



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA  
HABILITAÇÃO EM SISTEMAS DE POTÊNCIA**

**Ramon do Carmo Corrêa**

**APLICAÇÃO DE NORMAS DE SEGURANÇA EM PAINÉIS ELÉTRICOS DE  
BAIXA TENSÃO**

Juiz de Fora

2024

**Ramon do Carmo Corrêa**

**APLICAÇÃO DE NORMAS DE SEGURANÇA EM PAINÉIS ELÉTRICOS DE  
BAIXA TENSÃO**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Juiz de Fora, Habilitação em Sistemas de Potência, como requisito para aprovação na disciplina - Trabalho Final de Curso.

Orientador: Prof. DSc. Dr. Flávio Vanderson Gomes

Juiz de Fora

2024

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Corrêa, Ramon do Carmo.

Aplicação de Normas de Segurança em Painéis Elétricos de Baixa Tensão / Ramon do Carmo Corrêa. -- 2024.

46 p.

Orientador: Flávio Vanderson Gomes

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2024.

1. Painéis Elétricos de Baixa Tensão. I. Gomes, Flávio Vanderson, orient. II. Título.

**Ramon do Carmo Corrêa**

**APLICAÇÃO DE NORMAS DE SEGURANÇA EM PAINÉIS ELÉTRICOS DE  
BAIXA TENSÃO**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Juiz de Fora, Habilitação em Sistemas de Potência, como requisito para aprovação na disciplina - Trabalho Final de Curso.

Aprovada em: \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Flávio Vanderson Gomes – Orientador  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Prof. Dr. Igor Delgado de Melo  
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dedico esse trabalho à minha família e amigos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha família, cujo apoio incondicional e amor foram fundamentais em todos os momentos desta jornada acadêmica. À minha mãe Marta, meu pai Márcio, e minha tia Márcia que sempre acreditaram no meu potencial e me incentivaram a perseguir os meus sonhos. A meu irmão Marcio, pelos momentos de compreensão e pelo incentivo constante.

Também agradeço aos meus amigos e colegas de curso, pelas experiências compartilhadas, pelas horas de estudo em grupo e pelo suporte mútuo durante os desafios acadêmicos.

Agradeço a minha companheira Nathália, por me incentivar sempre para que não desanimasse, me oferecendo todo carinho e apoio nos momentos mais difíceis.

Por fim, agradeço aos meus professores e orientador que me guiaram e inspiraram ao longo desta jornada. Seu conhecimento, dedicação e orientação foram essenciais para o desenvolvimento deste estudo.

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo analisar os riscos associados aos painéis elétricos de baixa tensão, bem como sua adaptação às normas técnicas vigentes, focando na segurança de tais equipamentos. Painéis elétricos desempenham função crucial de distribuição e proteção de energia em diversos ambientes industriais, comerciais e residenciais.

São revisadas as normas brasileiras vigentes que se associam direta e indiretamente, sendo elas a NBR IEC 61439 e a Norma Regulamentadora Número 10, que estabelecem requisitos para projeto, construção e serviços que envolvam painéis elétricos. São discutidos os critérios de seleção de materiais, dimensionamento de condutores, dispositivos de proteção, métodos de montagem e serviços com tais equipamentos, destacando-se a importância de seguir as diretrizes para garantir a segurança operacional dos painéis

Os resultados demonstram que o cumprimento rigoroso das normas técnicas resulta em painéis elétricos de baixa tensão mais seguros e confiáveis, minimizando riscos de falhas elétricas e danos aos equipamentos e pessoas.

Este estudo contribui para o entendimento da importância das normas técnicas na fabricação, operação e serviços que envolvam painéis elétricos de baixa tensão, enfatizando a necessidade de aderência aos padrões estabelecidos para promover um ambiente elétrico seguro e eficiente.

## **ABSTRACT**

This study aims to analyze the risks associated with low-voltage electrical panels, as well as their compliance with current technical standards, focusing on the safety of such equipment. Electrical panels play a crucial role in the distribution and protection of energy in various industrial, commercial, and residential environments.

Current Brazilian standards directly and indirectly associated are reviewed, namely NBR IEC 61439 and Regulatory Standard Number 10, which establish requirements for the design, construction, and services involving electrical panels. Criteria for material selection, conductor sizing, protection devices, assembly methods, and services with such equipment are discussed, emphasizing the importance of following guidelines to ensure the operational safety of the panels.

The results demonstrate that strict compliance with technical standards leads to safer and more reliable low-voltage electrical panels, minimizing risks of electrical failures and damage to equipment and people.

This study contributes to understanding the importance of technical standards in the manufacturing, operation, and services involving low-voltage electrical panels, emphasizing the need to adhere to established standards to promote a safe and efficient electrical environment.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1	– Total de acidentes fatais e não fatais no ano de 2023.....	27
Gráfico 2	– Evolução dos acidentes com choque elétrico entre 2019 e 2023.....	28
Gráfico 3	– Acidentes com choque elétrico por área.....	29
Gráfico 4	– Evolução dos acidentes com incêndios entre 2019 e 2023.....	30
Gráfico 5	– Acidentes com Incêndios por área.....	31
Gráfico 6	– Causas de acidentes com incêndios.....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Efeitos no corpo humano causados pela passagem de corrente elétrica.....	18
Tabela 2	– Tensão nominal de impulso suportável.....	34
Tabela 3	– Distâncias mínimas de isolamento.....	35
Tabela 4	– Seções mínimas de condutor de proteção.....	37

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IEC	International Electrotechnical Commission
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
TTA	Type Tested Assembly
PTTA	Partially Type Tested Assembly
IP	Grau de Proteção
NR-10	Norma Regulamentadora Numero 10
ABRACOPEL	Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade
DR	Dispositivo Residual
Ui	Tensão Nominal de Isolamento
InA	Corrente Nominal
InC	Corrente Nominal de Circuito Isolado
Icc	Corrente Nominal de Curto-Circuito
TT	Esquema de Aterramento
DDR	Dispositivo Diferencial Residual
PEN	Protetor Equipotencial Neutro

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução</b> .....	13
1.1	Motivação.....	13
1.2	Objetivos.....	14
<b>2</b>	<b>Fundamentação Teórica</b> .....	16
2.1	Riscos associados a Painéis Elétricos.....	16
2.1.1	Choque Elétrico.....	16
2.1.2	Incêndio.....	18
2.1.3	Explosões.....	21
2.1.4	Danos a equipamentos.....	21
2.2	Ensaio em Painéis Elétricos.....	22
2.2.1	Ensaio de Tipo.....	22
2.2.2	Ensaio de Rotina.....	24
2.3	Normas Aplicáveis.....	24
2.3.1	Norma NBR IEC-61439.....	24
2.3.2	NR-10.....	25
<b>3</b>	<b>Análise e Discussão</b> .....	27
3.1	Acidentes Envolvendo Painéis Elétricos.....	27
3.2	Aplicações das Normas.....	32
3.2.1	Aplicação da NBR IEC 61439-1.....	32
3.2.1.1	Características de Interface.....	33
3.2.1.2	Requisitos de Construção.....	35
3.2.1.3	Requisitos de Desempenho.....	38
3.2.1.4	Verificação de Rotina.....	38
3.2.2	Aplicação da NR-10.....	39
3.2.2.1	Medidas de Controle.....	39
3.2.2.2	Medidas de Proteção Coletiva.....	40
3.2.2.3	Medidas de Proteção Individual.....	40
3.2.2.4	Segurança em Projetos.....	40
3.2.2.5	Segurança na Construção, Montagem, Operação e Manutenção	41
3.2.2.6	Segurança em Instalações Elétricas Desenergizadas.....	41
3.2.2.7	Segurança em Instalações Elétricas Energizadas.....	42
3.2.2.8	Proteção Contra Incêndio e Explosão.....	42

3.2.2.9	Sinalização de Segurança.....	43
3.2.2.10	Procedimentos de Trabalho.....	43
3.2.2.11	Situação de Emergência.....	44
<b>4</b>	<b>Conclusões e Propostas de Trabalhos Futuros.....</b>	<b>45</b>
<b>5</b>	<b>Referências.....</b>	<b>47</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A segurança em instalações elétricas é uma questão de extremamente importância, especialmente quando se fala de painéis elétricos de baixa tensão. Tal equipamento, desempenha um papel vital na distribuição e controle da eletricidade em edificações residenciais, comerciais e industriais. Esses painéis são responsáveis por gerenciar a distribuição da energia elétrica para diferentes circuitos e dispositivos, o que faz com que sua instalação, operação e manutenção sejam realizadas com a máxima atenção aos princípios de segurança e eficiência.

A crescente complexidade das instalações elétricas, que traz consigo a necessidade de uma maior confiabilidade e eficiência dos sistemas elétricos, tem destacado a necessidade de garantir que os painéis elétricos de baixa tensão sejam projetados e mantidos conforme normas rigorosas. Esses painéis não apenas devem assegurar uma distribuição adequada da eletricidade, mas também devem ser projetados a fim de minimizar os riscos associados a falhas elétricas, que podem resultar em choques elétricos, incêndios, danos a equipamentos e explosões. Tais acidentes podem ser extremamente prejudiciais não só por causarem danos a estruturas e materiais, mas principalmente por poderem causar consequências gravíssimas as pessoas envolvidas em sua operação ou próximas dos locais onde estão instalados, podendo em casos mais graves resultar na morte de tais indivíduos.

A segurança dos painéis elétricos de baixa tensão está relacionada a uma série de fatores, incluindo o projeto adequado, a escolha correta dos componentes, a instalação conforme as normas técnicas e a realização de manutenções preventivas e corretivas. A conformidade com as normas e regulamentações específicas, como as estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e outras entidades reguladoras, é crucial para a criação de um ambiente seguro e protegido contra os riscos elétricos.

### 1.1 MOTIVAÇÃO

A segurança relacionada a eletricidade é uma preocupação cada vez mais presente no país tendo em vista a necessidade crescente de sistemas elétricos mais complexos e interligados. A necessidade de garantir a segurança em painéis elétricos de baixa tensão é fundamental devido a sua importância, que faz com que estejam

presentes em quase todos os tipos de edificações, sejam residenciais, comerciais ou industriais.

O aumento significativo na demanda por eletricidade e a evolução constante das tecnologias elétricas têm levado a uma maior complexidade nas instalações elétricas. Com isso, surgem a cada dia, mais desafios para assegurar que os painéis elétricos operem de forma segura e eficiente. A falta de conformidade com as normas e práticas de segurança podem acarretar diversos riscos tanto a materiais e edificações como as pessoas em seu entorno. Esses riscos ficam cada vez mais evidentes nos dados de acidentes de origem elétrica no Brasil ao longo dos anos.

Além disso, a crescente preocupação com questões de segurança e a necessidade de garantir ambientes de trabalho e moradias mais seguras, faz com que à aplicação das normas sejam seguidas cada vez mais de maneira rigorosa. Profissionais e empresas estão cada vez mais conscientes de que a conformidade com as regulamentações e a adoção de boas práticas não apenas protegem os indivíduos e propriedades, mas também promovem a eficiência operacional e a confiabilidade dos sistemas elétricos.

Este estudo é motivado pelo desejo de promover ambientes mais seguros em relação aos painéis elétricos de baixa tensão. Busca-se, além disso, aumentar a conscientização sobre os riscos associados a esses equipamentos e as possíveis consequências da não conformidade com as normas vigentes no país, no que diz respeito à aspectos de segurança.

## 1.2 OBJETIVOS

Tem-se por objetivo, analisar e discutir a aplicação das normas de segurança em painéis elétricos de baixa tensão, visando identificar os principais parâmetros e requisitos estabelecidos pelas normas técnicas vigentes no Brasil, no que diz respeito a segurança na fabricação e manuseio de tais equipamentos.

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos, sendo o primeiro introdutório. O segundo capítulo tratará dos riscos associados aos painéis elétricos de baixa tensão, bem como as normas as quais serão abordadas durante o seu desenvolvimento, sendo elas a NBR IEC-61439, que define diretamente parâmetros construtivos de confiabilidade e segurança em painéis elétricos de baixa tensão, bem como a Norma Regulamentadora número 10, que trata de Segurança em Instalações

e Serviços com Eletricidade. O terceiro capítulo tratará dos dados de acidentes de origem elétrica registrados no Brasil ao longo dos anos e como é possível relacioná-los, direta e indiretamente, aos painéis elétricos de baixa tensão. No mesmo capítulo, serão abordados os itens das normas citadas anteriormente, que dizem respeito a quesitos de segurança relacionados aos painéis. O capítulo quatro traz às conclusões e propostas futuras referentes a tudo que foi tratado nesta revisão bibliográfica. Por fim, o último capítulo traz as referências utilizadas no desenvolvimento deste estudo.

Espera-se que tal trabalho contribua para ampliar o conhecimento relacionado a aplicação das normas de segurança em painéis elétricos de baixa tensão e para incentivar a adoção de medidas preventivas que garantam ambientes mais seguros e protegidos contra acidentes causados por falhas elétricas.



## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 RISCOS ASSOCIADOS A PAINÉIS ELÉTRICOS

Os quadros elétricos são essenciais na operação segura e distribuição da energia nas instalações industriais e edificações. Quando esses quadros não são projetados, instalados ou mantidos de uma forma adequada, podem gerar uma série de riscos não só às pessoas, mas também às instalações as quais esses equipamentos estão conectados. A seguir serão listados uma série de riscos relacionados aos painéis bem como as principais causas e consequências

#### 2.1.1 CHOQUE ELÉTRICO

O choque elétrico pode ocorrer de duas formas principais:

- Por contato direto, quando o operador entra em contato com partes naturalmente energizadas do equipamento, como por exemplo barramentos (VIANA, 2021);

- Por contato indireto, quando a pessoa entra em contato com partes metálicas e condutoras que não deveriam estar energizadas, mas que por alguma situação adversa venham a estar (VIANA, 2021).

O choque elétrico é definido como a reação ao qual o sistema nervoso do corpo humano será submetido ao se passar uma corrente elétrica. O choque elétrico vai ocorrer quando, em contato, simultâneo, com partes de diferentes potenciais elétricos, criar-se, através do corpo do indivíduo, um caminho alternativo para a circulação de corrente elétrica, podendo gerar diversas reações, desde uma simples contração muscular e incômodo, até mesmo em casos mais graves, paradas cardíacas e a morte (BERTOLUZZI, 2009).

Segundo Bertoluzzi (2009), é possível citar uma série de condições que vão ser cruciais na determinação das consequências de se sofrer um choque elétrico, dentre elas teremos as seguintes:

- Tempo ao qual a pessoa fica submetida a um choque elétrico;
- Área de contato do corpo com as partes energizadas;
- O potencial elétrico ao qual a pessoa é submetida;
- O estado de saúde ao qual a pessoa se encontra ao ser submetida ao choque;

- A composição orgânica da pessoa;
- A frequência da corrente elétrica.

Segundo Ribeiro (2020), o caminho ao qual a corrente circulará pelo corpo do indivíduo, será fundamental nas consequências causadas pelo choque. De maneira geral as partes mais afetadas em choques envolvendo painéis elétricos, serão as mãos, pés, pernas, tronco e tórax, que seriam as partes mais propícias à circulação de corrente em uma pessoa que trabalha em um painel elétrico ou sofre um contato acidental em uma parte energizada.

Correntes de intensidade elevadas, geralmente superiores a 30mA circulando por um determinado tempo no corpo humano, são capazes de causar asfixia e a morte. A fibrilação ventricular, ocorrerá quando houver circulação de corrente na ordem de 15mA, ela irá correr quando a corrente elétrica atinge diretamente o músculo cardíaco o coração começa a bater de forma rápida e descoordenada, resultando em uma incapacidade eficaz de bombear sangue para o corpo. Se não socorrida em minutos, a vítima pode vir a óbito (OLIVEIRA, 2015a).

Além da asfixia e fibrilação ventricular, a combinação entre caminho e intensidade da corrente circulante no corpo do indivíduo, dirá sobre outras consequências causadas pelo acidente. Dentre as consequências, segundo Viana (2021), teremos os seguintes casos:

- A tetanização: que seria a paralização ou contração muscular devido a circulação da corrente nos tecidos nervosos.

- Parada respiratória: quando o fenômeno da tetanização envolve os tecidos e músculos do tórax responsáveis pela respiração.

-Queimaduras: ocorrem quando a corrente elétrica passa pelo corpo e causa danos nos tecidos. Elas podem ocorrer nos pontos de entrada e saída da corrente, e também ao longo do trajeto que a eletricidade percorre pelo corpo. A gravidade das queimaduras irá depender da intensidade e duração do choque. As queimaduras elétricas podem variar de leves a graves, podendo afetar músculos, vasos sanguíneos e até mesmo ossos.

O Tabela1 retrata os efeitos causados pela passagem de corrente de acordo com a intensidade da corrente.

**Tabela 1** - Efeitos no corpo humano causados pela passagem de corrente elétrica

Intensidade	Efeito	Causas	
1 a 3 mA	Percepção	A passagem da corrente provoca formigamento. Não existe perigo.	
3 a 10 mA	Eletrização	A passagem da corrente provoca movimentos.	
10 mA	Tetanização	A passagem da corrente provoca contrações musculares, agarramento ou repulsão.	
25 mA	Parada Respiratória	A corrente atravessa o cérebro.	
25 a 30 mA	Asfixia	A corrente atravessa o tórax.	
60 a 75 mA	Fibrilação Ventricular	A corrente atravessa o coração.	

Fonte: Recomendação Técnica de Procedimentos Nº 5, 2ª edição (2021).

Dessa forma, pode se dizer que, choques elétricos envolvendo painéis elétricos tratam-se de choques elétricos dinâmicos, quando se tem contato direto com partes energizadas, seja de forma acidental em uma manutenção ou operação do equipamento ou por contato indireto, por uma falta de isolamento, falta de manutenção ou algum problema do tipo, que faça com que partes isoladas do quadro venham a ser energizadas.

### 2.1.2 INCÊNDIO

Incêndios envolvendo eletricidade representam uma ameaça significativa independentemente de onde eles possam vir a ocorrer. Vai se tratar de um risco eminente às edificações podendo trazer consigo o risco a integridade das pessoas que estão imersas naquele ambiente. Quando se relaciona quadros elétricos a riscos de incêndio envolvendo eletricidade, tem-se que ele desempenha um papel fundamental na proteção contra esse tipo de acidente. Nele estarão localizados todos aqueles componentes responsáveis por assegurar que grande parte de problemas elétricos, que causaria um possível foco de incêndio, não venham a ocorrer.

Quando um incêndio de origem elétrica surge em uma edificação, seja residências, escritórios ou instalações industriais, várias complicações podem aparecer, tornando a situação especialmente perigosa. Um dos principais perigos é o risco iminente de choque elétrico para aquelas pessoas que tentarem extinguir o incêndio, caso não seja utilizado o extintor adequado para tal ocasião, por exemplo.

Os incêndios residenciais e industriais vão se diferir em alguns aspectos ao se fazer uma análise sobre suas principais causas, sendo ambos igualmente perigosos e danosos. Uma das causas mais comuns, no âmbito residencial, é a sobrecarga de circuitos, devido ao aumento frequente da demanda de cargas ou até mesmo a sobrecarga de algum circuito em específico, que por ventura possa estar mal dimensionado, fazendo com que ocorra um superaquecimento dos fios podendo propiciar um incêndio. Segundo Campos (2022), por muitas vezes, a falta de informação por parte de residentes, pode vir a se tornar um perigo em relação as instalações.

Geralmente os moradores aumentam a potência dos disjuntores sem saber se a rede suporta, sendo muito comum encontrar nos apartamentos tomadas derretidas, interruptor com mau contato, aparelhos de refrigeração ligado sem tomadas comuns, e até mesmo disjuntor colado com fita isolante para não cair. Antigamente os projetos previam um chuveiro elétrico de até 4.200W, uma TV de 14 polegadas, um ventilador de 100W, por exemplo. Hoje, o chuveiro varia entre 7.200 e 9.000W (mais que o dobro), são duas ou três TVs de 54 polegadas e uma média de dois aparelhos de ar condicionado por unidade (Martinez, 2022, recurso *online*)

Além disso, outro problema muito comum em residências e a deterioração da fiação com o passar do tempo, especialmente em edificações mais antigas, gerando pontos de aquecimento ou até mesmo curto circuitos que podem levar a consequências mais graves (CAMPOS, 2022).

Quase 100% dos edifícios que visito nunca fizeram manutenção preventiva nos quadros. Só fazem reparo quanto acontece algum defeito e são obrigados a chamar alguém, que normalmente é um eletricista, para consertar. E não estou falando somente de prédios novos, com até 10 anos de uso. Isso acontece inclusive em prédios antigos, com 40 anos, que podem sofrer sobrecarga com a instalação de equipamentos eletrônicos e eletrodomésticos de última geração (Martinez, 2022, recurso *online*)

Incêndios de origem elétrica em edificações industriais, além de todos os aspectos presentes também em edificações residenciais, podem possuir agravantes de acordo com o ramo da indústria, bem como diferentes setores com seus próprios riscos. Tendo em vista esse cenário, os estabelecimentos industriais devem ser munidos de medidas adequadas para prevenção de acidentes e preservação da segurança de seus colaboradores. Dessa forma, instalações e equipamentos que apresentem elevado risco de incêndio, devem ser construídos e projetados para que facilite a sua isolação em casos de acidente (JUNKES, 2018).

Segundo Silva (2018), diversos fatores podem ser causadores de incêndios de natureza elétrica, e vão estar diretamente ligados aos quadros elétricos, como:

-Sobrecargas: Ocorre quando um circuito é submetido a uma demanda além de sua capacidade projetada, resultando em uma corrente que excede o normal. Hábito muito frequente é o uso de equipamentos que permitem conectar vários aparelhos a uma única tomada, sobrecarregando o circuito. Essa prática pode levar a uma corrente maior do que a capacidade do fio condutor, resultando em um aumento significativo de temperatura, ultrapassando os limites de isolamento. O superaquecimento do circuito e a deterioração do material isolante podem culminar em um curto-circuito, criando as condições ideais para o surgimento de um incêndio.

- Dimensionamento incorreto da rede: o que pode causar a sobrecarga dos circuitos, propiciando o aquecimento dos cabos condutores gerando possíveis focos de incêndio, que vai depender do meio ao qual esses cabos estão situados.

- Troca inadequada de fiação e disjuntores: quando por uma falta de informação, negligência ou até mesmo falta de atenção, é feita a troca indevida de fiação e/ou disjuntores em desconformidade com o projeto e as demandas de cargas para cada circuito, podendo gerar o superaquecimento dos fios condutores causando curtos circuitos e incêndios.

- Rede elétrica antiga: a falta de uma manutenção preventiva também pode ser um causador de incêndios em instalações elétricas, principalmente naquelas mais antigas que por ação do tempo, os equipamentos e fios condutores se deterioraram podendo acarretar problemas como curtos-circuitos e surgimento de pontos de aquecimento em emendas e afins, ambos podendo se tornar focos de incêndios.

- Maus-contatos em conexões, emendas e afins: pode surgir devido a uma série de fatores, como o aperto inadequado dos parafusos dos conectores, conexões corroídas, oxidadas ou falhas nos componentes elétricos. Podem surgir também por erros de projetos, falhas de montagem ou falta de manutenção preventiva. O surgimento de problemas desse tipo pode acarretar no aquecimentos das conexões que em casos mais graves irão se tornar focos de incêndio.

### 2.1.3 EXPLOSÕES

Quando se fala em explosões associadas a painéis elétricos de baixa tensão, deve estar sempre atento as causas possíveis desse tipo de acidente, tendo em vista que suas consequências podem ser severas, tanto em relação a instalação, mas principalmente em relação as pessoas que podem ser atingidas e afetadas.

Os riscos de explosões associadas aos painéis, vai estar diretamente ligada a área onde tal equipamento está instalado. De maneira geral, os riscos de explosões vão aparecer no âmbito das instalações industriais onde encontramos as áreas denominadas “áreas classificadas”, que tratam-se de partes das instalações onde há, misturado ao ar, gases, vapor, poeira e outras substâncias inflamáveis que na presença de um equipamento que cause a ignição, no casos os painéis elétricos, pode gerar uma explosão (CARLETTI et. al, 2021).

Como dito, os painéis podem assumir nessa atmosfera das áreas classificadas, a função de ignitor por diversos motivos, seja uma falha em algum equipamento, a simples abertura ou fechamento de contatos, ou até mesmo pela temperatura atingida pelos equipamentos ali presentes em uma operação normal.

### 2.1.4 DANOS A EQUIPAMENTOS

Os danos aos equipamentos relacionados aos painéis elétricos, podem em grande parte dos casos, estar relacionado ao projeto não adequado, que pode

acarretar em diversos acidentes, seja por falta de conhecimento do projetista, por falhas ou até mesmo um subdimensionamento. As consequências nesses casos podem ser graves, como a perda de equipamentos, perda de vidas das pessoas vítimas de acidentes, ou consequências menos graves como o aumento da conta de energia, gerando prejuízos financeiros e energéticos (SILVA, 2023).

Quando mal dimensionados os quadros de distribuição, por exemplo, os circuitos podem vir a ser exigidos acima de seus limites, diz-se que os circuitos estão com sobrecarga, segundo Silva (2016) isso pode gerar um aquecimento além dos limites suportados por cada equipamento, podendo comprometer o isolamento dos mesmos, gerando consequências as pessoas envolvidas como, os choques elétricos e queimadura e também acarretar danos a equipamentos.

Falta de manutenção preventiva e falhas na produção e testes de painéis elétricos, também estão entre as causas de problemas que podem gerar como consequência o dano a equipamentos. Quanto maior a complexidade dos painéis, maior deve ser a atenção quanto as manutenções realizadas, que devem ocorrer periodicamente. Uma das consequências da falta de manutenção nesses equipamentos é a não identificação em fase inicial de falhas que podem surgir com o tempo, como por exemplo, a mau contatos em conexões, que passam a ser pontos de aquecimento podendo danificar a instalação e equipamentos (COSTA, 2021).

## 2.2 ENSAIOS EM PAINÉIS ELÉTRICOS

Os ensaios realizados nos painéis elétricos, tem como objetivo assegurar que tais equipamentos estejam de acordo com as normas técnicas vigentes e se atendem, de forma segura, às condições que serão submetidos em sua implantação.

Os ensaios irão submeter o equipamento as condições mais severas para determinar seus parâmetros limites, e se esses se enquadram nas normas vigentes.

Dois tipos de ensaios serão realizados em painéis elétrico, os ensaios de tipo e os ensaios de rotina.

### 2.2.1 ENSAIOS DE TIPO

Tais ensaios tem como objetivo levar o equipamento ao extremo, sendo em muitas das vezes, ensaios destrutivos, onde ao fim dos testes o equipamento acaba

danificado. Por essa razão, trata-se de um ensaio realizado em apenas algumas unidades, a fim de determinar seus valores limites, verificando se estes se enquadram nas normas técnicas (MAMEDE FILHO, 2013).

Segundo Mamede Filho (2013), temos os seguintes ensaios de tipo realizados em painéis elétricos de baixa tensão:

- Ensaio de dielétrico: a fim de verificar os valores limites de isolamento do painel, que poderiam ser causados por impulsos atmosféricos, por exemplo. Irá verificar o valor máximo de sobretensão que o painel pode ser submetido antes que perca sua isolação dielétrica.
- Ensaio de elevação de temperatura: é verificado se o painel não extrapola os limites de temperatura especificados por meio da norma, quando aplicada uma corrente de valor nominal e frequência industrial de 60 Hz, por um determinado tempo.
- Ensaio de corrente suportável de curto circuito: irá verificar o efeito térmico causado aos equipamentos, por correntes de curto circuito, a fim de determinar os limites de tempo ao qual o equipamento pode ficar submetidos a tais valores elevados de corrente, verificando se tais valores se enquadram na norma vigente.
- Verificação da eficácia do circuito de proteção: verifica se conexões e condutores estão interligados aos circuitos de proteção, além de verificar se tais circuitos estão dimensionados corretamente para atuarem em situações de curto circuito, suportando as correntes de fuga.
- Verificação das distâncias de escoamento e isolação: verifica-se, por meio de medição, se o equipamento obedece aos valores de distância estabelecidos em norma.
- Verificação de funcionamento mecânico: verifica-se nesse ensaio, se os dispositivos mecânicos, sejam eles de intertravamento, inserção ou extração de gavetas do conjunto, funcionam de maneira correta.
- Verificação do grau de proteção: o grau de proteção, vai dizer sobre as características de proteção do painel, contra a entrada de corpos estranhos e água em seu interior. Por norma, o grau de proteção será especificado pelo código IP, seguido de dois algarismos. O primeiro



algarismo, dirá sobre a proteção contra a entrada de corpos sólidos, indo de 0, sem proteção, até 6, proteção contra entrada de poeira. O segundo algarismo se refere a proteção contra entrada de água, indo de 0, sem proteção, até 8, proteção contra submersão. Este teste irá verificar se o equipamento atende ao IP ao qual foi especificado.

### 2.2.1 ENSAIOS DE ROTINA

Tais ensaios tem como objetivo verificar o funcionamento correto dos equipamentos, além de averiguar que tal painel foi confeccionado de maneira correta. Tratam-se de ensaios não destrutivos, que podem ser realizados em todos ou em parte dos painéis, de acordo com a vontade do fabricante e/ou comprador (MAMEDE FILHO, 2013).

Temos os seguintes ensaios de rotina realizados em painéis elétricos de baixa tensão, segundo Mamede Filho (2013):

- Inspeção do painel: ensaio onde é feita a inspeção visual do painel e também a inspeção das conexões e o funcionamento elétrico dos circuitos e componentes.
- Ensaio dielétrico: ensaio onde o painel é energizado a fim de verificar o isolamento das partes vivas.
- Verificação da continuidade elétrica dos circuitos auxiliares e de proteção: ensaio onde é feito o teste de continuidade nos componentes e circuitos, e no circuito de proteção, a fim de validar o funcionamento correto do painel.

### 2.3 NORMAS APLICÁVEIS

A seguir, serão listadas algumas das normas que podem ser aplicadas, direta e indiretamente, à painéis elétricos de baixa tensão, a fim de amenizar ou eliminar os riscos e danos associados a acidentes envolvendo tais equipamentos.

#### 2.3.1 NORMA NBR IEC-61439

Desenvolvida pela Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC), a norma IEC 61439 vai estabelecer uma série de requisitos técnicos direcionados a painéis elétricos de baixa tensão. Tal norma irá definir aspectos cruciais relacionados a projetos, construção, testes de desempenho, todos visando garantir a segurança, confiabilidade e compatibilidade dos painéis. Ela vai definir uma série de critérios como, capacidade de corrente, proteção contra curtos-circuitos e sobrecargas, medidas de segurança contra contatos diretos, entre outros citados posteriormente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017).

Originada em 1985, a norma IEC 439 passou por uma série de atualizações até ser publicada em 1999 como IEC 60439-1 pela Comissão Eletrotécnica Internacional, sendo posteriormente, em 2003, publicada pela ABNT. Elas vieram para evidenciar a necessidade de se realizar testes em painéis elétricos, levando ao surgimento dos termos TTA, que seriam os quadros totalmente testados, onde eles são montados e testados fora dos locais aonde irão posteriormente ser instalados, e os PTTA, onde os quadros são parcialmente montados em fábrica e posteriormente, já no local de instalação, eles são finalizados e testados (GONÇALVES, 2022).

Em 2009 é publicada a primeira edição da IEC 61439, pela IEC, que se trata de uma atualização da antiga IEC 60439, adicionando novos parâmetros e ensaios a serem realizados nos painéis. Posteriormente, em 2011, é lançada a segunda edição da IEC 61439, sendo traduzida e publicada pela ABNT em 2016 como NBR IEC 61439-1. A partir do ano de 2021, a NBR IEC 61439, passou a ser obrigatória em todo o território nacional (GONÇALVES, 2022).

Posteriormente, serão analisados aspectos específicos da norma vigente no Brasil na atualidade (NBR IEC 61439), que quando adotados, garantem uma maior segurança em instalações elétricas, no que se refere aos painéis elétricos, a fim de evitar acidentes.

### 2.3.2 NR-10

A Norma Regulamentadora número 10 (NR-10), trata-se de uma norma de segurança estabelecida pelo Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil. Nela estão dispostos aspectos relacionados a segurança e saúde dos trabalhadores que interagem direta ou indiretamente com instalações elétricas e serviços com eletricidade.

Tal norma vai se aplicar desde a geração, passando pela transmissão e distribuição, até os consumidores finais. Nelas serão inclusas as etapas de projetos, montagem, operação e manutenção das instalações elétricas, assim como trabalhos que possam ser realizados em suas proximidades (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTE, 2019).

Tendo sua primeira edição realizada em junho de 1978, sobre o nome de “Instalações e Serviços de Eletricidade”, sendo esta edição caracterizada como Norma apenas em 2018, a NR-10 passou por 4 revisões a partir de então. Em 1983, passou por sua primeira revisão, onde foram inclusas referências as normas técnicas oficiais estabelecidas por seus respectivos órgãos responsáveis (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTE, 2019).

Devido a grandes mudanças ocorridas no setor elétrico na década de 90 e o crescente número de acidentes envolvendo trabalhos relacionados a eletricidade, percebeu-se uma grande necessidade de que a norma passasse por uma nova revisão. A segunda revisão da NR foi publicada no ano de 2004 sobre o nome de “Segurança em Instalações e Serviços com Eletricidade”. A redação da norma foi atualizada para abordar os princípios fundamentais na aplicação de medidas de controle e sistemas preventivos, visando assegurar a segurança e a saúde dos trabalhadores que, de forma direta ou indireta, estejam envolvidos com instalações elétricas e serviços elétricos (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTE, 2019).

A terceira atualização ocorreu em abril de 2016, como uma atualização pontual, para correção de textos da norma (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTE, 2019).

Por fim, o atual texto da NR-10, vigente na atualidade, revisado e atualizado em junho de 2019, para que fossem feitas alterações que entrassem em conformidade com outra norma que havia sido atualizada, a Norma Regulamentadora 1, que trata sobre as linhas gerais das normas regulamentadoras de segurança e saúde no trabalho (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTE, 2019).

### 3 ANÁLISE E DISCUSSÃO

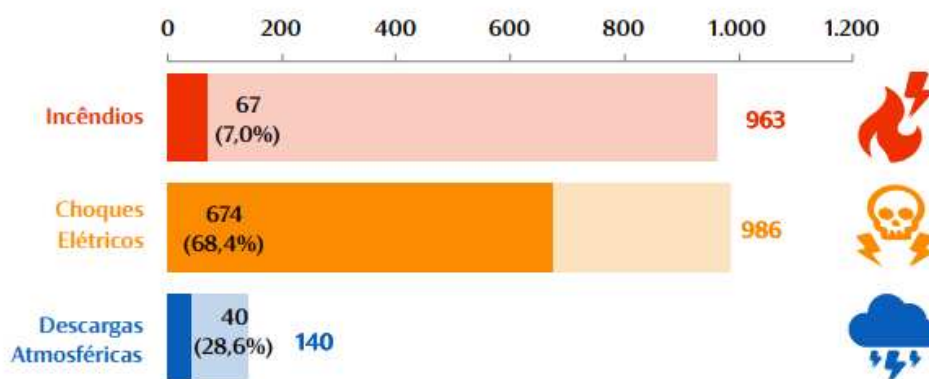
A seguir serão apresentados dados de acidentes de origem elétrica no Brasil, bem como aplicação das normas aos painéis elétricos de baixa tensão podem garantir maior segurança.

#### 3.1 ACIDENTES ENVOLVENDO PAINÉIS ELÉTRICOS

Publicado em 30 de março de 2024, pela Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade (ABRACOPEL), o “Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica 2024”, que tem como base dados coletados entre o período de 01 de janeiro à 31 de dezembro de 2023, trata de todos os casos registrados de acidentes de origem elétrica no Brasil no ano de 2023, assim como faz comparativos com dados de anos anteriores mostrando como tais acidentes vem evoluindo com o passar do tempo. Nele é possível observar que ao longo de todo o ano de 2023, foram registrados mais de 2000 acidentes envolvendo eletricidade, e que dentre algumas das causas de tais acidentes, podemos apontar direta e indiretamente os painéis elétricos.

O anuário se divide em três seções principais, que tratam das principais causas de acidentes de origem elétricas no Brasil durante o período de coleta de dados. São essas causas, o choque elétrico, os incêndios e as descargas atmosféricas. O Gráfico 1 traz os números de acidentes divididos pelas causas principais, bem como o número de vítimas fatais.

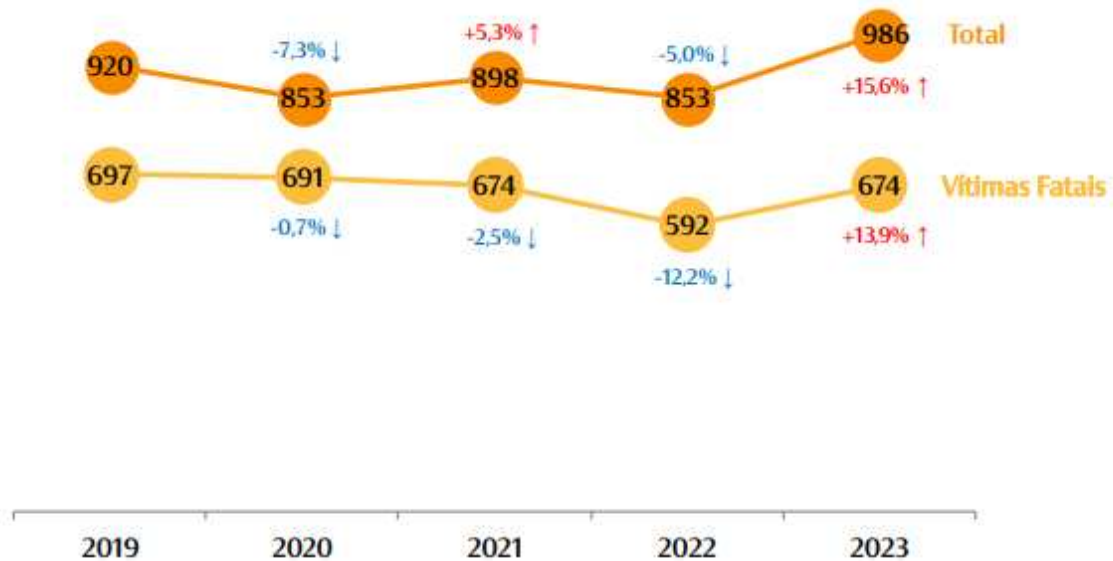
**Gráfico 1** – Total de acidentes fatais e não fatais no ano de 2023



Fonte: Anuário de Acidentes de Origem Elétrica 2024 Ano Base 2023 (2024)

Segundo Martinho et. al (2023), o maior causador de acidentes de origem elétrica no ano de 2023 foram os choques elétricos, dado esse que cresceu 15,6% em relação ao ano de 2022. No Gráfico 2 é possível observar a evolução dos dados de acidentes envolvendo choques elétricos, bem como número de vítimas fatais.

**Gráfico 2** – Evolução dos acidentes com choque elétrico entre 2019 e 2023

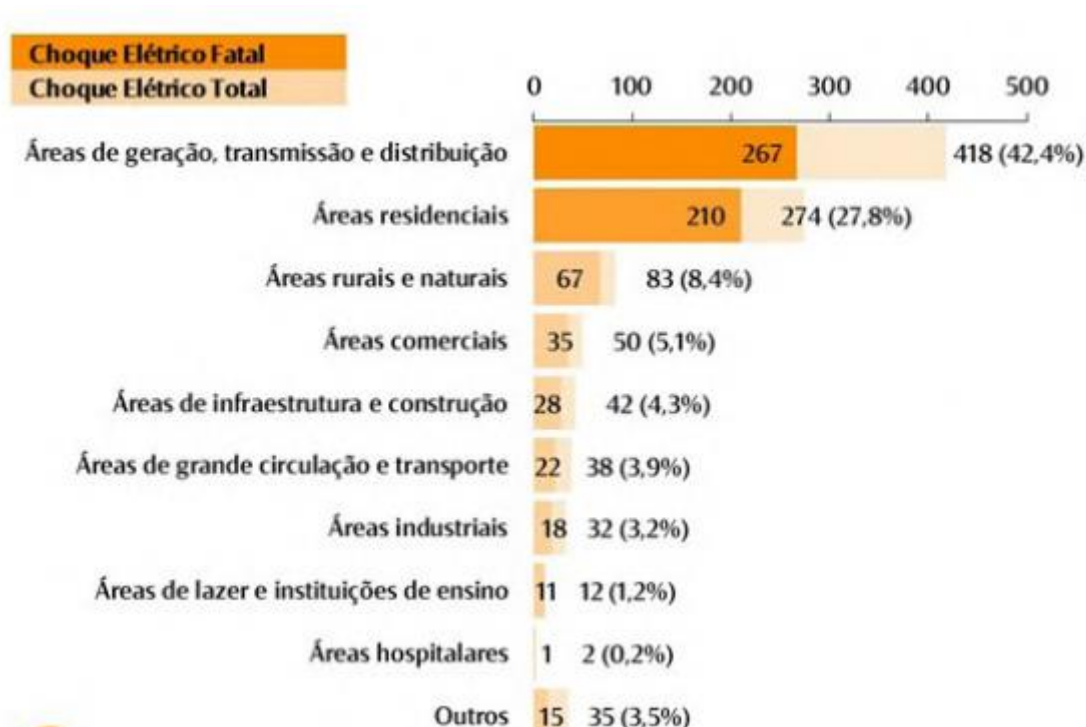


Fonte: Anuário de Acidentes de Origem Elétrica 2024 Ano Base 2023 (2024)

Os dados apresentados, indicam um cenário preocupante em relação aos acidentes, sejam eles fatais ou não. Tratam-se de números que ainda são muito elevados apesar de toda informação, normas e diretrizes relacionadas a serviços com eletricidade, que se tem acesso nos dias de hoje.

Vale ressaltar, que quando se fala especificamente de painéis elétricos de baixa tensão, o choque elétrico é um dos riscos eminentes em que uma pessoa pode estar exposta ao manusear tal equipamento, quando este não se enquadra nos parâmetros de segurança assegurados por norma, ou na falta de informação do indivíduo responsável por tal operação

Dentre os principais locais de ocorrência de acidentes com choque elétrico, é possível ressaltar as áreas residenciais com 27,8% do total de acidentes, como mostra o Gráfico 3 (MARTINHO et.al, 2023).

**Gráfico 3 – Acidentes com choque elétrico por área**

Fonte: Anuário de Acidentes de Origem Elétrica 2024 Ano Base 2023 (2024)

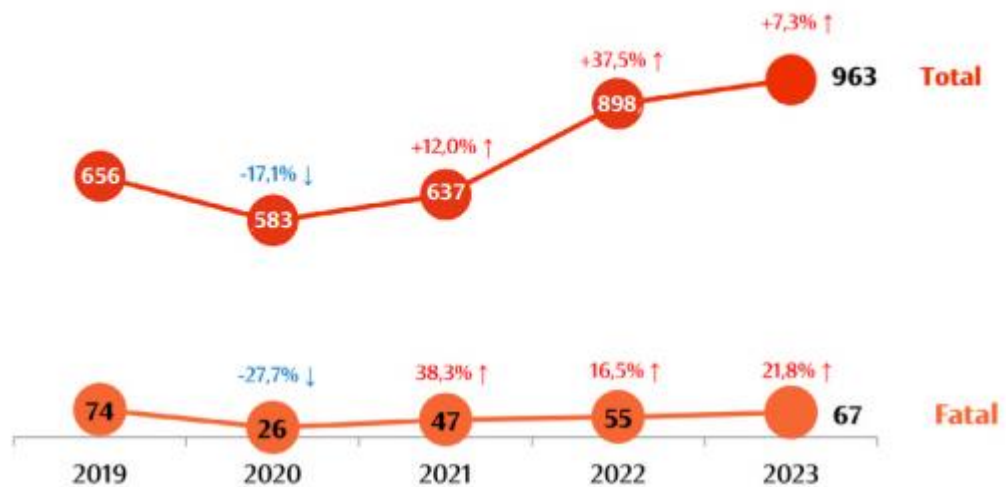
As áreas residenciais se destacam na ocorrência de choques elétricos, muitas das vezes, por instalações antigas com presença de fios com isolamento degradado ou ausente, faltas de manutenção ou conhecimento das pessoas ali presentes. Segundo Costa et. al (2018) um simples dispositivo de uso obrigatório, em determinados circuitos, pela norma NBR-5410 e que evitaria grande parte desses acidentes, os Dispositivos Residuais (DR's), em grande maioria das residências não estão presentes. Os DR's têm como função, a identificação de correntes de fuga para o solo, fazendo o desligamento do circuito quando tais correntes vierem a aparecer, isso irá evitar o choque elétrico quando um indivíduo tiver um contato direto ou indireto com partes energizadas da instalação.

A ausência dos DR's nas residências ocorre por diversos motivos, mas principalmente por uma falta de fiscalização adequada quanto a novas instalações e instalações já existentes, assim como uma maior conscientização dos usuários quanto a sua importância (COSTA et. al, 2018). Isso se torna mais evidente quando analisamos os números de acidentes no Gráfico 3, onde áreas industriais, por exemplo, registram menos ocorrências quando comparadas as áreas residenciais, tendo em vista que esses locais têm maior fiscalização. Tal equipamento deve ser

projetado nos circuitos onde se torna necessário e instalado no interior dos painéis de distribuição.

Outro tipo de acidentes que podem estar direta e indiretamente relacionados aos painéis elétricos são os incêndios, como mostra o Gráfico 4, que podem ser causados por sobrecargas e/ou curtos circuitos.

**Gráfico 4** – Evolução dos acidentes com incêndios entre 2019 e 2023



Fonte: Anuário de Acidentes de Origem Elétrica 2024 Ano Base 2023 (2024)

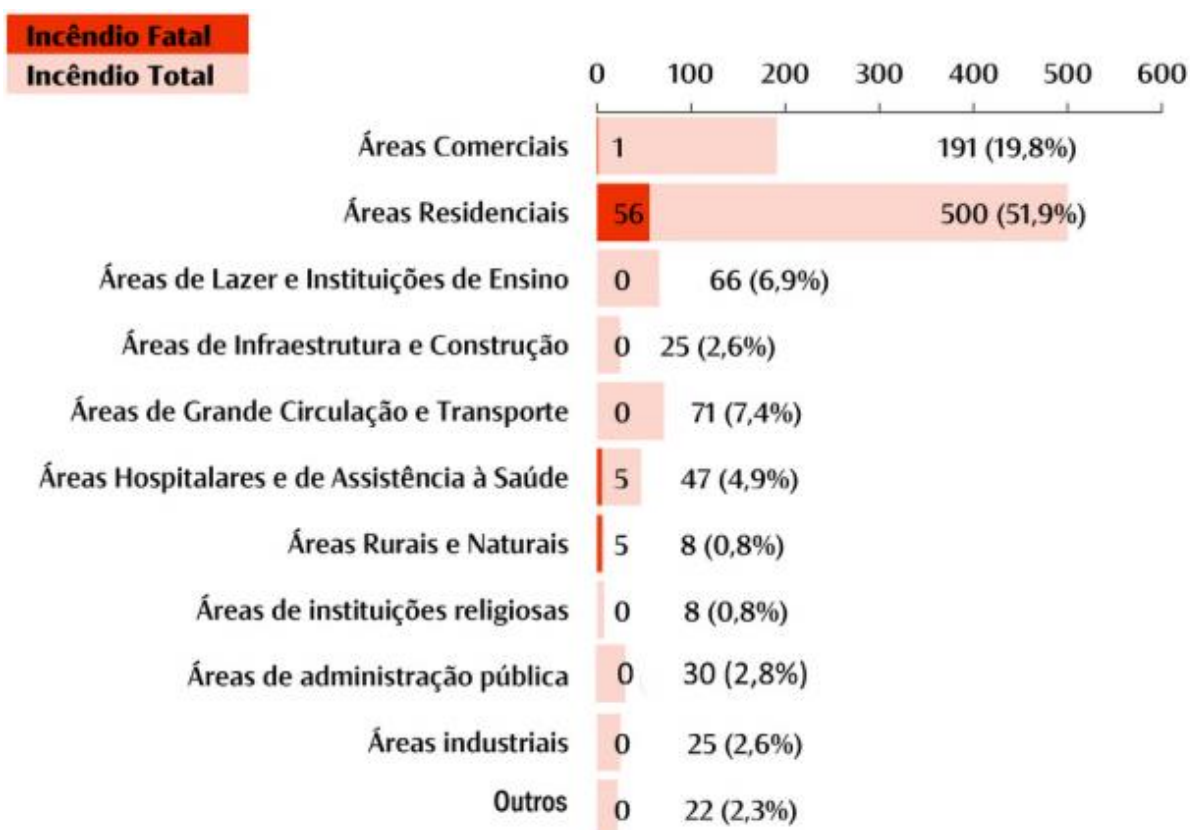
Os dados de incêndios de origem elétrica vêm crescendo de maneira significativa desde o ano de 2020. Apesar de o número de vítimas fatais ser extremamente inferior ao de acidentes com choques elétricos, os dados são igualmente preocupantes, tendo em vista as consequências de tais acidentes, principalmente às edificações e seus usuários.

Um exemplo de danos inestimáveis causados por incêndio de origem elétrica, foi o caso que ocorreu em 02 de setembro de 2018 no Museu Nacional, no Rio de Janeiro. As investigações da Polícia Federal que tiveram fim em 2020, apontam que o responsável pelo incêndio foi a sobrecarga do circuito de um ar condicionado, que funcionava de maneira irregular, por falta de manutenção. As perdas históricas relacionadas a tal caso são inestimáveis, o museu abrigava mais de 20 milhões de itens, a maior parte se perdeu na tragédia.

As principais causas de incêndios de origem elétrica, são as sobrecargas de circuitos gerando superaquecimentos, e até mesmo curto circuitos, que podem servir como ignitores de incêndios de escalas perigosas. No Gráfico 5 é possível observar

que assim como os choques elétricos, os incêndios também têm maior ocorrência em áreas residenciais, tendo em vista que muitas vezes, por falta de informação, se tem o uso inadequado da instalação, podendo gerar sobrecargas. Outra causa, são instalações muito antigas e deterioradas, onde não se possui uma manutenção adequada. Quadros de distribuição mau projetados e fios condutores de qualidade ruim, também podem atuar como focos de incêndios.

**Gráfico 5 – Acidentes com Incêndios por área**



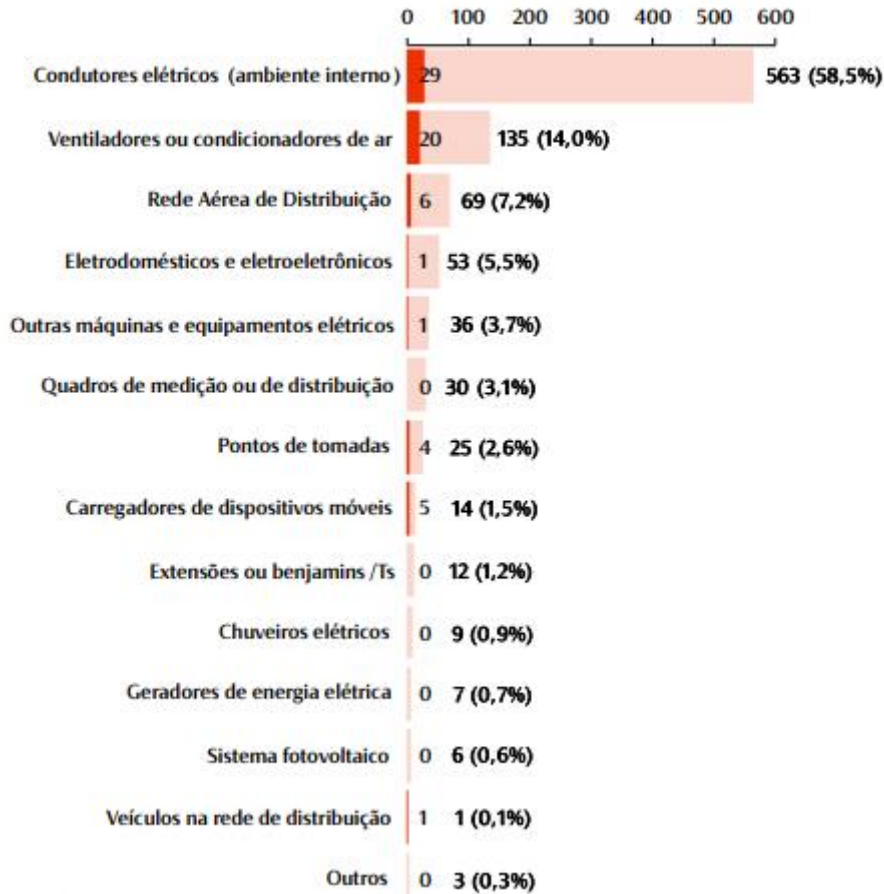
Fonte: Anuário de Acidentes de Origem Elétrica 2024 Ano Base 2023 (2024)

No Gráfico 6 pode-se observar as principais causas de incêndios, onde os quadros de distribuição ou medição, são responsáveis de maneira direta, por 3,1% dos incêndios ocorridos em 2023. Entretanto, em certos casos, é possível apontar os painéis de distribuição, mais precisamente os componentes nele presentes, como responsáveis indiretos por problemas em condutores elétricos, por exemplo, quando um disjuntor de proteção de um circuito falha ou está dimensionado de maneira incorreta, acarretando no não desligamento do circuito quando o mesmo está em sobrecarga. Isso irá gerar um superaquecimento do condutor, podendo causar curto



circuito ou um incêndio. Condutores elétricos são responsáveis por aproximadamente 59% dos incêndios.

**Gráfico 6 – Causas de acidentes com incêndios**



Fonte: Anuário de Acidentes de Origem Elétrica 2024 Ano Base 2023 (2024)

## 3.2 APLICAÇÃO DAS NORMAS

A seguir, serão listados os principais itens normativos relacionados direta e indiretamente a painéis elétricos de baixa tensão, que dizem sobre segurança e prevenção de acidentes, comentando e discutindo sobre a importância da adoção de tais medidas.

### 3.2.1 APLICAÇÃO DA NBR IEC 61439-1

Tal norma irá tratar de requisitos gerais para painéis de distribuição de energia elétrica de baixa tensão, nela tratada como CONJUNTOS. Serão estabelecidas as características construtivas, requisitos de desempenho e métodos de teste para painéis utilizados em sistemas elétricos de baixa tensão, tendo como objetivo de garantir a segurança, confiabilidade e compatibilidade desses equipamentos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017).

Nela vão ser definidos os requisitos para painéis de distribuição que são projetados para proteção, comando e controle de energia elétrica em instalações industriais, comerciais e residenciais, abordando aspectos como a capacidade de corrente suportada, a resistência mecânica, a proteção contra choques elétricos, a proteção contra incêndios, entre outros critérios importantes para assegurar o correto funcionamento e a segurança dos painéis elétricos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017).


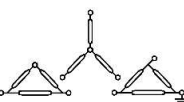

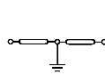
No presente trabalho, serão abordados apenas requisitos referentes a segurança de tais equipamentos.

### 3.2.1.1 CARACTERÍSTICAS DE INTERFACE

O item 5 da norma, irá tratar sobre as características nominais dos painéis elétricos. Características tais que devem ser compatíveis às mesmas características dos circuitos em que eles estão conectados e informadas pelo fabricante do painel.

Ao longo do item 5.2 da norma, sobre as características de tensão nominal, podemos destacar a tensão nominal de isolamento ( $U_i$ ) que dirá sobre o valor máximo para tensão sem que rompa o isolamento dielétrico dos circuitos de um painel, respeitando as distâncias obtidas em ensaio. No mesmo tópico, é possível destacar a tensão nominal de impulso suportável, que deve ser sempre igual ou superior as sobretensões aos quais os circuitos conectados ao painel foram projetados. A Tabela 2 traz os dados de tensão nominal de impulso suportável para diferentes tipos de tensão nominal.

**Tabela 2 – Tensão nominal de impulso suportável**

Valor máximo de tensão nominal de utilização em relação à terra, valor eficaz c.a. ou c.c. V	Tensão nominal do sistema de alimentação ( $\leq$ tensão nominal de isolamento do equipamento) V				Valores preferenciais da tensão suportável de impulso (1,2/50 $\mu$ s) a 2000 m kV			
	 Valor eficaz c.a.	 Valor eficaz c.a.	 Valor eficaz c.a. ou c.c.	 Valor eficaz c.a. ou c.c.	Categoria de Sobretensão			
					IV	III	II	I
					Nível de circuito de Instalação (entrada de serviço)	Nível de circuito de distribuição	Nível de Carga (aparelho, equipamento)	Nível de proteção especial
50	-	-	12,5; 24; 25; 30; 42; 48	-	1,5	0,8	0,5	0,33
100	68/115	66	60	-	2,5	1,5	0,8	0,5
150	120/208 127/220	115; 120; 127	110; 120	220-110, 240-120	4	2,5	1,5	0,8
300	220/380, 230/400, 240/415, 260/440, 277/480	220; 230; 240; 260; 277	220	440-220	6	4	2,5	1,5
600	347/600, 380/660, 400, 690, 415/720, 480/630	347; 380; 400; 415; 440; 480; 500; 577; 600	480	960-480	8	6	4	2,5
1000	-	660; 690; 720; 830; 1000	1000	-	12	8	6	4

Fonte: NBR IEC 61439-1

O item 5.3 tratará de valores nominais de corrente, onde destaca-se que a corrente nominal ( $I_n$ ) do conjunto deve ser igual as somas das correntes nominais que entram no painel, e esses valores não devem causar uma elevação da temperatura acima de limites definidos posteriormente. Tal corrente é definida com a carga máxima suportada por todo o conjunto e não deve ser ultrapassada novos circuitos são adicionados ao circuito principal. Outro ponto a se destacar é a corrente nominal de um circuito isolado ( $I_{nc}$ ), que assim como a anterior, a temperatura não deve exceder a valores determinados com a circulação de tal corrente. A corrente de nominal de curto-circuito ( $I_{cc}$ ), determinada em ensaio, deve ser superior a corrente de curto presumida do componente responsável pela proteção contra curtos-circuitos do painel.

Algumas informações a respeito da segurança, tratadas no item 5.6 da norma, devem ser declaradas pelo fabricante do painel. Algumas delas como, tipos de esquemas de aterramento ao qual o painel foi projetado, se é projetado para pessoas leigas ou qualificadas e as medidas para proteção contra choques elétricos.

### 3.2.1.2 REQUISITOS DE CONSTRUÇÃO

O item 8 da norma tratará sobre todos os aspectos aos quais os painéis devem estar sujeitos a fim de se garantir uma maior segurança, confiabilidade e compatibilidade de acordo com a função a qual será projetado.

Das resistências dos materiais e partes, tópico 8.1, temos que os materiais dos painéis devem ser tais que suportem as condições de serviço as quais iram ser instalados e funções que desempenharam, assim como invólucros devem suportar esforços mecânicos, elétricos, térmicos e ambientais, a fim de garantir a segurança dos equipamentos em seu interior e o seu perfeito funcionamento. Pode-se destacar a resistência dos materiais isolantes em relação ao calor, sendo ele normal (temperatura de funcionamento) ou anormal, onde por meio de ensaio, verifica se tal isolante possui a capacidade de manter em posição as partes condutoras sem que tais partes sejam afetadas desfavoravelmente.

Itens pertinentes em relação a segurança em painéis, os subtópicos do item 8.3 da norma, tratará sobre as distâncias de isolamento no ar. Das generalidades temos que tais distancias deverão ser definidas por meio de ensaios, utilizando a maior tensão nominal ao qual o equipamento poderá estar sujeito, no caso, tensão nominal de impulso suportável, que respeita parâmetros da tabela 2. Tais distâncias serão determinadas entre fases, entre fase e neutro em casos onde o neutro não é conectado ao terminal terra, entre fase e terra e neutro e terra. A Tabela 3 traz os dados de distâncias para a tensão nominal de impulso do conjunto.

**Tabela 3** – Distâncias mínimas de isolamento

Tensão Nominal de Impulso Suportável $U_{imp}$ (kV)	Distância Mínima de Isolamento (mm)
< 2,5	1,5
4,0	3,0
6,0	5,5
8,0	8,0
12,0	14,0
Baseada em condições de campo não homogêneas e grau de poluição 3.	

Fonte: NBR IEC 61439-1

O item 8.4 da norma fala sobre a proteção contra choques elétricos, onde dirá que os painéis elétricos devem ser projetados de maneira a garantir um fácil funcionamento e manutenção, não perdendo para tal, um nível de segurança mínimo. Devem ser dotados de uma proteção contra contatos diretos a partes energizadas ou assegurada a proteção sendo vedado o acesso a pessoas autorizadas no local de instalação do painel. Tais informações devem ser fornecidas pelo fabricante do equipamento. Quando dotadas de uma estrutura que mantém as partes vivas isoladas, tal material deve ser resistente a impactos mecânicos e deve ser retirada apenas com o auxílio de ferramentas, a fim de dificultar o acesso a pessoas leigas. Quando dotados de barreiras ou invólucros com a função de isolamento, tais materiais não devem estar em distância inferior à de isolamento. Quando as partes vivas precisarem ser acessadas, isso só deve ocorrer se atendidas três condições:

- Se o acesso é feito com auxílio de uma ferramenta;
- Após a desconexão das partes vivas as quais o invólucro está protegendo do contato direto, só podendo ser reconectada após o fechamento do invólucro;
- Quando uma barreira intermediária que só pode ser retirada com auxílio de ferramenta fizer a proteção contra o contato direto com as partes vivas.

A respeito de proteção contra falta, os subtópicos do item 8.4.3 da norma, falam sobre o condutor de proteção e outras características que são fundamentais na proteção de todos aqueles envolvidos direta e indiretamente no manuseio de painéis elétricos. Em caso de aterramento TT, onde os componentes e equipamentos possuem condutor de aterramento distintos da alimentação da concessionária, o painel deve ser dotado de isolamento dupla ou reforçada das conexões de entrada ou possuir DR com capacidade de interrupção, no caso um DDR, o que vai ocorrer de acordo com a necessidade do usuário. Todo painel deve ser dotado de um condutor de proteção para falhas no próprio conjunto ou em circuitos alimentados por ele. Todas as partes construtivas do painel que forem condutoras devem estar interligadas ao condutor de proteção, de modo que se retirada alguma dessas partes para manutenção, a conexão das demais não seja interrompida. Partes expostas do painel que não são ligadas ao condutor de aterramento por meio das próprias estruturas de aterramento, devem ser dotadas de um condutor que faça a interligação ao condutor de aterramento. A Tabela 4 traz dados sobre espessura dos condutores de proteção em função da corrente nominal de utilização do equipamento, que será aquela que ele opera em condições normais. As seções mínimas de condutores de proteção do tipo

PEN, onde o neutro e o condutor de proteção são interligados, não deve ser inferior a 10mm<sup>2</sup> no caso de condutores de cobre e 16mm<sup>2</sup> em caso de condutor de alumínio.

**Tabela 4** – Seções mínimas de condutor de proteção

Corrente nominal utilização $I_e$ $A$	Seção mínima do condutor de proteção $mm^2$
$I_e \leq 20$	$S^a$
$20 < I_e \leq 25$	2,5
$25 < I_e \leq 32$	4
$32 < I_e \leq 63$	6
$63 < I_e$	10
<sup>a</sup> S é a seção do condutor fase ( $mm^2$ ).	

Fonte: NBR IEC 61439-1

Informações sobre condições de funcionamento e manutenção são tratadas nos subitens do tópico 8.4.6. Nela temos que a proteção contra contatos diretos em partes vivas deve ser mantida quando a o manuseio ou a troca de componentes for permitida a pessoas comuns. Quanto a pessoas autorizadas, que irão ter acesso as partes vivas, a norma diz que ao se desbloquear o intertravamento para manutenção, inspeção e afins, o mesmo deve ser reestabelecido automaticamente no fechamento do conjunto ou na recolocação dos fechamentos. Os conjuntos podem ser dotados de obstáculos que evitem o contato não intencional às partes vivas, e os mesmos podem ser removidos sem o auxílio de uma ferramenta, porém não podem ser removidos em caso de um contato não intencional, além de não ser permitido que estejam a uma distância inferior a distancia de isolamento no ar, definidas anteriormente.

Itens do tópico 8.5, trarão informações a respeito de dispositivos e componentes ao painel. A respeito de partes fixas temos que elas só devem ser adicionadas ou retiradas na ausência de tensão no conjunto, a fim de garantir a segurança do operador, tendo em vista que tais serviços, na maioria das vezes, são realizados com auxílio de ferramentas. No caso de o painel ser dotado de partes removíveis, essas devem ser confeccionadas de forma a garantir a segurança do

operador ao manobra-las, além de poderem ser dotadas ou não de dispositivo de bloqueio que impeça uma manobra não autorizada.

O tópico 8.6 da norma, traz informações a respeito da circuitos e conexões internas do conjunto. No que diz respeito aos circuitos principais, temos que esses devem ser projetados de maneira que não se espere um curto circuito interno, assim como devem ser capazes de suportar os esforços da corrente de curto circuito do dispositivo de proteção principal. Circuitos auxiliares devem ser projetados levando em conta a o esquema de proteção principal e as faltas, sejam elas de qualquer espécie, não devem acarretar funcionamento perigoso. A respeito das conexões de partes vivas, elas devem ser projetadas e fixadas de maneira tal que não sofram alterações por efeitos de temperatura, envelhecimento da estrutura, vibrações por operação normal, dentre outros. O fabricante é responsável pela seleção dos condutores do interior do painel. O condutor de proteção deve ser identificado com facilidade, seja por marcação ou pela cor, que nesse caso pode ser verde ou verde/amarela.

### 3.2.1.3 REQUISITOS DE DESEMPENHO

O Capítulo 9 da norma traz informações a respeito de quesitos de desempenho dos painéis elétricos, onde é possível destacar parâmetros importantes em relação a segurança, como exemplo o tópico 9.2, que diz que os painéis devem respeitar limites de temperatura, para que não venham a ocasionar curtos circuitos, danos a materiais ou até mesmo incêndios. Nele temos que os condutores devem ser capazes de operar em condições normais de funcionamento sem que isso cause um aumento de temperatura. Em casos de elevação da temperatura, essa não deve causar danos as partes condutoras e nem a componentes e/ou partes adjacentes a ele.

Tópico 9.3, diz sobre a proteção e suportabilidade de curtos-circuitos, onde temos que os painéis devem ser capazes de suportar os esforços dinâmicos e térmicos da ocorrência de um curto-circuito, além de serem dotados de proteção contra tais eventos, seja por meio de disjuntores ou fusíveis.

### 3.2.1.4 VERIFICAÇÃO DE ROTINA

As verificações de rotina, tratadas no capítulo 11 da norma, tem como objetivo principal a detecção de falhas que podem acarretar num mal funcionamento do painel. De maneira geral, podemos relacionar tais efeitos de falhas, como um risco a segurança de qualquer indivíduo em sua operação ou próximo a ele, sendo que são projetados para, em condições normais, evitar acidentes. Tais verificações podem ser realizadas durante ou após a fabricação do painel, sendo ela responsabilidade do fabricante.

Uma serie de aspectos devem ser abordados quando se tem verificações de rotina, tanto em relação a quesitos construtivos e de desempenho.

Quanto aos aspectos construtivos, tratada no item 11.3 da norma, temos que a distancia de isolamento deve ser verificada conforme Tabela 3. Uma série de quesitos devem ser verificados por meio de inspeção visual, são eles:

- Medidas de proteção contra choques elétricos;
- Integridade dos circuitos de proteção, descritas no item 8.4.3 da norma, onde devem ser verificados quesitos como, por exemplo, se todas as partes dos conjuntos estão interligadas ao condutor de proteção, assim como se o painel possui um DR com capacidade de interrupção;
- Integridade dos componentes utilizados.

As conexões realizadas por meio de parafusos e afins, devem ser verificadas por meio de reaperto de amostras aleatórias.

Deve ser feita a verificação do cabeamento segundo projeto, sendo que em casos de painéis mais complexos, pode se realizar ensaios de funcionamento elétrico com a energização do conjunto.

### 3.2.2 APLICAÇÃO DA NR 10

A norma regulamentadora número 10, vai tratar de requisitos e condições a serem atendidas a fim de garantir a segurança de indivíduos que estejam, direta ou indiretamente, interagindo com instalações elétricas e serviços com eletricidade. Nela será dado enfoque em tópicos e quesitos que se correlacionam a painéis elétricos de baixa tensão.

#### 3.2.2.1 MEDIDAS DE CONTROLE



Tópico 10.2 da norma, traz informações pertinentes com relação a serviços com eletricidade, que no caso podemos correlacionar, por exemplo, com serviços em painéis elétricos. Temos que em qualquer intervenção a ser feita em uma instalação elétrica, deve-se ter uma análise dos riscos provenientes de tal operação no intuito de se adotar medidas que evitem que tais riscos possam causar acidentes e danos as pessoas envolvidas direta e indiretamente. O subtópico 10.2.3 diz que as empresas são obrigadas a manter esquemas unifilares atualizados das instalações, onde podemos incluir os painéis elétricos, com seus respectivos projetos e diagramas.

### 3.2.2.2 MEDIDAS DE PROTEÇÃO COLETIVA

Tópico 10.2.8 da norma, traz aspectos relacionados a medidas a serem tomadas para a proteção coletiva a fim de garantir a segurança de todos trabalhadores. Assim como descrito na IEC 61439 em relação a painéis elétricos, a norma regulamentadora 10 traz em seu item 10.2.8.2, que prioritariamente deve se realizar a desenergização das instalações elétricas durante serviços na própria, sendo que quando isso não for possível, deve se adotar outras medidas de proteção coletiva, como isolamento das partes vivas, obstáculos, barreiras, sinalizações, dentre outros.

### 3.2.2.3 MEDIDAS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

A respeito de medidas de proteção individual, tratadas na seção 10.2.9 da norma, nos diz que na ausência ou insuficiência de medidas de proteção coletivas, devem ser tomadas medidas que protejam individualmente o trabalhador envolvido na atividade. Os trabalhadores serão dotados de equipamentos específicos com a atividade, garantindo sua integridade.

### 3.2.2.4 SEGURANÇA EM PROJETOS

O item 10.3, traz informações relacionadas aos projetos das instalações. Os projetos devem conter informações sobre os dispositivos que desenergizam circuitos das instalações, bem como tais equipamentos devem possuir recursos para impedir o religamento em casos de manutenção, por exemplo. No projeto devem ser previstos dispositivos de seccionamento que impeçam a reenergização simultânea dos circuitos

Tópico 10.3.3 diz que, deve-se considerar espaços seguros entre componentes a fim de se garantir a operação, construção e manutenção segura dos equipamentos e que circuitos com finalidades distintas devem ser identificados e instalados de forma separada. O esquema de aterramento, a interligação entre neutro e proteção, e a conexão à terra de partes não condutoras devem ser definidos pelo projeto, assim como visto anteriormente relacionado diretamente aos painéis elétricos de baixa tensão. O projeto deve estar disponível para trabalhadores autorizados, autoridades competentes e ser mantido de forma atualizada, além disso, devem conter especificações detalhadas de proteção contra choques elétricos, identificação de dispositivos de manobra e sistemas de circuitos, precauções contra influências externas, princípios de funcionamento dos dispositivos de proteção e sua compatibilidade com a instalação elétrica.

#### 3.2.2.5 SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO, MONTAGEM, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

O item 10.4 da norma regulamentadora, diz sobre quesitos de segurança em operações, manutenções, manutenções e montagens, de maneira geral, nas instalações elétricas, sendo que qualquer uma dessas atividades deve ser fiscalizada por um profissional autorizado. Todas as atividades devem ser dotadas de medidas preventivas com sinalização de segurança, sendo tais tarefas realizadas com os equipamentos, dispositivos e ferramentas adequadas a cada uma delas. Caso esses equipamentos sejam dotados de isolamento elétrico, este deve ser adequados a tensão onde serão utilizados, assim como devem ser inspecionados com frequência para garantir a segurança do operador.

O item 10.4.4 diz que todas instalações devem ser mantidas a fim de garantir uma operação segura, assim como dispositivos de proteção devem ser inspecionados periodicamente. A norma diz também, que as instalações devem ser utilizadas para os fins as quais foram projetadas.

#### 3.2.2.6 SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DESENERGIZADAS

A norma em seu item 10.5, traz uma sequencia de procedimentos a serem realizados para classificar uma desenergizada e apta a realização de serviços.

- a) seccionamento;
- b) impedimento de reenergização;
- c) constatação da ausência de tensão;
- d) instalação de aterramento temporário com equipotencialização dos condutores dos circuitos;
- e) proteção dos elementos energizados existentes na zona controlada (Anexo II);  
(Alterada pela Portaria MTPS n.º 508, de 29 de abril de 2016)
- f) instalação da sinalização de impedimento de reenergização.  
(Ministério do Trabalho, 2019, p. 5)

Após a finalização do reparo ou manutenção, a sequência de reenergização também deve ser respeitada, conforme descrito na norma.

- a) retirada das ferramentas, utensílios e equipamentos;
- b) retirada da zona controlada de todos os trabalhadores não envolvidos no processo de reenergização;
- c) remoção do aterramento temporário, da equipotencialização e das proteções adicionais;
- d) remoção da sinalização de impedimento de reenergização;
- e) destravamento, se houver, e religação dos dispositivos de seccionamento. (Ministério do Trabalho, 2019, p. 5)

### 3.2.2.7 SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS ENERGIZADAS

Item 10.6 da norma, nos diz que qualquer trabalhador que for realizar serviços em instalações energizadas, consideradas pela norma como aquelas que possuem tensão superior a 50 Volts em corrente alternada ou 120 Volts em corrente contínua, devem ser habilitados para tal, e devem possuir treinamento para a realização de serviços em instalações energizadas.

Quando o serviço realizado trazer algum tipo de perigo as pessoas envolvidas, o mesmo deve ser suspenso imediatamente, assim como na verificação de situação ou condição de risco que não foi previamente prevista, e que não pode ser eliminada. Cabe ao responsável pelo serviço fazer sua interrupção.

### 3.2.2.8 PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO E EXPLOSÃO

A norma diz nos subitens do item 10.9, que qualquer área com equipamentos e instalações elétricas deve conter proteção contra incêndios. A norma diz ainda que

caso dispositivos possuam capacidade de reter eletricidade estática, os mesmos devem conter proteção específica para assegurar a segurança da instalação.

Àquelas instalações onde o risco de incêndio é eminente, devem possuir alarmes, seccionamento automático, e outras proteções que evitem, por exemplo, aquecimentos que podem vir a se tornar focos de incêndios ou até mesmo explosões.

### 3.2.2.9 SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA

O subitem 10.10.1 dá norma, nos diz que qualquer área que possua instalações e serviços com eletricidade, devem estar dispostas com sinalizações e advertências com relação a riscos que tais áreas venham a transmitir.

Segundo a norma, as sinalizações devem atender a certos parâmetros.

- a) identificação de circuitos elétricos;
- b) travamentos e bloqueios de dispositivos e sistemas de manobra e comandos;
- c) restrições e impedimentos de acesso;
- d) delimitações de áreas;
- e) sinalização de áreas de circulação, de vias públicas, de veículos e de movimentação de cargas;
- f) sinalização de impedimento de energização;
- g) identificação de equipamento ou circuito impedido.

(Ministério do Trabalho, 2019, p. 9)

### 3.2.2.10 PROCEDIMENTOS DE TRABALHO

Todos os serviços realizados devem ser feitos de maneira planejada a fim garantir a segurança dos trabalhadores envolvidos. Conforme estabelecido, é fundamental que cada etapa desses serviços seja detalhadamente descrita em procedimentos específicos e padronizados, elaborados por profissionais capacitados e devem ser assinados.

Antes do início dos trabalhos, é obrigatória a emissão de ordens de serviço que detalhem o tipo de trabalho a ser realizado, a data, o local e as referências aos procedimentos que devem ser adotados. Essas ordens de serviço devem ser

aprovadas por um trabalhador autorizado, assegurando que todas as condições necessárias para a execução segura das atividades sejam atendidas.

Além disso, a supervisão adequada das equipes e a realização de uma avaliação prévia antes do início dos trabalhos em equipe, são recomendadas para mitigar riscos e assegurar o cumprimento das melhores técnicas de segurança.

Qualquer atividade que fuja do que foi previamente avaliado, deve se analisada, assim como a qualificação dos indivíduos que estarão envolvidas nela, a fim de evitar acidentes garantindo a segurança no trabalho.

#### 3.2.2.11 SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

A norma diz em seu item 10.12, que as empresas devem ser dotadas de planos de emergência, e que seus trabalhadores autorizados devem estar qualificados a prestar primeiros socorros em caso de acidentes envolvendo vítimas. Todos os métodos de resgate devem ser padronizados de acordo com a atividade desempenhada.

Trabalhadores autorizados também devem estar aptos a agir em casos de riscos de incêndios, seja no seu combate ou prevenção.

#### 4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

Os painéis elétricos de baixa tensão, são extremamente importantes nas mais variadas edificações, sejam elas comerciais, industriais ou residências. Eles podem desempenhar funções de concentrar e distribuir a energia elétrica, proteção, controle e monitoramento, tudo isso de forma segura e eficiente para os diferentes dispositivos e equipamentos dentro de uma instalação elétrica.

Tais equipamentos, na grande maioria das vezes, estão disponíveis para acesso de pessoas que não possuem formação e/ou informações sobre os riscos que estão associados e as consequências de acidentes que podem vir a ocorrer quando não forem manuseados de forma segura ou apresentarem algum tipo de falha. Os estudos realizados pela Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade (ABRACOPEL) mostram que os acidentes de origem elétrica crescem cada vez mais com o passar dos anos.

Como propostas de trabalhos futuros, recomenda-se estudos de casos de falhas, onde ao se analisar um caso real de acidente envolvendo painéis elétricos de baixa tensão, seria feita uma análise de como a aplicação das normas de segurança poderiam ter evitado ou mitigado os efeitos de tal incidente. Propor melhorias ou novas normas para abordar lacunas identificadas na NBR IEC 61439 ou responder a novos desafios de segurança. A realização de uma análise econômica para entender o impacto das normas de segurança na fabricação e manutenção de painéis elétricos e o retorno sobre o investimento. Investigação sobre o impacto de diferentes materiais e componentes (como isoladores e materiais que proporcionam contatos elétricos) na segurança e conformidade dos painéis, considerando critérios da norma NBR IEC 61439. Além de realizar um projeto ou estudo para avaliar sistemas de monitoramento em tempo real, com a finalidade de detectar, de maneira precoce, falhas ou condições anormais em painéis elétricos, com foco na conformidade com as normas de segurança.

Em conclusão, garantir que os painéis estejam de acordo com as normas vigentes no país, não garante que acidentes não venham a ocorrer, mas diminuem os riscos e consequências associadas à operação, manutenção e outras atividades aos quais eles estão envolvidos. É crucial conscientizar as pessoas sobre os perigos associados ao manuseio de painéis elétricos e a qualquer atividade envolvendo eletricidade. Estar preparado para agir em caso de acidentes pode significativamente

reduzir o risco de perdas de vidas e promover maior segurança para todos os envolvidos.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR IEC 61439-1**: Conjuntos de Manobra e Comando de Baixa Tensão Parte 1: Regras Gerais. Rio de Janeiro. ABNT, 2017.

BORTOLUZZI, Humberto. **Choque Elétrico – Barrashopingsul**. 2009. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Departamento de Engenharia Nuclear, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

CARLETTI, Ricardo. BULGARELLI, Roberval. SILVA, Rogélio Gôngora da. RAUSCH, Sérgio Moises. Segurança de Equipamentos e Instalações Elétricas em Áreas Classificadas. 2021 *In: Vesper Ventiladores*. Disponível em: [https://www.vesper.ind.br/pdf/livro\\_seguranca\\_equipamentos\\_area\\_classificada.pdf](https://www.vesper.ind.br/pdf/livro_seguranca_equipamentos_area_classificada.pdf). Acesso em: 09 jul. 2024.

COSTA, Henrique Dariva Nascimento. Painéis Elétricos Precários Acarretam Falhas e Acidentes. *In: AEC Academy*, 03 jun. 2021. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/paineis-eletricos-precarios-acarretam-falhas-e-acidentes/21207>. Acesso em: 09 jul. 2024.

COSTA, Vitor Akira Uesugui. MANTOVANI, Daniel. REZENDE, Driano. **Importância do Uso de Dispositivos de Proteção Contra Correntes Residuais em Instalações Elétricas Residenciais**. Rev Cient da Fac Educ e Meio Ambiente: Revista da Faculdade de Educação e Meio Ambiente -FAEMA, Ariquemes, v.9, n. 2, p. 855-857, jul.-dez.2018.

GONÇALVES, Fabrício. Quadros Elétricos: A Vigência Definitiva da ABNT NBR IEC 61439-1:2016. 2022, p. 56-61 *In: O Setor Elétrico*, abr. 2022. Disponível em: [https://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2022/05/Ed186\\_final\\_simples-56-61.pdf](https://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2022/05/Ed186_final_simples-56-61.pdf). Acesso em: 09 jul. 2024.

JUNKES, Valderice Herth. CORDEIRO, Denislaine Regina *et al.* **Incêndios de Origem Elétrica: Um Estudo Sobre Suas Causas, Consequências e Prevenções**. *In: ENCONTRO DE ENGENHARIAS DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL*, XI, 2017, Campo Mourão.

MAMEDE FILHO, João. Painéis Elétricos *In: MAMEDE FILHO, João. Manual de Equipamentos Elétricos*. 4. ed. Rio de Janeiro-RJ: LTC, 2013. p. 514-578.

MARTINEZ, Andres. Perigos da Sobrecarga Elétrica nos Condomínios. *In: CAMPOS, Dariane, CondomínioSC*, 06 dez. 2022. Disponível em: <https://condominiosc.com.br/jornal-dos-condominios/manutencao/3801-o-perigo-da-sobrecarga-eletrica-nos-condominios>. Acesso em: 09 jul. 2024.



MARTINHO, Edson. DE SOUZA, Danilo Ferreira; MARTINHO, Meire Biudes; MARTINS JR. Walter Aguiar. MORITA, Lia Hanna Martins; MAIONCHI, Daniela de Oliveira (Org.). **Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica 2024 – Ano base 2023**. Salto-SP: Abracopel, 2023. DOI: 10.29327/5388685

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO - MTE. **NR-10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Aprovada pela portaria nº 598, de 07 de dezembro de 2004, atualizada no D.O.U. em 31 de julho de 2019.

OLIVEIRA, Edmar Marino de. **As Consequências do Choque Elétrico no Organismo Humano e os Meios de Proteção Através da Aplicação da Nr-10 – Estudo de Caso em um Prédio de Administração Pública**. 2015. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

RIBEIRO, Darcy. **Prevenção de Acidentes de Origem Elétrica em Instalações Residenciais Alimentadas em Baixa Tensão: Estudo de Caso de Edificações Unifamiliares**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2020.

SILVA, Aylanna Alves da. BELINE, Ederaldo Luiz. **Um Estudo Sobre Incêndios de Causas Elétricas**. In: ENCONTRO DE ENGENHARIAS DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL, XII, 2018, Campo Mourão.

SILVA, Daniela Pereira da. VIEIRA, Felipe Eduardo da Silva. SANTOS, Vandson Torres Silva. VIEIRA, Naira Bruna Feitosa. **A Importância do Dimensionamento Elétrico Residencial Considerando o Aumento das Potências em Eletrodomésticos**. Repositório Universitário da Ânima (RUNA), Senhor do Bomfim, 2023.

SILVA, Maurício Dias Paixão da. **Prevenção de Acidentes Nas Instalações Elétricas**. 2016. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

VIANA, Maurício José. FERREIRA, Swylmar dos Santos. **Recomendação Técnica de Procedimentos N° 05: Instalações Elétricas Temporárias em Canteiros de Obras**. 2 ed. São Paulo, Fundacentro, 2021.