado (CRUZ, ANICETO, 2013; CAVALIN, CERVELIN, 2006).

Vale ressaltar que todos os condutores fases de um circuito devem passar por disjuntores termomagnéticos para suas respectivas proteções. Dessa maneira, existem no mercado disjuntores monopolares (com apenas um pólopara circuitos de apenas uma fase), bipolares (com dois pólos, para conexão em circuitos bifásicos) e disjuntores tripolares (com três pólos para conexão em instalações trifásicas) (CRUZ; ANICETO, 2013).

**Dispositivos Diferenciais Residuais (DR)**

Verificando que os disjuntores termomagnéticos são capazes de proteger os condutores e os equipamentos instalados de sobrecorrentes, atuando assim contra curtos-circuitos, sobrecargas e seus respectivos efeitos térmicos. Os dispositivos que protegem pessoas e animais dos riscos causados pelos fenômenos elétricos que as instalações podem ser acometidas são denominados Diferenciais Residuais (DR). Mas, antes de entendermos seu funcionamento, vamos compreender o que é o choque elétrico?

**Choque elétrico**

O choque elétrico só irá acontecer graças a uma corrente de fuga. Este tipo de corrente pode ser definido de maneira muito direta:

## INÍCIO DA SEÇÃO **<DEFINIÇÃO>**

A corrente de fuga é aquela que provém de uma instalação elétrica e fl ui para outros corpos que não pertencem a esta (como a terra ou elementos distintos), sendo conduzida através destes corpos a partir de contatos, sejam eles diretos ou indiretos (CAVALIN, CERVELIN, 2006).

## FIM DA SEÇÃO **<DEFINIÇÃO>**

Ao sofrer uma fuga da instalação elétrica, a corrente procura um caminho que a conduz para a terra e, por estar em contato com essa fuga, os corpos humanos ou de animais podem ser utilizados como condutores desta corrente. A partir da atuação da corrente de fuga transitando pelo corpo, ocorre o choque elétrico, o qual é uma perturbação ao organismo daquele que a recebe, podendo gerar danos severos à saúde e, facilmente, à morte. Os choques causados por correntes de fuga duram enquanto ocorre a corrente, e sua intensidade tem relação com a intensidade da corrente (CRUZ; ANICETO, 2013).

O contato para que a corrente de fuga transite por um corpo e provoque o choque pode ser do tipo direto ou indireto. O contato direto ocorre quando o corpo entra em contato com a corrente de forma acidental, em virtude de uma falha de isolamento, por exemplo, ou até mesmo por atitudes irresponsáveis nas quais o indivíduo se coloca em contato com uma parte energizada mesmo sabendo disso. O contato indireto, por sua vez, ocorre quando o indivíduo entra em contato com um elemento que, normalmente, não deve estar energizado, todavia passa a estar por conta de uma falha de isolamento ou fuga de corrente interna do equipamento que tenha sido capaz de dissipar para seu exterior. Geralmente, as superfícies que podem gerar choques por contato indireto são metálicas (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

**Funcionamento de dispositivos diferenciais residuais**

Os dispositivos diferenciais residuais atuam verificando a diferença entre a corrente que entra neles através do condutor fase e a que retorna a eles através do condutor neutro. Teoricamente, a soma vetorial destas correntes deve ser igual a zero, ou seja, o que entra deve ser igual ao que retorna. Caso haja uma fuga de corrente, por menor que seja, esta diferença irá gerar um campo magnético na bobina do dispositivo que, ao identificá-lo, irá desarmar imediatamente interrompendo o fluxo (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

De acordo com a NBR 5410 (ABNT, 2008), os dispositivos DR que devem ser utilizados na proteção contra choques elétricos são os de alta sensibilidade, cujo acionamento se dá a partir de correntes de fuga maiores ou iguais a 30 microamperes (mA). De acordo com Creder (2016), 30mA é a corrente máxima suportada pelo coração humano.

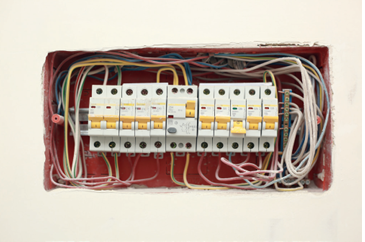
## INÍCIO DA SEÇÃO **<REFLITA>**

Quando falamos em micro (m), estamos falando em algo dividido por mil. Desta maneira, um microampere (mA) representa um “pedaço” de um Ampere, se este fosse dividido por mil. As correntes de abastecimento elétrico nas unidades fornecedoras giram em torno de 40A a 60A. Isso mostra o quanto os dispositivos DR são sensíveis e o quanto choques elétricos podem ser letais aos seres humanos.

## FIM DA SEÇÃO **<REFLITA>**

Dentre os dispositivos de proteção contra choques elétricos mais utilizados nas instalações elétricas, estão o Interruptor Diferencial Residual (IDR) e o Disjuntor Diferencial Residual (DDR).

O IDR funciona apenas na interrupção de fornecimento ao detectar fuga de corrente (o que estaria associado a choque elétrico), todavia não é capaz de interromper o circuito em caso de sobrecorrente causada por sobrecarga e/ou curto-circuito. Desta maneira, deve ser utilizado em conjunto com disjuntores termomagnéticos para assim garantir a seguridade total da instalação tanto com bens quanto com pessoas (CARVALHO JUNIOR, 2018).



INOVA\_61\_2024\_F031

<Leg: Uso conjunto de IDR (ao centro) com disjuntores termomagnéticos>

O DDR associa, em um único dispositivo, os mecanismos termomagnéticos de identificação de sobrecargas e curtos-circuitos (comuns aos disjuntores termomagnéticos) e o mecanismo diferencial residual capaz de identificar fuga de corrente e, consequentemente, proteger os usuários contra choque elétrico (CAVALIN, CERVELIN, 2006). Sendo assim, em um único dispositivo é possível garantir a proteção de bens e pessoas e atender aos requisitos da norma brasileira NBR 5410 (ABNT, 2008).

Além das vantagens inerentes à proteção contra choques elétricos, tais dispositivos são eficientes para a averiguação da qualidade das instalações, acusando possíveis desperdícios gerados por fugas de correntes (CRUZ; ANICETO, 2013).

A NBR 5410 (ABNT, 2008) impõe o uso de dispositivos diferenciais residuais na proteção de circuitos de tomadas de cozinhas, copas e lavanderias e áreas de serviço com pisos não isolantes, circuitos destinados a tomadas e iluminação de áreas externas (incluindo garagens) e a tomadas de banheiros (incluindo chuveiros e banheiras).

## INÍCIO DA SEÇÃO **<RESUMINDO>**

Chegamos ao fim deste capítulo e revisamos os principais pontos sobre segurança elétrica. Aprendemos que toda instalação elétrica deve ter dispositivos de proteção contra sobrecorrentes e choques elétricos para garantir a segurança de pessoas e bens. As sobrecorrentes podem ser causadas por sobrecargas ou curto-circuitos, e o disjuntor termomagnético (DTM) é responsável por interromper o fornecimento de energia nesses casos. Já os choques elétricos ocorrem devido a correntes de fuga, e os dispositivos diferenciais residuais (DDR), como IDR e DDR de alta sensibilidade, interrompem o fornecimento ao detectar correntes de fuga perigosas, protegendo os usuários.

# **UNIDADE 02 - Capítulo 04 Interruptores elétricos**

## INÍCIO DA SEÇÃO **<TEXTO>**

O interruptor é um dispositivo de extrema importância para o funcionamento das instalações elétricas, em especial aos circuitos de iluminação elétrica. Inúmeras vezes em nosso dia estamos em contato e operando esse dispositivo . Mas, você já parou para pensar em como estes mecanismos funcionam? A Norma Mercosul (NM) 60669 - 1, elaborada pela Associação Mercosul de Normalização (ABNT, 2004) que vigora para a imposição do padrão de qualidade de dispositivos interruptores, defi ne os interruptores da seguinte forma:

## INÍCIO DA SEÇÃO **<DEFINIÇÃO>**

“Dispositivo concebido para fazer circular ou cortar a corrente em um ou vários circuitos elétricos” (ABNT, 2004, p. 4).

## FIM DA SEÇÃO **<DEFINIÇÃO>**

A partir de tal definição verifica-se, então, que os interruptores nada mais são do que dispositivos de manobra ou comando, por meio dos quais podemos influir na passagem ou não de corrente elétrica e, com isso, definir quando iremos fazê-la circular por um circuito. Em suma, quando as luzes estão acesas, o interruptor que as acionaram está fechado, pois fechou o circuito elétrico possibilitando a passagem de corrente. Em contrapartida, quando as luzes estão apagadas, os interruptores estão abertos, pois não estão conectando os condutores para a passagem de corrente no circuito (CARVALHO JUNIOR, 2018; CAVALIN; CERVELIN, 2006).

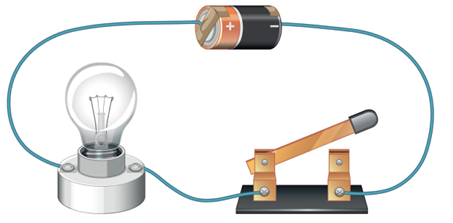
A velocidade de funcionamento de um interruptor, ou seja, o tempo que sua manobra levará para realizar o funcionamento de um circuito, é praticamente instantânea e independe do operador que a acionou. Sendo assim, o tempo que as luzes demorarão para acender graças ao fechamento de um interruptor não tem relação com a velocidade da manobra que o ativou, pois esta não ocorre de maneira gradual (CARVALHO JUNIOR, 2018). Quando você aperta o interruptor para acender uma luz, você não consegue controlar a velocidade da mudança de posição da tecla, não é mesmo?

Ainda de acordo com a NM 60669 - 1 (ABNT, 2004), os interruptores recebem subclassificações de acordo com os mecanismos que ativam seu funcionamento. O interruptor que comumente encontramos em uso nas unidades consumidoras de energia instalados em circuitos de iluminação pode ser classificado como interruptor de contato por pressão. Isto porque estes são manobrados a partir de uma força externa que atua sobre eles, a qual geralmente será exercida pelo toque de nossos dedos ou mão e, após este contato de pressão, o mesmo ficará acomodado na posição em que foi colocado.

A estrutura básica de um interruptor é composta pelo condutor fase, que levará corrente ao mesmo e um condutor denominado retorno, que fará a ligação entre o interruptor e a(s) lâmpada(s) que este deve acionar. Ao apertarmos a tecla do interruptor, estamos basicamente conectando ou desconectando o condutor fase do condutor retorno (que é ligado à lâmpada). Sendo assim, quando o interruptor está aberto, ou desligado, ele não apresenta conexão do condutor fase com o condutor retorno. Um interruptor fechado apresentará conexão entre o condutor fase e o retorno, possibilitando assim a passagem de corrente até a lâmpada e, consequentemente, seu funcionamento. Essa ligação promovida entre fase e retorno se dá através de um contato metálico móvel, que será manobrado às posições de conexão e desconexão a partir do movimento da tecla do interruptor. Ele funciona de maneira análoga a uma gangorra (CRUZ; ANICETO, 2013).

No que diz respeito à estrutura de instalações desses elementos, o condutor fase, o que chega ao interruptor, provém do quadro de distribuição. O condutor de retorno, por sua vez, será consolidado como aquele que promove a ligação da lâmpada ao interruptor. Este condutor será responsável pela condução de corrente do condutor fase ligado ao interruptor quando o mesmo estiver fechado. Na lâmpada, pelo lado oposto da entrada do retorno, entra também o condutor neutro, que provém do quadro de distribuição e fecha o circuito, possibilitando a diferença de potencial que fará a corrente acontecer (CRUZ; ANICETO, 2013).

Podemos fazer uma alusão para compreendermos melhor esse funcionamento. Considere que estamos falando do sentido convencional da corrente e a pilha como o quadro de distribuição. O condutor fase seria o que sai do lado direito da pilha e chega ao interruptor (dispositivo de seccionamento). O retorno é o condutor compreendido no trecho entre o interruptor e a lâmpada e o neutro é o que chega à lâmpada pelo lado esquerdo provindo da pilha (que representa o quadro de distribuição).



INOVA\_61\_2024\_F034

<Leg: Representação de circuito de iluminação seccionado.>

Quando o contato metálico móvel toca a base da estrutura em que está inserido, a corrente que provém do quadro passa por ele, pelo condutor de retorno e chega à lâmpada. No caso, como este contato está aberto, não é possível que a corrente transite até a lâmpada, que é o que ocorre quando o interruptor está “desligado”.

Dessa forma, o condutor vivo, ou seja, condutor fase, sempre deverá ser seccionado pelo dispositivo de comando (interruptor) e o condutor neutro não passará pela estrutura do interruptor (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

O contato entre as estruturas do interruptor e os condutores que o fazem funcionar é feito através de terminais de conexão, que basicamente são parafusos ou furos nos quais as pontas dos condutores são fixadas. Para que a condução ocorra, é importante que essas pontas estejam livres de isolamento, ou seja, os cabos ou fios que constituem os condutores de fase e retorno devem ter suas extremidades desencapadas em cerca de 5mm (0,5cm) (CRUZ; ANICETO, 2013).

E se o interruptor for utilizado como dispositivo de comando em um sistema de alimentação bifásico? Nesse caso, o interruptor será bipolar, ou seja, apresentará dois pólos de entrada, para as duas fases, e dois pólos de saída, para os dois retornos, de modo que cada um conduza a corrente inerente a uma fase. No aparelho acionado pelo respectivo conector, que pode inclusive ser uma lâmpada bipolar, não haverá entrada de neutro e sim, apenas, dos dois retornos referentes às duas fases, gerando, assim, uma tensão entre ambas (CAVALIN; CERVELIN, 2006). Outra situação comum é quando o mesmo interruptor aciona mais de uma lâmpada. Nesses casos, as lâmpadas devem ser ligadas em série ao retorno que provém do interruptor, ou seja, precisam ser todas interligadas ao mesmo retorno (CRUZ; ANICETO, 2013).

Existe ainda a possibilidade de um interruptor possuir mais de uma tecla (ou seção) de acionamento, em que cada tecla aciona uma luz diferente. Nessas situações, entra apenas um condutor fase no sistema, que é interligado de modo a abastecer os dois terminais de conexão; todavia, para cada lâmpada, sai um retorno distinto.

Compreendido como é o mecanismo de funcionamento básico de um interruptor, é necessário pensar também em sua disposição física nos projetos de instalações elétricas, de modo que sejam esses funcionais e perfeitamente integrados aos ambientes que compõem.

E é a partir das diferentes demandas de acionamento ou desligamento de circuitos de iluminação que fazemos usos de três tipos distintos de interruptores: os simples, os paralelos e os intermediários. Vamos conhecê-los e entender quando utilizar cada um?

**Interruptores simples**

Os interruptores simples são os de composição mais básica existente nos quais as lâmpadas a ele ligadas só poderão ser acesas e apagadas através dele, ou seja, funcionam a partir de um único ponto de comando (CAVALIN; CERVELIN, 2006; CARVALHO JUNIOR, 2018).

Este tipo de interruptor é muito utilizado e, quando possui apenas uma seção (ou tecla) apresentará apenas dois pólos: um de entrada da fase e outro de saída do retorno, ligado até a lâmpada. No entanto, podem apresentar mais de uma tecla, de modo que os pólos de entrada de todas essas sejam alimentados pela mesma fase e os pólos de saída caracterizem retornos distintos para lâmpadas distintas. Ao acionar a tecla do interruptor, o condutor fase será conectado ao condutor de retorno a partir do contato metálico móvel (CARVALHO JUNIOR, 2018).

**Interruptores paralelos**

Os interruptores paralelos são utilizados quando há a demanda de realizar o comando de uma lâmpada (ou um segmento delas) a partir de dois pontos distintos. Dessa maneira, os interruptores paralelos funcionarão apenas em duplas (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

As estruturas desses interruptores funcionam através de três pólos (parafusos de conexão) distintos em cada uma, por isso também são conhecidos pela expressão em inglês “three ways” que, em tradução livre, significa “três caminhos”. O condutor fase será sempre ligado ao pólo central do primeiro interruptor, nos outros dois pólos restantes (de extremidade) serão conectados dois retornos, todavia, estes não terão ligação direta com a lâmpada, mas sim, com os dois pólos extremos do segundo interruptor paralelo. Por fim, o terceiro pólo do segundo interruptor, será conectado diretamente à lâmpada através de um retorno. Essas conexões entre os dois interruptores através de dois retornos possibilitam que a lâmpada seja acesa ou apagada por qualquer um dos dispositivos, pois quando qualquer um dos interruptores é aberto (desligando o circuito) a corrente não chega até o retorno da lâmpada. Já quando qualquer um dos dispositivos é fechado, a corrente chega até o retorno da lâmpada, pois os interruptores estão ligados através de dois retornos distintos, de modo que um sempre possibilitará a transição da corrente independente de qual interruptor tenha sido acionado (CRUZ; ANICETO, 2013).

A nomenclatura como interruptores paralelos se dá em virtude do fato de que os pólos centrais sempre estarão em posições paralelas, porém não estarão interligados diretamente. Estes pólos são chamados de terminais comuns e, no primeiro interruptor, será a ele ligado o condutor de fase e, no segundo, o condutor de retorno direto para a lâmpada (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

**Interruptores intermediários**

Os interruptores intermediários serão utilizados sempre que se tiver interesse em comandar uma lâmpada, ou algum segmento, por três ou mais pontos diferentes. O funcionamento deste tipo de interruptor sempre ocorrerá entre dois interruptores paralelos, por isso são chamados de intermediários. Podendo ser instalados em quantidades distintas, desde que obedeça sempre à condição mencionada (CAVALIN; CERVELIN, 2006). Tais dispositivos são compostos de quatro terminais de conexão, sendo assim também conhecidos como “four ways” que, em inglês, quer dizer “quatro caminhos”, aos quais sempre serão ligados condutores de retorno, provindos dos condutores paralelos das extremidades e/ou de outros condutores intermediários. Esses são estruturados em duas linhas de modo que possibilite que a ligação se faça de maneira cruzada (semelhante a um “X”) ou de maneira paralela. A partir disso, a corrente pode ser passada ou interrompida, a depender também da disposição dos interruptores paralelos que fazem parte da composição (CRUZ; ANICETO, 2013).

## INÍCIO DA SEÇÃO **<RESUMINDO>**

Neste capítulo, vimos que os interruptores são dispositivos que controlam a ligação ou desconexão de um circuito elétrico, interrompendo o fornecimento de corrente ao separar os contatos metálicos móveis. Eles são compostos pelo condutor de fase, que vem do quadro de distribuição, e pelo condutor de retorno, que liga o interruptor à lâmpada. O condutor neutro é conectado à lâmpada pelo outro lado. Ao acionar o interruptor, os condutores de fase e retorno são conectados, ligando ou desligando o circuito. Existem três tipos de interruptores: simples, paralelos e intermediários.

# **UNIDADE 03 - OBJETIVOS DA UNIDADE**

Olá. Seja muito bem-vindo à Unidade 3. Nosso objetivo é auxiliá-lo no desenvolvimento das seguintes competências profissionais até o término desta etapa de estudos:

1. Identificar circuitos de distribuição e terminais.

2. Desenhar projetos de aterramento de sistemas elétricos de baixa tensão.

3. Distinguir e aplicar componentes de instalação, como caixas e eletrodutos.

4. Manusear cabos de instalação, aplicando técnicas de passagem, isolamento, conectorização, entre outros.

Então? Preparado para uma viagem sem volta rumo ao conhecimento? Ao trabalho!

# **UNIDADE 03 - Capítulo 01 -Circuitos Elétricos de Distribuição e Terminais**

## INÍCIO DA SEÇÃO **<TEXTO>**

Imagine que uma tomada de sua casa precisa ser substituída e, por segurança, obviamente precisa estar desenergizada durante a troca. O procedimento que se faz é se direcionar ao quadro de distribuição e seccionar o fornecimento de energia. Porém, é possível que a tomada não tenha fornecimento de energia e a iluminação de sua residência continue funcionando? Qual a importância disso?

Transferindo esta mesma situação para uma indústria, podemos compreender de maneira ainda mais clara: imagine que uma tomada de utilização comum no pátio de produção deu problema e precisará ser substituída. Não seria um baita prejuízo se todos os equipamentos precisassem ter o fornecimento de energia interrompido, afetando assim a produção, para a troca de apenas uma tomada?

Isso só é possível graças aos circuitos elétricos.

## INÍCIO DA SEÇÃO **<DEFINIÇÃO>**

Os circuitos elétricos são, basicamente, rotas ou linhas através das quais ocorrerá a distribuição de energia elétrica em uma edificação, sendo estes compostos de pontos de consumo que são abastecidos por condutores comuns que apresentam, consequentemente, o mesmo dispositivo de proteção.

## FIM DA SEÇÃO **<DEFINIÇÃO>**

Os circuitos são ramificações que possibilitam a condução de energia elétrica através de caminhos definidos e seguros, visando a atender as potências previstas Eles sempre se desenvolveram a partir de uma origem, que também compõe a instalação (CARVALHO JUNIOR, 2018). De acordo com a forma como se organizarão e a origem de abastecimento que irá alimentar os circuitos, estes podem receber classificações distintas. Vamos conhecê-las?

**Classificações dos Circuitos em Virtude de sua Organização Física e Fontes de Abastecimento**

Fazendo mais uma analogia, se pensarmos em uma cidade, munida de várias vias, o acesso a diversos pontos desta é possibilitado por suas respectivas vias, ou seja, só é possível acessar um ponto específico, transitando pela via na qual está localizado.

Caso um ponto precise ser isolado, basta interditar a via de acesso a este, todavia, a cidade continua funcionando.

Porém, se pensarmos em uma rua sem saída e um ponto de seu início precisar ser isolado, todos os pontos restantes também serão. A partir destas analogias, podemos enxergar as duas classificações distintas que se aplicam a circuitos elétricos do ponto de vista de sua organização física e de interligação: circuitos em série e circuitos em paralelo. Vamos entender como os exemplos citados se relacionam a estes conceitos inerentes aos circuitos elétricos?

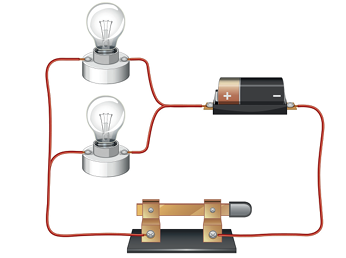
Os circuitos em série são aqueles em que todos os elementos são ligados de maneira segmentada, ou seja, seguindo uma mesma “linha”, que provém da fonte de alimentação. Desse modo, é comum enxergarmos estes circuitos pensando que, suas representações, ao serem abertas, se esticam formando uma linha única. Desta maneira, a corrente elétrica é conduzida através de um único caminho, abastecendo de forma proporcional e ordenada todos os pontos ligados ao circuito. Isto é, se um circuito possuir três pontos a serem abastecidos, o terceiro só será eletrizado após o primeiro e o segundo terem sido e antes do quarto ponto. Consequentemente, se um dos pontos apresentar um problema que interrompa a corrente elétrica, todos os outros subsequentes a este também terão a corrente interrompida, pois são dependentes (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Este tipo de circuito não é funcional às instalações elétricas prediais, em virtude do nível de interferência que um ponto tem ao outro. Já imaginou se todas as vezes que queimasse uma lâmpada em sua casa não houvesse mais abastecimento de energia em nenhum outro ponto de luz ou tomada?

Na analogia que fizemos com relação às vias de uma cidade, o circuito em série seria representado pela sua sem saída, em que tudo se dá em decorrência de um único caminho e qualquer interdição impossibilita seu uso.

Já os circuitos em paralelo são aqueles em que a corrente elétrica encontra mais de um caminho para chegar até os pontos, ou seja, todos os elementos que o compõem se encontram interligados paralelamente à fonte de energia não possibilitando a composição de uma linha reta caso o circuito seja desmembrado. Isso possibilita que, caso algum ponto do circuito deixe de operar em virtude do não abastecimento de energia, as outras partes funcionem (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

A imagem ilustra uma representação simplificada de circuitos ligados em paralelo à fonte de energia que os alimenta, observe que caso um ponto seja interrompido os outros seguem ligados à fonte e funcionando, não tendo, assim, a passagem de corrente elétrica interrompida.



INOVA\_61\_2024\_F041

<Leg: Representação esquemática de circuitos ligados de maneira paralela>

Além das classificações de circuitos como em série ou paralelo, a depender do modo como se ligam fisicamente à fonte de energia, esses ainda podem ser classificados de acordo com o(s) tipo(s) de fonte de abastecimento em que serão atendidos – circuitos essenciais e não essenciais.

Os circuitos de caráter essencial são aqueles em que há possibilidade de alimentação através de mais de uma fonte de abastecimento de energia, de modo que, quando uma falha, a outra abastece o sistema. Eles possuem uma fonte de geração própria, como pilhas, baterias ou até mesmo geradores (CREDER, 2016). Imagina se acaba a energia de um hospital no meio de uma cirurgia? Neste tipo de estrutura, obrigatoriamente, os circuitos são de caráter essencial abastecidos por mais de uma fonte, geralmente, concessionária e gerador.

Já os circuitos de caráter não essenciais são aqueles abastecidos por uma única fonte de energia, como a rede de distribuição de energia elétrica, por exemplo. De modo que, caso não haja o abastecimento, o funcionamento do sistema é interrompido (CREDER, 2016).

Além das classificações mencionadas, uma principal se dá em virtude da funcionalidade dos circuitos elétricos, ou seja, com aquilo que irão abastecer, podendo estes serem definidos como circuitos de distribuição ou circuitos terminais.

**Circuitos de Distribuição**

Basicamente, os circuitos elétricos de distribuição são aqueles que irão se originar no padrão de entrada de energia elétrica da unidade consumidora (mais especificamente, no quadro de medição) e tem por função conduzir a corrente elétrica até os quadros de distribuição localizados no interior das edificações, a partir dos quais os circuitos internos serão concebidos. Logo, estes devem ser dimensionados de modo a atenderem às várias cargas simultâneas (CARVALHO JUNIOR, 2018; CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Além disso, tais circuitos podem ser classificados em principal ou divisionários, de modo que o circuito de distribuição principal é aquele que possui conexão direta ao quadro de medição, por intermédio do ramal de distribuição e os divisionários são os que interligam quadros de distribuição parciais, ou seja, quando a edificação necessita da instalação de mais de um quadro de distribuição (CARVALHO JUNIOR, 2018; CRUZ; ANICETO, 2013).

**Circuitos Terminais**

Os circuitos terminais caracterizam-se como aqueles que irão se originar a partir do quadro de distribuição e alimentar diretamente os pontos de utilização de energia elétrica, que se consolidam em pontos de iluminação, tomadas de uso geral (TUG) e tomadas de uso específico (TUE).

A composição de um circuito terminal é compreendida desde o dispositivo de segurança (disjuntor) em que se consolida o início do mesmo no quadro de distribuição, até os condutores e dispositivos de alimentação, manobra e seccionamento para utilização, como tomadas e interruptores (CARVALHO JUNIOR, 2018).

**Especificações Mínimas para Divisão e Composição de Circuitos Terminais**

A NBR 5410 (ABNT, 2008) impõe que os circuitos terminais devem ser divididos a fim de garantir: a segurança da instalação (de modo a não haver risco de sobrecorrentes, fuga de corrente nem desativação em caso de não funcionamento de outros circuitos); a conservação de energia (ou seja, não sejam superdimensionados); a funcionalidade (possibilitando o acionamento de ambientes distintos através de circuitos distintos, bem como suas manutenções independentes); a produção, de modo que, em linhas produtivas, o funcionamento de um circuito ocorra de maneira contínua e não seja interrompido em virtude de outro; e a manutenção.

Além da divisão entre circuitos de iluminação e tomada, é imposto por norma que estes também sejam distribuídos de acordo com os ambientes, sendo ideal que atendam separadamente áreas íntimas (como quartos e salas) de áreas de serviço, como cozinhas, copas e lavanderias. (ABNT, 2008)

Cruz e Aniceto (2013) afirmam que o ideal é que a corrente máxima atuante em circuitos elétricos de tomadas de uso geral e iluminação se limite a, aproximadamente, 10 amperes (A). Com isso, os circuitos instalados em tensões de 127 V atenderiam a potência máxima de 1270 W e os limites instalados em tensões de 220V seriam capazes de atingir potência máxima de 2200 W. Tal afirmativa é concordante com o que estabelece a NBR 5410 (ABNT, 2008), a qual especifica que aparelhos elétricos operem a correntes superiores a 10A e devem possuir circuitos independentes e exclusivos ao seu funcionamento, caracterizando-se assim como pontos de tomadas de uso específico. Exemplos destes pontos são os chuveiros elétricos e aparelhos de ar-condicionado.

A NBR 5410 (ABNT, 2008, p. 184) especifica, ainda, que “todo circuito terminal deve ser protegido contra sobrecorrentes por dispositivo que assegure o seccionamento simultâneo de todos os condutores de fase”.

No que diz respeito aos condutores neutros, a NBR 5410 (ABNT, 2008) impõe que cada circuito tenha o seu e que estes apresentem seção igual à dos condutores de fase, podendo estas serem reduzidas apenas se o condutor fase apresentar seção transversal superior a 35mm². O condutor de proteção (terra), por sua vez, pode ser compartilhado entre circuitos distintos, desde que sua seção seja compatível com a maior seção de condutor fase que protege, podendo esta ser reduzida, caso o condutor fase apresente seção transversal superior a 16mm². Tais reduções também devem seguir a preceitos detalhados na referida norma.

## INÍCIO DA SEÇÃO **<RESUMINDO>**

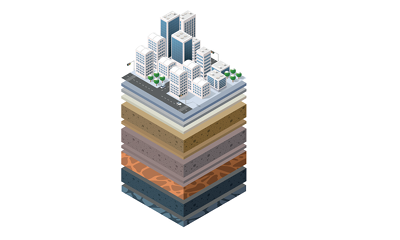
Neste capítulo, aprendemos sobre o funcionamento dos circuitos elétricos nas instalações. Os circuitos podem ser configurados em série, onde a corrente segue um único caminho e uma falha afeta todo o sistema, ou em paralelo, onde os pontos são independentes, permitindo que falhas em um não afetem os outros. Vimos que circuitos essenciais, como os de hospitais, possuem fonte de energia própria, enquanto os não essenciais dependem de uma única fonte. Também aprendemos sobre os circuitos de distribuição, que alimentam quadros, e os terminais, que conectam diretamente aos pontos de uso. Por fim, ressaltamos a importância de separar circuitos de iluminação dos de tomadas e garantir que sejam projetados com segurança e eficiência.

# **UNIDADE 03 - Capítulo 02- Aterramento de Sistemas Elétricos**

## INÍCIO DA SEÇÃO **<TEXTO>**

Você já ouviu falar que “andar descalço na terra é bom para liberar energia”? Sabia que este “aconselhamento” popular tem um fundamento que, inclusive, se aplica às instalações elétricas? Mas, o que faz essa “desenergização” ocorrer junto à terra? Vamos compreendê-la!

Antes de qualquer coisa, é importante entendermos que terra é a porção de solo que pode ser compreendido, no setor da construção civil, como o material da crosta terrestre composto de partículas sólidas e vazios (ar e água) que servem como base para a consolidação de diversos serviços inerentes ao setor (como edifi cações, túneis, estradas, rodovias, dentre outros). Além disso, os solos podem possuir diversas camadas distintas em um mesmo ponto sob diferentes profundidades, que assim se formam em virtude dos processos que o originou (PINTO, 2002).



INOVA\_61\_2024\_F048

<Leg: Os solos são compostos de camadas distintas, sobre as quais apoiamos as estruturas que construímos>

Por se tratar de um corpo de grande volume e características específicas, o solo (ou terra) pode ser visto como um condutor elétrico natural de excelente desempenho, sendo capaz de dissipar e neutralizar com muita facilidade cargas elétricas (tanto positivas, quanto negativas) dispensadas por corpos externos, porém em contato com este. Em virtude da variabilidade de formação e partículas constituintes, os solos apresentarão diferentes valores de resistividade elétrica, todavia, solos considerados bons condutores apresentam resistividade da ordem de 50 a 100 Ω.m (CARVALHO JUNIOR, 2018; CRUZ; ANICETO, 2013).

## INÍCIO DA SEÇÃO **<IMPORTANTE>**

A resistividade elétrica é a medida capaz de definir o quanto um material é resistente à passagem de corrente. Representada pela letra grega ⍴ (rho), seu valor se dá em Ω.m - lê-se ohm vezes metro, (FERREIRA, 2017)

## FIM DA SEÇÃO **<IMPORTANTE>**

De maneira técnica, o aterramento se trata de uma ligação intencional e condutiva realizada entre sistemas elétricos e o solo, com o intuito de dissipar possíveis sobrecargas ou fugas de corrente que podem ocorrer em virtude de eventos anormais ao funcionamento. Evitando, assim, acidentes com pessoas e danos materiais (CARVALHO JUNIOR, 2018; CRUZ; ANICETO, 2013).

Os eletrodos que compõem sistemas de aterramentos são considerados com infraestruturas e, em virtude disso, integram-se como parte das edificações. Todavia, apesar da evidente importância que apresentam, tais sistemas ainda são negligenciados e não executados por profissionais responsáveis pela projeção e concepção de instalações elétricas, de modo a propiciar eminente risco a acidentes elétricos com vítimas (CAVALIN; CERVELIN, 2006; CARVALHO JUNIOR, 2018).

**Os Tipos de Aterramentos em Virtude de suas Funcionalidades**

O aterramento funcional, como o próprio nome diz, irá possibilitar o funcionamento do sistema elétrico, garantido o fornecimento de corrente aos equipamentos e a segurança de tais operações (CRUZ; ANICETO, 2013).

No aterramento funcional ocorre a ligação de um dos condutores do sistema à terra de modo a garantir a segurança e o funcionamento da instalação. Em suma, este condutor será neutro, de modo que, ao estar aterrado, irá garantir sua descarga e, com isso, ao apresentar corrente nula, irá promover a diferença de potencial junto ao condutor fase, gerando a tensão elétrica. Isso garante a promoção de um funcionamento correto para a alimentação dos equipamentos estabilizando as tensões de fornecimento e das instalações (CARVALHO JUNIOR, 2018; CRUZ, ANICETO, 2013).

O aterramento de proteção, por sua vez, consiste na ligação à terra de massas condutoras, visando garantir o impedimento de riscos de choque por contato indireto dos usuários das instalações elétricas (CARVALHO JUNIOR, 2018).

Mas, o que seriam essas massas condutoras? Basicamente, são estruturas metálicas que não pertencem às instalações elétricas, mas que, diante de uma fuga de corrente, podem se eletrizar oferecendo risco a quem as toca. Um exemplo são as carcaças de eletrodomésticos como geladeiras, máquinas de lavar roupa, chuveiros, dentre outros (CRUZ; ANICETO, 2013; CAVALIN; CERVELIN, 2006).

## INÍCIO DA SEÇÃO **<IMPORTANTE>**

Vale lembrar que os choques elétricos ocorrem através de dois tipos de contato: o direto e o indireto. O choque por contato direto é aquele que se dá em virtude do contato do usuário a uma parte da instalação que normalmente é energizada. O choque por contato indireto, entretanto, é o que ocorre quando um elemento que normalmente não é energizado (como a carcaça metálica de eletrodomésticos) se energiza por uma falha de isolamento, provocando a descarga elétrica inesperada e imprevisível ao usuário (CAVALIN; CERVELIN, 2006). Desta maneira, os choques elétricos por contato indireto tendem a fazer mais vítimas e, por isso, é tão importante o aterramento de proteção a essas massas.

## FIM DA SEÇÃO **<IMPORTANTE>**

Por fim, o aterramento de trabalho caracteriza-se como aquele que é executado de forma provisória, apenas para garantir a segurança em trabalhos de manutenção às instalações ou para o aterramento de equipamentos (CRUZ; ANICETO, 2013).

**Equipotencialização**

Outro princípio visado pelos sistemas de aterramento elétrico, imposto pela NBR 5410 (ABNT, 2008) , é o da equipotencialização das massas.

## INÍCIO DA SEÇÃO **<DEFINIÇÃO>**

A NBR 5410 (ABNT, 2008, p. 7) define equipotencialização como “procedimento que consiste na interligação de elementos especificados, visando obter a equipotencialidade necessária para os fins desejados” e ainda afirma que esse recurso atua na proteção contra choques elétricos, sobretensões e perturbações eletromagnéticas.

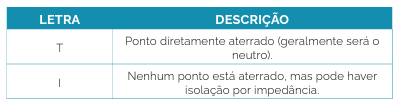
## FIM DA SEÇÃO **<DEFINIÇÃO>**

A equipotencialização visa tornar os potenciais elétricos equivalentes, ou seja, interliga as massas, objetivando anular o potencial que existe entre elas. Lembre-se de que, a partir da diferença de potencial, teremos tensão elétrica; e a partir da tensão teremos corrente. É a corrente elétrica de fuga (externa aos elementos) que provoca o choque elétrico. Dessa maneira, ao interligar todas as massas e anular a tensão sobre elas, o risco da atuação de uma diferença de potencial (tensão) é minimizado.

**Esquemas de Aterramento**

Os sistemas de aterramento, ou seja, as formas como estes se consolidam são esquematizados de acordo com a situação de aterramento dos condutores de alimentação, das massas e, em alguns casos, da forma como se apresentam os condutores neutro e de proteção. A NBR 5410 impõe que tais sistemas sejam representados por siglas, codificadas por duas letras principais (descrevendo o aterramento da alimentação e das massas, respectivamente) e por letras auxiliares (que descrevem a situação do neutro em relação ao condutor de proteção) (CRUZ; ANICETO, 2013).

A primeira letra que aparece em uma sigla de sistema de aterramento diz respeito à situação em que a alimentação, ou seja, os condutores de alimentação se encontram em relação à terra (ABNT, 2008).

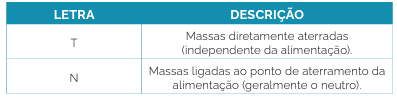


INOVA\_61\_2024\_F092

<Leg: Situação da alimentação em relação à terra

cotas:LETRA T I DESCRIÇÃO Ponto diretamente aterrado (geralmente será o neutro). Nenhum ponto está aterrado, mas pode haver isolação por impedância.>

Já a segunda letra é referente à situação das massas em relação à terra .



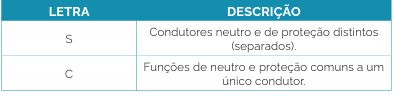
INOVA\_61\_2024\_F093

<Leg: Situação da alimentação em relação à terra

cotas:T I DESCRIÇÃO Ponto diretamente aterrado (geralmente será o neutro). Nenhum ponto está aterrado, mas pode haver isolação por impedância.>

É importante ressaltar que quando a referida norma menciona o termo “massas” não faz alusão à quantidade de massas nem a suas disposições, ou seja, o seu aterramento é visto de maneira generalizada, desde que esteja de acordo com o descrito.

As letras complementares que podem compor a codificação de esquemas de aterramento dizem respeito aos condutores neutro e proteção (terra).



INOVA\_61\_2024\_F094

<Leg: Situação dos condutores neutro e de proteção

cotas:LETRA S DESCRIÇÃO Condutores neutro e de proteção distintos (separados). C Funções de neutro e proteção comuns a um único condutor.>

A partir disso, consolidam-se os sistemas em:

• Esquema TT: Em esquemas de aterramento com aterramentos individuais para a alimentação e as massas, ambos são diretamente conectados à terra. O neutro da alimentação é aterrado, assim como as massas por meio de eletrodutos específicos. Como as correntes de fuga são minimizadas, é necessária a instalação de dispositivos diferenciais residuais (DR), pois, embora essas correntes sejam pequenas e não acionem disjuntores termomagnéticos, ainda podem causar choques elétricos.

• Esquema TN: O esquema TN, o mais comum em unidades consumidoras, apresenta um ponto de alimentação aterrado com as massas ligadas a ele. Ele pode ser subdividido em: TN-S, com condutores neutro e de proteção separados; TN-C, com um único condutor (PEN) que faz as funções de neutro e proteção; e TN-S-C, que combina condutores separados e um condutor comum. Como a corrente é dissipada por uma única conexão à terra, esse sistema pode interromper o circuito com disjuntores termomagnéticos, mas é recomendada a instalação de dispositivos DR. O uso desse esquema não é aconselhado em locais com alta carga inflamável.

• Sistema IT: Esse tipo de esquema de aterramento não possui um ponto de alimentação diretamente aterrado, mas sim assegurado por uma impedância que limita a passagem de corrente, enquanto as massas são diretamente aterradas por um eletrodo. Esse sistema é geralmente utilizado em circuitos complexos que não podem ser desligados instantaneamente, como em hospitais e indústrias.

A estrutura através da qual se consolida a ligação do sistema de aterramento de forma direta com a terra é denominada eletrodo de aterramento. Desta maneira, é através do eletrodo de aterramento ocorre a transmissão efetiva da carga elétrica para a terra (CRUZ; ANICETO, 2013).

A NBR 5410 (ABNT, 2008) especifica que toda edificação deve contar com eletrodos de aterramento, aos quais serão conectados os condutores de proteção e equipotencialização. A referida norma aponta que podem ser utilizados como eletrodos de aterramento:

• As próprias armaduras de concreto das fundações. Considerando que o concreto armado é constituído por aço e concreto e que as fundações estão em contato direto com o solo, as quais podem ser instrumentos de aterramento. Em virtude do fato de compor toda a base de uma edificação, esta é a opção mais indicada pela NBR 5410, todavia, sua utilização enquanto eletrodo de aterramento deve ser prevista antes da execução da obra, de modo a possibilitar a instalação de condutores de ligação a estes.

• Fitas, cabos ou barras metálicas imersas no concreto das fundações. Quando se opta em adicionar um eletrodo específico nas fundações, diferentes da própria armadura, devendo este ser de cobre nu.

• Malhas metálicas enterradas no nível das fundações por toda extensão de área da edificação, podendo estas, se necessário, serem complementadas por hastes verticais.

• Anel metálico no entorno de todo o perímetro da edificação, composto de condutores de cobre nu e podendo ser complementado por hastes verticais de cobre. Essa solução pode ser executada após a conclusão da obra.

Além disso, uma solução comumente aplicada para o aterramento elétrico das instalações e massas é a utilização de hastes verticais, geralmente compostas de cobre nu, com comprimentos de 2,40m e 3,00m e diâmetros da ordem de 15mm, podendo ser instaladas de maneira isolada, não isolada e em série, de modo que o número de hastes e o distanciamento entre elas dependam das demandas do projeto. Também é comum a formação de malhas ou polígonos em áreas anexas às edificações que protegem (CRUZ; ANICETO, 2013).

Além dos componentes de contato direto com o solo, é importante a promoção da equipotencialidade das massas inerentes à edificação. Esta equipotencialidade é promovida por meio do Barramento de Proteção Equipotencial (BEP). Geralmente instalado no quadro de distribuição, este barramento é composto de cobre e interliga todos os condutores de proteção (terra) do sistema e é imposto de maneira obrigatória pela NBR 5410 (ABNT, 2008).

Independente do esquema de aterramento aplicado e do tipo de eletrodo que promoverá o contato deste com a terra, toda edificação deve contar com condutores de proteção.Quando o condutor de proteção (PE) assume também o papel de neutro (N) este passa a ser abreviado como PEN. A equipotencialização entre as massas ligadas a tais condutores só é possível quando todos se associam ao barramento equipotencial (ABNT, 2008; CRUZ; ANICETO, 2013).

Um bom projeto de aterramento deve ser constituído de modo a conduzir da maneira mais eficiente possível as correntes elétricas à terra. Essa condução será facilitada quando o sistema de aterramento apresentar a menor resistência elétrica possível. Creder (2016) afirma que bons sistemas de aterramento apresentam resistência de ordem inferior a 10 Ω, todavia, a essa baixa resistência deve também ser prezada a equipotencialização do sistema.

A definição do número de hastes ou das características do formato e das dimensões de uma malha de aterramento envolve cálculos complexos e materiais de análise específicos. Isso porque a primeira etapa da concepção de um esquema de aterramento é a identificação da resistividade do solo, a partir de sua estratificação e leitura de resistência elétrica do mesmo com o uso de um equipamento denominado terrômetro. A partir disso, então, são dimensionados os eletrodos de aterramento, em compatibilidade com a disposição que o solo apresentará para receber as descargas elétricas provindas do sistema (CREDER, 2016).

Quando o aterramento se constitui a partir das fundações da edificação, seu projeto será semelhante ao projeto de fundações, devendo conter especificações da disposição dos elementos (como vigas baldrame e fundações, sejam elas rasas ou profundas), especificando-se os pontos de ancoragem dos condutores de aterramento.

Quando o projeto se resume à instalação de hastes independentes dispostas de maneira paralela (em linha), ele deve dispor o comprimento de cada haste e o distanciamento entre as mesmas. Cotrim (2009) afirma que, geralmente, o distanciamento entre hastes adotado possui dimensão igual ou superior ao comprimento das mesmas, ou seja, se uma haste possui 2,40 m de extensão, a outra haste de mesmo tamanho deve ser disposta a 2,40 m de distância desta.

Na disposição em malhas, o projeto consiste em especificar o tamanho das malhas, as respectivas aberturas e disposição. Considerando que a interligação das malhas se dá por polígonos fechados (formas geométricas, geralmente triângulos, quadrados ou retângulos), combinando o uso de hastes em suas extremidades (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Além disso, para que eletrodos de aterramento sejam considerados independentes, ou seja, não recebam ou exerçam influência em outros eletrodos estes devem ser dispostos a uma distância cinco vezes maior do que a maior dimensão do sistema (COTRIM, 2009).

A disposição em anel corresponde, basicamente, ao desenho do anel de aterramento no entorno da edificação. Dessa maneira, o projeto consiste em especificar o posicionamento deste em todo o perímetro do projeto (pode ser utilizado o projeto arquitetônico como base). É importante destacar que o anel deve ser disposto a, no mínimo, 0,5m de profundidade e a 1,0m de distância da edificação. Além disso, deve ser previsto o ponto de “ancoragem” do anel ao sistema de barramento equipotencial (ponto de conexão entre o aterramento e o condutor de proteção (CAVALIN; CERVELIN, 2006). Esta é uma solução muito eficiente em reformas ou situações nas quais o aterramento do sistema elétrico precisa ser realizado posteriormente à conclusão da construção.

## INÍCIO DA SEÇÃO **<RESUMINDO>**

Neste capítulo, revisamos o aterramento, que consiste em conectar instalações elétricas e massas metálicas à terra para dispersar correntes de fuga e sobrecargas. O aterramento pode ser funcional, garantindo o funcionamento seguro do sistema, ou de proteção, evitando riscos quando massas metálicas se energizam. Os esquemas de aterramento são classificados como TT, TN, TN-S e TN-S-C, codificando a forma como o sistema é estruturado. Os eletrodos de aterramento podem ser hastes, malhas ou anéis, com o projeto considerando a distância adequada entre os elementos e as características do solo para garantir segurança. Os anéis devem ser instalados ao redor da edificação com profundidade e distâncias mínimas.

# **UNIDADE 03 - Capítulo 03**

# **Componentes de Instalações Elétricas**

## INÍCIO DA SEÇÃO **<TEXTO>**

**Eletrodutos**

Caso não esteja se lembrando deste elemento apenas pelo seu nome, vamos defini-lo melhor.

## INÍCIO DA SEÇÃO **<DEFINIÇÃO>**

Os eletrodutos são tubulações através das quais serão encaminhados os condutores das instalações elétricas, de modo que estes interligam os pontos a serem alimentados entre si e ao quadro de distribuição. Eles configuram proteção tanto aos condutores quanto aos ambientes em que se consolidam as instalações, podendo estes serem embutidos ou aparentes (CARVALHO JUNIOR, 2018; CRUZ; ANICETO, 2012).

## FIM DA SEÇÃO **<DEFINIÇÃO>**

Os eletrodutos consolidam os caminhos, as vias por onde os condutores irão percorrer até chegarem aos pontos que devem alimentar. A proteção mútua mencionada que é promovida por esses elementos ocorre, porque os mesmos protegem os condutores contra corrosão ou danos causados por esforços mecânicos e o meio em que a instalação atende, pois em caso se um aquecimento ou sobrecarga, os condutores estarão abrigados nestas estruturas tubulares que são fabricadas para resistirem da melhor maneira a situações como esta (CAVALIN; CERVELIN, 2006; CARVALHO JUNIOR, 2018).

O fato de a instalação dos eletrodutos poder ser embutida ou aparente é determinante na definição do tipo de eletroduto a ser utilizado e, consequentemente, de todos os outros elementos que terão a função de interligá-los (CRUZ; ANICETO, 2012).

Além da possibilidade de serem embutidos ou aparentes, os eletrodutos podem ainda apresentar elasticidade rígida ou flexível além de classificação leve, média ou pesada no que diz respeito à resistência mecânica, as quais são codificadas pela cor do material. Em suma, a constituição dos mesmos será em metal (aço ou alumínio) ou policloreto de vinila (PVC) (CRUZ; ANICETO, 2012).

A NBR 5410 (ABNT, 2008, p. 120) impõe que “é vedado o uso, como eletroduto, de produtos que não sejam expressamente apresentados e comercializados como tal”, incluindo nota que proíbe a utilização de elementos classificados como mangueiras, à estas instalações. A partir disso verifica-se que a escolha e utilização destes materiais devem seguir critérios técnicos rigorosos.

**Eletroduto de PVC Flexível**



INOVA\_61\_2024\_F056

<Leg: Eletroduto de PVC flexível leve>

Os eletrodutos flexíveis de PVC, com superfície corrugada, oferecem grande flexibilidade e resistência ao amassamento. Feitos de material autoextinguível, são mais seguros em caso de incêndio, retardando a combustão e emitindo menos fumaça. No Brasil, são comercializados em cores diferentes de acordo com suas resistências mecânicas. Os eletrodutos leves (amarelos) são usados embutidos em paredes, pois não são expostos a esforços mecânicos, enquanto os de classificação média, pesada e reforçada (pretos) são usados em pisos, lajes e em instalações externas devido à maior resistência. Essa configuração é a mais comum em instalações residenciais e prediais, com circuitos traçados de forma a evitar cruzamentos, priorizando trajetos curtos entre os quadros de distribuição e os pontos de iluminação.

**Eletroduto de PVC Rígido**



INOVA\_61\_2024\_F057

<Leg: Representação de barras de eletrodutos de PVC rígidos>

Os eletrodutos de PVC rígidos, como o nome indica, não possuem flexibilidade e geralmente são de cor preta com alta resistência. Eles podem ser instalados embutidos ou aparentes, pois não sofrem corrosão por umidade ou ataques químicos, além de serem isolantes. Devido à sua rigidez e dimensões limitadas, possuem extremidades com ou sem rosca para facilitar a soldagem e precisam de caixas de derivação para direcionamento. São amplamente utilizados em instalações industriais, comerciais e laboratoriais, devido à sua resistência química e elétrica, além da facilidade para manutenção e expansões.

**Eletroduto Metálico Flexível**



INOVA\_61\_2024\_F058

<Leg: Corrugações de eletroduto metálico flexível>

Os eletrodutos metálicos flexíveis possuem aplicações restritas. Eles são constituídos por corrugações metálicas, semissobrepostas, tornando-os flexíveis e, além disso, apresentam ainda uma proteção em PVC isolando o metal. Sua utilização se aplica exclusivamente de forma aparente e é interessante, nos casos em que o abastecimento energético é submetido a vibrações, como a ligação de motores (CRUZ; ANICETO, 2012; CAVALIN; CERVELIN, 2006).

**Eletroduto Metálico Rígido**



INOVA\_61\_2024\_F059

<Leg: Eletrodutos metálicos rígidos instalados de forma aparente>

Os eletrodutos metálicos rígidos, compostos de aço-carbono ou alumínio, não possuem flexibilidade, mas suas superfícies são tratadas para minimizar a oxidação. Eles podem ter paredes grossas (pesados) ou finas (leves), sem alteração de cor para codificação. Esses eletrodutos são mais eficazes em instalações aparentes devido à sua alta resistência mecânica, mas não são recomendados para ambientes muito úmidos por causa do risco de oxidação. São amplamente utilizados em ambientes comerciais e industriais, facilitando modificações nas instalações elétricas.

**Utilização de Eletrodutos**

Independente da tipologia e da disposição no ambiente (embutido ou aparente) todos os eletrodutos devem respeitar aos requisitos de ocupação definidos através de taxas impostas pela NBR 5410. Tais taxas se aplicam em virtude da quantidade de condutores projetados para serem conduzidos através do eletroduto e devem ser limitadas a: 53% de ocupação quando o eletroduto abrigar um condutor (ou seja, 47% de sua área interna deve ser livre), 31% quando o eletroduto abrigar dois condutores (ou seja, 69% de área livre) e 40% quando o eletroduto abrigar três ou mais condutores (ou seja, 60% de sua área livre). Este tipo de imposição é importante para que operações de instalação e manutenção sejam feitas com mais tranquilidade e segurança, pois a incidência de área livre, facilita, por exemplo, o processo de enfiação dos condutores nos eletrodutos.

Além disso, levando-se em conta que os eletrodutos interligam os pontos de consumo e o quadro de distribuição a estes, os mesmos devem ser dimensionados de trechos em trechos, tomando como intervalos os pontos onde serão derivados ou encerrados. É importante que, antes da definição das rotas a serem traçadas por eletrodutos, o quadro de distribuição já esteja com local definido para que, assim, essas sejam previstas através das menores distâncias possíveis (CARVALHO JUNIOR, 2018).

No que diz respeito às dimensões, os eletrodutos tendem a apresentar seções circulares em diâmetros, variando de 15 a 100mm, todavia, a NBR 5410 impõe que estes apresentem diâmetro mínimo 16mm. Além disso, a referida norma ainda impõe que os trechos sem interrupções, quando em linha reta, devem apresentar extensão máxima de 15m para instalações internas e 30m para instalações externas. Caso sejam previstas curvas, tais trechos devem ser reduzidos a 3m entre curvas de 90°.

Nesse cenário, uma questão torna-se relevante: quando se faz necessária a realização de manobras de condução, derivação de pontos de alimentação ou a ramificação do eletroduto em mais de um “caminho”? Isso sempre será necessário, a qualquer instalação, e, a partir deste conceito, consolida-se a chamada rede de eletrodutos, que é basicamente a instalação dos eletrodutos em conjunto com acessórios (como caixas de passagem e derivação) de modo a consolidar, enfim, as rotas inerentes à instalação (CRUZ; ANICETO, 2012; CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Agora que você já sabe que a rede de eletrodutos envolve outros acessórios e não apenas as mencionadas tubulações, vamos conhecer esses outros elementos em mais detalhes?

**Caixas de Derivação e Passagem**

As caixas de derivação e passagem são importantes elementos na estruturação de redes de eletrodutos. Isso se dá pelo fato de que estes dispositivos estruturam os pontos de iluminação, tomadas e interruptores e, através dos mesmos, torna-se possível a enfiação dos eletrodutos e o acesso às respectivas emendas dos mesmos e dos condutores, auxiliando em procedimentos de manutenção (CRUZ; ANICETO, 2012).

A NBR 5410 impõe como obrigatório o uso destes elementos em todos os pontos nos quais são consolidadas entradas e saídas de condutores, emenda ou derivação de condutores e sempre que for necessário seccionar a tubulação. A referida especificação técnica impõe, ainda que essas sejam localizadas em fácil acesso e que as emendas de eletrodutos se deem, única e exclusivamente, através do uso destes elementos.

As caixas, assim como os eletrodutos, podem ser de embutir ou aparentes, de modo que tal configuração deve ser compatível à rede que integra, ou seja, se os eletrodutos foram embutidos, as caixas também devem ser, se forem aparentes, as caixas também devem assumir a esta configuração. Podendo, ainda, apresentarem composição metálica ou em PVC, sendo indicadas as caixas de PVC para instalações em paredes e tetos e metálicas para instalações em pisos (CRUZ, ANICETO, 2012; CAVALIN; CERVELIN, 2006).

As caixas podem ser em formato quadrado, retangular, hexagonal ou octogonal, de modo que cada um atende a uma especificidade da instalação.

As caixas quadradas e retangulares devem ser aplicadas para a consolidação de pontos de tomadas e interruptores, além de assumirem o papel de caixas de passagem e inspeção quando há necessidade de emendas ou mudanças de direção. As caixas hexagonais são comumente utilizadas para a instalação de arandelas (luminárias de parede) e, por fim, as caixas octogonais são instaladas nas lajes, de modo a possibilitar a consolidação de pontos de iluminação (CRUZ; ANICETO, 2012; CAVALIN; CERVELIN, 2006).

A NBR 5410 (ABNT, 2008) prescreve que tais caixas sejam munidas de tampas ou, em caso de interruptores e tomadas, sejam fechadas com espelhos. Além disso, estas devem possuir abas que permitam a fixação dos dispositivos de utilização e manobra (tomadas e interruptores). As caixas octogonais instaladas nas lajes devem ter fundo removível e serem dispostas antes da execução de tal elemento.

## INÍCIO DA SEÇÃO **<RESUMINDO>**

Neste capítulo, revisamos os componentes das instalações elétricas e sua importância para garantir segurança e funcionamento adequado. Os eletrodutos são fundamentais para direcionar os condutores até os pontos de uso e podem ser de material metálico ou PVC, rígidos ou flexíveis, embutidos ou aparentes. Em instalações residenciais, são comuns os eletrodutos flexíveis de PVC embutidos, enquanto em instalações comerciais ou industriais, recomenda-se o uso de eletrodutos aparentes. A ocupação interna dos eletrodutos deve seguir normas que estipulam taxas de ocupação baseadas no número de condutores. Também abordamos as caixas de derivação e passagem, essenciais para a fixação de pontos de iluminação, tomadas e interruptores, além de facilitarem a emenda e inserção dos condutores.

# **UNIDADE 03 - Capítulo 04 - Cabos de Instalação Elétrica**

## INÍCIO DA SEÇÃO **<TEXTO>**

A consolidação das instalações elétricas segue uma lógica gradual entre projeto e execução na qual uma etapa é dependente da outra e, por muitas vezes, só pode ser executada após a conclusão da anterior.

Isto se dá em virtude das estruturas dependentes. Em uma analogia, não pode um carro transitar por uma rodovia antes que esta esteja concluída, certo? O mesmo ocorre com as instalações elétricas. Não podem os condutores serem corretos e seguramente dispostos, por meio da enfiação antes que a rede de eletrodutos esteja consolidada, configurando, assim, a estruturação e direcionamento da instalação (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Agora, fazendo um exercício, se alguém te pedisse para pegar um condutor a ser “passado” em uma instalação, qual objeto você pegaria? Um fio? Um cabo? Qual a diferença entre os dois?

Os condutores se apresentam das duas maneiras distintas mencionadas (fios ou cabos) e, por isso, suas aplicações também podem ser diferenciadas (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Os fios são condutores de seção redonda, única e homogênea, formadas por um único maciço de material. Podemos enxergá-los como condutores inteiriços, que apresentam seção transversal única. Em virtude disso, estes condutores tendem a ser rígidos e suas seções transversais limitam-se a 16mm². Eles são aplicados em instalações de circuitos de iluminação, todavia não com tanta frequência, em virtude de um manuseio menos flexível. Porém, apresentam bastante aplicação em seções menores na consolidação de cabos. Geralmente, tais elementos são constituídos em cobre (CRUZ; ANICETO, 2012; CAVALIN; CERVELIN, 206).

Os cabos, por sua vez, constituem-se, basicamente, por um conjunto de fios entrelaçados ou, conforme termos técnicos, encordoados. Sendo assim, a seção transversal de um cabo não apresenta composição única, mas sim uma composição de diversos fios justapostos (CRUZ; ANICETO, 2012).

Por serem constituídos a partir de junções de fios de menores seções e, consequentemente, mais flexíveis, os cabos tendem também a serem flexíveis até cerca de 10mm² (CRUZ; ANICETO, 2012).

Dependendo do modo como os fios são encordoados, eles podem ser classificados em redondos normais, redondos compactos ou flexíveis e extraflexíveis. Os cabos redondos normais apresentam uma formação regular em torno de um fio central, dispostos de maneira mais livres, sendo ideais para aplicações que necessitem de seções superiores a 10 mm².Os redondos compactos, por sua vez, apresentam a mesma formulação, todavia são compactados, ou seja, seus fios são colocados de maneira muito próximas através da execução de um esforço na produção, eliminando os vazios entre eles e, com isso, diminuindo suas seções (também a flexibilidade). A aplicação desses cabos é mais corriqueira em instalações que necessitem de condutores com seções entre 10 e 500 mm². Já os flexíveis e extraflexíveis apresentam composição muito semelhante aos redondos normais (sem compactação), porém são constituídos por fios de seções mais reduzidas, o que possibilita um manuseio muito mais livre. A aplicação destes é muito comum em aparelhos elétricos e eletrônicos e dispositivos de iluminação que tendem a trabalhar de maneira mais livre, como pendentes (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Independente da composição em fios ou cabos, as instalações só admitem que sejam passados pelos eletrodutos e, consequentemente, em todos os circuitos elétricos, condutores isolados. A única estrutura de uma instalação elétrica que admite eletrodutos sem isolamento (também denominados nus) são as de aterramento, em disposições adequadas e devidamente protegidos por eletrodutos isolados quando fora da terra (CREDER, 2016).

Com isso, os condutores devem apresentar camada externa de isolamento de modo a torná-lo inerte ao meio em que está inserido, ou seja, não reagir com outros condutores que sejam passados no mesmo eletroduto, também o proteger desse meio, de modo que as seções condutoras (do cobre ou alumínio) não sofram com intempéries. Tais isolamentos podem ser de caráter termoplásticos (quando se deformam sob efeito de determinadas temperaturas) ou termofixos (quando não se deformam sob efeito da temperatura), sendo o segundo o mais indicado a ser aplicado, pois reduz o risco de propagação de chamas (CAVALIN; CERVELIN, 2006; CRUZ; ANICETO, 2012).

A NBR 5410 (ABNT, 2008) impõe que os cabos ou fios que constituem condutores elétricos de uma instalação devem ser identificados quanto às suas funcionalidades (fase, neutro ou proteção), através de codificação de cores. Além disso, a referida norma especifica seções transversais mínimas admitidas para cada aplicação,



INOVA\_61\_2024\_F095

<Leg: Codificação de cores e seções mínimas impostas aos condutores em virtude de suas funções

cotas:FUNÇÃO Neutro Proteção (PE) Fase e retorno COR Azul-claro Verde ou verde e amarelo SEÇÃO MÍNIMA É a mesma do condutor fase ou reduzida pela metade caso a sua seção seja superior a 25mm². É a mesma do condutor fase ou reduzida pela metade caso a sua seção seja superior a 35mm². Qualquer cor, desde que não seja nenhuma das anteriores 1,5mm² em cobre para iluminação, e 2,5mm² em cobre para tomadas.>

Além disso, a referida norma assevera que, caso o mesmo condutor seja utilizado como neutro e proteção (PEN), ele deve ser azul-claro com anilhas em verde e amarelo. Não é aconselhável a utilização de condutores fase na cor amarela, pois podem ser confundidos com os de proteção, geralmente estes serão pretos, brancos ou vermelhos.

**Enfiação**

Denomina-se como enfiação o procedimento realizado de modo a introduzir os condutores nos eletrodutos. Sendo assim, para que esse procedimento se consolide os eletrodutos devem estar devidamente instalados, de maneira fixa (em caso de eletrodutos embutidos, o acabamento da parede ou teto já deve estar concluído) e limpos internamente (CRUZ; ANICETO, 2012).

Tanto para a limpeza dos eletrodutos quando, para a passagem dos condutores, sejam estes fios ou cabos, se faz uso de um instrumento denominado guia de puxamento (ou passa-fio), que se trata de um segmento de material flexível e de fácil deslizamento (geralmente cabos de aço ou náilon) no qual, em uma extremidade, há uma ponta metálica garantindo certo peso e, na outra, uma espécie de gancho, também metálico, no qual os condutores serão associados (CRUZ; ANICETO, 2012).

Para a limpeza dos eletrodutos, em uma das pontas da guia de puxamento é fixada uma estopa e esta será conduzida em todo o segmento interno dos trechos. Para a passagem dos condutores, eles devem ser conectados à guia, através do gancho em sua ponta ou, quando não é possível, devem ser fixados a esta com auxílio de fita isolante, promovendo a união dos mesmos. O ideal é que o procedimento seja realizado em dupla, e que cada pessoa fique em uma das extremidades do trecho. Inicialmente, a extremidade da guia que não possui os condutores fixados é inserida, até que saia na outra extremidade do trecho. Com isso, o profissional, que está no ponto de recebimento, puxa a guia, de maneira delicada até que os condutores cheguem ao ponto. O profissional que se encontra no “ponto de partida” auxilia na condução, empurrando suavemente a guia e os condutores (CRUZ; ANICETO, 2012).

Conectorização

Após a enfiação, é praticamente inevitável a necessidade de se fazer conexões entre condutores ou outros elementos, seja para expansão dos f ios e cabos, seja para a derivação destes para outros pontos (ramificação). Todavia, é de extrema importância que tais procedimentos sejam feitos apenas quando necessários e de maneira certeira e segura, de modo a evitar danos elétricos e mecânicos aos condutores (CAVALIN; CERVELIN, 2006). Tais especificações são descritas pela NBR 5410 (ABNT, 2008, p. 116): “as conexões de condutores entre si e com outros componentes da instalação devem garantir continuidade elétrica durável, adequada suportabilidade mecânica e adequada proteção mecânica”.

Em virtude do fato de promoverem uma intervenção no segmento do condutor, assume-se, nestes pontos, o risco de perda de condutividade elétrica e resistência à tração na ordem de 20% (CAVALIN; CERVELIN, 2006; CRUZ; ANICETO, 2012).

No que diz respeito às emendas entre condutores, estas podem ser de prolongamento ou derivação. As emendas em prolongamento visam extensão dos condutores em uma mesma direção, já as derivações visam a geração de um novo ramal, em direção distinta e ortogonal (90°) ao condutor principal, de modo a gerar uma ramificação do circuito. Independente da emenda, é importante que todas sejam acessíveis através de caixas de passagem e derivação (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Para a realização de todo e qualquer tipo de conexão, é importante que as extremidades dos condutores (sejam fios ou cabos) envolvidos na mesma sejam desencapadas, ou seja, tenham removidas as camadas de isolamento. Tal manobra pode ser realizada com auxílio de alicates específicos, denominados alicates decapadores, ou com o uso de estilete para o seccionamento da camada isolante e a retirada do trecho cortado com um alicate universal. A extensão da área a ser desencapada deve ser feita em relação múltipla com o diâmetro do condutor (CAVALIN; CERVELIN, 2006; CRUZ; ANICETO, 2012).

**Emendas de Prolongamento em Linhas Abertas**

Este tipo de emenda é aplicado em prolongamentos de condutores que não contam com a proteção total de eletrodutos, ou seja, linhas de condução abertas.

Após o preparo das extremidades, estas devem ser cruzadas,formando um ângulo de aproximadamente 90° em “X”. Com o auxílio de um alicate, os condutores devem ser segurados na posição já descrita e, com os dedos, o condutor da direita é torcido em torno do condutor da esquerda e vice-versa. Ao final do procedimento é ideal que, com auxílio de dois alicates, cada um segurando um dos condutores, a emenda seja reforçada mecanicamente, torcendo-se um condutor para cada lado entorno do eixo da emenda (CAVALIN; CERVELIN, 2006; CRUZ; ANICETO, 2012).

É importante ressaltar que a resistência mecânica e o bom contato elétrico da emenda sejam garantidos através do aperto entre os condutores e não pelas fitas de isolamento (ABNT, 2008).

**Emendas de Prolongamento em Linhas Fechadas**

Este tipo de emenda é aplicado em prolongamentos de condutores executados no interior de caixas de passagem e derivação, sendo também popularmente conhecida como emenda “rabo de rato” (CRUZ; ANICETO, 2012).

Para sua execução, os condutores são posicionados lado a lado de maneira firme, assegurados por um alicate. Posteriormente, basta “torcer” um condutor no outro em movimentos circulares com os dedos mesmo e, por fim, garantir a efetividade desse rosqueamento com o aperto de alicate. Caso estes sejam cabos, aconselha-se a abertura dos fios (dado às pontas formas semelhantes a palmeiras) para depois torcê-los, assegurando assim maior integração entre eles. Também é conveniente dobrar a ponta rosqueada de maneira que esta fique anexa aos condutores, garantindo assim o travamento da emenda e economia de espaço (CAVALIN; CERVELIN, 2006; CRUZ; ANICETO, 2012).

**Emendas de Derivação**

Esse tipo de emenda deve ser realizado com o intuito de derivar, ou seja, de criar um caminho de condução a partir de um fio ou cabo que passa pela rede. O cabo é muito utilizado para ramificação de condutores dentro de um mesmo circuito como, por exemplo, derivar cabos do ponto de iluminação para tomadas. É como se o condutor principal seguisse em linha reta e dele saísse um “braço” de outro condutor para atender a outro ponto (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Para a realização desta emenda, o condutor principal (que dará origem à derivação) não será desencapado em sua extremidade, mas sim, no ponto da derivação. O condutor a ser anexo é posicionado em ângulo de 90° junto ao início do ponto em que o principal foi desencapado, sobrepondo a este. A partir disso, o derivado é girado entorno do principal uma vez e dobrado para o sentido da abertura do cabo, de modo a travá-lo. Deve este então ser novamente girado para cima e, posteriormente, seguir sendo torcido entorno do cabo principal, o envolvendo. Ao final da execução é importante fixar a emenda, a apertando com auxílio de alicates (CAVALIN; CERVELIN, 2006; CRUZ; ANICETO, 2012).

**Isolamento**

A NBR 5410 (ABNT, 2008) impõe que todas as conexões devem ser isoladas. Por isolação, pode-se entender o conjunto de dispositivos e elementos aplicados aos condutores no intuito de isolá-los em relação ao meio, inclusive outros condutores (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Os materiais isolantes mais comuns empregados configuram-se nas formas de fitas auto fusíveis ou adesivadas, sendo estas popularmente conhecidas como fitas isolantes (CRUZ; ANICETO, 2012).

As fitas isolantes de borracha apresentam características de auto fusão, ou seja, não possuem superfície adesivada, mas se fundem quando sobrepostas e são adequadas para a reposição de camadas isolantes a superfícies de condutores. Já as fitas isolantes plásticas apresentam, em uma de suas superfícies, adesivos à base de borracha, permitindo assim sua fixação. Sendo estas mais adequadas para a recuperação de superfícies isolantes em condutores e cobertura e consequente isolamento de emendas,.

O ideal é que a isolação com fita seja realizada em, no mínimo, duas camadas, devendo iniciar-se sobre o isolamento do condutor e ser executada em voltas contínuas sobrepondo metade da volta anterior. (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Atualmente no mercado, existem acessórios que permitem a realização conjunta de emendas e isolamentos sem a necessidade de trabalhos manuais como os descritos. Um deles é o conector rápido isolante, em que basta inserir as extremidades dos condutores desencapadas aos mesmos e girá-los. Tais dispositivos possuem um sistema de molas internas que garantem o travamento e camada isolante externa, além de serem reaproveitáveis (CRUZ; ANICETO, 2012).

## INÍCIO DA SEÇÃO **<RESUMINDO>**

Neste capítulo, aprendemos a diferença entre fios e cabos: os fios possuem seção única, enquanto os cabos são compostos por vários fios, podendo ser rígidos ou flexíveis. A norma exige que os condutores neutros sejam azul-claro, os de proteção em verde ou verde e amarelo, e os de fase e retorno em cores diferentes das mencionadas. Os condutores são inseridos nos eletrodutos usando guias de puxamento e só podem ter emendas nas caixas de conexão e passagem. As emendas podem ser de prolongamento ou derivação, e devem ser isoladas adequadamente com fitas em pelo menos duas camadas sobrepostas.

# **UNIDADE 04 - OBJETIVOS**

Olá. Seja muito bem-vindo. Nosso propósito é auxiliá-lo no desenvolvimento dos seguintes objetivos de aprendizagem até o término desta etapa de estudos:

1. Diferenciar o uso de tomadas de uso geral e tomadas de uso específico.

2. Descrever componentes de iluminação e analisar suas utilizações.

3. Interpretar projetos de instalações elétricas com base no conhecimento de suas simbologias.

4. Compreender o funcionamento dos Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA).

Então? Preparado para uma viagem sem volta rumo ao conhecimento? Ao trabalho!

# **UNIDADE 04 - Capítulo 01 Tomadas de usos geral e específico**

## INÍCIO DA SEÇÃO **<TEXTO>**

Sem dúvidas, ao se falar em tomada, lhe vem à mente (ou até mesmo está aos alcances de seu campo de visão) tais elementos tão comuns ao dia a dia, no que diz respeito às instalações elétricas e utilização dos mais diversos recursos e equipamento que só é possibilitado graças à conexão destes em uma tomada. No entanto, para além do que conhecemos corriqueiramente, enquanto consumidores de energia, como podemos definir as tomadas, sendo profissionais detentores de conhecimentos técnicos?

A Norma Mercosul (NM) de número 60.884-1, redigida pela Associação Mercosul de Normalização, intitulada Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo – Parte 1: requisitos gerais, traz especificações para tomadas que devem ser consideradas no Brasil. Sabendo que as normas são importantes documentos pautados com rigor por instituições sérias que embasam medidas seguras e adequadas para que diversas metodologias e materiais de inúmeras áreas sejam aplicadas e utilizadas, vejamos, o que a referida norma define como tomadas:

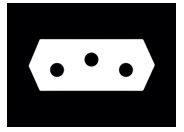
“Acessório que possui contatos projetados para receber os pinos de um plugue e é dotada de bornes para a conexão de condutores” (AMN, 2009, p. 5).

Considerando que os plugues são acessórios munidos de pinos pertencentes aos equipamentos eletrônicos e que os bornes são as conexões de uma tomada aos condutores do circuito que a abastece, os plugues, então, são os meios pelos quais os equipamentos se ligam às tomadas e, as tomadas, por sua vez, são os meios pelos quais a energia é transmitida aos plugues e, respectivamente, aos equipamentos. Isso porque os bornes das tomadas permitem a captação da tensão que alimenta os circuitos aos quais estas pertencem. De maneira mais “filosófica”, as tomadas são as pontes que permitem o funcionamento dos equipamentos elétricos, ou seja, são os instrumentos de transição de energia a estes por meio de suas conexões (AMN, 2009; CARVALHO JUNIOR, 2018).

Logo, a alimentação de um equipamento depende, de forma equivalente, tanto das tomadas quanto dos plugues que os conectam. Desse modo, esses plugues devem ser projetados de modo a terem seus pinos introduzidos no contato de uma tomada, mas não se limitando apenas a eles, já que os plugues incluem a estrutura que permite a conexão dos cabos flexíveis que provêm do equipamento (AMN, 2009).

Além da NM 60.884-1, a Norma Brasileira (NBR) 14.136 impõe as padronizações a serem consideradas para plugues e tomadas destinados a uso doméstico e análogo submetidos a correntes de até 20A e tensões de até 250V, o que engloba grande parte das instalações elétricas de baixa tensão. A referida norma está em vigência em nosso país desde sua publicação e provocou uma alteração significativa na produção de plugues (e consequentemente de conectores de aparelhos elétricos), bem como na concepção de tomadas a serem instaladas.

De acordo com a NBR 14.136, as tomadas fixas devem apresentar conexões 2P + T, ou seja, dois bornes de contatos vivos (fase e fase ou fase e neutro) e um borne de proteção, ou contato terra. Dessa maneira, o ideal é que os plugues apresentem três pinos, sendo dois para contatos vivos e um para o contato terra. Além disso, em suas especificações, a referida norma estabelece, por meio de desenhos técnicos, que a placa que comporta os orifícios conectores das tomadas apresente formato hexagonal. Sendo assim, nas laterais, estão dispostos os bornes de contatos vivos, e, no centro, de maneira desalinhada, o borne do contato terra, o qual deve ser identificado com simbologia específica.



INOVA\_61\_2024\_F096

<Leg: Formato de placa de tomada hexagonal 2P + T>

Tais placas devem apresentar um recuo para dentro, a fim de que previna o contato direto com os orifícios energizados e possibilite aos plugues que sejam conectados com encaixe, além dos pinos, de suas estruturas. Todavia, para que os plugues se encaixem, eles devem apresentar guia de pinos (superfície na qual os pinos se externam) em mesmo formato. Os recuos mencionados facilitam ainda o encaixe de plugues em tomadas de difícil acesso ou visibilidade (ABNT, 2012).

Tomadas que entregam correntes de 20 A devem possibilitar a inserção de plugues que transmitam correntes menores (como 10 A) e com ou sem o pino terra. Todavia, tomadas projetadas para transmitirem correntes de até 10A não devem admitir a introdução de plugues de 20 A. Isso porque a diferença entre tais plugues está justamente no diâmetro de seus pinos, logo, em tomadas de 20A, os orifícios de entrada apresentarão diâmetros maiores e, nas de 10A, diâmetros menores (ABNT, 2012).

Além das definições e requisitos explanados, outro conceito merece ser destacado: a diferença entre tomadas e pontos de tomadas. Apesar da similaridade na nomenclatura, a NBR 5.410, que estabelece condições para projeto e execução de instalações elétricas, destaca que os pontos de tomadas são as localizações em que serão conectados equipamentos a serem alimentados por tomadas de corrente, podendo estes serem compostos de mais de uma tomada. Diante disso, um único ponto de tomada pode contar com duas, três tomadas.

Além disso, a NBR 5.410 destaca que tomadas devem ser identificadas com relação à tensão que operam (geralmente 110V, 127V ou 220V), o que pode se realizar por etiqueta específica colada no espelho ou, até mesmo, uma alteração de cor da placa que comporta os orifícios de conexão.

Porém, em alguns casos, tal especificação normativa é ignorada, tornando comuns instalações que não apresentam identificação quanto a tensão que suas tomadas operam. O uso incorreto pode causar a queima de aparelhos eletrônicos e até mesmo acidentes em procedimentos de manutenção. Visando evitar isso, existem ferramentas disponíveis no mercado capazes de identificar a tensão atuante em tomadas e condutores.

Os mais populares são os voltímetros e as chaves teste, as quais são mais acessíveis e de fácil operação, já que são constituídas, basicamente, por uma chave de fenda metálica munida de um resistor de grande valor e superfícies de contatos metálicos em seu cabo. A ponta da chave é, então, introduzida no contato elétrico da tomada e, simultaneamente, o dedo do operador deve ser posicionado sobre as superfícies de contato metálicas do cabo (fechando, assim, o circuito). Nesse momento, a chave, então, constata a diferença de potencial entre suas extremidades e identifica o valor de tensão que opera na tomada. Graças ao dispositivo de alta resistividade que opera na mesma, o operador é protegido de choque elétrico enquanto opera (CAVALIN; CERVELIN, 2008).

As chaves-teste podem ser importantes tanto para identificar as tensões de abastecimento de tomadas (se são mono ou bifásicas) quanto para verificar se um circuito está energizado ou não, garantindo, assim, operações de manutenção em segurança.

No que se refere à disposição física, os pontos de tomada podem ser classificados em: pontos de tomadas baixas, médias e altas. Eles devem contar com posições que possibilitem a utilização dos equipamentos a serem alimentados.

Os pontos de tomadas altas são instalados para alimentação de equipamentos que devem ser utilizados em alturas coerentes aos mesmos, como chuveiros elétricos, coifas, televisores dispostos em suportes altos, dentre outros. Os pontos de tomadas médios, por sua vez, são ideais para instalações que visem o uso de aparelhos elétricos sobre mesas e bancadas, como em cozinhas e escritórios. E, por fim, os pontos de tomadas baixas facilitam a alimentação de aparelhos cuja operação pode ser melhor por conexão inferior, como aspiradores de pó e até mesmo carregadores de celular junto à cama.

Além das classificações quanto ao posicionamento físico nas instalações, as tomadas são classificadas de acordo com seus usos. Dessa forma, elas podem ser Tomadas de Usos Geral (TUG) ou Tomadas de Uso Específico (TUE), conforme detalhado em subseções específicas.

**Tomadas de uso geral (TUG)**

As tomadas de uso geral se constituem como aquelas nas quais serão ligados equipamentos denominados portáteis, ou seja, que não serão instalados de maneira fixa, aparelhos móveis. Além disso, as tomadas de uso geral apresentam limite máximo de corrente de 10A, logo, aparelhos elétricos cuja corrente de alimentação demandada seja superior a este limite não devem ser ligados a este tipo de tomada (CAVALIN; CERVELIN, 2008; CRUZ; ANICETO, 2012).

Sendo assim, tais tomadas apresentam características que permitem a ligação de diferentes equipamentos (não de forma simultânea) o que as tornam maioria nas instalações (CARVALHO JUNIOR, 2018).

**Número de pontos de tomadas de uso geral a serem projetados e potências a serem atribuídas**

Não é incomum constatar a falta de disposição de tomadas em instalações elétricas, sejam elas residenciais ou comerciais. Tal deficiência acaba por induzir o uso de “tês” e dispositivos que sobrecarregam os circuitos, gerando riscos às instalações, usuários e desperdício de energia. Diante disso, é importante que os Pontos de Tomadas de Uso Geral (PTUG) sejam projetados e quantificados de modo a atender, pelo menos, o mínimo pré-estabelecido por norma, de modo que sejam instaladas quantidades adequadas de pontos de tomadas, visando a não utilização de um mesmo ponto para mais de um equipamento de maneira simultânea (CARVALHO JUNIOR, 2018; CREDER, 2016).

A NBR 5.410 traz especificações detalhadas a respeito das quantidades mínimas de PTUG a serem instalados em conformidade com o ambiente e finalidade de utilização, diferenciando os critérios para residências, hotéis, e similares, bem como para comércios.

A NBR 5.410 também define potências a serem atribuídas aos pontos de tomada de modo a definir, em projeto, as potências necessárias para o atendimento de cada circuito que deve alimentar diversos pontos.

Lembrando que PTUG são abastecidas por corrente de 10A, o fato de ser atribuída às tomadas potências individuais da ordem de 600VA ou 100VA não significa que a estas não podem ser ligados aparelhos que exijam potências maiores, haja vista que os condutores dos circuitos que as abastecem são dimensionados de modo a atender todo o conjunto. Todavia, não é comum que todas as tomadas sejam utilizadas simultaneamente, logo, a potência fornecida pelo circuito é capaz de atender aparelhos de maiores demandas (CRUZ; ANICETO, 2012).

**Tomadas de uso específico (TUE)**

As tomadas de uso específico são aquelas destinadas à alimentação de equipamentos estacionários (que não são móveis ou portáteis) cujas correntes de alimentação sejam superiores a 10 A, geralmente, estas serão de 20 A. Sendo assim, estes devem ser projetados de modo a atender única e exclusivamente um único equipamento, por isso de sua especificidade (CARVALHO JUNIOR, 2018; CAVALIN; CERVELIN, 2008). O número de Pontos de Tomadas de Uso Específico (PTUE) deve ser definido de acordo com o número de equipamentos que requerem este tipo de instalação, sendo estes em quantidade bem mais restrita do que de PTUG (CARVALHO JUNIOR, 2018)

No que diz respeito ao posicionamento destes pontos, é importante que sejam alocados de acordo com o layout arquitetônico dos equipamentos a serem alimentados por PTUEs, todavia, a NBR 5.410 estabelece que tais pontos não devem ser distanciados em mais de 1,50 m da localidade prevista para a disposição do equipamento.

Assim como a quantidade de PTUEs, as potências a serem atribuídas aos mesmos também devem ser consideradas de acordo com a potência do equipamento projetado para ser atendido pela tomada em questão. Caso não se saiba a potência do equipamento a ser alimentado, deve ser atribuída a maior potência possível de ser instalada naquele ponto (CARVALHO JUNIOR, 2018).

Os aparelhos comumente abastecidos por pontos de uso específicos são os chuveiros elétricos, aparelhos de ar-condicionado, fornos de microondas, torneiras elétricas, dentre outros que demandam corrente superior a 10A (CARVALHO JUNIOR, 2018). Todavia, de acordo com a NBR 5410, quando os aparelhos são destinados ao aquecimento elétrico de água, como é o caso de chuveiros e torneiras elétricas, não deve ser considerado o uso de tomada de alimentação, mas sim uma conexão direta aos condutores, por meio de emendas ou conectores seguros e adequados. Além disso, a referida norma específica que, enquanto os DDcondutores de fase de PTUGs devem ter seções com diâmetros mínimos de 2,5mm², os de PTUEs devem apresentar seções com diâmetros mínimos de 4mm².

## INÍCIO DA SEÇÃO **<RESUMINDO>**

Neste capítulo vimos que as tomadas de corrente são acessórios com três contatos (2P + T), sendo dois para condutores vivos e um para o condutor de proteção. As tomadas podem ser instaladas em alturas diferentes, dependendo da aplicação, e se classificam em Pontos de Tomadas de Uso Geral (PTUG), que alimentam aparelhos portáteis até 10A, e Pontos de Tomadas de Uso Específico (PTUE), para aparelhos estacionários com correntes de até 20A. A quantidade e potência das tomadas são determinadas pelo ambiente e as necessidades do projeto.

# **UNIDADE 04 - Capítulo 02 Iluminação e seus componentes**

## INÍCIO DA SEÇÃO **<TEXTO>**

A relação não só dos seres humanos, mas da esmagadora maioria dos seres vivos, com a luz é íntima e dependente. Isso mesmo, muitas coisas em nosso planeta dependem de luz para existirem e isso ocorre em decorrência de características únicas e particulares deste tipo de energia.

No que diz respeito a esta economia, as lâmpadas modernas têm evoluído consistentemente a um aumento de desempenho e tempo de vida, com diminuição de consumo de energia Para compreendermos melhor o significado desta evolução, façamos um exercício: quantas velas você acha que seriam necessárias para produzir o mesmo fluxo luminoso que uma lâmpada de 60W por um período de mil horas (que é a média de sua vida útil)?



INOVA\_61\_2024\_F076

<Leg: Lâmpada incandescente de 60W de potência>

Conseguiu imaginar? Pois, para produzir o mesmo fluxo luminoso de uma lâmpada incandescente de 60W pelo mesmo período aproximado de sua vida útil (em média mil horas), seriam necessárias onze mil velas. Isso mesmo. Onze mil velas! (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

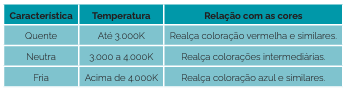
A partir deste comparativo fica nítida a relevância que o advento e o uso de lâmpadas elétricas trazem para as mais diversas atividades humanas, desde sua concepção.Vamos conhecer algumas delas?

**Lâmpadas incandescentes, de descarga e eletrônicas**

Basicamente, as lâmpadas elétricas são componentes que funcionam a partir da eletricidade e têm como finalidade principal a produção de luz artificial (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

A iluminância se trata da capacidade que uma lâmpada apresenta de iluminar determinada área, ou seja, é uma relação entre o fluxo luminoso de uma lâmpada e uma área e, por isso, é medida em lux ou em lumion por metro quadrado (lm/m²) (CRUZ; ANICETO, 2012). Além disso, você já deve ter observado que existem lâmpadas mais brancas (frias) e mais amareladas (quentes), mas você sabia que cada tipo é ideal para uma determinada situação e que, de fato, as nomenclaturas de lâmpadas enquanto frias ou quentes se relacionam com a temperatura?

As temperaturas das cores das lâmpadas são expressas em kelvin (K), unidade de temperatura internacional que, ao ser relacionada com os graus celsius (°C), apresentam uma diferença de 273 em escalada para menos, ou seja, a temperatura em 1K = 1°C + 273. Diante disso, as lâmpadas de cores mais frias (próximas ao branco) apresentarão maiores temperaturas, enquanto as de cores mais quentes (avermelhadas) menores (CRUZ; ANICETO, 2012), conforme descrito no Quadro 1:



INOVA\_61\_2024\_F097

<Leg: Temperaturas das lâmpadas

cotas:Característica Quente Neutra Temperatura Até 3.000K 3.000 a 4.000K Relação com as cores Realça coloração vermelha e similares. Realça colorações intermediárias. Fria Acima de 4.000K Realça coloração azul e similares.>

Essa relação entre temperatura e coloração se dá, basicamente, em alusão a uma barra de ferro sendo aquecida. Em temperaturas já altas, porém ainda inferiores a 3.000K, o metal é incandescente de coloração avermelhada. Acima desta temperatura migra para tons mais amarelados e, após 4.000K branca azulada. Todavia, a nomenclatura fria ou quente não se deve a uma menor ou maior temperatura em kelvin, mas sim por estar mais próxima ou distantes de tons quentes (amarelados) ou frios (azulados) (CRUZ; ANICETO, 2012).



INOVA\_61\_2024\_F077

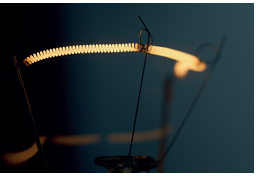
<Leg: Relação entre temperaturas (K) e coloração de lâmpadas >

As luzes de temperaturas quentes (abaixo de 3000K) são adequadas para compor ambientes mais íntimos e informais, como salas de estar, dormitórios e restaurantes, pois proporcionam a estes uma atmosfera mais aconchegante. As luzes de temperaturas frias (acima de 4.000K) são ideais para ambientes que exijam maior concentração e clareza nas atividades, como cozinhas, ambientes de trabalho e estudos, laboratórios, dentre outros, pois garantem uma formulação mais sóbria e formal ao ambiente. As luzes neutras (de 3.000 a 4.000K) ficam em um intermediário, podendo ser ideais também para dormitórios, comércios, ou ambientes que precisem associar as duas atmosferas citadas (CRUZ; ANICETO, 2012). Todavia, ambientes também podem ser formulados com associação de temperaturas, em que, principalmente, se houver divisão nos circuitos de acionamento, se possibilita a criação de atmosferas distintas.

Além das relações com cores e temperaturas das lâmpadas, há ainda uma diferenciação no modo como a energia luminosa é gerada em tais dispositivos. A partir disso, as lâmpadas podem ser classificadas, principalmente, em: incandescentes, de descarga e eletrônicas (CARVALHO JUNIOR, 2018). Vamos conhecer como cada uma funciona?

**Lâmpadas incandescentes**

As lâmpadas incandescentes constituem os primeiros mecanismos de obtenção de luz artificial desenvolvidos. Basicamente, são um filamento metálico espiralado (de aparência semelhante a uma pequena mola) estruturado sobre contatos elétricos. Com a passagem de corrente, o filamento se aquece e, com isso, fica incandescente, irradiando energia luminosa (CAVALIN; CERVELIN, 2006; CRUZ; ANICETO, 2012).



INOVA\_61\_2024\_F078

<Leg: Filamento de lâmpada incandescente sob efeito da passagem de corrente elétrica>

Com a evolução da tecnologia envolvida na produção destes componentes, os filamentos passaram a ser produzidos em tungstênio (metal com temperatura de fusão mais elevada) e, no bulbo das lâmpadas (vidro que envolve o filamento), se passou a adicionar gases estabilizantes (como nitrogênio, argônio e criptônio), visando a evitar a combustão e oxidação do filamento metálico (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Apesar de serem extremamente difundidas, conhecidas e, por muito tempo, utilizadas, essas lâmpadas não se caracterizam como modelos tão econômicos e eficientes. Isso porque, como a obtenção de iluminação por parte das mesmas se dá a partir do aquecimento do filamento, boa parte da energia resultante se dissipa na forma de calor e não de iluminação, o que gera um maior consumo de energia para a obtenção de potências luminosas significativas e, também, desconforto aos ambientes em virtude de seu aquecimento (CARVALHO JUNIOR, 2018).

Com relação à durabilidade, as lâmpadas incandescentes apresentam vida útil de, em média, 1.000 horas (CARVALHO JUNIOR, 2018).

Em virtude da baixa eficiência e grande consumo energético das mencionadas lâmpadas, em 31 de dezembro de 2010, foi publicada a Portaria Interministerial N° 1.007, redigida pelos Ministérios de Estado de Minas e Energia, da Ciência e Tecnologia e do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, na qual impunham especificações severas de rendimento e economia de consumo enérgico em que se inviabilizou o comércio de lâmpadas incandescentes no país. Sendo assim, a partir de medidas graduais a serem tomadas em acordo com os requisitos especificados, no ano de 2016, foi proibida a comercialização de lâmpadas incandescentes com potências superiores a 40W no Brasil (BRASIL, 2010).

Todavia, de acordo com a referida portaria, lâmpadas incandescentes refletoras/defletoras ou espelhadas cuja utilização visa a obtenção de fachos direcionados de luz e lâmpadas incandescentes halógenas ainda podem ser comercializadas e integradas aos projetos elétricos de iluminação. Agora que já entendemos como funciona o mecanismo operante nas lâmpadas incandescentes, vamos compreender qual a diferença dessas outras tipologias que ainda são utilizadas em nosso país?

Apesar de também serem da classe das lâmpadas incandescentes, as lâmpadas halógenas apresentam em seu interior, além do gás, a integração de gases halógenas (como iodo ou bromo). A presença de tais substâncias possibilita que ocorra uma renovação do filamento de tungstênio, haja vista que, ao se deteriorar, tais substâncias reagem em um ciclo que possibilita a reintegração de partículas de tungstênio perdidas ao filamento (CRUZ; ANICETO, 2012).

Mas, por que isso representa um avanço? Ao se conservar melhor o filamento, a durabilidade e o desempenho dessas lâmpadas também são aumentados em comparação às lâmpadas incandescentes comuns. Desse modo, as lâmpadas halógenas apresentam vida útil de 2.000 a 4.000h e são excelentes tanto para ambientes com pé direito alto que necessitem de muita luz, quanto para áreas externas (CARVALHO JUNIOR, 2018).

Existem ainda as lâmpadas halógenas refletoras/defletoras, denominadas dicroicas. Essas seguem o mesmo esquema de composição de gases e adições, todavia contam com uma estrutura anexa munida de refletores (superfície espelhada) que possibilita a dissipação do calor para sua parte posterior, praticamente o eliminando da área iluminada, e direciona para o facho apenas a proporção de luz. Esse tipo de lâmpada constitui fachos bem definidos e direcionados e apresenta excelente aplicação em lojas, residências e até mesmo para a iluminação de obras de arte ou superfícies que não podem ser submetidas a calor (CRUZ; ANICETO, 2012; CARVALHO JUNIOR, 2018).



INOVA\_61\_2024\_F079

<Leg: Lâmpada incandescente halógena dicroica>

Existem ainda as lâmpadas halógenas do tipo lapiseira, que possuem formato tubular e composição em grande potência (de 100 a 1000W). Associadas também à estrutura espelhada, tais lâmpadas são muito utilizadas para a iluminação de grandes áreas, como estádios, ginásios, dentre outros (CRUZ; ANICETO, 2012).

**Lâmpadas de descarga**

A partir de um mecanismo distinto do constatado em lâmpadas incandescentes, as lâmpadas de descarga produzem iluminação de maneira indireta. Nestas lâmpadas, o bulbo é composto de gases ou vapores ionizados (com quantidades de elétrons distintas) e a corrente elétrica passa através desses gases e se choca com uma pintura ou composição em pó fluorescente que compõe o interior do bulbo (vidro) da lâmpada. Os materiais fluorescentes são característicos como aqueles que, ao serem excitados eletricamente, se auto iluminam, emitindo luz visível (CAVALIN; CERVELIN, 2006; CRUZ; ANICETO, 2012).

As lâmpadas de vapor metálico compõem essa tipologia e comumente são encontradas promovendo a iluminação de vias públicas, estacionamentos, enfim, grandes áreas (CARVALHO JUNIOR, 2018).

No entanto, encontradas em vários formatos e potências, as mais comuns são as lâmpadas fluorescentes. As de formatos lineares tubulares, são configurações maiores em dimensões e potências e são muito utilizadas em ambientes internos maiores, como escolas, bancos, supermercados, escritórios, bibliotecas (CRUZ; ANICETO, 2012).

As lâmpadas fluorescentes compactas, por sua vez, se constituem como as principais substitutas das lâmpadas incandescentes, apresentando uma redução de consumo energético de até 80%, de modo que uma lâmpada fluorescente de 9W é capaz de substituir uma incandescente de 60W, com utilização muito comum a ambientes menores, como residências. Além disso, estas apresentam uma vida útil até dez vezes maior do que a incandescentes, assumindo duração média de 6000 a 15.000h e, atualmente, são também comercializadas em diversas temperaturas de cores, tornando sua aplicação mais ampla e difundida (CARVALHO JUNIOR, 2018; CAVALIN; CERVELIN, 2006).



INOVA\_61\_2024\_F081

<Leg: Modelos de lâmpadas fluorescentes compactas>

**Lâmpadas eletrônicas**

O mais eficiente, tanto do ponto de vista luminoso quanto econômico, tipo de lâmpada a ser integrado atualmente às instalações elétricas constitui-se no LED (do inglês “Light Emitting Diode”, que, em tradução livre, significa “Diodo Emissor de Luz”.). Estas emitem luz a partir de fenômenos eletrônicos que ocorrem em suas estruturas (diodo) a partir da passagem de corrente elétrica, sendo os diodos constituídos em estado sólido (CRUZ; ANICETO, 2012).

As lâmpadas de LED apresentam vida útil e eficiência extremamente maiores do que qualquer um dos outros tipos, além de exigir uma potência de funcionamento muito menor (uma lâmpada incandescente de 60 W pode ser substituída por uma lâmpada LED de apenas 3W). Estima-se que a vida útil de uma lâmpada desse tipo seja maior do que 50000 h. Além disso, por não possuir nenhum tipo de filamento, não apresenta perdas significativas de calor (CREDER, 2016; CRUZ; ANICETO, 2012).

A precisão de cor emitida pelas lâmpadas LED também é um excelente atrativo ao seu uso. Essas lâmpadas podem assumir colorações e intensidades diversas e são, inclusive, empregadas para a reprodução de mídias. As lâmpadas LED configuram-se nos mais diversos tipos de luminárias e pode atender e substituir qualquer tipo de lâmpada, diante de qualquer necessidade, conformando-se em grandes holofotes (substituindo a incandescentes halógenas lapiseiras) até lâmpadas compactas para uso residencial (CARVALHO JUNIOR, 2018).



INOVA\_61\_2024\_F082

<Leg: Modelos de lâmpadas LED>

**Luminárias**

As lâmpadas são responsáveis por emitir a luz, porém seu contato com a corrente elétrica e a concepção da iluminação de um ambiente só é possível graças ao uso de luminárias. A partir desses elementos, as lâmpadas são protegidas e o fluxo luminoso é concentrado, difundido, filtrado, ou seja, orientado de modo a integrar o ambiente, o tornando funcional para aquilo que foi projetado (CRUZ; ANICETO, 2012; CARVALHO JUNIOR, 2018).

Basicamente, a iluminação se dá de maneira direta ou indireta, podendo haver direcionamentos intermediários entre os dois estados, de modo que estas classificações ocorrem de acordo com o direcionamento do fluxo luminoso emitido pela(s) lâmpada(s) que constituem as luminárias (CRUZ; ANICETO, 2012). O Quadro 2 apresenta as características dos diferentes tipos de iluminação reproduzidas por diferentes tipos de luminárias, de modo que o fluxo de superfície diz respeito à incidência de luz no ponto de interesse enquanto o fluxo desviado é a incidência em direções diferentes deste ponto (como tetos e paredes).



INOVA\_61\_2024\_F098

<Leg: Iluminação em função das direções de fluxos luminosos em luminárias

cotas:Tipo Direta Fluxo na superfície 100% Fluxo desviado Semidireta De 60 a 90% De 10 a 40% Difusa Semiindireta Característica De 10 a 40% Indireta De 0 a 10% De 60 a 90% De 90 a 100% Luz completamente aproveitada, pode gerar ofuscamento e muita sombra. Sombras mais atenuadas. Fluxo para todas as direções, não gera sombra nem ofuscamento. Reduz o ofuscamento, porém tem rendimento diminuído. Anula todo o ofuscamento, porém tem rendimento diminuído.>

A forma como ocorrerá a iluminação dependerá da atividade a ser desenvolvida no ambiente. Iluminações indiretas são aconselhadas para ambientes mais descontraídos e devem ser mais associadas às lâmpadas de temperaturas quentes. As iluminações diretas, por sua vez, devem ser aplicadas a ambientes que exijam maior concentração e é interessante que sejam associadas às lâmpadas de temperaturas frias. Além disso, as iluminações diretas e semidiretas costumam se dar através de luminárias comuns. Vale salientar que existem luminárias direcionadas de luz (que se constituem em focos que visam a dar destaque a peças e elementos arquitetônicos ou de decoração), as luminárias indiretas (como as arandelas ou luminárias de parede) que proporcionam conforto visual ao ambiente e as decorativas, cujo enfoque não é iluminar de maneira funcional, mas sim decorativa (CARVALHO JUNIOR, 2018).

**Dimensionamento**

A definição da quantidade e tipologia de lâmpadas e luminárias a integrar um ambiente resulta em uma área de conhecimento da arquitetura denominada luminotécnica e deve levar em conta fatores diversos como a área a ser iluminada, sua utilização, modelos de lâmpadas e luminárias a serem utilizadas e até mesmo as cores das paredes do ambiente (CARVALHO JUNIOR, 2018; CREDER, 2016). É preciso considerar que não compete à disciplina de Instalações Elétricas de Baixa Tensão o detalhamento de todas essas variáveis.

Todavia, no que diz respeito às demandas elétricas mínimas inerentes aos dispositivos de iluminação, a NBR 5.410 especifica requisitos quanto à quantidade, localização e potência elétrica dos pontos de iluminação com relação às áreas dos ambientes.

De acordo com a NBR 5.410, todas as dependências de uma edificação devem contar com pelo menos um ponto de iluminação fixo no teto a ser comandado por dispositivo de manobra (interruptor).

Caso o ambiente seja dotado de arandelas (luminárias de parede), elas devem ser acionadas através de interruptor próprio e, em banheiros, se forem adicionadas luminárias de parede estas devem ser instaladas a no mínimo 0,60m de distância da área de banho (boxe) (ABNT, 2008).

Com relação à quantidade de pontos e às respectivas potências, a NBR 5.410 traz especificações que relacionam as áreas dos ambientes.

É importante ressaltar que essas especificações são limitadas ao método de cargas mínimas e devem ser levadas em consideração para dimensionamentos elétricos de circuitos e não de questões luminotécnicas (ABNT, 2008).

## INÍCIO DA SEÇÃO **<RESUMINDO>**

Neste capítulo, aprendemos sobre a importância da iluminação e os diferentes tipos de lâmpadas. Vimos que a temperatura da cor das lâmpadas é medida em kelvin (K), e que as lâmpadas incandescentes, apesar de populares no passado, são ineficientes e geram muita perda de energia em forma de calor. Com o avanço tecnológico, surgiram as incandescentes halógenas, dicroicas e as lâmpadas LED, que são mais eficientes e duradouras. Também discutimos o papel das luminárias no direcionamento da luz e as recomendações da NBR 5410 para pontos de luz, de acordo com o tamanho do ambiente.

# **UNIDADE 04 - Capítulo 03 Simbologia básica aplicada aos projetos**

A NBR 5.410 salienta que:

O projeto, a execução, a verificação e a manutenção das instalações elétricas devem ser confiados somente a pessoas qualificadas a conceber e executar trabalhos em conformidade com esta Norma (ABNT, 2008, p. 12).

Essa Norma, atualmente, é a principal referência e padrão de segurança e qualidade no tocante às instalações elétricas de baixa tensão. Considera-se, então, que tanto o planejamento quanto a execução de instalações elétricas devem ser executados por profissionais capacitados, compreendido como aquele que tem conhecimento a respeito daquilo que está trabalhando e sabe aplicar os instrumentos que viabilizam seu trabalho.

A correta execução de uma instalação elétrica é resultante da correta análise e interpretação de seu projeto, principalmente da parte gráfica (desenhos) que o compõem. Sendo assim, essa é uma via dupla, pois um projeto que não é claro e bem defi nido tende a não ser bem interpretado, porém, se o indivíduo que tem contato com este também não souber o mínimo a respeito dos elementos que o compõe, não importa o quão claro e organizado seja a representação (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

É extremamente importante que o projeto elétrico seja elaborado em consonância com as normas vigentes, considerando a aplicação de todos os dispositivos promotores de segurança e a distribuição correta dos elementos que constituem as instalações de modo a garantir o uso da energia elétrica de forma segura, responsável e funcional (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Um bom projeto elétrico constitui-se como aquele em que se consta a localização e as características mais exatas possíveis dos elementos a eles empregados, que vão desde condutores até luminárias. Desse modo, é extremamente importante que esses projetos sejam elaborados antes da execução da obra como um todo (CRUZ; ANICETO, 2012; CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Dessa maneira, para a elaboração do projeto elétrico, é preciso que o projeto de engenharia/arquitetura já tenha sido consolidado, ou seja, ter posse de plantas baixas e cortes para que, assim, as instalações elétricas sejam integradas à construção de maneira compatível. As premissas ideias de concepção das edificações prezam pela compatibilização de projetos, isto é, pelo desenvolvimento harmônico das instalações elétricas, hidráulicas e sanitárias, além apenas do desenvolvimento individual de cada um desses sistemas. Isso evita eventos desagradáveis como a sobreposição de pontos e inviabilidade de execução (CREDER, 2016; CAVALIN; CERVELIN, 2006).

De forma ainda mais idealizada, é interessante que, além dos projetos técnicos inerentes à obra (como planta baixa e hidrossanitária), se tenha conhecimento a respeito dos projetos de interiores. Isso mesmo!

Geralmente desenvolvidos por arquitetos e designs, esses projetos detalham o que se prevê para iluminação dos ambientes e disposição dos móveis e eletrodomésticos, possibilitando, assim, uma definição ainda melhor para a previsão de pontos de tomada e iluminação compatível com a utilização.

Sabendo o número de pontos de tomada, iluminação e as localizações destes e de toda a estrutura elétrica de modo a possibilitar sua alimentação (como quadros de medição, distribuição e redes de eletrodutos), como representar tudo isso em um projeto?

Os desenhos que constituem um projeto elétrico são baseados em simbologia específica que se configura de modo a facilitar a representação e interpretação dos elementos e dos diversos pontos de utilização da instalação para que, com isso, se estabeleça a comunicação de quem projetou a quem vai executar de maneira padronizada (CREDER, 2016).

Os símbolos gráficos devem ser conhecidos para que, assim, seja possível projeção e compreensão para a execução das instalações elétricas.

Cada profissional projetista pode elaborar sua simbologia, desde que esta seja clara e conte com legenda completa de modo a possibilitar a interpretação do projeto. Todavia, por se tratar de uma linguagem muito utilizada e amplamente difundida e consolidada, é comum uma padronização (CARVALHO JUNIOR, 2018).

Apesar da atual liberdade em criar símbolos distintos, desde que devidamente legendados, por muito tempo, eles foram padronizados e impostos pela NBR 5.444, denominados símbolos gráficos para instalações elétricas prediais. Dessa forma, a Norma específica a simbologia para projetos de instalações elétricas, baseada em imagens geométricas simples, como traços, círculos, triângulos equiláteros, quadrados e retângulos, as quais são detalhadas de modo a diferenciar os elementos.

Com o advento dos programas computacionais para elaboração de desenhos técnicos, a NBR 5.444 foi cancelada, pois fazia alusões técnicas a desenhos manuais e, além disso, com o avanço tecnológico, possibilitou-se uma certa facilidade na criação de símbolos. Todavia, em virtude de seu grande período de vigência, os símbolos prescritos pela referida norma foram adotados como referência e ainda comumente utilizados na prática (CREDER, 2016).

Diante disso, tomaremos como conhecimento a simbologia gráfica prescrita pela NBR 5.444, pois trata-se do sistema de codificação mais difundido no Brasil. Além dos elementos gráficos, o projeto deve contar com dados de dimensões e especificações quanto a circuitos e potências, de modo a torná-lo completo e descritivo.

Além disso, o mesmo deve ser elaborado sobre os detalhes arquitetônicos projetados, ou seja, devem ser inseridos sobre planta baixa (ABNT, 1989).

Sabendo que os elementos que constituem as instalações elétricas são distintos, conheceremos as simbologias usuais aos mesmos de maneira dividida entre: dutos e condutores, quadros, interruptores, iluminação e tomadas.

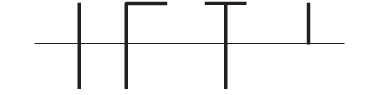
É importante que antes de conhecer a respeito da simbologia se tenha consciência do que cada um desses elementos representa às instalações, para assim, entender como estes devem ser combinados e distribuídos (CAVALIN; CERVELIN, 2006). Como você já possui conhecimentos prévios a respeito de cada um dos elementos mencionados, vamos aprender como representá-los e/ou interpretá-los em um projeto?

**Dutos e condutores**

Os dutos, ou eletrodutos, são constituídos pelas tubulações nas quais serão abrigados os condutores e estes percorrem as distâncias do quadro de distribuição até os pontos de alimentação (CRUZ; ANICETO, 2012). Dessa maneira, esses elementos podem ser considerados como lineares, pois apresentam dimensões muito maiores em comprimento do que em seção transversal (diâmetro).

A partir disso, os eletrodutos são representados em projeto, de acordo com a NBR 5.444 e com a prática vigente, na forma de linhas ou traços.

Os eletrodutos de embutir a serem instalados no teto ou nas paredes devem ser representados por linhas contínuas (cheias). Os eletrodutos a serem instalados em pisos devem ser representados por linhas pontilhadas. Além disso, eletrodutos destinados às instalações de telefonia devem ser representados por linhas de traço-ponto (ABNT, 1989).



INOVA\_61\_2024\_F099

<Leg: Simbologia adotada para eletrodutos de embutir em parede e teto, em piso e de telefonia, respectivamente>

As linhas que representam os eletrodutos devem ser traçadas no mesmo segmento em que os circuitos serão instalados. Sendo assim, caso os eletrodutos sejam flexíveis, admite-se que essas linhas possam ser representadas de maneira curva.

É importante que, além do traçado das linhas, especifique-se no projeto o diâmetro da seção transversal dos eletrodutos em milímetros (mm). Todavia a norma permite que eletrodutos cujos diâmetros sejam de 15 mm não precisem de especificações, por serem os mais usuais (ABNT, 1989).

Usualmente a palavra “diâmetro” nos projetos é representada pela letra grega ϕ (phi maiúsculo), seguido da numeração de tal medida. Sendo assim, para especificar a medida do diâmetro de 25mm de um eletroduto basta anotar, anexo ao seu desenho: ϕ25mm ou, simplesmente, ϕ25 (pois se sabe que por convenção as medidas de eletrodutos são expressas em milímetros).

Além disso, devem ser especificados os pontos de subida, descida ou passagem de eletrodutos. Essa simbologia é representada por um círculo (que indica a seção transversal do eletroduto) e uma flecha, que, ao ser direcionada para cima, indica que o eletroduto sobe naquele ponto; ao ser direcionada para baixo, a flecha indica que o eletroduto desce naquele ponto e, ao ter sentido duplo, que o eletroduto passa pelo ponto (ABNT, 1989).



INOVA\_61\_2024\_F100

<Leg: Simbologia de eletroduto subindo, descendo e passando por um ponto, respectivamente>

É importante também que, além dos eletrodutos, sejam indicados quais os condutores (fios ou cabos) que passam por dentro destes. Sabendo que os condutores se configuram como: condutor fase, neutro, de proteção (terra) e retorno (nos circuitos de iluminação); a NBR 5444 (ABNT, 1989) estabelece um símbolo diferente para cada um.

Os símbolos de condutores devem ser desenhados no projeto sobre todos os trechos de eletrodutos (constituídos pelas linhas), sempre de maneira correspondente aos condutores que passam por dentro do respectivo eletroduto. Isto é, se em um eletroduto passam dois condutores fase, um condutor neutro e um condutor de proteção, serão desenhados dois símbolos de condutores fase, um símbolo de condutor neutro e um símbolo de condutor de proteção sobre a linha desse eletroduto.

Os condutores fase são representados por uma linha reta desenhada de maneira ortogonal (em 90°) na linha do eletroduto, de modo com que cada metade de sua extensão se localize em um lado da linha. Os condutores neutros também se constituem por uma linha reta e ortogonal cortada ao meio pela linha do eletroduto, todavia possuem uma curva de 90° para a direita em uma de suas extremidades, se assemelhando a um “L” de ponta cabeça. Por outro lado, os condutores de proteção apresentam o formato de um “T” e cruzam a linha do eletroduto pelo seu lado maior e os condutores de retorno são retos, como os de fase, porém não cruzam a linha do eletroduto (ABNT, 1989).



INOVA\_61\_2024\_F101

<Leg: Simbologia para condutores fase, neutro, de proteção e retorno, respectivamente, da esquerda para a direita>

Além disso, devem ser indicadas a seção desses condutores e o(s) circuito(s) que alimentam. Para indicar a área da seção transversal de condutores costuma-se marcar o seu valor anexo a um pingo.

**Quadros**

Os quadros apresentam simbologias específicas baseadas em retângulos. Tanto os quadros de distribuição quanto de medição são assim representados e terão alterações em virtude de suas utilizações.

Os quadros de distribuição parciais (também chamados de quadros parciais de luz e forças) devem ser representados por um retângulo completamente preenchido cuja linha superior apresenta dimensão ligeiramente maior, de modo a representar sua tampa. Por outro lado, os quadros de distribuição gerais são simbolizados também por um retângulo, todavia cortado na diagonal e com metade de seu interior preenchido. Quando a instalação necessita de quadro de telefonia, estes são representados por retângulos preenchidos por hachuras de linhas diagonais. Por fim, o quadro de medição deve ser representado por um retângulo com a expressão “WED” escrita em seu interior (ABNT, 1989)



INOVA\_61\_2024\_F102

<Leg: Representação atômica com prótons, nêutrons e elétrons>

Esses elementos devem ser dispostos anexos às paredes em que serão fixados. Se forem embutidos, devem ser inseridos entre as linhas das paredes e, se forem sobrepostos, devem ser inseridos com metade de sua espessura dentro da linha da parede e metade para fora. Além disso, devem ser indicados a potência total dos circuitos distribuídos (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

**Iluminação**

Os elementos de iluminação de lâmpadas compactas (como fluorescentes, incandescentes e até mesmo lâmpadas LED) localizados no teto são representados por círculos. O círculo indica o ponto de luz, anexo a este, do lado esquerdo deve ser indicado o circuito que alimenta o ponto (com seu número entre traços), do lado inferior direito a potência da lâmpada (não precisa ser adicionada unidade, pois há convenção de utilização em watt) e, na parte superior do lado direito, o ponto deve ser identificado com uma letra minúscula, de modo que esta mesma letra seja anotada junto ao interruptor que comanda o ponto luminoso em questão, relacionando assim os mesmos. Quando o ponto de luz de lâmpada compacta se trata de uma arandela, ou seja, é instalado na parede, o círculo deve seguir as mesmas anotações mencionadas, todavia terá um traço que o interligará à parede em que será instalado. Se a lâmpada for instalada de maneira embutida, a representação será feita através de um círculo menor envolto por um maior (ABNT, 1989).



INOVA\_61\_2024\_F103

<Leg Simbologia para pontos de luz no teto, na parede e embutidos, respectivamente>

**Interruptores**

Os interruptores também são simbolizados por círculos, os quais são representados por círculos menores e devem ser posicionados junto às paredes em que serão instalados, devendo constar a anotação, em minúsculo, da letra que representa a lâmpada que será acionada por eles.

Os interruptores simples são representados por um círculo sem preenchimento, os paralelos são representados por círculos preenchidos e os intermediários por círculos divididos ao meio, sendo apenas metade preenchida (ABNT, 1989).

A imagem a seguir retrata a simbologia de tais elementos. Se compusessem um projeto, eles acionariam o ponto de luz identificado como “a”.



INOVA\_61\_2024\_F104

<Leg: Simbologia para interruptores simples, paralelos e intermediários, respectivamente>

**Pontos de tomadas**

Sentiu falta de alguma das formas geométricas básicas mencionadas para representações elétricas? Isso mesmo! Os pontos de tomadas são representados por triângulos.

Basicamente, os pontos de tomadas são representados por meio de triângulos equiláteros (com os três lados iguais) munidos de uma linha que se origina em sua base pelas quais são conectados nas paredes em que devem ser instalados (por meio do desenho, é claro) (ABNT, 1989).

No entanto, como será que se diferencia as alturas desses pontos? Os pontos de tomadas baixos são representados por triângulos sem preenchimento. Os pontos de tomadas médios, por sua vez, são representados pelo triângulo dividido ao meio cuja metade é preenchida. Por fim, os pontos de tomadas altos são completamente preenchidos (ABNT, 1989).

Além disso, junto a estes devem ser anotadas as potências das tomadas, em volt-ampere (VA) e o circuito que as alimentam, entre traços (ABNT, 1989). A imagem demonstra a representação desses pontos que, se estivessem desenhados em um projeto, seriam alimentados pelo circuito 3 e apresentariam potência de 300VA.



INOVA\_61\_2024\_F105

<Leg: Representação atômica com prótons, nêutrons e elétrons>

Com relação à escala de desenho, todos os símbolos apresentados neste capítulo não foram desenhados em escalas exatas. Aliás, não há uma convenção para esta propriedade, devendo a simbologia ter sua escala adaptada à escala do projeto.

## INÍCIO DA SEÇÃO **<RESUMINDO>**

Neste capítulo, aprendemos a importância de criar projetos elétricos de forma clara e compatibilizada com os projetos arquitetônicos e hidrossanitários. Vimos que as simbologias usadas são simples, como linhas contínuas para eletrodutos na parede e teto, e pontilhadas para os que estão no chão. Os condutores dentro dos eletrodutos têm símbolos específicos: fase, neutro, proteção e retorno. Quadros de distribuição e medição são representados por retângulos com diferentes preenchimentos, enquanto lâmpadas e interruptores são representados por círculos, e tomadas por triângulos, com variações de preenchimento conforme a altura de instalação.

# **UNIDADE 04 - Capítulo 04 Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA)**

## INÍCIO DA SEÇÃO **<TEXTO>**

Quando o assunto é raios, o Brasil sai à frente. Nosso país é o campeão mundial em incidência desse fenômeno, sendo estimada a ocorrência de cerca de 100 milhões de raios por ano, promovendo uma conexão eletrizante e avassaladora entre o céu e as terras brasileiras (CRUZ; ANICETO, 2012; CAVALIN; CERVELIN, 2006). Mas afinal, o que é, em tese, um raio? Para compreendermos melhor o que é o raio em si, é preciso entendermos o que são as descargas atmosféricas.

Cruz e Aniceto (2012, p. 394) definem que “a descarga atmosférica é uma descarga elétrica que pode ocorrer entre nuvens ou entre uma nuvem e a terra e consiste em um ou mais impulsos de vários quiloamperes”. Dessa maneira, as descargas atmosféricas são provocadas por uma diferença de potencial entre uma nuvem eletricamente carregada e um segundo corpo, que pode ser outra nuvem ou a terra. Ao ocorrer, então, a descarga em si, se dá a geração de impulsos elétricos e, basicamente, quando direcionados para a terra, cada um desses impulsos é denominado raio (CRUZ; ANICETO, 2012).

Os motivos específicos que fazem com que um raio ocorra são diversos, todavia, é certo que se configuram em descargas elétricas de altíssimas tensões e, consequentemente, correntes. Estima-se que a tensão entre a base de uma nuvem e o solo no qual o raio se descarrega atuem tensões elétricas maiores que 10.000V (ou 10kV), as quais podem chegar a 100.000V (100kV). Além disso, o tempo em que esta tensão tão expressiva é descarregada é extremamente pequeno, com durações da ordem de 200 microssegundos. Isso mesmo! É como se pegássemos um segundo e o dividíssemos por mil, a duração do raio seria correspondente a duzentos pedacinhos (CARVALHO JUNIOR, 2018; CRUZ; ANICETO, 2012).

Fazendo um paralelo para entendermos essas grandezas, as tensões que atuam nas instalações elétricas de baixa tensão são de 127V e 220V, as quais são capazes de gerar danos irreparáveis aos bens e à vida.



INOVA\_61\_2024\_F086

<Leg: Os raios são impulsos elétricos provocados por descargas atmosféricas>

A incidência de raios, principalmente em locais que contam com estruturas e presença de seres vivos, pode gerar danos irreparáveis. A NBR 5.419, de maneira muito técnica, define os danos físicos gerados por raios como “danos a uma estrutura (ou ao seu conteúdo) ou a uma linha, devido aos efeitos mecânicos, térmicos, químicos ou explosivos da descarga atmosférica” (ABNT, 2015, p. 5). Todavia, para além disso, existem danos emocionais causados àqueles relacionados aos acidentes provocados por tais descargas, que, por muitas vezes, destroem a vida e/ ou o patrimônio de muitos.

Por se tratar de um fenômeno natural, que sempre existiu e vai existir, em todo o planeta (e ainda mais no Brasil), os raios não podem ser evitados ou terem sua geração controlada. Porém, através de sistemas específicos, o ser humano é capaz de atraí-lo, captá-lo e conduzi-lo, da maneira mais segura possível, à terra. Tudo isso é possível graças aos Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas – SPDA (CRUZ; ANICETO, 2012).

A NBR 5.419 é a norma que impõe requisitos e especificações aos SPDA no Brasil (o que é um item importantíssimo quando se trata do campeão mundial de raios), os quais são definidos da seguinte maneira:

“Sistema utilizado para reduzir danos físicos devido às descargas atmosféricas em uma estrutura” (ABNT, 2015, p. 6).

Prestou bastante atenção à definição? Observe que o SPDA visa a reduzir os danos, sendo assim, é importante considerar que estes sistemas não são garantidamente 100% eficientes. Todavia, quando bem dimensionados e executados, esses sistemas reduzem drasticamente os danos que os raios podem causar, promovendo a proteção da edificação e todo o seu conteúdo, o que inclui bens e pessoas (CARVALHO JUNIOR, 2018; CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Independentemente do método ao qual o sistema se consolida, os SPDA serão sempre constituídos por: elementos de captação, elementos de descida, elementos de aterramento e dispositivos de proteção contra surtos. Vamos entender qual o papel de cada um para a proteção?

Os elementos de captação, como o próprio nome sugere, serão responsáveis por atrair e captar o raio. Eles funcionarão como uma espécie de “armadilha” para essa descarga tão expressiva. Constituídos por materiais metálicos (condutores), esses elementos sempre serão instalados no(s) ponto(s) mais alto(s) da edificação ou da área que o sistema visa proteger. Isso porque os pontos mais elevados exercem um poder de atração aos raios, que estão buscando se descarregarem da maneira mais fácil possível, logo, um ponto alto e ainda condutor é, para eles, uma oportunidade praticamente irrecusável (CARVALHO JUNIOR, 2018; CRUZ; ANICETO, 2012; CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Após captadas, as cargas elétricas descarregadas pelos raios são conduzidas pelos elementos de descida. Tais elementos, também denominados de condutores de descida ou interligação, são geralmente dispostos na vertical e compostos de cobre nu ou alumínio, nus ou isolados. As barras metálicas que constituem a estrutura da edificação podem também ser adotadas como elementos de descida, todavia, devem possuir uma abertura de averiguação próximas aos pontos de entrega do aterramento. Quando as edificações possuem altura superior a 20m, os elementos de descida expostos podem também funcionar como elementos de captação de lateral (CARVALHO JUNIOR, 2018; CRUZ; ANICETO, 2012; CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Os elementos de descida devem, então, conduzir a corrente até os elementos de aterramento, de modo que, finalmente, promovam a dissipação da carga elétrica para a terra. Conforme conhecimentos prévios, os sistemas de aterramento podem ser consolidados por eletrodutos em forma de anéis, hastes isoladas, malhas e até mesmo as próprias fundações da estrutura. Todavia, quando estes integram SPDA, a resistência máxima aplicada à condução para a terra deve ser de 10Ω e, quando compostos de hastes, estas devem possuir comprimentos mínimos de 5,00m, enterradas a uma profundidade mínima de 0,50m e distantes das fundações em pelo menos 1,00m (CARVALHO JUNIOR, 2018; CRUZ; ANICETO, 2012; CAVALIN; CERVELIN, 2006).

No SPDA, todos estes elementos são interligados em série, ou seja, conectados um ao outro de maneira ordenada e organizada, na ordem em que foram apresentados (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

No entanto, é importante ressaltar que o os sistemas externos compostos pelos elementos de captação, descida e aterramento protege a edificação de raios por eles atraídos. Se um raio for descarregado na rede, essa tensão pode ser distribuída internamente e, como não foi captada pelo SPDA, não será aterrada. Para atender a essa importante demanda, deve ser prevista a instalação de Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS), que funcionam como um SPDA interno (CARVALHO JUNIOR, 2018).

**Avaliação da necessidade de instalação de SPDA**

Os raios tendem a ser atraídos por pontos mais altos e em um centro urbano, por exemplo, há grande variação de massas e altitudes nas construções. Dessa maneira, a necessidade ou não de instalação de SPDA deve levar em conta fatores técnicos avaliados a partir do ambiente em que a edificação se encontra, da frequência de incidência de raios e das diferentes utilizações que cada edificação pode assumir (CRUZ; ANICETO, 2012).

A NBR 5.419 impõe que a definição de uma edificação, deve ser definida a partir de um gerenciamento de risco, consolidada por meio de cálculos estatísticos que definem se a edificação necessita ou não da incorporação de SPDA em sua estrutura.

Cruz e Aniceto (2012) resumem que essa avaliação leva em conta o número de dias de trovoadas por ano no local (dado mapeado em nosso país) e, a partir dele, é calculada a densidade de descargas atmosféricas para a terra. No que diz respeito à edificação, é calculada a área de exposição equivalente (ou área a ser protegida que a englobe a edificação). De posse da densidade de descargas atmosféricas para a terra e da área de exposição, calcula-se a frequência média anual previsível de descargas atmosféricas sobre a estrutura em análise.

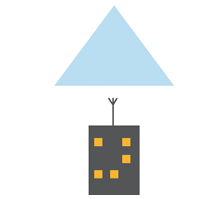
No entanto, apenas a frequência média anual de descargas previsíveis a incidirem sobre a estrutura não é suficiente. É preciso aplicar cinco fatores de ponderação distintos, que levam em conta desde o tipo de ocupação da edificação até a topografia da região, de modo a majorar ou diminuir a frequência calculada frente aos mesmos. Por fim, com a frequência média anual previsível de descargas atmosféricas fatoradas, se analisa, diante de seu valor, se este se encaixa aos parâmetros tabelados pela norma que definem a necessidade ou não de instalação de SPDA (CRUZ; ANICETO, 2012).

O modo como o sistema de proteção irá se estruturar na edificação pode se dar através de diferentes metodologias. Em suma, destacam-se três: o método de Franklin, a gaiola de Faraday e o método eletrogeométrico (CARVALHO JUNIOR, 2018). Vamos conhecê-los?

**Método de Franklin**

O método de Franklin recebe essa nomenclatura em homenagem a Benjamin Franklin, cientista que o concebeu. Os SPDA consolidados por meio deste método talvez sejam os mais conhecidos, pois se constituem nos populares “para-raios” (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Basicamente, este método se consolida em um ou mais mastros verticais posicionados na parte mais alta da edificação de modo a consolidar o elemento de captação. Estas hastes (ou mastros) são de material metálico maciço e possui quatro pontas em sua extremidade, a central e três anexas inclinadas, de modo que garante a proteção similar ao volume de um cone cujo vértice é a ponta da haste (CARVALHO JUNIOR, 2018; CRUZ; ANICETO, 2012).



INOVA\_61\_2024\_F106

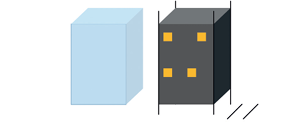
<Leg:A haste que consolida o método de Franklin protege o volume semelhante a um cone cujo vértice é coincidente com a ponta da haste.>

A haste, ou para-raios, é posicionada na parte mais alta da edificação, possui quatro pontas e a área de proteção se consolida em um cone (suavemente destacado em azul). A angular ou grau de abertura do cone é definida a partir da altura do elemento de captação e do material que o constitui, todavia, em qualquer ponto demarcado pelo mesmo, ocorre a proteção promovida pelo para-raios (CRUZ; ANICETO, 2012).

O elemento de captação é então interligado aos elementos de descidas, os quais, sucessivamente, estão ligados aos elementos de aterramento, que dissipam a carga no solo. Devem ser dispostos, no mínimo, dois elementos de descida (condutores) afastados de 10m a 25m, a depender do nível de proteção do sistema. Esses elementos podem ser embutidos, desde que se encontrem em meios não inflamáveis; ou instalados de forma externa, desde que respeitem um distanciamento mínimo de 0,50m de portas, janelas e abertura e sejam afixados com espaçadores e isolantes. Além disso, os elementos de descida devem ser interligados, visando equipotencialização (CRUZ; ANICETO, 2012; CAVALIN; CERVELIN, 2006).

**Gaiola de Faraday**

Desenvolvido pelo físico Michael Faraday, esse sistema se constitui em uma malha de elementos de captação interligados na cobertura, de modo que transmitem a carga a elementos de descida que se encontram também contornando toda a estrutura (CARVALHO JUNIOR, 2018). Consolidando assim, basicamente, “uma rede de condutores envolvendo todos os lados do volume a proteger” (CRUZ; ANICETO, 2012, p. 410).



INOVA\_61\_2024\_F107

<Leg: O sistema de Faraday envolve todos os lados da edificação>

Observando a imagem, é possível perceber por que esse método é popularmente chamado de gaiola, porque, de fato, envolve com a proteção toda a edificação, promovendo uma blindagem completa e alinhada desta. Essa concepção apresenta excelente desempenho, porém seu custo é mais elevado (CRUZ; ANICETO, 2012; CAVALIN; CERVELIN, 2006).

**Método eletrogeométrico**

O método eletromagnético é mais moderno e complexo de ser desenvolvido. Considerando que a transição dos raios acontece como “saltos” entre as nuvens e, posteriormente, à terra, a proteção dos SPDA eletrogeométricos se baseiam nestas propriedades (comprimentos de saltos) e, por isso, consideram que a área protegida em seu entorno deve ser esférica, pois os raios podem incidir na estrutura que protege em qualquer direção. Com isso, a rede de captação e condução do sistema é formada em planos horizontais ou inclinados. Esse sistema é aplicável às estruturas muito altas ou de características arquitetônicas complexas (CARVALHO JUNIOR, 2018; CRUZ; ANICETO, 2012).



INOVA\_61\_2024\_F108

<Leg:Nos sistemas eletrogeométricos a área de proteção é compreendida por esferas fictícias>

**Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS)**

Por vezes, a descarga elétrica provocada por um raio pode acometer as instalações elétricas de maneira indireta, ou seja, o raio não cai diretamente no ponto em que gera dano, mas sua tensão é transmitida até ele. Isso é comum quando, por exemplo, um raio atinge a rede elétrica e a sobretensão é transmitida pelos condutores até as unidades consumidoras, gerando danos (CRUZ; ANICETO, 2012). Quem nunca teve ou ouviu dizer que um eletrodoméstico ou aparelho eletrônico “queimou” por conta de um raio? Isto ocorre justamente em virtude deste tipo de descarga.

Visando a proteção contra tensões atmosféricas que acometem a edificação de maneira indireta, a NBT 5.410 prescreve a instalação de Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS), que se assemelham a disjuntores, porém com configurações diferentes de modo a suportar o nível de tensão que visa disseminar à terra. Quando instalados com o intuito de proteger os equipamentos de tensões atmosféricas vindas pela linha de distribuição, tais dispositivos podem ser instalados no ponto de entrada ou no quadro de distribuição principal. Visando à proteção de equipamentos de tensões de descargas atmosféricas na edificação ao seu redor, estes devem ser instalados no ponto de entrada da linha (ABNT, 2008).

## INÍCIO DA SEÇÃO **<RESUMINDO>**

Neste capítulo, aprendemos sobre as descargas atmosféricas e como elas são controladas por meio dos Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA). Embora não seja possível evitar esses fenômenos naturais, os SPDA atraem e neutralizam as descargas, protegendo as edificações. Esses sistemas são compostos por elementos de captação, descida e aterramento. Existem três principais metodologias: o método de Franklin (com para-raios em formato de cone), a gaiola de Faraday (que envolve toda a edificação com uma malha de proteção) e a metodologia eletrogeométrica (com elementos condutores dispostos inclinados ou horizontalmente, ideal para grandes estruturas). Cada sistema é escolhido com base em estudos de risco e cálculos normativos.

# **REFERÊNCIAS**

**Unidade 1**

ABNT. NBR 14136 - Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo até 20 A/250 V em corrente alternada - Padronização. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT. NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2008.

ANEEL. Regulação dos Serviços de Distribuição. 2018. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/regulacao-dos-servicos-de-distribuicao. Acesso em: 07 jul. 2021.

ANEEL. Tanslues Normais. 2014. Disponível em: https://bit.ly/3kUicPn. Acesso em: 07 jul. 2021.

BONJOUR, J. R.; RAMOS, C. M.; PRADO, E. P.; BONJOUR, V.; BONJOURNO, M. A.; CASERINO, P.; BONJOUR, F. A. F. Física: Eletromagnetismo. Física Moderna 3. 3ª ed. São Paulo: FTD, 2014.

CALLISTER, W. J. 2010. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

CARVALHO JÚNIOR, R. Instalações elétricas e o projeto de arquitetura e interiores. São Paulo: Blucher, 2018.

CARVALIN, C.; SERVELIS, S. Instalações elétricas prediais conforme a NBR 5410. 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

CUNHA, E. B. Elétrica básica: teoria e prática de instalações elétricas. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

GUSSOW, M. Eletricidade básica. 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

ELETROBRAS. Especificação técnica n° 24 - Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária de Distribuição. Versão No 2.0. Publicado 25 abr. 2019. Disponível em: https://bit.ly/3ADCSNq. Acesso em: 01 jul. 2021.

EPE. Matriz Energética e Elétrica. Publicada em 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica. Acesso em: 01 jul. 2021.

FETTOSO, E. M. A.; BARBOSA, F. G.; FORTE, C. M. S. Química geral 1. 3. ed. – Fortaleza: EDUCE, 2008. 133 p.

FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. Física básica: volume único. São Paulo: Ática, 1998. 697 p.

FERREIRA, D. A. D. Medidas e materiais elétricos. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017. 148 p.

GASPAR, A. Física Série Brasil – Volume Único. São Paulo: Editora Ática, 2008. 557 p.

GUSKOW, M. Eletricidade básica recurso eletrônico. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 517 p.

HALLIDAY, D.; RESNICK. Fundamentos de Física – Vol. 3 – Eletromagnetismo. 6. ed. LTC, 2016. VitalBook file.

PINHEIRO, M. Projeto de usinas hidrelétricas para o aço. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 486 p.

SCHMIDT, W. Materiais elétricos – Condutores e semicondutores. 4. ed. São Paulo: Érica, 2019. 418 p.

**Unidade 2**

ABNT. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2008.

ABNT. NBR NM 60669-1: interruptores para instalações elétricas fixas para uso doméstico e análogas – Parte 1: Requisitos específicos. Rio de Janeiro, 2004.

CARVALHO JÚNIOR, R. Instalações elétricas e o projeto de arquitetura. São Paulo: Blucher, 2018. 167 p.

CAVALIN, G.; CERVELIN, S. Instalações elétricas prediais conforme a NBR 5410. 2004. 14 ed. São Paulo: Érica, 2006. .

CREDER, H. Instalações elétricas. 16. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

CRUZ, E. C. A.; ANICETO, L. A. Instalações elétricas: fundamentos, prática de projetos em instalações residenciais e comerciais. 2. ed. São Paulo: Érica, 2012.

**UNIDADE 3**

ABNT. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2008.

ABNT. NBR 5419-1: Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 1: Princípios gerais. Rio de Janeiro, 2015.

CARVALHO JÚNIOR, R. Instalações elétricas e o projeto de arquitetura. São Paulo: Blucher, 2018.

CAVALLIN, G.; SERVELIN, S. Instalações elétricas. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

COTRIM, A. M. M. Instalações elétricas prediais conforme a NBR 5410:2004. 14. ed. São Paulo: Érica, 2016.

CREDER, H. Instalações elétricas. 16. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

CRUZ, E. C. A.; JANECETO, L. A. Instalações elétricas: fundamentos, práticas de projetos em instalações residenciais e comerciais. 2. ed. São Paulo: Érica, 2012.

FERREIRA, D. A. P. Medidas e materiais elétricos. Londrina: Distribuidora Educacional S.A., 2017.

**Unidade 4**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).

NBR 5.419-1: Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 1: Princípios gerais Rio de Janeiro, 2015. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).

NBR 5.444: Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais. Rio de Janeiro, 1989. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).

NBR 14.136: Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo até 20 A/250 V em corrente alternada — Padronização. Rio de Janeiro, 2012. ASSOCIAÇÃO MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO (AMN).

NM 60.884-1: Plugues e tomadas para uso doméstico e análogos – Parte 1 – Requisitos gerais. São Paulo, 2009.

CARVALHO JÚNIOR, R. Instalações elétricas e o projeto de Arquitetura. São Paulo: Blucher, 2018.

CAVALIN, G.; CERVELIN, S. Instalações elétricas. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

CREDER, H. Instalações elétricas. 16. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

CRUZ, E. C. A.; ANICETO, L. A. Instalações elétricas: fundamentos, prática de projetos em instalações residenciais e comerciais. 2. ed. São Paulo: Érica, 2012.