



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PREVENÇÃO CONTRA CHOQUE ELÉTRICO EM
EDIFICAÇÕES PREDIAIS DO DISTRITO FEDERAL:
ESTUDO EXPLORATÓRIO DAS NORMAS
NR 10, NBR 5410 e NBR 5419**

EDUARDO DE GODOI SALDANHA NUNES

Brasília, dezembro de 2016

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Tecnologia – FT
Departamento de Engenharia Elétrica - ENE

Trabalho de Conclusão
de Curso em
Engenharia Elétrica

**PREVENÇÃO CONTRA CHOQUE ELÉTRICO EM
EDIFICAÇÕES PREDIAIS DO DISTRITO FEDERAL:
ESTUDO EXPLORATÓRIO DAS NORMAS
NR 10, NBR 5410 e NBR 5419**

Por:
Eduardo de Godoi Saldanha Nunes

Orientador:
Professor Alcides Leandro da Silva

BRASÍLIA–DF, DEZEMBRO DE 2016



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Tecnologia – FT
Departamento de Engenharia Elétrica - ENE

**PREVENÇÃO CONTRA CHOQUE ELÉTRICO EM
EDIFICAÇÕES PREDIAIS DO DISTRITO FEDERAL:
ESTUDO EXPLORATÓRIO DAS NORMAS
NR 10, NBR 5410 e NBR 5419**

EDUARDO DE GODOI SALDANHA NUNES

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A
OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO ELETRICISTA.**

APROVADA POR:

ALCIDES LEANDRO SILVA, Dr.
(ORIENTADOR)

RAFAEL AMARAL SHAYANI
(EXAMINADOR INTERNO)

EDVALDO LIMA PANIAGO
(EXAMINADOR INTERNO)

BRASÍLIA–DF, DEZEMBRO DE 2016

FICHA CATALOGRÁFICA

NUNES, EDUARDO DE GODOI SALDANHA

Prevenção contra Choque Elétrico em Edificações Prediais do Distrito Federal: Estudo Exploratório das Normas NR 10, NBR 5410 e NBR 5419 [Distrito Federal] 2016. xx, 137p., 210 x 297 mm (ENE/FT/UnB, Engenheiro Eletricista, 2016)

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Elétrica.

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| 1. Choque Elétrico | 2. Descargas Atmosféricas |
| 3. Hierarquia das Leis | 4. Norma Regulamentadora nº 10 |
| 5. Norma Brasileira 5410:2004 | 6. Norma Brasileira 5419:2015 |
| I. ENE/FT/UnB | II. Título (série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

NUNES, E. G. S. (2016). Prevenção contra Choque Elétrico em Edificações Prediais do Distrito Federal: Estudo Exploratório das Normas NR 10, NBR 5410 e NBR 5419. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, 2016, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 137p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Eduardo de Godoi Saldanha Nunes.

TÍTULO: Prevenção contra Choque Elétrico em Edificações Prediais do Distrito Federal: Estudo Exploratório das Normas NR 10, NBR 5410 e NBR 5419.

GRAU: Engenheiro Eletricista.

ANO: 2016.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste trabalho de conclusão de curso e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desse trabalho de conclusão de curso pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Eduardo de Godoi Saldanha Nunes SQS

106 Bloco G Apto 503 – Asa Sul

70.345-070; Brasília - DF – Brasil.

Em memória de meu pai, José Edivaldo Saldanha Nunes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe, Verônica de Godoi, pelo seu amor, dedicação e garra para a minha criação. Não medindo esforços para garantir sempre o melhor para mim.

Agradeço ao meu pai, José Edivaldo Saldanha Nunes, pelo exemplo de homem íntegro, trabalhador e família.

Agradeço aos meus irmãos, Filipe e Gabriela, por serem os verdadeiros amigos da minha vida.

Agradeço à minha namorada, Camila Ferreira, pela paciência, apoio, carinho e amor incondicional, especialmente durante os momentos mais difíceis da minha vida acadêmica.

Agradeço ao meu orientador, Alcides Leandro da Silva, por todo o seu conhecimento e dedicação para construção deste trabalho.

Agradeço à Universidade de Brasília, por ter me proporcionado uma graduação de qualidade.

*“A tarefa não é tanto ver aquilo
que ninguém viu, mas pensar o que
ninguém ainda pensou sobre
aquilo que todo mundo vê.”*

Arthur Schopenhauer

RESUMO

Os números de acidentes ocasionados por choque elétrico no Brasil são alarmantes. Somente dentre 2013, 2014 e 2015 se tem ciência da ocorrência, em média, de 764 casos registrados por ano, sendo que mais de 75% deles são seguidos de mortes. Valores esses que podem ser maiores do que os casos fatais registrados por dengue, mas que não são dadas as mesmas proporções de importância por parte dos nossos governantes.

Os acidentes por choque elétrico não são restritos aqueles que trabalham com eletricidade, mas também de quem dela se utiliza. Ou seja, o choque elétrico é um acidente que pode acontecer com qualquer pessoa, mas que pode ser evitado quando se usufrui todas as adequadas medidas de prevenção prescritas nas normas regulamentadoras (NR) e nas normas brasileiras (NBR).

As normas regulamentadoras tem o papel de estabelecer o que fazer para alcançar as condições mínimas de segurança, em que se tratando de eletricidade destacasse a NR 10. As normas brasileiras complementam o papel estabelecido pelas NR, prescrevendo em seus textos como fazer para alcançar essas condições mínimas de segurança, em que se tratando de eletricidade destacam-se a NBR 5410:2004 e a NBR 5419:2015.

Este trabalho trata de avaliar, por meio de um estudo científico de campo, o real impacto da aplicação em conjunto das NR 10, NBR 5410 e NBR 5419 nas edificações prediais do Distrito Federal.

A atividade é contemplada de diversas vistorias tanto em edificações prediais em construção quanto em edificações prediais já construídas, além de entrevistas tanto de quem trabalha com eletricidade quanto de quem apenas usa a eletricidade.

A pesquisa revela que os engenheiros projetistas seguem as normas, portanto, atendendo aos requisitos mínimos de segurança e qualidade. Além disso, eles estão estabelecendo harmonia entre as condições elétricas e civis de uma edificação predial.

Entretanto, a pesquisa também revelou que alguns engenheiros executores de projetos estão apresentando desconhecimento da nova NBR 5419, em vigor desde Maio de 2015, creditando fielmente que todos os pontos definidos pelo engenheiro projetista estão corretos.

Além disso, foi constatado que parte da sociedade do DF não se incomoda com as essenciais medidas de prevenção contra choque elétrico prescritas nas normas. No intuito de resolver os problemas elétricos de forma imediata, essa mesma sociedade chega a credenciar profissionais não habilitados para atividades nas instalações elétricas.

ABSTRACT

The numbers of accidents caused by electric shock in Brazil are alarming. Only between the years of 2013, 2014 and 2015 there is an average occurrence of 764 cases recorded per year, with more than 75% of them being followed by deaths. These values may be greater than the Dengue cases ended fatally, but they are not given the same importance by our politicians.

Accidents by electric shock are not restricted to those who work with electricity, but also affects those who use it. It means that electric shock is an accident that can occur to anyone, but can be avoided when all the measures of appropriate prevention prescribed in the Brazilian Regulatory Standards (*NR*) and Brazilian Standards (*NBR*) are observed.

Regulatory norms have the role of establishing what to do to achieve the minimum safety conditions, in terms of electricity there is the NR 10. The Brazilian norms complement the terms set by the NR, prescribing in their texts how to achieve the same measures of security conditions, referring to electricity the most important are NBR 5410: 2004 and NBR 5419: 2015.

This work evaluates, through scientific study based on camp observation, the real impact of the joint application of NR 10, NBR 5410 and NBR 5419 in the buildings of Distrito Federal, Brazil.

The activity is contemplated by several surveys, including those about buildings under construction and buildings already built, as well as interviews with those who work with electricity and those who only use it.

The research reveals that design engineers follow the standards, therefore, complying with the minimum safety and quality requirements and establishing harmony between the electrical and social conditions of a building.

However, the survey also revealed the unfamiliarity with the new NBR 5419, ruling since May 2015, by some project engineers. Believing those engineers that the points defended by themselves are correct.

In addition, it was found that part of the society of Distrito Federal does not bother with the essential measures of prevention against electric shock prescribed in the standards. Accrediting professionals who are not qualified for activities in the electrical installations of their residences and giving importance only to the functionality of your electrical devices.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.0 - Eletrocardiograma (ECG), Fibrilação ventricular, Pressão Arterial	08
Figura 2.1 - Ciclo cardíaco com indicação do período vulnerável dos ventrículos	09
Figura 2.2 - Percursos da corrente elétrica pelo corpo humano	14
Figura 2.3 - Tensão de toque	16
Figura 2.4 - Tensão de passo	18
Figura 2.5 - Experimento da pipa de Benjamim Franklin.....	20
Figura 2.6 - Eletrificação das nuvens para formação das descargas atmosféricas	21
Figura 2.7 - Representação do processo convectivo de eletrização	22
Figura 2.8 - Raio intranuvem e nuvem-nuvem	23
Figura 2.9 - Raio descendente negativo e ascendente negativo	24
Figura 2.10 - Raio ascendente positivo e descendente positivo	24
Figura 2.11 - Impulso de corrente de curta duração de uma descarga atmosférica	25
Figura 2.12 - Impulso de corrente de longa duração de uma descarga atmosférica	25
Figura 2.13 - Possíveis componentes de descargas atmosféricas descendentes	27
Figura 2.14 - Possíveis componentes de descargas atmosféricas ascendentes	27
Figura 2.15 - Densidade de Descargas Atmosféricas no Brasil	30
Figura 2.16 - Dispositivo de proteção à corrente diferencial residual	43
Figura 2.17 - Principais componentes do sistema de equipotencialização	44
Figura 2.18 - Hierarquia das leis brasileiras conforme a Pirâmide de Kelsen	49
Figura 2.19 - Função Tecnológica da Normalização	56
Figura 2.20 - Níveis de Normalização	57
Figura 2.21 - Diagrama do desenvolvimento de NBR's	58
Figura 2.22 - Diagrama das NR's versus NBR's	59

Figura 3.0 - Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC).....	63
Figura 3.1 - Equipamentos de Proteção Individual (EPI)	64
Figura 4.0 - Origem da instalação conforme a NBR 5410:2004.....	78
Figura 5.0 - Conexões entre as partes da ABNT NBR 5419:2015	91
Figura 5.1 - Máscara do software TUPÃ versão 1.5, nº de Zonas	97
Figura 5.2 - Máscara do software TUPÃ versão 1.5, Dados Técnicos	97
Figura 5.3 - Máscara do software TUPÃ versão 1.5, Outros Dados.....	98
Figura 5.4 - Máscara do software TUPÃ versão 1.5, Resultados	98
Figura 5.5 - Comparação da NBR 5419 entre versões 2005 e 2015 - Ângulo de proteção correspondente à classe III de SPDA	102
Figura 5.6 - Terminal Radioativo.....	103
Figura 5.7 - Sparking Ese.....	103
Figura 5.8 - Voltage Pulsing Ese.....	103
Figura 5.9 - Componente de conexão ao cabo de descida do SPDA	104
Figura 5.10 - Eletrodo de aterramento pontual	105
Figura 5.11 - Sistema de Aterramento	106
Figura 5.12 - SPDA.....	106
Figura 5.13 - Solo Estratificado	108
Figura 5.14 - Método de medição	109
Figura 5.15 - Localização do DPS segundo a NBR 5419:2015	113
Figura 5.16 - DPS Classe I no ponto de entrada – NBR 5419:2005	114
Figura 5.17 - DPS Classe II no ponto de entrega – NBR 5419:2005.....	114

Figura 6.0 - Análise Campo segundo a NR 10 – Parte 1	117
Figura 6.1 - Análise Campo segundo a NR 10 – Parte 2	117
Figura 6.2 - Identificação dos componentes de iluminação e tomada	118
Figura 6.3 - Tomada antiga (2P)	119
Figura 6.4 - Uso de adaptadores para compatibilidade de tomadas e eletrodomésticos	119
Figura 6.5 - Plugue tipo N (2P+T)	119
Figura 6.6 - Adaptadores de tomada em uso permanente por vários eletrodomésticos	120
Figura 6.7 - Fio terra sem conexão no plugue do eletrodoméstico	120
Figura 6.8 - Anel superior não tensionado	122
Figura 6.9 - Descida não tensionada	122
Figura 6.10 - Descida com uso inapropriado de material	123
Figura 6.11 - Descarga lateral nas edificações prediais	124
Figura 6.12 - Superfície Equipotencial	124
Figura 6.13 - Anel superior roubado do SPDA convencional.....	125
Figura 6.14 - Teste de Continuidade	125
Figura 6.15 - Aterrisert.....	126
Figura 6.16- Ensaio de equipotencialização.....	127
Figura 6.17 - Descarga Atmosférica numa Edificação Predial da Asa Sul, DF.....	128

❖ Observação: Figuras sem citação de autoria são do autor desta monografia.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.0 - Zonas de efeito de corrente alternada de 50 a 60 Hz sobre adultos.....	11
Gráfico 2.1 - Análise das zonas de efeito de corrente alternada (15 a 100 Hz) pelo corpo humano, conforme a norma IEC/TS 60479-1	12
Gráfico 2.2 - Corrente elétrica versus frequência	15
Gráfico 2.3 - Estatísticas de acidentes com eletricidade por ano	33
Gráfico 2.4 - Estatísticas de acidentes seguidos de mortes por choque elétrico por ano	34
Gráfico 2.5 – 2014 - Acidentes com incêndios por curto circuito	35
Gráfico 2.6 – 2015 - Acidentes com incêndios por curto circuito	35
Gráfico 2.7 – Estatísticas de acidentes seguidos de mortes por choque elétrico por local	36
Gráfico 2.8 – Estatísticas de acidentes seguidos de mortes por descargas atmosféricas	39
Gráfico 2.9 – Ranking dos municípios com mortes por descargas atmosféricas de 2000 a 2014	40
Gráfico 5.0 - Ângulo de proteção correspondente à classe de SPDA	101
Gráfico 5.1 - Comprimento mínimo l1 do eletrodo de aterramento de acordo com a classe do SPDA.....	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.0 - População urbana do Distrito Federal residente em edificações prediais	02
Tabela 2.0 - Corrente equivalente do coração com a percepção do choque elétrico	09
Tabela 2.1 - Efeitos do choque elétrico em pessoas adultas, jovens e sadias	10
Tabela 2.2 - Resistência Elétrica do Corpo Humano conforme as Condições de Umidade da Pele e Respectivas Correntes de Choque para Alguns Valores de Tensão de Contato.....	13
Tabela 2.3 - Corrente equivalente do coração com a percepção do choque elétrico	14
Tabela 2.4 - Resumo das curvas e das porcentagens do Gráfico 2.2	15
Tabela 2.5 - Relação entre frequência e limiar de sensação.....	15
Tabela 2.6 - Tabela 3 da NBR 5419:2015 Parte 1 – Valores máximos dos parâmetros das descargas atmosféricas correspondentes aos níveis de proteção (NP)	28
Tabela 2.7 - Tabela 4 da NBR 5419:2015 Parte 1 – Valores mínimos dos parâmetros das descargas atmosféricas e respectivos raios da esfera rolante, correspondentes aos níveis de proteção (NP)	29
Tabela 2.8 - Parâmetros para a Equação II.....	29
Tabela 2.9 - Ranking de municípios do Brasil em Densidade de Descargas Atmosféricas.....	31
Tabela 2.10 - Número de mortes por choque elétrico na rede aérea de distribuição por profissão	38
Tabela 3.0 - Classes de luvas isolantes	64
Tabela 4.0 - Prescrições de Medidas de Proteção coletiva na NBR 5410	82
Tabela 4.1 - Suportabilidade a impulso exigível dos componentes da instalação	84
Tabela 4.2 - Natureza dos materiais processados ou armazenados.....	86

Tabela 5.0 - Tabela 6 da NBR 5419:2015 Parte 3 – Material, configuração e área de seção mínima dos condutores de capitação, hastes captoras e condutores de descidas	94
Tabela 5.1 - Eficiência do SPDA – 2005	96
Tabela 5.2 - Eficiência do SPDA – 2015	96
Tabela 5.3 - Densidade de Descargas Atmosféricas de Brasília (Ng)	99
Tabela 5.4 - Densidade de Descargas Atmosféricas nas RA do DF (Ng).....	100
Tabela 5.5 - Posicionamento de captores conforme o nível de proteção	101
Tabela 5.6 - Valores máximos dos raios de esfera rolante, tamanho da malha e ângulo de proteção correspondente a classe do SPDA	102
Tabela 5.7 - Espaçamento médio dos condutores de descida não naturais conforme nível de proteção	104
Tabela 5.8 - Valores típicos de distância entre os condutores de descida e entre os anéis condutores de acordo com a classe de SPDA	104
Tabela 5.9 - Valores típicos de resistividade de alguns tipos de solo	108
Tabela 6.0 - Materiais para SPDA e condições de utilização	123

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
1.1. Objetivo.....	3
1.2. Organização do Texto.....	3
2. Revisão Bibliográfica.....	5
2.1. Choque elétrico.....	6
2.1.1. Efeitos do choque elétrico sobre o corpo humano.....	7
2.1.1.1. Tetanização	7
2.1.1.2. Parada Respiratória	7
2.1.1.3. Queimaduras	7
2.1.1.4. Fibrilação Ventricular	8
2.1.2. Zonas de efeitos do choque elétrico sobre o corpo humano.....	11
2.1.2.1. Zonas de efeito para correntes alternadas de 50 ou de 60 Hz	11
2.1.2.2. Zonas de efeito para correntes alternadas de 15 ou de 100 Hz	12
2.1.3. Influência das condições de Umidade da Pele.....	13
2.1.4. Influência do percurso da corrente elétrica no corpo humano.....	14
2.1.5. Influência da Frequência no Choque Elétrico	14
2.1.6. Tensão de Toque e Tensão de Passo	16
2.1.6.1. Zonas de efeito para correntes alternadas de 50 ou de 60 Hz	16
2.1.6.2. Zonas de efeito para correntes alternadas de 15 ou de 100 Hz	17
2.2. Descargas Atmosféricas	19
2.2.1. História a respeito das descargas atmosféricas.....	19
2.2.2. O que são descargas atmosféricas	20
2.2.3. Formação das descargas atmosféricas	21
2.2.4. Tipos de descargas atmosféricas.....	23
2.2.5. Forma de onda da descarga atmosférica.....	25
2.2.6. Parâmetros das descargas atmosféricas	28
2.2.7. Equação da corrente de descarga atmosférica	29
2.2.8. Densidade das Descargas Atmosféricas no Brasil.....	30

2.3. Estatísticas de acidentes com eletricidade	32
2.3.1. Estatísticas de acidentes com eletricidade por ano	33
2.3.2. Estatísticas de acidentes seguidos de mortes por choque elétrico por ano	34
2.3.3. Estatísticas de acidentes com incêndios ocasionados por curto circuito	35
2.3.4. Estatísticas de acidentes seguidos de mortes por choque elétrico por local	36
2.3.5. Estatísticas de acidentes seguidos de mortes por choque elétrico na rede aérea de distribuição assinalando a profissão	37
2.3.6. Estatísticas de acidentes seguidos de mortes por descargas atmosféricas	39
2.4. Medidas de prevenção de acidentes com eletricidade	41
2.4.1. Proteção contra contatos diretos	42
2.4.2. Proteção contra contatos indiretos	44
2.4.3. Proteção contra contatos diretos e indiretos	45
2.4.4. Aterramento	46
2.4.4.1. Condutor de proteção	47
2.5. Hierarquia das Leis Brasileiras	48
2.5.1. Legislação Federal aplicada à Segurança do Trabalho	49
2.5.1.1. CF/88, art. 7 – Direitos Trabalhistas	49
2.5.1.2. Consolidação das Leis Trabalhistas	50
2.5.1.3. Normas Regulamentadoras	51
2.5.2. Lei Federal referente a Edificações Prediais	53
2.5.2.1. Lei nº 11337/2006	53
2.5.2.2. Projeto de Lei nº 3370/2012	53
2.5.3. Hierarquia das Leis Estaduais e Municipais	54
2.5.3.1. Lei Orgânica do Distrito Federal referente a Edificações Prediais	54
2.5.4. Normas Técnicas	56
2.5.4.1. Normalização	56
2.5.4.2. Níveis de Normalização	56
2.5.4.3. Normas Brasileiras	58
2.5.5. Normas Regulamentadoras versus Normas Técnicas	59

3. Norma Regulamentadora nº 10.....	60
3.1. Surgimento	60
3.2. Aplicabilidade.....	60
3.3. Importância da NR 10 para as Normas Técnicas Brasileiras	61
3.4. Fundamentos da NR 10	62
3.4.1. Medidas de Controle.....	62
3.4.2. Medidas de Proteção Coletiva	63
3.4.3. Medidas de Proteção Individual	64
3.4.4. Segurança em Projetos.....	64
3.4.5. Segurança na Construção, Montagem, Operação e Manutenção	65
3.4.6. Segurança em Instalações Elétricas Desenergizadas	66
3.4.7. Segurança em Instalações Elétricas Energizadas	68
3.4.8. Trabalhos Envolvendo Alta Tensão (AT)	69
3.4.9. Autorização dos Trabalhadores	69
3.4.10. Proteção Contra Incêndio e Explosão.....	69
3.4.11. Procedimentos de Trabalho	70
3.4.12. Situação de Emergência	70
3.4.13. Responsabilidades	71
3.4.14. Disposições Finais	72
3.5. Importância da NR 10 para os Profissionais Celetistas.....	72
3.6. Importância da NR 10 para as Engenhas	74
3.7. NBR 16384 – Segurança com Eletricidade	75
3.7.1. Objetivo da NBR 16384	75
3.7.2. O porquê fazer essa norma já que se tem a NR 10.....	75
4. Norma Brasileira 5410.....	76
4.1. Surgimento	76
4.2. Aplicabilidade.....	78
4.3. Correlações entre ABNT NBR 5410 e NR 10.....	80
4.3.1. Documentações Técnicas	80
4.3.2. Inspeções Técnicas	81
4.3.3. Medidas de Proteção Coletiva	82
4.3.4. Associação de circuitos elétricos com finalidades diferentes.....	83

4.3.5. Princípio funcional dos dispositivos de proteção	83
4.3.6. Instrumentos na construção, montagem, operação e manutenção	84
4.3.7. Dispositivos de seccionamento.....	85
4.3.8. Intervenções em instalações elétricas energizadas	85
4.3.9. Proteção Contra Incêndio e Explosão.....	86
4.3.10. Sinalização de Segurança por Restrições de Acesso	87
4.3.11. Aplicabilidade a instalações alimentadas por extrabaixa tensão	87
4.4. Importância da NBR 5410 para as Engenharias.....	88
5. Norma Brasileira 5419.....	89
5.1. Surgimento	89
5.2. Aplicabilidade.....	91
5.3. Diferenças da NBR 5419:2015 e IEC 62305:2010	93
5.4. Diferenças da NBR 5419 de 2005 para a de 2015.....	94
5.4.1. Relação entre SPDA e MPS	95
5.4.2. Eficiência do SPDA.....	95
5.4.3. Gerenciamento de Risco	96
5.4.4. Densidade de Descargas Atmosféricas (Ng)	99
5.4.5. Método de Franklin do ângulo de proteção	101
5.4.6. Método da Gaiola de Faraday.....	102
5.4.7. Captores Especiais	103
5.4.8. Espaçamentos dos condutores de descidas	104
5.4.9. Componente de conexão ao cabo de descida do SPDA	104
5.4.10. Sistema de Aterramento	105
5.5. Correlações entre ABNT NBR 5419 e NR 10.....	110
5.5.1. Documentações Técnicas	110
5.5.2. Inspeções Técnicas	111
5.6. Correlações entre ABNT NBR 5419 e NBR 5410.....	111
5.6.1. Uso do Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS)	112
5.6.2. Localização do Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS)	112
5.6.3. Referência de equipotencialização	114
5.7. Importância da NBR 5419 para as Engenharias.....	115

6. Análise de Campo	116
6.1. NR 10.....	116
6.1.1. Visão da Sociedade.....	117
6.2. ABNT NBR 5410	118
6.2.1. Visão da Sociedade.....	118
6.3. NBR 5419.....	122
6.3.1. Erros no SPDA – Falta de Manutenção.....	122
6.3.2. Erro de SPDA – Uso inadequado de material	122
6.3.3. Rachaduras nas fachadas das edificações	124
6.3.4. Vantagens do SPDA estrutural a partir da análise de campo	125
6.3.5. Continuidade elétrica das armaduras da edificação.....	126
6.3.6. Sistema de Aterramento.....	127
6.3.7. Visão da Sociedade.....	127
6.3.8. Visão do Corpo de Bombeiros do Distrito Federal	128
7. Conclusão.....	130
7.1. Sugestões de Trabalhos Futuros	132
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	133

1. INTRODUÇÃO

Segundo o Censo Demográfico 2010 [1], o último realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (*IBGE*), 97,8% dos domicílios brasileiros apresentam coberturas de serviços de energia elétrica, podendo alcançar 99,1% caso sejam considerados apenas os domicílios de áreas urbanas. Ou seja, quase a totalidade da população brasileira tem acesso à eletricidade.

No Distrito Federal, 99,37% dos domicílios são abastecidos pela Companhia Energética de Brasília (*CEB*), segundo a Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílio (*PDAD*) realizada pela Companhia de Planejamento do Distrito Federal (*CODEPLAN*) [2].

Entretanto, apesar desses altos índices de atendimento aos domicílios de serviços de energia elétrica, tanto por parte do governo federal quanto por parte do governo do Distrito Federal, só entregar energia elétrica a população não é o bastante. É preciso também informá-la de como utilizar a eletricidade de maneira correta, segura, pois, a área residencial é o local que mais soma mortes ocasionadas por choque elétrico nos últimos anos [3].

O Censo Demográfico 2010 [1] também informa que 10,7% dos domicílios brasileiros são de apartamentos, com média de 3,3 moradores por domicílios, contabilizando 8,46% da população brasileira residindo em edificações prediais. No Distrito Federal, esse índice é ainda maior, 17,44% da população urbana são residentes em edificações prediais, conforme é ilustrado pela Tabela 1.0, com destaque para a Região Administrativa XXII - Sudoeste, contabilizando 95,36% da sua população residindo em edificações prediais.

Essa situação torna ainda mais imprescindível à população ser conhecedora dos riscos que a eletricidade pode causar, visto se tratar de dezenas de pessoas morando muito próximas umas das outras, em que a negligência de um pode ocasionar dano no vizinho.

Além disso, a edificação predial deve constar de medidas de prevenção contra acidentes com a eletricidade, principalmente das que estão prescritas na Norma Regulamentadora nº10 [4], dedicada a Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, e nas normas técnicas ABNT NBR 5410 [5], dedicada a Instalações elétricas de baixa tensão, e ABNT NBR 5419 [6], dedicada a Proteção contra Descargas Atmosféricas.

Essas medidas devem ser atentamente observadas no momento da construção ou da reforma da edificação, exigindo ainda mão de obra qualificada e especializada para essa atividade.

Tabela 1.0 – População urbana do Distrito Federal residente em edificações prediais. [2]

-	População urbana	% População urbana abastecida pela CEB	População urbana residente em edificações prediais	% População urbana residente em edificações prediais
Total	2.754.504	99,37%	480.362	17,44%
RA XXII - Sudoeste	53.262	100,00%	50.791	95,36%
RA XX - Águas Claras	148.940	99,25%	113.684	76,33%
RA XI - Cruzeiro	33.539	100,00%	24.987	74,50%
RA VIII - Núcleo Bandeirante	25.072	100,00%	13.891	55,41%
RA X - Guará	132.685	100,00%	67.296	50,72%
RA XVII - Riacho Fundo	40.098	99,20%	12.768	31,84%
RA III - Taguatinga	222.598	100,00%	65.200	29,29%
RA XVIII - Lago Norte	37.455	99,20%	10.638	28,40%
RA V - Sobradinho	68.551	99,86%	15.577	22,72%
RA II - Gama	141.911	99,11%	24.939	17,57%
RA XXIX - SIA	1.988	99,18%	275	13,84%
RA VII - Paranoá	48.020	98,70%	5.720	11,91%
RA XIX - Candangolândia	16.848	100,00%	1.819	10,80%
RA XXIII - Varjão	9.215	100,00%	920	9,98%
RA XII - Samambaia	254.439	100,00%	24.701	9,71%
RA XXVI - Sobradinho II	100.775	99,87%	6.187	6,14%
RA IV - Brazlândia	52.287	99,58%	3.094	5,92%
RA XIII - Santa Maria	125.123	100,00%	5.629	4,50%
RA VI - Planaltina	189.412	100,00%	6.774	3,58%
RA IX - Ceilândia	489.351	98,28%	16.626	3,40%
RA XIV - São Sebastião	100.161	99,66%	2.688	2,68%
RA XXI - Riacho Fundo II	51.709	100,00%	1.345	2,60%
RA XV - Recanto das Emas	145.304	99,50%	3.292	2,27%
RA XXIV - Park Way	19.824	100,00%	318	1,61%
RA XXVII - Jardim Botânico	27.364	99,60%	439	1,60%
RA XXVIII - Itapoã	68.587	100,00%	275	0,40%
RA XVI - Lago Sul	29.346	100,00%	117	0,40%
RA XXX - Vicente Pires	72.879	99,12%	274	0,38%
RA XXXI - Fercal	8.746	99,60%	19	0,21%
RA XXV - Estrutural	39.015	91,40%	78	0,20%

No entanto, apesar da existência desses textos normativos, exigindo o cumprimento de medidas mínimas de segurança para proteção contra choque elétrico, o número de acidentes fatais por choque elétrico no Brasil chega a superar aos casos fatais registrados por dengue. No ano de 2014, por exemplo, foram contabilizadas 627 mortes por choque elétrico [3] e 475 mortes por dengue [7]. Entretanto, enquanto a dengue é constantemente alarmada sobre os seus riscos a saúde, tanto pelos governantes quanto pela imprensa, não é feito o mesmo para o choque elétrico.

Este trabalho, portanto, foi motivado pela necessidade de contribuir para alarmar as estatísticas negativas de acidentes por choque elétrico. Ainda mais pela existência de normas de segurança direcionadas a eletricidade, com destaque para a NR 10, do Ministério do Trabalho e Emprego, logo, uma lei federal, e as normas técnicas NBR 5410 e NBR 5419, da Associação Brasileira de Normas Técnicas, logo, com força de lei, mas que tem gerado dúvidas quanto ao seu real cumprimento em campo.

1.1. Objetivo

Este trabalho tem por objetivo avaliar, por meio de um estudo exploratório, o a aplicação em conjunto das NR 10, NBR 5410 e NBR 5419 nas edificações prediais do Distrito Federal.

A atividade é contemplada de diversas vistorias tanto em edificações prediais em construção quanto em edificações prediais já construídas, além de entrevistas tanto de quem trabalha com eletricidade quanto de quem apenas usa a eletricidade.

A adoção do estudo exploratório como o método de pesquisa deste trabalho irá garantir que as resoluções dos problemas sejam feitas de maneira investigativa e qualitativa. Nesta linha, todos os dados observados em campo serão pontualmente contrapostos com as informações prescritas nos textos acadêmicos de engenharia elétrica, e, sobretudo, com as informações prescritas nos textos da NR 10, NBR 5410 e NBR 5419, para que só assim possa ser formulada uma conclusão.

1.2. Organização do Texto

Este trabalho foi desenvolvido em 7 capítulos assim arquitetados:

- Capítulo 1: breve apresentação sobre a importância da prevenção contra choque elétrico nas edificações prediais, relatando a necessidade de se constar todas e as adequadas medidas de proteção conforme a NR 10, NBR 5410 e NBR 5419. Além do apontamento do objetivo do trabalho e da descrição da organização do trabalho.
- Capítulo 2: revisão bibliográfica do trabalho, constando definições do choque elétrico e das descargas atmosféricas, além de abordagens gerais de suas respectivas naturezas. Também são apresentadas neste capítulo as estatísticas de acidentes com eletricidade e as medidas de prevenção de acidentes com eletricidade. Por fim, é feita uma análise das hierarquias das leis brasileiras, mas dando foco em relatar no quanto são representativos as NR's e as ABNT NBR's no cenário legislativo.

- Capítulo 3: abordagem sucinta da Norma Regulamentadora nº10, descrevendo o seu surgimento, a sua aplicabilidade, a sua importância para as NBR's, os seus fundamentos, a sua importância para os profissionais celetistas, a sua importância para as engenharias e uma discussão sobre a criação da NBR para complementar a NR 10.
- Capítulo 4: abordagem sucinta da Norma Brasileira 5410, descrevendo o seu surgimento, a sua aplicabilidade, a sua correlação com NR 10 e a sua importância para as engenharias.
- Capítulo 5: abordagem sucinta da Norma Brasileira 5419, descrevendo o seu surgimento, a sua aplicabilidade, as diferenças da NBR 5419:2015 e IEC 62305:2010, as diferenças da NBR 5419 de 2005 para a de 2015, a sua correlação com NR 10, a sua correlação com NBR 5410 e a sua importância para as engenharias.
- Capítulo 6: análise de campo do trabalho realizado no Distrito Federal, abordando o impactado real da NR 10, NBR 5410 e NBR 5419.
- Capítulo 7: A conclusão, desenvolvida a partir das prescrições da NR 10, NBR 5410 e NBR 5410 e das observações feitas em campo no Distrito Federal, é apontado o comportamento dos profissionais eletricitas, dos órgãos fiscalizadores, além da importância que é dada pela sociedade ao cumprimento dessas normas. Por fim, sugestões de trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A eletricidade é conhecida pela humanidade desde os anos 600 a.C, com os seus primeiros relatos na Grécia Antiga, atribuídos ao filósofo e matemático Tales de Mileto, autor da experiência estabelecida pela fricção de um pedaço de âmbar em uma pele de carneiro, implicando na atração de pedaços de palha ao âmbar. Resultado que marcou a história como sendo o primeiro registro de geração e manipulação da eletricidade estática. Fato que também culminou na origem da palavra eletricidade, do latim *electricus*, em grego, *elektron*, significando âmbar.

A partir de então, o homem passou a estudar e explorar os fundamentos da eletricidade a fim de buscar maneiras de se usufruir dela como uma fonte de energia para as suas invenções. Proposta que foi consolidado apenas após vários séculos, com a criação da mais primitiva máquina eletrostática, no ano de 1663, pelo físico alemão Otto von Guericke, promovendo para época, expressiva capacidade de geração de eletricidade em alta tensão [8].

O impacto dessa invenção na sociedade foi rápido. A acessibilidade da eletricidade não se restringiu somente às indústrias, mas também às residências. Com isso, foram encadeadas mudanças radicais no comportamento de toda sociedade, principalmente com a evolução em conjunto dos estudos do magnetismo, o que originou o eletromagnetismo, capaz assim de viabilizar as invenções dos equipamentos eletroeletrônicos. TELLES [8] afirma em seu livro, História da engenharia no Brasil – século XX, que nenhuma outra descoberta teve tão grande influência em todos os aspectos da vida humana.

No entanto, não só de aspectos positivos a eletricidade se dispôs ao homem. A eletricidade ao ser manipulada de forma errada pode ocasionar acidentes fatais. Fato este que até hoje não se é atentado adequadamente, mas que desde a criação do gerador de Otto von Guericke é de pleno conhecimento, pois foi com esse gerador eletrostático que se tem marcado na história o primeiro acidente com choque elétrico.

Entretanto, as pesquisas sobre os perigos que a eletricidade pode causar ao passar pelo corpo humano só começaram em 1930, com os estudos pioneiros de H.Freiberger e L.P.Ferris, aos quais se seguiram os de C.F.Dalziel, W.B.Kouwenhoven, W.R. Lee, P. Osypka, H. Antoni, entre outros.

Atualmente, a NR 10, NBR 5410 e NBR 5419 são os principais documentos técnicos brasileiros voltados à prevenção de choque elétrico.

2.1. Choque Elétrico

O choque elétrico é a reação do organismo humano ou animal, com estímulos rápidos do sistema nervoso, à passagem acidental de uma corrente elétrica oriunda de uma fonte de tensão externa, que foi capaz de romper a rigidez dielétrica da pele, interferindo no sistema biológico, podendo resultar em diversas implicações prejudiciais a saúde.

Kindermann [9] sustenta o texto supracitado com a seguinte definição:

Choque elétrico é a perturbação de natureza e efeitos diversos que se manifesta no organismo humano quando este é percorrido por uma corrente elétrica.

Qualquer atividade biológica, seja ela glandular, nervosa, muscular, é estimulada ou controlada por impulsos de corrente elétrica. Se essa corrente fisiológica interna se somar a outra corrente de origem externa, devido a um contato elétrico, ocorrerá uma alteração das funções vitais normais no organismo humano, que pode levar o indivíduo à morte, dependendo da duração da corrente [10].

Segundo a Organização Mundial de Saúde (*OMS*), o choque elétrico, tal como qualquer outro acidente, se enquadra como um acontecimento independente da vontade humana, desencadeado pela ação repentina e rápida de uma causa externa produtora ou não de lesão corporal ou mental [11].

Por sua vez, os acidentes por choque elétrico podem acontecer por duas formas [10]:

- i. Contato direto: quando a pessoa toca diretamente a parte viva (condutores energizados) de uma instalação elétrica;
- ii. Contato indireto: contatos de pessoas ou animais com massas que ficaram sob tensão devido a uma falha de isolamento.

Os acidentes por choque elétrico via contato direto são considerados os mais graves, visto que na maioria das vezes são ocasionadas por falha de isolamento, por ruptura ou remoção indevida de pontos energizados. No mais, ainda há de se contar com as imprudências das pessoas, em que com isso somam significativos casos de acidentes fatais.

Em contrapartida, os acidentes por choque elétrico via contato indireto são considerados os menos graves, isso porque apresentam correntes de menor intensidade, visto que são oriundas da concentração de cargas estáticas presentes em carcaças de equipamentos elétricos.

Há de se resaltar que a maioria dos acidentes por choques elétricos poderiam ser evitados caso fossem adotadas as medidas de proteção adequadas apontadas pelas normas técnicas.

2.1.1. Efeitos do choque elétrico sobre o corpo humano

Os efeitos do choque elétrico sobre o corpo humano são fisiopatológicos, os quais resumissem aos seguintes casos listados:

- Parada cardíaca a partir da tetanização das fibras musculares;
- Parada respiratória com a inibição dos centros nervosos;
- Queimaduras (implicações: necrose do tecido, do osso e dos órgãos);
- Fibrilação ventricular a partir de uma perturbação no ritmo cardíaco;
- Eletrólise no sangue (efeito da aglutinação dos sais minerais);
- Sequelas mentais;
- Danos renais.

Dentre eles, quatro efeitos fisiopatológicos se destacam por apresentar maior gravidade: tetanização, parada respiratória, queimaduras e fibrilação ventricular.

2.1.1.1. Tetanização

A tetanização é um fenômeno em que há contrações musculares nas regiões estimuladas provocadas por impulsos elétricos. Se esses impulsos ocorrerem a altas frequências de forma que não haja tempo suficiente para que o músculo relaxe, ele pode permanecer contraído enquanto durarem os estímulos. Correntes contínuas, apesar de não apresentarem oscilações, também podem provocar tetanizações.

2.1.1.2. Parada Respiratória

A parada respiratória é causada quando se tem correntes superiores ao limite de largar, o qual é definido como a máxima corrente que alguém pode suportar ao segurar um eletrodo e ainda poder largá-lo utilizando os músculos estimulados, através do diafragma. Esse músculo divide o tórax do abdômen e é responsável pelos movimentos de contração e relaxamento que promovem o enchimento de ar dos pulmões. Assim, essas correntes podem causar a contração desses músculos, o que causa a asfixia do indivíduo.

2.1.1.3. Queimaduras

As queimaduras causadas por correntes elétricas que atravessam os corpos é devida ao Efeito Joule. Nos pontos de entrada e de saída da corrente, a situação se torna crítica, pois a pele tem uma alta resistência elétrica, enquanto os tecidos internos são bons condutores. Em alta tensão, predominam-se os efeitos térmicos da corrente: o calor destrói os tecidos superficiais e profundos, além de romper artérias, o que provoca hemorragias internas.

2.1.1.4. Fibrilação Ventricular

A fibrilação ventricular é o fenômeno fisiológico mais grave que pode ocorrer quando a corrente elétrica passa pelo corpo humano, segundo Ademaro Contrim [10].

Ela é decorrência de uma grave arritmia cardíaca em que não existe sincronização da contração entre as fibras musculares cardíacas. Ao invés de se contraírem e relaxarem alternativamente, como é normal, de 60 a 90 vezes por minuto, os ventrículos são super estimulados a fazerem contrações rápidas e fracas de maneira caótica, resultando apenas em tremulações. Desta forma, produzindo múltiplos impulsos elétricos, originários de vários pontos do ventrículo, tornado assim o coração incapaz de promover a circulação normal do sangue.

Para que ocorra a fibrilação, a corrente deve possuir uma intensidade em torno de 30 a 500 mA e a pessoa deve estar sujeita a ela por períodos superiores a um quarto de segundo.

A ocorrência da fibrilação do coração pela atuação do choque elétrico no organismo humano pode ser analisada a partir do Eletrocardiograma (ECG), tal como ilustrado pela Figura 2.0 abaixo.

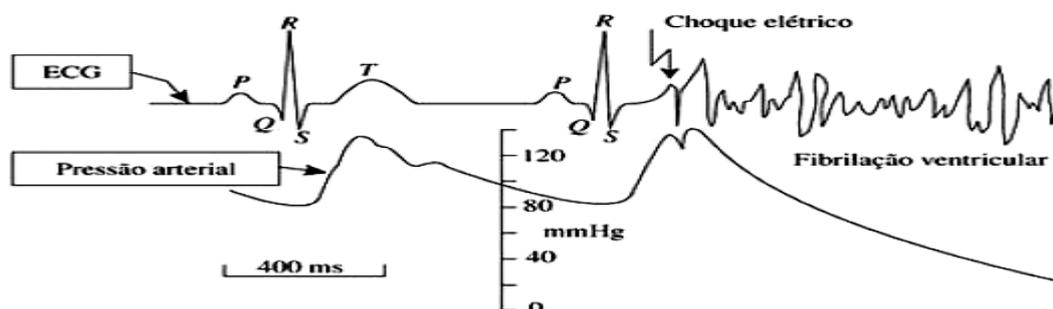


Figura 2.0 – Eletrocardiograma (ECG), Fibrilação ventricular, Pressão Arterial. [10]

Conforme esperado, pelo ECG é possível identificar, portanto, o momento em que há o choque elétrico e a fibrilação ventricular. Há se resaltar a presença de um alto pico da pressão arterial no momento do choque elétrico e em seguida a sua considerável queda, comprometendo a irrigação sanguínea corporal.

Após a fibrilação ventricular, normalmente o coração não é capaz de se recuperar de forma independente. Portanto, é preciso aplicar uma corrente de curta duração e de intensidade elevada para que a fibrilação seja interrompida e o ritmo normal do coração seja reestabelecido. Logo, utiliza-se um aparelho chamado desfibrilador elétrico, o qual cumpre essa função. Na indisponibilidade dele, é feito a massagem cardíaca para que haja a circulação de sangue pelo corpo enquanto o aparelho é providenciado, pois apenas a massagem é incapaz de recuperar o coração.

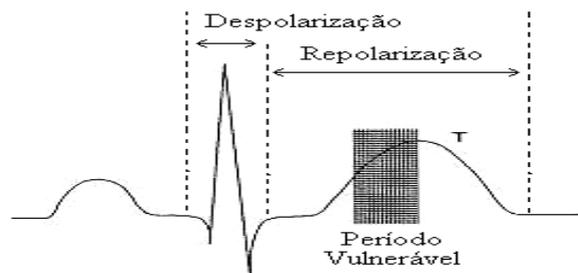


Figura 2.1 – Ciclo cardíaco com indicação do período vulnerável dos ventrículos. [9]

No ciclo de uma batida do coração, pode-se dividi-la em dois intervalos: despolarização e polarização. Na Figura 2.1 acima, tem-se a intensidade das contrações em função do tempo. A parte T da onda representa o período de repolarização das fibras musculares do ventrículo do coração. O período vulnerável à fibrilação corresponde ao período inicial da repolarização das fibras, o qual corresponde de 10 a 20% do ciclo cardíaco completo.

Segundo a IEC/TS 60479-1 define-se I_H como a corrente equivalente do coração dada a partir da percepção do choque elétrico no organismo humano, conforme a seguinte equação [12]:

$$I_H = \frac{I_{REF}}{F} \quad (I)$$

O parâmetro I_{REF} , chamado corrente de referência, é o valor equivalente da corrente elétrica do choque elétrico no coração para o percurso entre a mão esquerda e o pé.

Por mais, o parâmetro F , chamado fator de corrente do coração, leva a Equação I a não se restringir apenas a um tipo de percurso, abrindo a possibilidade, portanto, também para análise de I_H para diversos outros diferentes percursos da corrente do choque elétrico no organismo humano.

Os valores de F , variando a trajetória da corrente do choque elétrico que passa pelo corpo humano, segue a seguinte relação apresentada pela Tabela 2.0:

Tabela 2.0 – Corrente equivalente do coração com a percepção do choque elétrico. [10]

Trajeto da corrente que passa pelo corpo humano	F
Da mão esquerda ao pé esquerdo, ao pé direito ou a ambos os pés	1,0
Das mãos aos pés	1,0
Da mão esquerda à direita	0,4
Da mão direita ao pé esquerda, ao pé direito ou a ambos os pés	0,8
Das costas à mão direita	0,3
Das costas à mão esquerda	0,7
Do peito à mão direita	1,3
Do peito à mão esquerda	1,5
Mão esquerda, mão direita ou mãos e nádegas	0,7

O valor mínimo de corrente que alguém pode perceber os efeitos do choque elétrico é de 1 mA e esse ponto é denominado Limiar de Sensação. Com correntes até 9 mA, a pessoa perde o controle dos músculos mais próximos do contato. Acima de 9 mA, o choque pode chegar a ser fatal para o indivíduo, conforme detalha a Tabela 2.1:

Tabela 2.1 – Efeitos do choque elétrico em pessoas adultas, jovens e sadias. [13]

Intensidade (mA)	Perturbações prováveis	Estado após o choque	Salvamento	Resultado Final
1	Nenhuma	Normal	-----	Normal
1 – 9	Sensação cada vez mais desagradável à medida que a intensidade aumenta. Contrações musculares.	Normal	Desnecessário	Normal
9 – 20	Sensação dolorosa, contrações violentas, perturbações circulatórias,	Morte aparente	Respiração artificial	Restabelecimento
20 – 100	Sensação insuportável, contrações violentas, asfixia, perturbações circulatórias graves inclusive fibrilação ventricular,	Morte aparente	Respiração artificial	Restabelecimento ou morte
> 100	Asfixia imediata, fibrilação ventricular.	Morte aparente	Muito difícil	Morte
Vários Ampéres	Asfixia imediata e queimaduras graves	Morte aparente ou imediata	Praticamente impossível	Morte

2.1.2. Zonas de efeitos do choque elétrico sobre o corpo humano

2.1.2.1. Zonas de efeito para correntes alternadas de 50 ou de 60 Hz

Em 1974, a IEC definiu cinco zonas de efeitos distintos para correntes alternadas de 50 ou de 60 Hz por meio da publicação da norma IEC-479/1974. Ela considera pessoas de 50 kg e percursos entre extremidades do corpo (i.e., mão-mão ou mão-pé) para os cálculos realizados. Assim, têm-se as seguintes zonas:

- Zona 1: a corrente elétrica não produz reações no corpo humano e se situa abaixo do limiar de percepção de 0,5 mA;
- Zona 2: a corrente não produz nenhum efeito fisiopatológico perigoso;
- Zona 3: não há riscos de fibrilação ventricular, mas podem ocorrer paradas cardíacas ou respiratórias, e contrações musculares involuntárias;
- Zona 4: risco de fibrilação (probabilidade de 0,5% a 50%).
- Zona 5: risco de fibrilação (probabilidade superior a 50%).

O gráfico abaixo apresenta a divisão das cinco zonas descritas anteriormente.

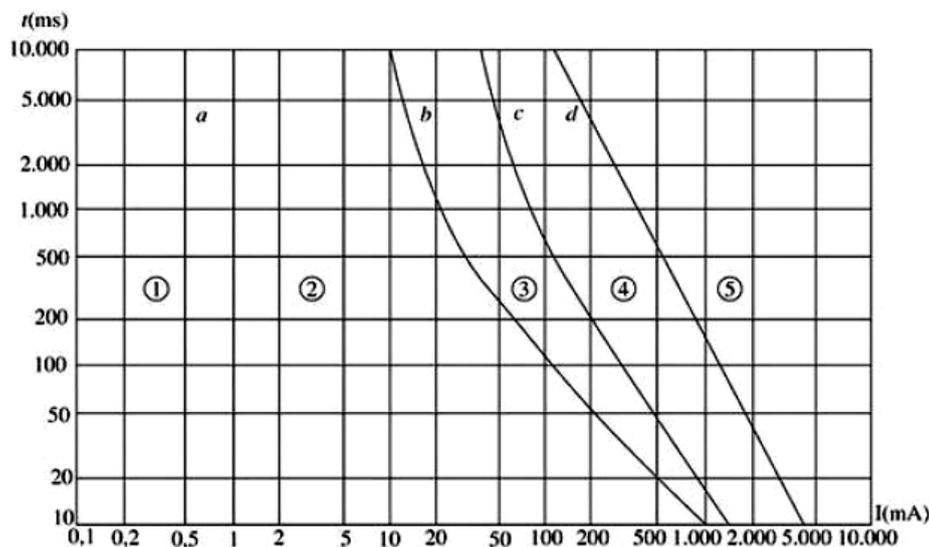


Gráfico 2.0 – Zonas de efeito de corrente alternada de 50 a 60 Hz sobre adultos. [10]

2.1.2.2. Zonas de efeito para correntes alternadas de 15 ou de 100 Hz

A IEC 60479-1 define quatro zonas de efeito do choque elétrico para corrente alternada com frequência de 15 a 100 Hz e um trajeto definido entre a mão esquerda aos pés. Estudo que se direciona no que diz respeito a fibrilação ventricular.

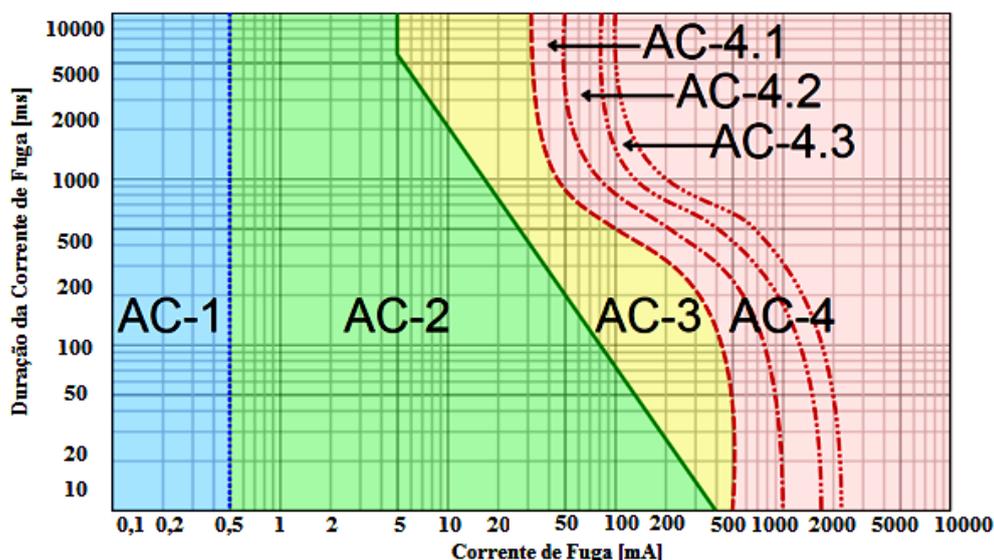


Gráfico 2.1 – Análise das zonas de efeito de corrente alternada (15 a 100 Hz) pelo corpo humano, conforme a norma IEC/TS 60479-1. [14]

- Zona AC-1: Até 0,5 mA – Abaixo do limiar de percepção. Em geral, não provoca nenhuma reação.
- Zona AC-2: Acima de 0,5 mA – Sintomas de contrações musculares involuntárias, porém, nenhum efeito fisiopatológico perigoso, excluindo riscos de fibrilação ventricular.
- Zona AC-3: Fortes contrações musculares involuntárias, dificuldade respiratória e disfunções cardíacas reversíveis.
- Zona AC-4: Situação em que efeitos patológicos com alto nível de gravidade podem ocorrer inclusive com paradas cardíacas, paradas respiratórias e queimaduras.
- Zona AC-4.1: A probabilidade de fibrilação ventricular é de até aproximadamente 5% dependendo da duração e intensidade da corrente elétrica.
- Zona AC-4.2: Situação em que é possível acontecer a fibrilação ventricular com uma probabilidade de até 50%.
- Zona AC-4.3: Alto risco da ocorrência de fibrilação ventricular, com uma probabilidade superior a 50%.

2.1.3. Influência das condições de Umidade da Pele

O choque elétrico tem que ser capaz de fornecer uma tensão elétrica capaz de vencer a impedância do corpo humano. Impedância que pode ser formulada a partir de elementos elétricos como resistores, indutores e capacitores, mas que dependem de variáveis como a pele, o tecido ósseo e o tecido adiposo.

Portanto, a pele estando seca ou molhada resultará em distintos valores de impedância do corpo humano, promovendo diferentes níveis de gravidade em caso de choque elétrico conforme previsto.

Tabela 2.2 – Resistência Elétrica do Corpo Humano conforme as Condições de Umidade da Pele e Respectivas Correntes de Choque para Alguns Valores de Tensão de Contato. [12]

Tensão de Contato [V]	Condições de Umidade da Pele							
	BB1		BB2		BB3		BB4	
	R [Ω]	I [mA]	R [Ω]	I [mA]	R [Ω]	I [mA]	R [Ω]	I [mA]
10	6500	1,6	3200	3	1200	8	500	20
25	5000	5	2500	10	1000	25	400	50
50	4000	12,5	2000	25	875	57	300	165
100	2200	45	1500	70	730	140	260	370
250	1000	230	1000	230	650	500	200	1000

As definições dos Códigos BB1 a BB4 são as de acordo com a Tabela 19 da NBR 5410:2004.

- BB1: Condições secas.
- BB2: Condições úmidas.
- BB3: Condições molhadas.
- BB4: Condições imersas.

Da Tabela 2.2, tira-se duas conclusões:

- i. Para a mesma tensão elétrica, a resistência diminui conforme o grau de umidade da pele;
- ii. Para a mesma condição da pele, o aumento da tensão elétrica diminui a resistência elétrica do corpo humano.

A resistência do corpo humano para casos de choque elétrico em alta tensão não tem relevância, pois os danos referentes às queimaduras são mais significantes para a morte do indivíduo do que a fibrilação ventricular.

2.1.4. Influência do percurso da corrente elétrica no corpo humano

O pior choque elétrico acontece quando a corrente elétrica entra por uma extremidade do corpo humano e sai por outra. Isso pode ser mais agravante quando a corrente elétrica transcorre pelo coração e ou cérebro, pois com apenas pequenos valores de corrente de choque elétrico percorrendo por estes caminhos podem resultar em morte.

Alguns possíveis percursos da corrente elétrica no corpo humano são representados na figura abaixo, ilustrando tanto casos de choque elétrico via tensão de toque, quanta tensão de passo, sempre destacando a figura do coração.

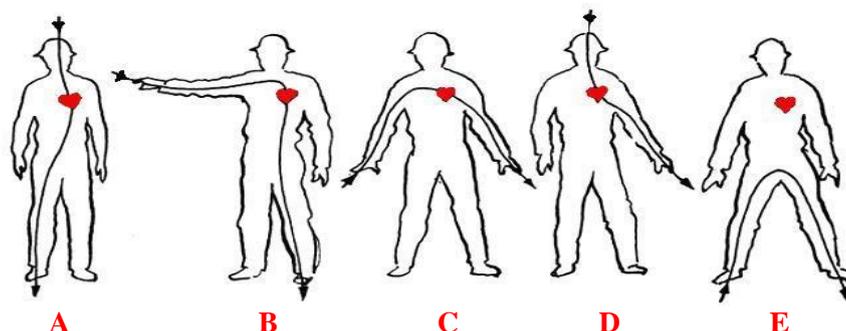


Figura 2.2 – Percursos da corrente elétrica pelo corpo humano. [16]

Tabela 2.3 – Corrente equivalente do coração com a percepção do choque elétrico. [16]

Trajeto	Porcentagem da Corrente no Coração
Da cabeça para o pé direito (A)	9,7%
Da mão direita para o pé esquerdo (B)	7,9%
Da mão direita para a mão esquerda (C)	1,8%
Da cabeça para a mão esquerda (D)	1,8%
Entre os pés (E)	0%

Há de se destacar que os choques elétricos mais perigosos são aqueles que têm a corrente elétrica percorrendo trajetos do corpo humano que atravessam o coração, ou seja, da mão esquerda a mão direita, da mão esquerda para os pés ou da cabeça para os pés.

2.1.5. Influência da Frequência no Choque Elétrico

Os danos de uma corrente elétrica, ao percorrer o corpo humano, diminuem com o aumento da frequência. Isso ocorre porque correntes de alta frequência tendem a percorrer a parte externa do corpo humano e, assim, elas acabam por não afetar os órgãos vitais do indivíduo. Entretanto, a corrente tende a não se distribuir uniformemente no eletrodo de contato e no corpo do indivíduo. Isso pode provocar um aquecimento grande o suficiente para causar queimaduras no corpo.

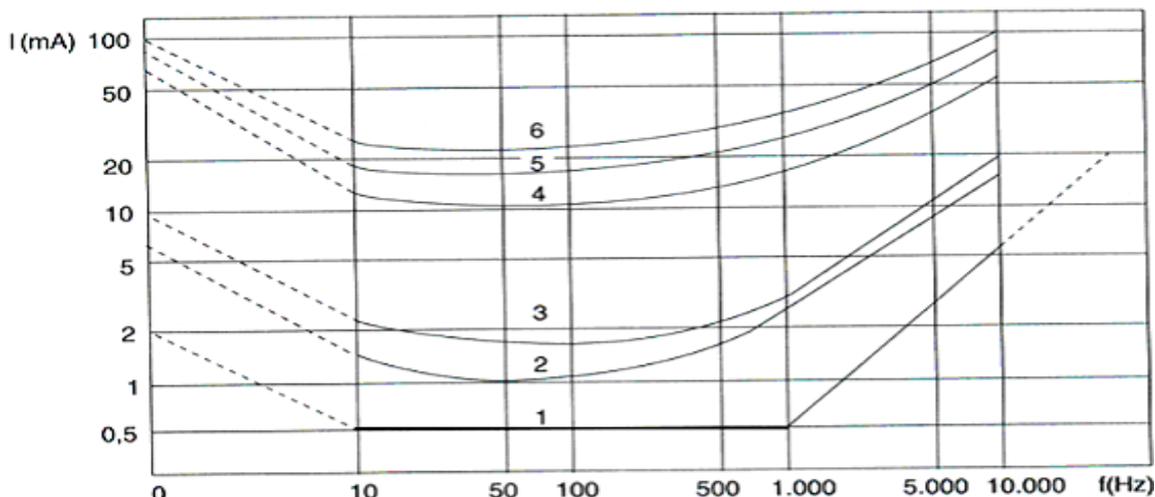


Gráfico 2.2 – Corrente elétrica versus frequência. [15]

O Gráfico 2.2 apresenta os limites de tetanização e de percepção em função da frequência. Nele, a probabilidade de ocorrência do fenômeno varia de 0,5 a 99,5% (IEC-479/1974). Assim, tem-se a seguinte correspondência para cada curva na Tabela 2.4:

- Curva 1: não há percepção;
- Curvas 2 e 3: início da percepção;
- Curvas 4 e 5: corrente de largar;
- Curva 6: corrente de não largar.

Tabela 2.4 – Resumo das curvas e das porcentagens do Gráfico 2.2.

Curva (nº)	1	2	3	4	5	6
Pessoas (%)	0	50	99,5	99,5	50	99,5

Como dito anteriormente, o limiar de sensação aumenta de acordo com a frequência. Dessa forma, correntes de alta frequência são utilizadas para realizar o aquecimento de equipamentos e como fonte de febre artificial (i.e., curar certas doenças por meio do aquecimento do corpo humano). A título de exemplo, tem-se listado na Tabela 2.5 diversos valores para o limiar de sensação em função do aumento da frequência da corrente elétrica.

Tabela 2.5 – Relação entre frequência e limiar de sensação.

Frequência (Hz)	50 a 60	500	1.000	5.000	10.000	100.000
Limiar de Sensação (mA)	1	1,5	2	7	14	150

2.1.6. Tensão de Toque e Tensão de Passo

Essas tensões podem ser originadas por correntes que entram no sistema de aterramento e se dispersam pelo solo. Isso acaba por gerar tensões elétricas que, quando aplicadas em seres humanos, podem provocar choques elétricos e, conseqüentemente, fibrilações ventriculares. Assim, estabeleceram-se os conceitos de tensão de toque e tensão de passo.

2.1.6.1. Tensão de Toque

Define-se tensão de toque como a tensão elétrica existente entre os membros superiores e inferiores de um indivíduo devido à falha em algum equipamento. Devido ao percurso percorrido pela corrente, aumenta-se o risco de fibrilação ventricular e isso a torna muito perigosa.

Caso haja falhas em uma torre de transmissão e um cabo energizado seja rompido e esteja tocando na parte metálica, haverá uma corrente de curto-circuito fluindo pela estrutura da torre. No solo, essa corrente gerará potenciais distintos desde a base da torre até uma determinada distância. Isso está representado na Figura 2.3 abaixo.

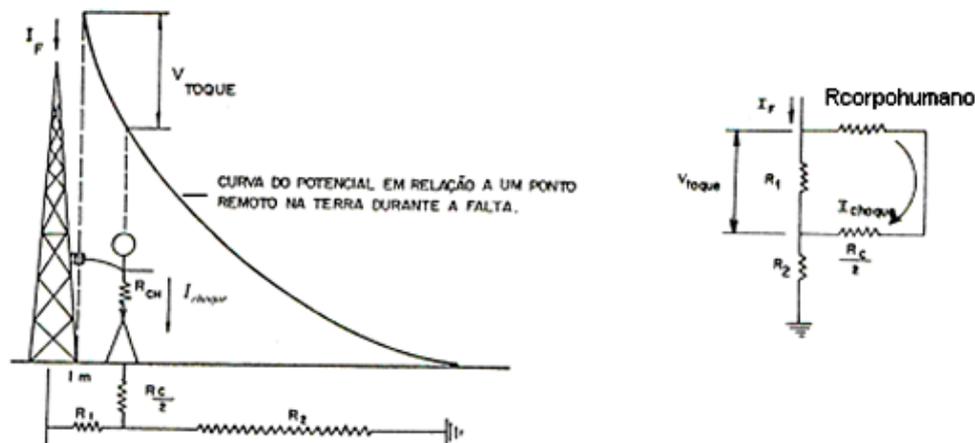


Figura 2.3 – Tensão de toque. [9]

Se uma pessoa tocar a torre no momento do curto-circuito, ela ficará submetida a um choque elétrico causado pela tensão de toque. Entre a mão e o pé do indivíduo, haverá uma diferença de potencial chamada tensão de toque.

A resistência R_1 representa a resistência da terra que vai da base da torre até um metro de distância. O restante do trecho de terra é representado pela resistência R_2 . Cada pé em contato com o solo terá uma resistência de contato representada por $R_{contato}$.

Assim, pode-se definir tensão de toque por meio da seguinte equação:

$$V_{toque} = \left(R_{corpo} + \frac{R_{contato}}{2} \right) I_{toque} \quad (II)$$

Segundo a recomendação da IEEE-80, considera-se que $R_{contato} = 3\rho_s$, aonde ρ_s representa a resistividade superficial do solo. Substituindo a consideração de $R_{contato}$ na expressão para V_{toque} , tem-se a seguinte equação:

$$V_{toque} = \left(R_{corpo} + \frac{3}{2}\rho_s \right) \cdot I_{toque} \quad (III)$$

Conclui-se, então, que o aterramento na base da torre só estará adequado se a tensão de toque ficar abaixo do limite de tensão que não causa fibrilação ventricular quando ocorrer um curto-circuito monofásico até a terra.

2.1.6.2. Tensão de Passo

A tensão de passo é definida como parte da tensão de um sistema de aterramento à qual uma pessoa pode ser submetida estando os pés dela separados pela distância aproximada de um passo. Ressalta-se que a tensão de passo diminui à medida que a pessoa se afasta do ponto onde ocorre o aterramento. Isso significa que ela será máxima apenas quando um dos pés do indivíduo estiver junto à haste do aterramento e o outro, afastado de um metro daquele.

De forma similar àquela feita para tensão de toque, pode-se deduzir a seguinte expressão que relaciona a tensão de passo às variáveis do problema por meio da seguinte equação:

$$V_{passo} = (R_{corpo} + 2R_{contato}) \cdot I_{passo} \quad (IV)$$

Seguindo a recomendação IEEE-80 novamente, tem-se a seguinte equação:

$$V_{passo} = (R_{corpo} + 6\rho_s) \cdot I_{passo} \quad (V)$$

Conclui-se que o aterramento só atenderá aos requisitos da recomendação se o pior caso da tensão de passo (i.e., o caso de maior valor de tensão) estiver abaixo do limite de tensão de passo que determina o limiar da ocorrência de fibrilação ventricular. Ademais, a tensão de passo é menos perigosa que a tensão de toque, uma vez que o coração possui menos chances de estar presente no percurso da corrente.

Dois pontos relevantes a serem notados:

- i. As tensões geradas no solo criam superfícies equipotenciais e, se a pessoa estiver com os dois pés na mesma superfície, não haverá diferença de potencial e, conseqüentemente, não haverá choque elétrico;
- ii. Quando a corrente causada pelo choque contrai os músculos dos membros inferiores, pode fazer com que a pessoa caia e toque o solo com as mãos, fechando um percurso para a corrente em que o coração está presente conforme a Figura 2.4 abaixo:

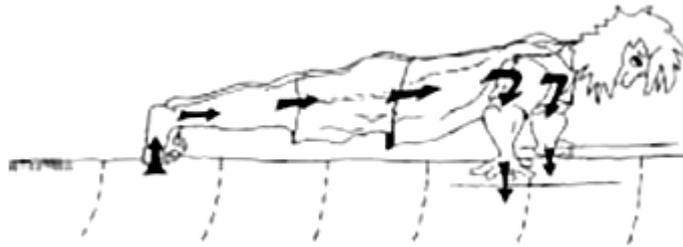


Figura 2.4 – Tensão de passo. [9]

Geralmente, as prescrições práticas de segurança são especificadas em termos de valores de tensão em projetos de instalações elétricas. Isso resulta na importância de se definir a tensão de contato.

2.2. Descargas Atmosféricas

2.2.1. História a respeito das descargas atmosféricas

A descarga atmosférica, também chamada de raio, é um fenômeno natural que ocorre em todo o planeta Terra desde o seu surgimento, a cerca de 4,57 bilhões de anos, lançando um clarão no céu, conhecido como relâmpago, e também uma onda sonora, chamada de trovão, ocasionada pela elevada temperatura proporcionada pelo deslocamento de massa de ar ao redor da descarga. Sendo a sua existência estimada como um fator determinante tanto para formação da crosta terrestre quanto para a geração das moléculas que deram origem à vida [17].

Para a humanidade, as descargas atmosféricas sempre despertaram a curiosidade, admiração, respeito e medo aos homens, principalmente desde a era geológica Holoceno, há 11 mil anos, também chamada Idade do Homem, período em que se iniciou a formação das civilizações. Fato esse que impulsionou com que surgissem por todo o mundo, em diversas sociedades, várias mitologias associando as descargas atmosféricas a divindades, sendo de posse e controle dos grandes Deuses.

Para os babilônicos, há 5 mil anos, o deus Adad, caracterizado por carregar um bumerangue e uma lança, capazes de quando lançadas gerarem os trovões e os raios. Para os antigos egípcios, o deus Tifão, apontado por ser o responsável por arremessar os raios sobre a Terra. Para os antigos gregos, o deus Zeus, o rei dos deuses, criador dos gigantes Ciclopes, criaturas que atiravam raios sobre os homens pecadores. Para os nórdicos, o deus Thor, o deus do trovão e dos raios, capaz de gerar trovões e raios com o arremesso de seu martelo. Na Índia, o deus Indra, controlador das nuvens, chuvas e relâmpagos. Na China, a deusa Tien Mu, responsável pelas trovoadas, e o deus por Lei Tsu, responsável pelos trovões.

Do ponto de vista científico, o primeiro texto que se tem conhecimento a respeito das descargas atmosféricas é do filósofo Aristóteles, em 350 A.C, com a publicação do livro chamado Meteorologia, referindo-se ao raio como um incêndio de uma exalação ejetada pelas nuvens [18]. Depois, somente no século XVIII, com o crescimento da importância dos estudos da eletricidade para a Revolução Industrial.

Em 1708, William Wall, foi o primeiro a constatar a relevante semelhança da descarga de um relâmpago com uma faísca que saía de um pedaço de âmbar eletrizado.

Em 1750, Benjamim Franklin, foi o primeiro a projetar um experimento comprovasse que as descargas atmosféricas se manifestavam eletricamente na atmosfera, baseado pela ideia de que é possível, através de um mastro metálico, orientar o caminho da corrente elétrica da

descarga atmosférica até um determinado ponto aterrado.

Em 1752, Franklin projetou novamente o experimento de 1750, mas dessa vez com uma pipa, visando alcançar altitudes próximas às nuvens, levando para o alto um objeto metálico preso no extremo da linha. Experimento que o deixou famoso, não só pela coragem, mas também por marcá-lo na história como o inventor do para-raios.



Figura 2.5 – Experimento da pipa de Benjamim Franklin. [19]

Depois de William Wall e Benjamim Franklin, vários outros cientistas importantes surgiram, todos contribuindo para ampliar o entendimento dos fundamentos das descargas atmosféricas. Dentre eles, L. G. Lemonnier, em 1752, G. Beccaria, em 1775, H. B. Saussure, em 1779, C. A. Coulomb, em 1785, P. Erman, em 1804, J. Elster e H. F. Geitel, em 1887, W. Linss, em 1887, J. J. Thomson, em 1897, J. Elster e H.F. Geitel, em 1899.

Atualmente, o entendimento científico a respeito das descargas atmosféricas está bastante complexo, principalmente para fins de prevenção de acidentes, conforme mostra o texto da norma ABNT NBR 5419:2015, Proteção contra Descargas Atmosféricas.

2.2.2. O que são descargas atmosféricas

Descargas atmosféricas são descargas elétricas, da ordem de quiloampere, provocadas pela formação de um intenso campo elétrico devido ao acúmulo excessivo de cargas elétricas entre nuvem-terra ou nuvem-nuvem, que visam reequilibrar potencialmente a atmosfera. Iniciada por uma ruptura da rigidez dielétrica do ar dentro da nuvem, elétrons se movem de uma região para outra, a partir de uma descarga líder, crescida de um canal ionizado, por quilômetros de distância, compondo uma longa coluna de plasma, sempre buscando a menor resistência dielétrica do ar, não sendo necessariamente o caminho mais curto.

Uma descarga atmosférica é um transiente, uma descarga elétrica de alta corrente cujo percurso é medido em quilômetros [20].

2.2.3. Formação das descargas atmosféricas

A formação das descargas atmosféricas é fundamentada por um processo chamado de eletrificação das nuvens, o qual se sustenta pela ocorrência da separação das cargas elétricas positivas e negativas no interior da nuvem.

Segundo os estudos de Earle Willams [21], a maioria das nuvens, ao sofrerem o processo de eletrificação, apresentam características de uma estrutura tripolar de cargas, consistindo de uma concentração de cargas positivas na parte superior da nuvem, uma concentração de cargas negativas na parte central da nuvem e uma pequena concentração de cargas positivas na parte inferior da nuvem, conforme ilustrado pela Figura 2.6 abaixo.

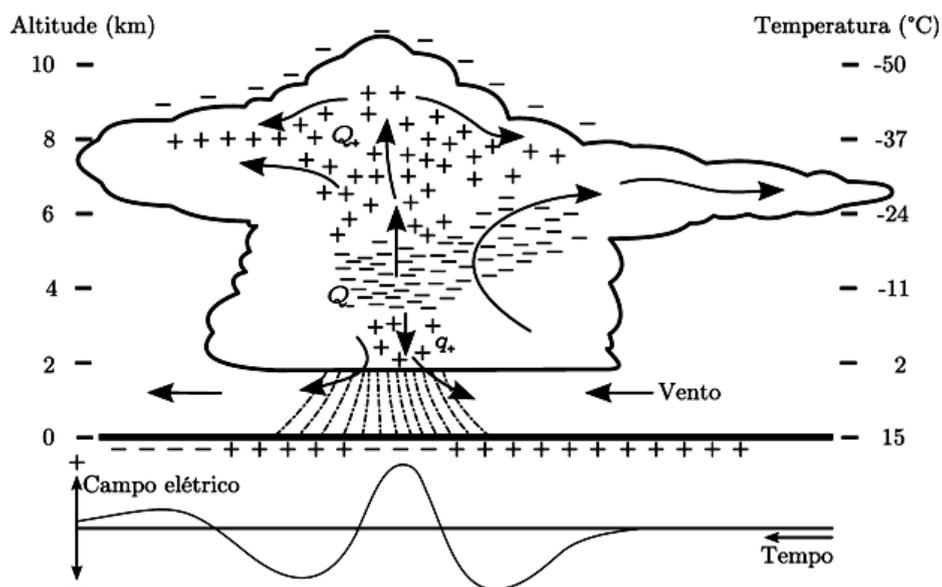


Figura 2.6 – Eletrificação das nuvens para formação das descargas atmosféricas. [22]

A curva de campo elétrico, ilustrada pela Figura 2.6, é correspondente à perturbação causada pela estrutura tripolar de cargas nas nuvens, sendo sua intensidade estimada da ordem de dezenas de milhares de volts por metro.

Segundo Martin Uman [23], uma descarga atmosférica somente se inicia se um campo elétrico intenso da ordem de 10^5 a 10^6 V/m é estabelecido na base da nuvem.

Para explicar esse processo de eletrificação das nuvens, há diversas teorias, sendo a de convecção, proposto por Grenet e Vonnegut, e a de precipitação, proposto por Elster e Geitel, as mais conhecidas e aceitas pela classe científica.

Na teoria de convecção, Wilson [24], Grenet [25], Vonnegut [26] e Phillips [27], pressupõe que as cargas elétricas são geradas por fontes externas às nuvens, associadas a ionização de moléculas do ar atmosférico por átomos radioativos na superfície terrestre ou por radiação cósmica [28].

Devido a esta distribuição de íons livres na atmosfera, o campo elétrico de bom tempo atrai os íons positivos para próximo à superfície terrestre e quando há rompimento da estabilidade atmosférica, o movimento ascendente transporta os íons positivos próximos à superfície terrestre para o interior das nuvens [28], como ilustrado pela Figura 2.7 (a).

Conforme a nuvem se desenvolve verticalmente, íons negativos são atraídos pelas cargas positivas injetadas na nuvem tornando o seu topo negativamente carregado [28], como ilustrado pela Figura 2.7 (b).

Com o acúmulo de íons negativos no topo das nuvens e a atuação de correntes descendentes, ocorre estranhamento lateral das cargas negativas do topo da nuvem concentrando regiões de cargas negativas próximas a base da nuvem nas regiões laterais e intensificando a atração de íons positivos a partir da superfície [28], como ilustrado pela Figura 2.7 (c).

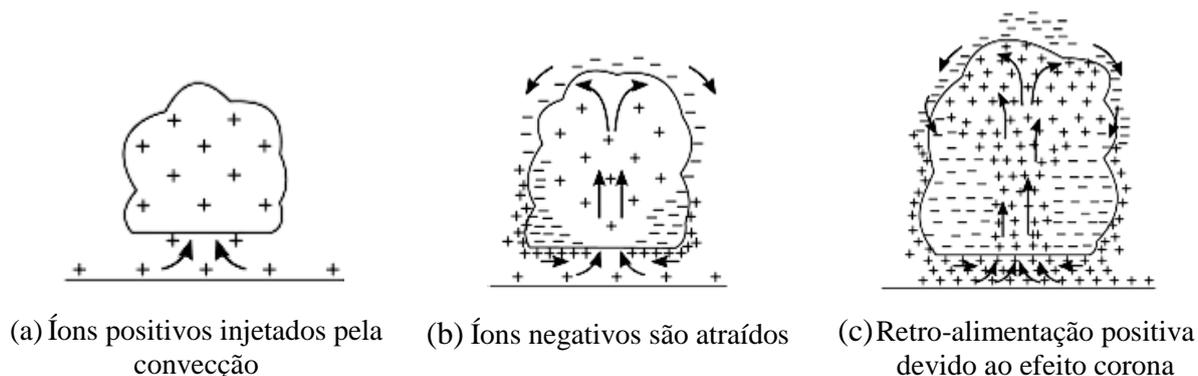


Figura 2.7 – Representação do processo convectivo de eletrização. [28]

Na teoria da precipitação, pressupõe que os processos de eletrização das nuvens estão associados com a formação e interação entre os hidrometeoros e as propriedades físicas da água [28]. Sendo que podem ocorrer por processo indutivo ou não indutivo.

Por processo indutivo, duas partículas não carregadas, mas eletricamente polarizadas devido ao campo ambiente, colidem, de forma que a partícula menor absorve a carga da parte inferior da partícula maior e mais pesada, quando a menor se movimenta para cima [29].

Por processo não indutivo, ocorre quando há colisões entre hidrometeoros sobre a influência de um campo elétrico já existente na nuvem.

As partículas pesadas, que descem na nuvem, interagem com as partículas mais leves que são carregadas para cima. Nesta interação, as partículas pesadas são carregadas negativamente e as mais leves positivamente. Uma transferência de carga pode acontecer devido a colisões, em que duas partículas inicialmente não carregadas, após a colisão, podem ficar carregadas, de forma oposta (*uma positiva e outra negativa*) [29].

2.2.4. Tipos de descargas atmosféricas

Os tipos de descargas atmosféricas são classificados em função dos locais de origem e término.

Segundo INPE [17], existem dois tipos de descargas atmosféricas, sendo uma delas de ocorrência apenas nas nuvens e a outra entre a nuvem e o solo.

Das descargas atmosféricas decorrentes exclusivamente nas nuvens há três subtipos, as que ocorrem dentro de uma nuvem, chamadas de intranuvem, as que ocorrem de uma nuvem para outra, chamadas nuvem-nuvem, e as que ocorrem de uma nuvem para o ar.

De acordo com o INPE [17], a maioria das descargas atmosféricas acontece somente na nuvem, conforme ilustrado pela Figura 2.8. Destacando que cerca de 70% de todas as ocorrências de descargas atmosféricas no mundo são intranuvem. Entretanto, são as menos estudadas, visto também serem as menos perigosas para o homem.



Figura 2.8 – Raio intranuvem e nuvem-nuvem. [17]

Das descargas atmosféricas que decorrem entre a nuvem e o solo há dois subtipos, as que ocorrem da nuvem para o solo (*nuvem-solo*), chamadas de descendentes, e as que ocorrem do solo para as nuvens (*solo-nuvem*), chamadas de ascendentes.

A ABNT NBR 5419:2015 define esses termos da seguinte forma [6]:

- **Descarga atmosférica descendente (*downward flash*):** descarga atmosférica iniciada por um líder descendente de uma nuvem para terra.
- **Descarga atmosférica ascendente (*upward flash*):** descarga atmosférica iniciada por um líder ascendente de uma estrutura aterrada para uma nuvem.

Conforme o INPE [17], mais de 99% das descargas são descargas atmosféricas descendentes.

As descargas atmosféricas ascendentes, portanto, são muito raras, restringindo-se a ocorrerem em topos de montanhas ou edificações prediais bastante altas.

As descargas atmosféricas descendentes e as descargas atmosféricas ascendentes podem ainda ser classificadas quanto a sua polaridade. Sendo estabelecidas como negativas ou positivas a depender da concentração das cargas alocadas na parte inferior e superior da nuvem, conforme ilustrado pelas Figuras 2.9 e 2.10.

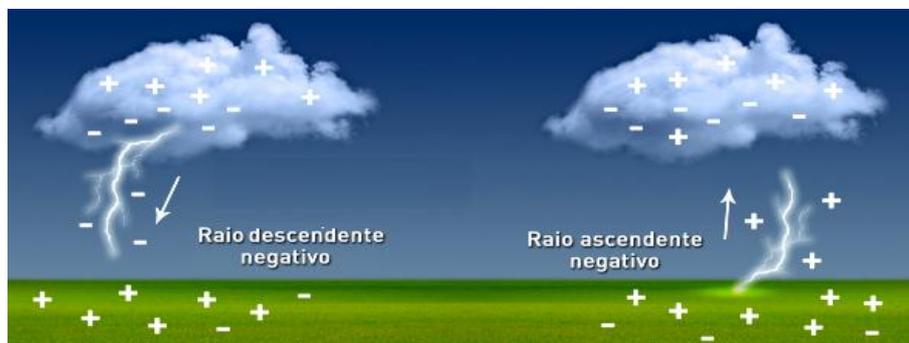


Figura 2.9 – Raio descendente negativo e ascendente negativo. [17]



Figura 2.10 – Raio ascendente positivo e descendente positivo. [17]

As descargas atmosféricas de polaridade negativa são as mais comuns, sendo caracterizadas por serem formadas na base das nuvens, parte predominantemente carregada por cargas elétricas negativas, conforme ilustrado pela Figura 2.9.

Cerca de 90% dos relâmpagos do tipo nuvem-solo e solo-nuvem que ocorrem em nosso planeta são de polaridade negativa. Este percentual, entretanto, pode mudar substancialmente em determinadas tempestades [17].

As descargas atmosféricas de polaridade positiva são as menos comuns, sendo caracterizadas por serem formadas na parte central ou superior das nuvens, a qual é predominantemente carregada por cargas elétricas positivas, conforme ilustrado pela Figura 2.10.

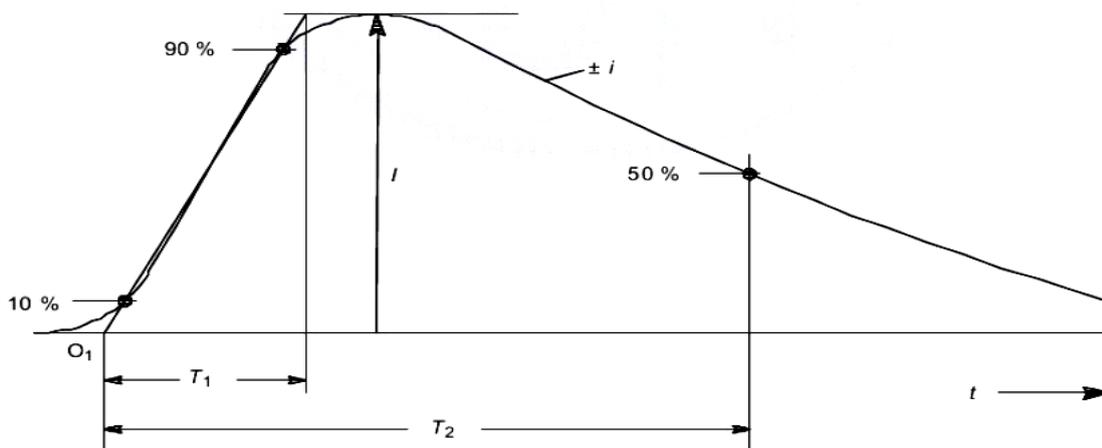
Apesar de corresponderem apenas 10% das ocorrências das descargas elétricas do tipo nuvem-solo e solo-nuvem, as descargas atmosféricas de polaridade positiva são mais destrutivas do que as de polaridade negativa. Esses danos são associados à combinação de pico de corrente de alta intensidade e a presença de corrente contínua de longa duração [30].

2.2.5. Forma de onda da descarga atmosférica

A forma de onda da descarga atmosférica, estabelecida pela relação de corrente por tempo, é composta por um ou mais impulsos de corrente, podendo ser de curta duração, com impulsos de até 2 milissegundos, conforme a Figura 2.11, ou de longa duração, com impulsos entre 2 milissegundos e 1 segundo, conforme a Figura 2.12.

Entretanto, a forma de onda típica da descarga atmosférica é a de impulso de corrente de curta duração, destacando-se assim por constar, no seu valor de crista de onda de corrente, a maior intensidade que uma descarga atmosférica pode apresentar. Sendo importante para o desenvolvimento de dispositivos de proteção contra surtos (*DPS*) e referência para a realização de testes que medem a resistência de equipamentos a corrente da descarga atmosférica.

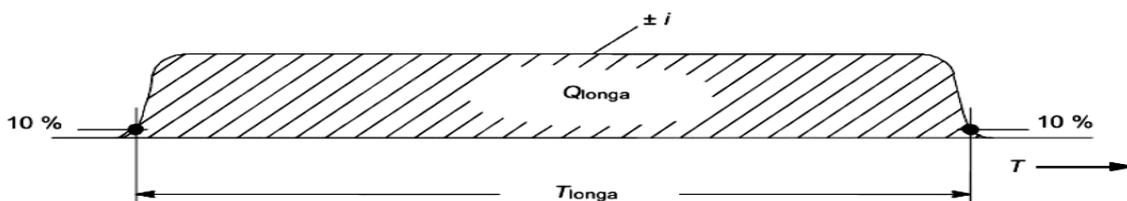
Por sua vez, a onda de impulso de corrente de longa duração, também tem o seu valor, apesar de apresentar um menor pico de corrente. Sendo utilizada para realizar testes referentes a capacidade de absorção de energia da carga Q por parte dos materiais com significativa probabilidade de serem atingidos por uma descarga direta, tais como as placas fotovoltaicas.



Legenda:

O_1 origem virtual; I corrente de pico; T_1 tempo de frente; T_2 tempo até o meio valor.

Figura 2.11 – Impulso de corrente de curta duração de uma descarga atmosférica. [6]



Legenda:

T_{longa} tempo de duração; Q_{longa} carga da componente longa da descarga atmosférica.

Figura 2.12 – Impulso de corrente de longa duração de uma descarga atmosférica. [6]

Segundo a ABNT NBR 5419:2015, são definidos os termos apresentados nas legendas das Figuras 2.11 e 2.12 da seguinte forma [6]:

- **O₁ - Origem virtual da corrente de impulso:** ponto de interseção com o eixo dos tempos de uma linha reta traçada por meio dos pontos de referência de 10% e 90% do valor de pico. Ele precede em $0,1 T_1$ do instante no qual a corrente atinge 10% do seu valor de pico.
- **T₁ - Tempo de frente da onda de corrente de impulso:** parâmetro virtual definido como 1,25 vez o intervalo de tempo entre os instantes em que os valores de 10% e 90% do valor de pico são atingidos.
- **T₂ - Tempo até o meio valor da cauda da onda de corrente de impulso:** parâmetro virtual definido como intervalo de um tempo entre a origem virtual O₁ e o instante no qual a corrente decresceu à metade do valor de pico.
- **T_{longa} - Duração da componente longa da descarga atmosférica (*duration of long stroke current*):** intervalo de tempo durante o qual a corrente em uma descarga atmosférica longa permanece entre 10% do valor de pico no início do crescimento da corrente de continuidade e 10% do valor de pico ao final do decréscimo desta corrente.
- **Q_{longa} – Carga da componente longa da descarga atmosférica (*long stroke charge*):** valor resultante da integral da corrente no tempo da componente longa da descarga atmosférica.

Estabelecendo esses parâmetros, são então definidas as características das ondas das descargas atmosféricas, não só pela sua intensidade, mas também pelo seu tempo de frente da onda (T_1) e pelo seu tempo até o meio valor da cauda da onda (T_2).

Fato que proporcionou caracterizar, por exemplo, uma onda de corrente de uma descarga atmosférica direta por $10/350\mu\text{s}$ (T_1/T_2) e uma onda de corrente de uma descarga atmosférica indireta por $8/20\mu\text{s}$ (T_1/T_2).

Todavia, as características das ondas das descargas atmosféricas vão além disso, já que elas podem ser compostas não só por um impulso de corrente, mas por múltiplos impulsos de corrente, variando por permutações de impulsos de curta e longa duração.

Os possíveis múltiplos componentes das descargas atmosféricas são classificados por serem descendentes, conforme a Figura 2.13, ou em ascendentes, conforme a Figura 2.14, a depender do local de origem e término da descarga. Podendo ser ainda de polaridade negativa ou positiva, a depender da concentração de cargas elétricas que deu origem a ruptura dielétrica do ar, abrindo passagem para a descarga líder.

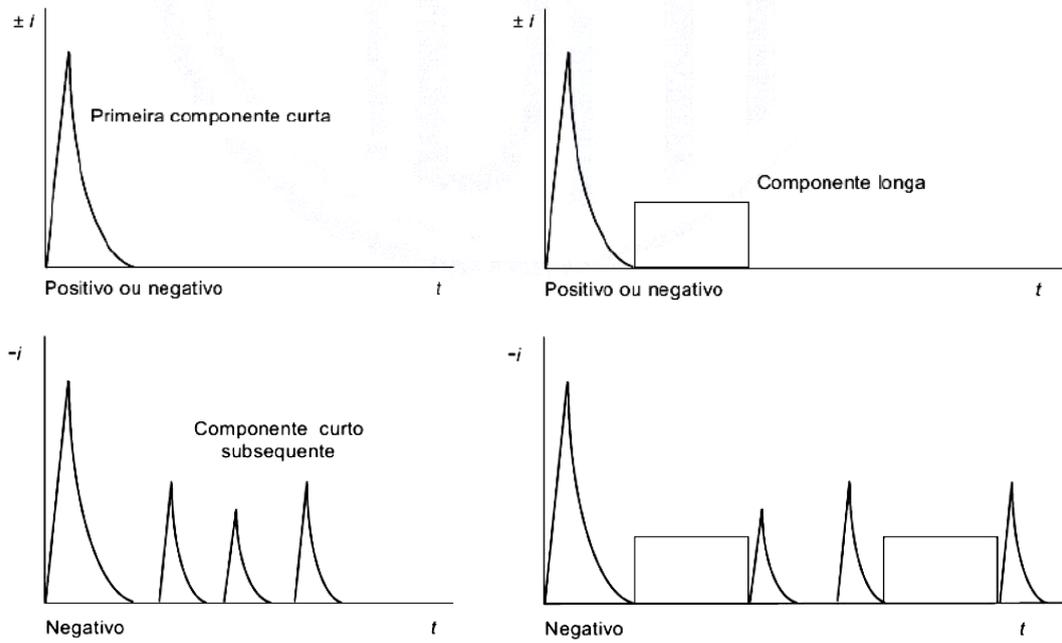


Figura 2.13 – Possíveis componentes de descargas atmosféricas descendentes. [6]

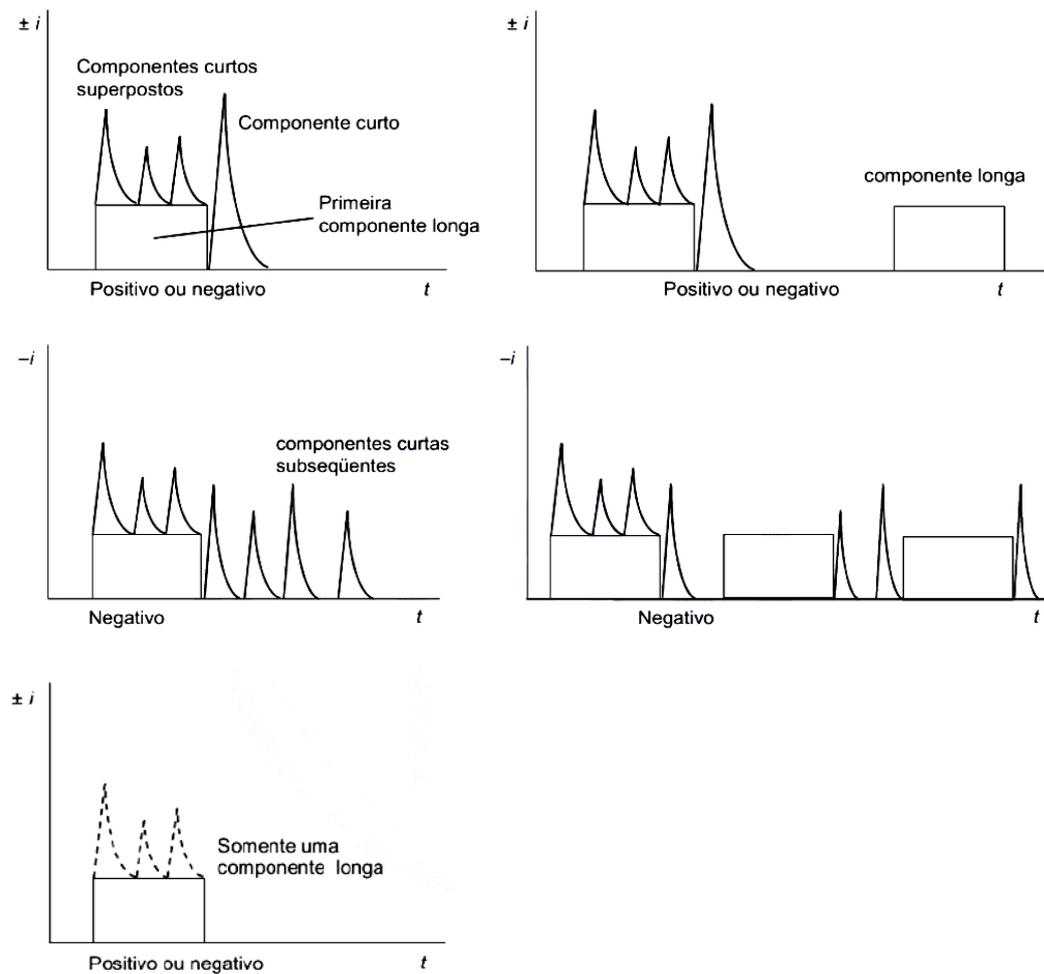


Figura 2.14 – Possíveis componentes de descargas atmosféricas ascendentes. [6]

De maneira geral, as descargas mais comuns, nuvem-terra, apresentam em média de três a quatro componentes subsequentes de impulsos de corrente, com um intervalo de tempo típico entre eles de cerca de 50 milissegundos.

Há de se constatar por meio das Figuras 2.13 e 2.14 que, todos os parâmetros de um impulso de corrente de uma descarga atmosférica ascendente são inferiores àqueles das descargas atmosféricas descendentes [6].

2.2.6. Parâmetros das descargas atmosféricas

Os parâmetros das descargas atmosféricas são a corrente de pico, (I) carga do impulso (Q_{curta}), energia específica (W/R) e parâmetro de tempo (T_1/T_2). Classificados quanto a ser de primeiro ou subsequente impulso e quanto a sua polaridade, positiva ou negativa. Associando esses valores ao nível de proteção que se deve adotar para garantir o menor risco possível de acidentes.

Destacando as de primeiro impulso, normalmente como as de maior pico de corrente, ainda mais quando são de polaridade positiva, descargas atmosféricas menos comuns, mas apontada como a mais destrutivas, alcançando 200 kA.

Tabela 2.6 – Tabela 3 da NBR 5419:2015 Parte 1 – Valores máximos dos parâmetros das descargas atmosféricas correspondentes aos níveis de proteção (NP). [6]

Primeiro impulso positivo			NP			
Parâmetros da corrente	Símbolo	Unidade	I	II	III	IV
Corrente de pico	I	kA	200	150	100	
Carga do impulso	Q_{curta}	C	100	75	50	
Energia específica	W/R	MJ/ Ω	10	5,6	2,5	
Parâmetros de tempo	T_1 / T_2	$\mu s / \mu s$	10/350			
Primeiro impulso negativo ^a			NP			
Parâmetros da corrente	Símbolo	Unidade	I	II	III	IV
Valor de pico	I	kA	100	75	50	
Taxa média de variação	di/dt	kA/ μs	100	75	50	
Parâmetros de tempo	T_1 / T_2	$\mu s / \mu s$	1/200			
Impulso subsequente			NP			
Parâmetros da corrente	Símbolo	Unidade	I	II	III	IV
Valor de pico	I	kA	50	37,5	25	
Taxa média de variação	di/dt	kA/ μs	200	150	100	
Parâmetros de tempo	T_1 / T_2	$\mu s / \mu s$	0,25/100			
Componente longa da descarga atmosférica			NP			
Parâmetros da corrente	Símbolo	Unidade	I	II	III	IV
Carga da componente longa	Q_{longa}	C	200	150	100	
Parâmetros de tempo	T_{longa}	s	0,5			
Descarga atmosférica			NP			
Parâmetros da corrente	Símbolo	Unidade	I	II	III	IV
Carga da descarga atmosférica	Q_{flash}	C	300	225	150	

^a O uso desta forma de onda de corrente é de interesse para cálculos somente, não para ensaios.

Tabela 2.7 – Tabela 4 da NBR 5419:2015 Parte 1 – Valores mínimos dos parâmetros das descargas atmosféricas e respectivos raios da esfera rolante, correspondentes aos níveis de proteção (NP). [6]

Critérios de interceptação			NP			
	Símbolo	Unidade	I	II	III	IV
Corrente de pico mínima	<i>I</i>	kA	3	5	10	16
Raio da esfera rolante	<i>r</i>	m	20	30	45	60

2.2.7. Equação da corrente de descarga atmosférica

A Equação II, ilustrada abaixo, da corrente da descarga atmosférica em função do tempo, garante a forma de onda para efeito de análise do primeiro impulso positivo 10/350 μ s, do primeiro negativo 1/200 μ s e dos impulsos subsequentes 0,25/100 μ s.

$$i = \frac{I}{k} \times \frac{\left(\frac{t}{T_1}\right)^{10}}{1 + \left(\frac{t}{T_1}\right)^{10}} \times \exp\left(-t/T_2\right) \quad (\text{II})$$

Legenda:

- I* é o valor de pico da corrente;
k é o valor de correção para o valor de pico de corrente;
t é o tempo;
*T*₁ é a constante de tempo de frente;
*T*₂ é a constante de tempo de cauda.

Para as formas de onda da corrente do primeiro impulso positivo, negativo e impulsos negativos subsequentes, associados a diferentes níveis de proteção, são aplicados os parâmetros dados pela Tabela 2.8 abaixo.

Tabela 2.8 – Parâmetros para a Equação II. [6]

Parâmetros	Primeiro impulso positivo			Primeiro Impulso negativo			Impulso negativo subsequente		
	NP			NP			NP		
	I	II	III - IV	I	II	III-IV	I	II	III-IV
<i>I</i> (kA)	200	150	100	100	75	50	50	37,5	25
<i>k</i>	0,93	0,93	0,93	0,986	0,986	0,986	0,993	0,993	0,993
<i>T</i> ₁ (μ s)	19,0	19,0	19,0	1,82	1,82	1,82	0,454	0,454	0,454
<i>T</i> ₂ (μ s)	485	485	485	285	285	285	143	143	143

O INPE também informa que São Paulo é a cidade que mais se tem descargas atmosféricas, contabilizando 20 mil por ano. Entretanto, a cidade que com maior concentração de descargas atmosféricas no Brasil é Porto Real – RJ, com uma densidade de descargas de 19,66 por km² por ano, conforme enumerado na Tabela 2.9 abaixo.

Tabela 2.9 – *Ranking de municípios do Brasil em Densidade de Descargas Atmosféricas.* [17]

Município	UF	Densidade de descargas.Km ⁻² .Ano ⁻¹	Ranking
Porto Real	RJ	19,66	1°
Barra do Piraí	RJ	18,09	2°
Valença	RJ	17,31	3°
Rio das Flores	RJ	17,11	4°
Juiz de Fora	MG	17,03	5°
Belmiro Braga	MG	16,74	6°
Matias Barbosa	MG	16,63	7°
Rio Preto	MG	16,6	8°
Piau	MG	16,34	9°

Segundo o INPE [17], a cidade que apresenta maior caso de mortes por descargas atmosféricas no Brasil é a capital do Amazonas, Manaus. São contabilizadas 20 mortes por descargas atmosféricas no período de 2000 a 2013.

Além disso, é destacado pelo INPE [17] que o estado brasileiro que apresenta a menor densidade de descargas atmosféricas é Sergipe.

2.3. Estatísticas de acidentes com eletricidade

Todos os anos são divulgados dados estatísticos que contabilizam a quantidade de acidentes envolvendo eletricidade no Brasil. São valores que alcançam milhares de casos por ano, isso somando apenas os registrados ou noticiados. Portanto, admitindo inferir que os números de acidentes com eletricidade por ano no país são ainda maiores do que se tem ciência.

As estatísticas têm o importante objetivo de fundamentar argumentos que ajudem a conscientizar a população brasileira para os perigos que a eletricidade pode causar quando mal utilizada e subestimada. Destacando as instalações elétricas residenciais, área de maior número de casos de acidentes com eletricidade, mas também não por tão menos as redes aéreas e as descargas atmosféricas.

A Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade (*Abracopel*) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (*INPE*) se destacam no cenário nacional como fontes de credibilidade que divulgam esses dados estatísticos.

A Abracopel, por sua vez, é a única associação nacional que elabora estatísticas referentes a acidentes com eletricidade desde 2007, apesar de pouco conhecida pela sociedade e até mesmo pelos profissionais eletricitistas.

Missão: promover mudança de cultura sobre a segurança com eletricidade, a partir da conscientização da população e da capacitação de profissionais [3].

O INPE, referência nacional e internacional na área de copleensão e investigação física e química de fenômenos atmosféricos, é criador do primeiro grupo de pesquisas sobre raios no Brasil, chamado Grupo de Eletricidade Atmosférica (*ELAT*), o qual presta a sociedade do mais completo estudo que circunda o tema de descargas atmosféricas no país. Atentando-a, sobretudo, aos consideráveis números de mortes que são registrados todos os anos por conta desse fenômeno natural.

Missão: produzir ciência e tecnologia nas áreas espacial e do ambiente terrestre e oferecer produtos e serviços singulares em benefício do Brasil [17].

Com base nisso, esta seção do trabalho abordará vários dados estatísticos que circundam o tema de acidentes com eletricidade no Brasil preferencialmente segundo as fontes Abracopel e INPE.

2.3.1. Estatísticas de acidentes com eletricidade por ano

As estatísticas anuais referentes ao total de acidentes com eletricidade somam casos de choques elétricos, curtos circuitos e descargas atmosféricas.

Segundo a Abracopel, as depurações com dados mais assertivos perante a realidade são do período de 2013 a 2015, as quais seguem o seguinte balanço ilustrado pelo Gráfico 2.3.

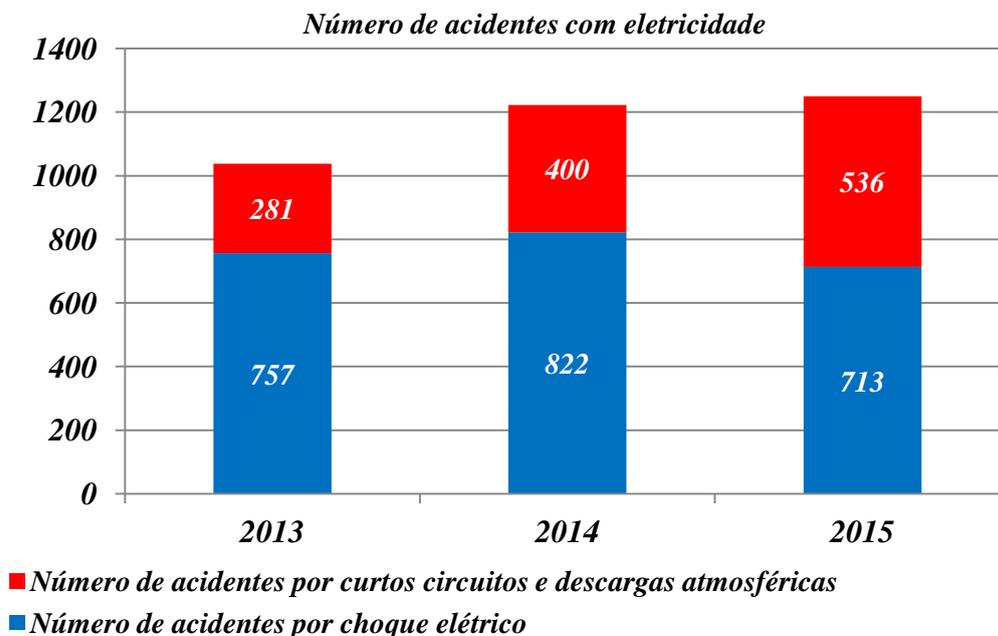


Gráfico 2.3 - Estatísticas de acidentes com eletricidade por ano. [3]

Este estudo constata que a cada ano se tem aumentado o número de casos de pessoas sofrendo acidentes envolvendo a eletricidade no Brasil. Somente durante o período analisado de 2013 a 2015 é verificado um aumento de 20% do total de acidentes por ano, em que o mais típico deles é por choque elétrico, representando mais de 55% dos casos por ano.

De 2013 a 2014 a quantidade total de acidentes com eletricidade apresentou um aumento de 17,7%, passando de 1038 para 1222 casos. Fato sustentado pelo crescente número de acidentes por choque elétrico, com um aumento de 8,5%, passando de 757 para 822 casos.

De 2014 a 2015 a quantidade de acidentes com eletricidade apresentou um aumento de 2,2%, passando para 1249 casos no último ano. Desta vez, o fato é sustentado não pelo aumento do número de acidentes por choque elétrico, mas sim pelo aumento do número de acidentes por curto circuito seguidos de incêndios.

Somente em Brasília foram registrados 67 acidentes com eletricidade no ano de 2015, segundo o Corpo de Bombeiros do Distrito Federal. Em 2016, a corporação já registrou 50 acidentes com eletricidade apenas nos primeiros seis meses do ano. Fato que já resultou no crescimento da média mensal de 5,58 para 8,33 acidentes com eletricidade.

2.3.2. Estatísticas de acidentes seguidos de mortes por choque elétrico por ano

As estatísticas de acidentes seguidos de mortes por choque elétrico no Brasil durante os anos de 2007 a 2015 segue o seguinte balanço conforme o Gráfico 2.4 ilustrado abaixo.

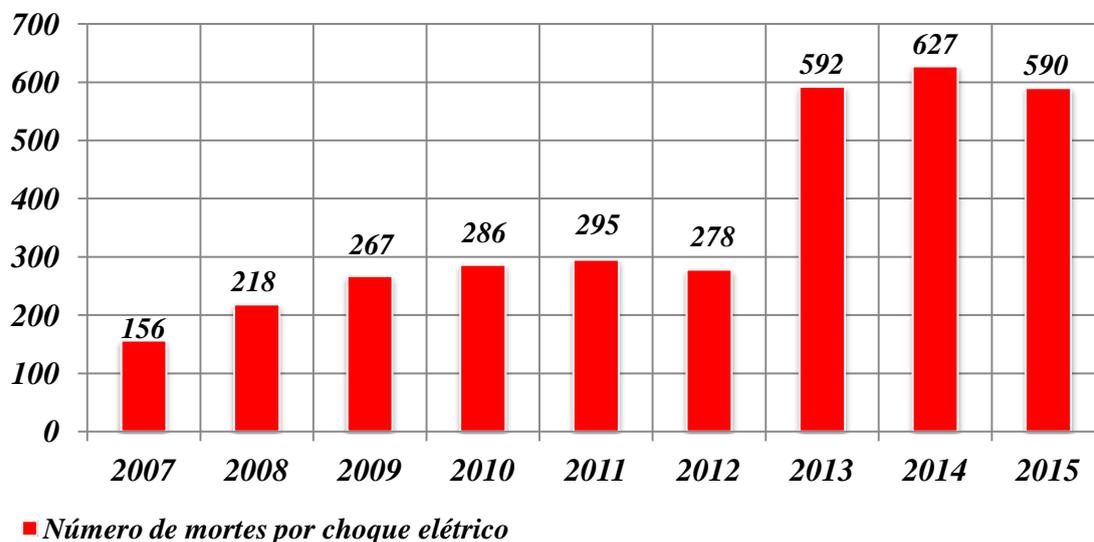


Gráfico 2.4 – Estatísticas de acidentes seguidos de mortes por choque elétrico por ano. [3]

Segundo a Abracopel, de 2007 a 2012 foram contabilizados uma média de 250 mortes por ano, enquanto que de 2013 a 2015, uma média de aproximadamente 603 mortes por ano.

A Abracopel ressalta que os números de mortes por ano podem ser na realidade de 4 a 5 vezes maiores dos que apresentados no Gráfico 2.4. Afirmação que evidencia a tamanha dificuldade de contabilizar com precisão os casos de acidentes envolvendo choque elétrico num país continental como o Brasil. Mesmos somente aqueles que foram seguidos de morte.

Entretanto, somando apenas os casos registrados ou noticiados de mortes ocasionados por choque elétrico, como feito pela Abracopel, já se constata uma quantidade bastante expressiva, principalmente durante os três últimos anos.

Há de se ressaltar que o grande salto do número de mortes evidenciado no período de 2013 a 2015 se deve a melhora na coleta desses dados, e não do aumento do número de mortes, conforme informa o diretor executivo da Abracopel, Edson Martinho.

Com base nisso, pode-se inferir que a média alta de mortes dos últimos três anos, na realidade, já se perdura por muito mais tempo do que se tem ciência.

O Distrito Federal, por exemplo, se destaca negativamente neste quesito como grande contribuidor, ao ponto de ter a maior densidade de mortes por choque elétrico dentre as unidades federativas do país, registrando 1,3 mortes por quilômetro quadrado em 2015, segundo a Abracopel. Além disso, detendo incidência de mortes por choque elétrico de 2,8 para cada milhão de habitantes, índice superior a metrópoles como São Paulo.

2.3.3. Estatísticas de acidentes com incêndios ocasionados por curto circuito

Segundo a Abracopel, a vasta maioria dos casos de acidentes por curto circuito averiguado no Brasil é seguida de incêndios e suas depurações com dados mais assertivos perante a realidade são dos anos de 2014 e 2015, os quais seguem os seguintes balanços percentuais por região ilustrados pelos Gráficos 2.5 e 2.6.

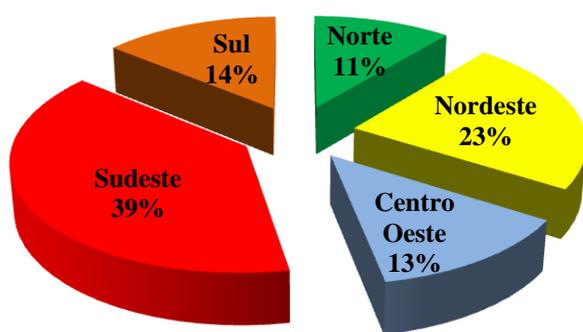


Gráfico 2.5 – 2014. [3]

Acidentes com incêndios por curto circuito

Total: 295

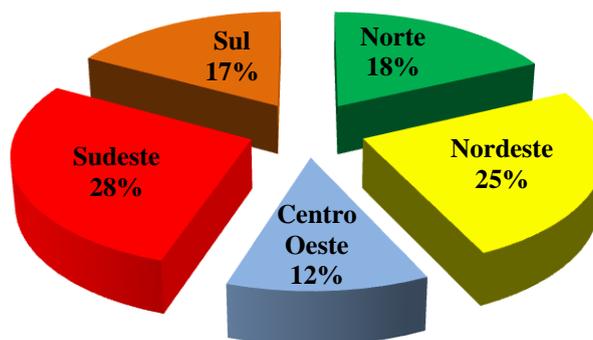


Gráfico 2.6 - 2015. [3]

Acidentes com incêndios por curto circuito

Total: 441

Este estudo constata que por ano o Brasil apresenta expressiva quantidade de acidentes por curtos circuitos seguidos de incêndios, concentrados principalmente nas regiões sudeste e nordeste, em que juntas representam mais de 50% dos casos por ano.

Índice este que está diretamente relacionado ao alto número de mortes por este quesito nessas regiões. Em 2015, a região nordeste liderou o número de mortes devido a incêndio por curto circuito com 10 casos contabilizados, seguido da região sudeste com 9 casos.

Agora, dos 1222 casos de acidentes por eletricidade contabilizados no ano de 2014, os acidentes com incêndios ocasionados por curto circuito representam 24% deles, enquanto que dos 1249 casos de acidentes por eletricidade contabilizados no ano de 2015, os acidentes com incêndios ocasionados por curto circuito representam 35% deles.

Quantidade esta que é ainda mais alarmante ao constatar um aumento de aproximadamente 50% do número de acidentes com incêndios ocasionados por curto circuito do ano de 2014 para 2015, passando de 295 para 441 casos. Sendo a maioria deles em ambientes residenciais, com 136 casos em 2014 e 174 casos em 2015.

Além disso, um aumento de 65% do número de mortes por esse quesito do ano de 2014 para o de 2015, passando de 20 para 33 mortes. Sendo as de 2014 todas dentro de ambientes residenciais e as de 2015, 31 em ambientes residenciais.

A Abracopel ressalta que estes números podem ser na realidade de 3 a 5 vezes maiores dos que apresentados nos Gráficos 2.5 e 2.6. Afirmação que evidencia a tamanha dificuldade de contabilizar com precisão estes dados tal como evidenciado para o Gráfico 2.4.

Por outro lado, se tem ciência absoluta de que quase a totalidade das causas é devido a instalações elétricas antigas e sem manutenções, gambiarras e grande quantidade de equipamentos conectados em uma mesma tomada por via de adaptadores (T's) ou extensões.

2.3.4. Estatísticas de acidentes seguidos de mortes por choque elétrico por local

As estatísticas com maior número de depurações registrando mortes no Brasil por choque elétrico e assinalando o local delas são referentes aos anos de 2013 e 2014, as quais seguem o seguinte balanço conforme o Gráfico 2.7 ilustrado abaixo.

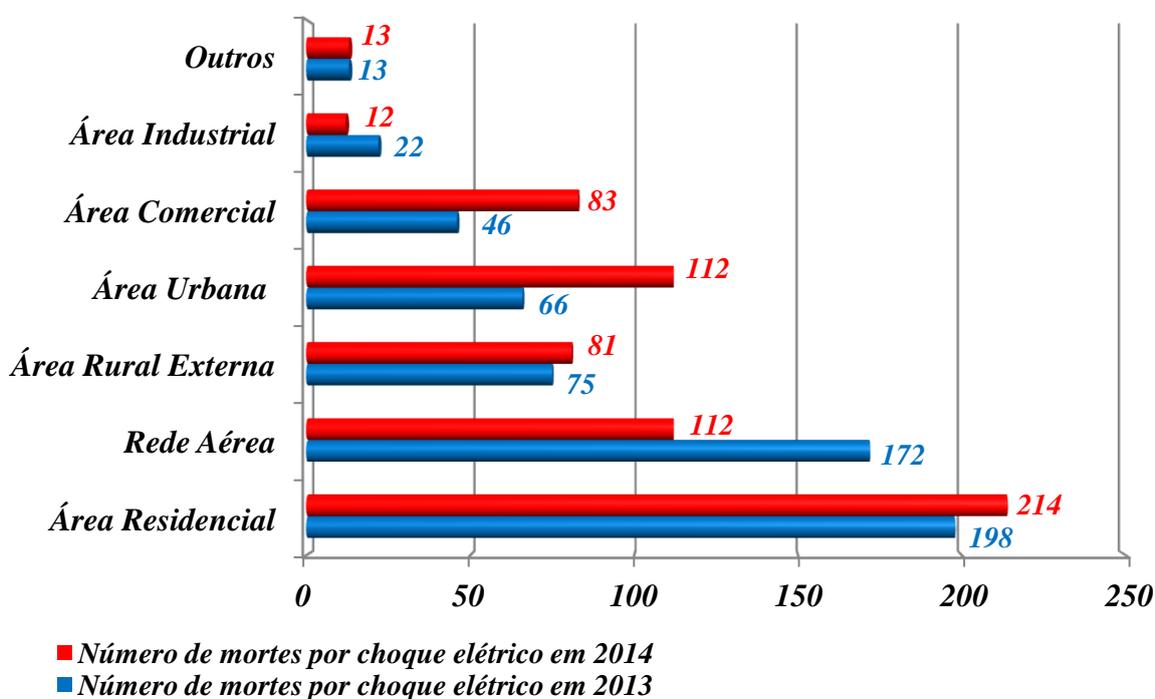


Gráfico 2.7 - Estatísticas de acidentes seguidos de mortes por choque elétrico por local. [3]

Segundo a Abracopel, a área residencial é o local que mais somou mortes ocasionadas por choque elétrico no Brasil tanto no ano de 2013 quanto no de 2014. Por esses anos, mais de 30% do total das mortes por choque elétrico são constatadas nas residências.

Das 214 mortes na área residencial do ano de 2014, são 3 mortes por conta de manipulação ou reparo no chuveiro elétrico, 6 por manipulação ou reparo no cortador de grama, 15 por manipulação ou reparo em eletrodomésticos, 45 por toque em condutores com partes vivas expostas e 89 por manuseios de extensões, benjamins ou tomadas.

Informações essas que enaltecem a tamanha necessidade de se seguir as normas de segurança da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Sendo a ABNT NBR 5410, referente a Instalações elétricas de baixa tensão, a mais adequada para esses casos de mortes na área residencial.

A rede aérea, enquadrando transmissão e distribuição, segundo o Gráfico 2.7, segue em segundo lugar no ranking dos locais que apresentam mortes por choque elétrico, representando 29% delas em 2013, com 172 mortes, e 17% delas em 2014, com 112 mortes.

A área rural externa apresenta tanto em 2013 quanto em 2014 o local com aproximadamente 13% das mortes por choque elétrico, com 75 e 81 mortes, respectivamente.

A área urbana, enquadrando pontos tais como postes, ruas e avenidas, apresenta 11% das mortes por choque elétrico em 2013, com 66 mortes, e aproximadamente 18% em 2014, com 112 mortes. Constatando nesse local por um expressivo crescimento de mortes em aproximadamente 70% de 2013 para 2014.

A área comercial, enquadrando lojas comerciais de grande e pequeno porte, apresenta aproximadamente 8% das mortes por choque elétrico em 2013, com 46 mortes, e 13% em 2014, com 83 mortes. Constatando nesse local por um expressivo crescimento de mortes em aproximadamente 80% de 2013 para 2014.

A área industrial, enquadrando indústrias de grande, médio e pequeno porte, apresenta aproximadamente 4% das mortes por choque elétrico em 2013, com 22 mortes, e 2% em 2014, com 12 mortes.

2.3.5. Estatísticas de acidentes seguidos de mortes por choque elétrico na rede aérea de distribuição assinalando a profissão

Destaque negativo como um local que soma expressiva quantidade de mortes por choque elétrico, a rede aérea de energia elétrica só fica atrás no ranking dos acidentes fatais por choque elétrico dos que ocorrem em ambientes residenciais.

Segundo a Abracopel, as estatísticas de acidentes fatais por choque elétrico nas redes aéreas de energia elétrica englobam casos que ocorrem nas redes aéreas de distribuição e nas redes aéreas de transmissão. Embora, por quase a totalidade dos casos contabilizados os acidentes fatais por choque elétrico ocorrem na rede aérea de distribuição.

Situação esta que é sustentada pela maior proximidade das pessoas a rede aérea de distribuição, já que na maioria das cidades brasileiras o último ponto das concessionárias de energia elétrica antes de entrarem nas residências é via a rede aérea de distribuição.

Todavia, muitas dessas pessoas são trabalhadores celetistas, e quando se correlaciona acidentes fatais por choque elétrico a profissionais, sendo eles leigos ou não a eletricidade, logo se deve atentar a tamanha importância de seguir as normas regulamentadoras de segurança e saúde do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). Sendo a NR 10, referente à Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, a mais adequada para esses casos.

As estatísticas com maior número de depurações registrando mortes no Brasil por choque elétrico na rede aérea de distribuição assinalando a profissão são referentes aos anos de 2013, 2014 e 2015, os quais seguem o seguinte balanço conforme a Tabela 2.10 ilustrada abaixo.

Tabela 2.10 – Número de mortes por choque elétrico na rede aérea de distribuição por profissão. [3]

Ano	2015	2014	2013
Eletricista ou técnico autônomo	17	20	28
Eletricista profissional de empresa	14	9	12
Estudante	16	1	22
Faxineira, doméstica dona de casa	2	2	4
Instalador de fachadas e painéis	3	2	5
Instalador TV a cabo / telefonia	3	6	8
Pedreiro / Pintor / ajudantes	58	31	32
Curioso	8	4	0
Outros	94	34	60
Número de Mortes	215	109	171

Segundo a Tabela 2.10, nos últimos três anos foram registrados 495 mortes por choque elétrico na rede aérea de distribuição. Uma média de 165 mortes por ano somente neste local.

Nesses números da tabela acima são assinaladas vítimas fatais que estavam neste local por serem curiosas, mas também por estarem exercendo as suas funções profissionais. Não excluindo destas estatísticas profissionais da aérea elétrica, ou seja, os que teoricamente são os mais capacitados para estarem fora dessas estatísticas.

Em média são contabilizados todos os anos 17 mortes de profissionais eletricitas por choque elétrico na rede aérea de distribuição, sendo a maioria deles autônomos. Somente no ano de 2013 foram contabilizadas 40 mortes de profissionais eletricitas.

Há de se destacar também o expressivo número de vítimas fatais por choque elétrico de profissionais vinculados a área da construção civil, sendo eles, pedreiros, pintores e ajudantes, correspondendo cerca de 25% do total dos casos por ano de mortes por choque elétrico na rede aérea de distribuição. Somente no ano de 2015 foram contabilizadas 58 mortes.

2.3.6. Estatísticas de acidentes seguidos de mortes por descargas atmosféricas

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em conjunto com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), realizaram num período de 15 anos, de 2000 a 2014, o mais profundo levantamento estatístico de acidentes seguidos de mortes por descargas atmosféricas do Brasil, o qual segue o seguinte balanço conforme o Gráfico 2.8 abaixo.



Gráfico 2.8 - Estatísticas de acidentes seguidos de mortes por descargas atmosféricas. [17]

Complementando este estudo do INPE, a Abracopel afirma que no ano de 2015 foram contabilizados 93 acidentes por descargas atmosféricas, dentre eles 62 casos fatais.

O Gráfico 2.8, denominado infográfico pelo INPE, ilustra diversos dados estatísticos relacionados às vítimas fatais ocasionadas por descargas atmosféricas, tal como mortes por ano, mortes por estações do ano, circunstâncias das fatalidades, perfil das vítimas e estados do país com mais mortes.

No total, são contabilizadas 1790 mortes no Brasil durante o período de 2000 a 2014. Valor esse que possibilitou o INPE a calcular e concluir que a cada 50 mortes no mundo, uma é no Brasil.

Por ano, são somadas, em média, 119 mortes por descargas atmosféricas. Destacando nesta estatística, o ano de 2001, o qual apresentou o maior número de casos, 193 mortes.

Por estações do ano, das 1790 mortes contabilizadas, 43% delas ocorreram no verão, o que representa aproximadamente 770 mortes.

Por circunstâncias das fatalidades, são ilustrados diversos locais, mas 19% dos casos são dentro de casa, não fazendo distinção entre residências horizontais ou verticais (*edificações*), conforme informações da Assessoria de Comunicação Grupo de Eletricidade Atmosférica (*ELAT*).

Por perfis de gênero, o Gráfico 2.8 contabiliza que 82% das vítimas fatais são homens, o que representa aproximadamente 1468 mortes.

Por perfis de faixa etária, o maior percentual de mortes está para os de 15 a 24 anos, representando 43% do total dos casos, o que contabiliza aproximadamente 770 mortes.

Por estados, São Paulo é o que somou mais mortes, com 263 no total. Sendo 26 delas somente no município de São Paulo, resultado que garante o primeiro lugar no ranking dos municípios. Enquanto Brasília se encontra em sexto lugar com 8 mortes, conforme ilustrado pelo gráfico 2.9 abaixo.

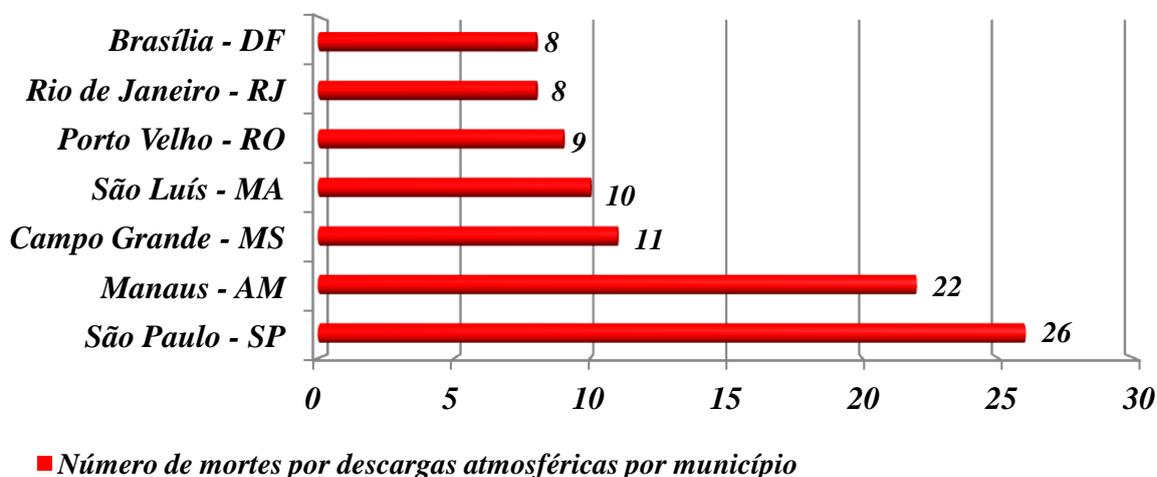


Gráfico 2.9 – Ranking dos municípios com mortes por descargas atmosféricas de 2000 a 2014. [17]

Há de se resaltar que para essas estatísticas do INPE também se deve considerar margens de erros para cima perante os verdadeiros dados da realidade. Sendo, mais uma vez, a dimensão geográfica do território brasileiro o fator desafiador para coletas desses dados. Fato esse que é admitido pelo próprio INPE, e que pode ser observado se atentando ao próprio infográfico da página do instituto, Gráfico 2.8, que é frequentemente atualizado apesar de já se passarem dois anos desde 2014.

Entretanto, estes dados do INPE já contribuem para uma importante análise acidentária do Brasil, fundamentado argumentos em prol de alertar as pessoas do perigo das descargas atmosféricas e, por seguinte, enaltecer a tamanha necessidade de se seguir as normas de segurança da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Sendo a ABNT NBR 5419, referente à Proteção contra Descargas Atmosféricas (PDA), a mais adequada para esse tema.

2.4. Medidas de prevenção de acidentes com eletricidade

A melhor medida de prevenção de acidentes com eletricidade é através da instrução. Conhecer a eletricidade não apenas pelos seus benefícios e sim também pelos riscos que ela pode trazer a saúde das pessoas é fundamental para que não ocorram ações inesperadas, pois pequenos descuidos podem ser capazes de gerar graves acidentes.

Alguns requisitos gerais podem ser seguidos a fim de se evitar acidentes com eletricidade, conforme destaca Casteletti [66].

- Não deixar fios, partes metálicas e objetos energizados expostos ao contato acidental. Colocar placas de advertência de forma bem visível para a manipulação em casos de emergência.
- Proteger chaves seccionadoras e quadros de comando, pois suas partes energizadas oferecem riscos de acidentes.
- Proteger os equipamentos elétricos de alta tensão por meio de guardas fixas como telas, por exemplo, ou instalá-los em locais de pouca circulação, nos quais não ofereçam perigo.
- Dimensionar corretamente as instalações elétricas, usando condutores, fusíveis e disjuntores devidamente dimensionados, de acordo com as normas aplicáveis, para que, em caso de sobrecarga, o circuito seja interrompido.
- Proteger as instalações elétricas, usando fusíveis e disjuntores devidamente dimensionados para que, em caso de sobrecarga, o circuito seja interrompido.

- Verificar se a tensão de fornecimento de energia elétrica corresponde à tensão nominal da especificada para o equipamento evitando assim danos ao circuito elétrico e a equipamentos a ele ligados.

Em resumo, a proteção contra choques elétricos é caracterizada por dois tipos de proteção, a proteção básica e a proteção supletiva.

A proteção básica corresponde aos conceitos da proteção contra contatos diretos, enquanto a proteção supletiva aos da proteção contra contatos indiretos.

- i. proteção básica: Meio destinado a impedir contato com partes vivas perigosas em condições normais [5].
- ii. proteção supletiva: Meio destinado a suprir a proteção contra choques elétricos quando massas ou partes condutivas acessíveis tornam-se acidentalmente vivas [5].

2.4.1. Proteção contra contatos diretos

É a qualidade dos componentes da instalação e suas disposições físicas que garantem a proteção contra contatos diretos. São exemplos de proteção contra contatos diretos os seguintes casos:

- + Isolação das partes vivas: tem o objetivo de impedir o contato das pessoas com as partes energizadas da instalação elétrica, as quais devem ser completamente isoladas.
- + Barreiras ou invólucros: são destinadas a manter as pessoas distantes das partes energizadas da instalação elétrica, impedindo-as do contato direto.
- + Obstáculos: são destinados a impedir os contatos acidentais com as partes energizadas, porém não os contatos voluntários por uma tentativa deliberada de contorno ao obstáculo.
- + Colocação fora do alcance das pessoas: é destinada a impedir apenas os contatos acidentais com as partes energizadas da instalação elétrica.
- + Dispositivo de proteção à corrente diferencial residual (DR):

Dispositivo de seccionamento mecânico ou associação de dispositivos destinada a provocar a abertura de contatos quando a corrente diferencial residual atinge um valor dado em condições especificadas [5].

De acordo com a norma IEC 60479, eles são imprescindíveis para interromper entre 50 % a 100 % da corrente de fuga nominal. Para o DR com corrente de fuga nominal de 30 mA, o dispositivo deverá atuar para correntes entre 15 mA e 30 mA.

Esta faixa de valores está dentro da classificada como sensível pela IEC 60479, porém sem reação do corpo humano. Dispositivos DR com correntes nominais superiores a 30 mA, devido à sua atuação dentro de zonas capazes de comprometer o corpo humano, devem ser aplicados somente para outras finalidades, como, por exemplo, proteção contra incêndio [14].

As principais funções do DR são [10]:

- Detecção: consiste em o dispositivo sentir a presença de uma corrente residual percorrendo os condutores vivos de um circuito.
- Avaliação: é a função que dá ao DR a possibilidade de operar quando a corrente residual detectada excede certo valor de referência especificado.
- Interrupção: consiste em mover automaticamente os contatos principais do DR da posição fechado para a posição aberto, interrompendo assim o fluxo de corrente por ele.

A melhor combinação de segurança numa instalação elétrica é o condutor de proteção (*fio terra*) com o DR. O condutor de proteção desvia a corrente de defeito para ser vazado para a terra, mas não 100% dessa corrente. Portanto, o que o condutor de proteção não conseguir desviar, o DR se responsabiliza por garantir a proteção das pessoas.

O DR, tal como ilustrado pela Figura 2.16, é obrigatório em todos os circuitos, segundo a NBR 5410. No entanto, o DR alocado para cada circuito da instalação somente no mundo ideal. Normalmente é instalado um DR geral ou para grupos de circuitos, de forma a combinar custo e benefício.

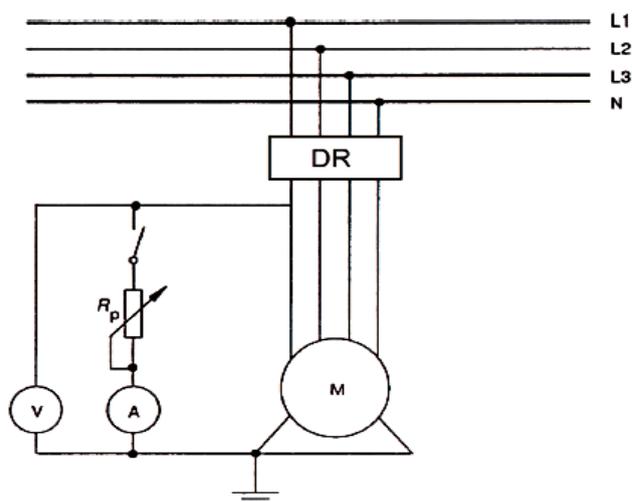


Figura 2.16 – Dispositivo de proteção à corrente diferencial residual. [5]

2.4.2. Proteção contra contatos indiretos

Deve assegurar que em qualquer massa (M) ou em qualquer elemento condutor não exista sobretenção. É prevista por meio de medidas que incluem a adoção de equipotencialização e seccionamento automático da alimentação, o emprego de isolamento suplementar e o uso de separação elétrica.

✚ Equipotencialização:

Procedimento que consiste na interligação de elementos especificados, visando obter a equipotencialidade necessária para os fins desejados. Por extensão, a própria rede de elementos interligados resultante [5].

A equipotencialização de todas as massas e elementos condutores inicia e termina no Barramento de Equipotencialização Principal (BEP). No entanto, devido a grandes distancias, na instalação elétrica pode existir Barramentos de Equipotencialização Local (BEL), os quais podem existir inúmeros deles, ao contrário do BEP , o qual é imprescindível existir apenas um, conforme ilustrado pela Figura 2.17.

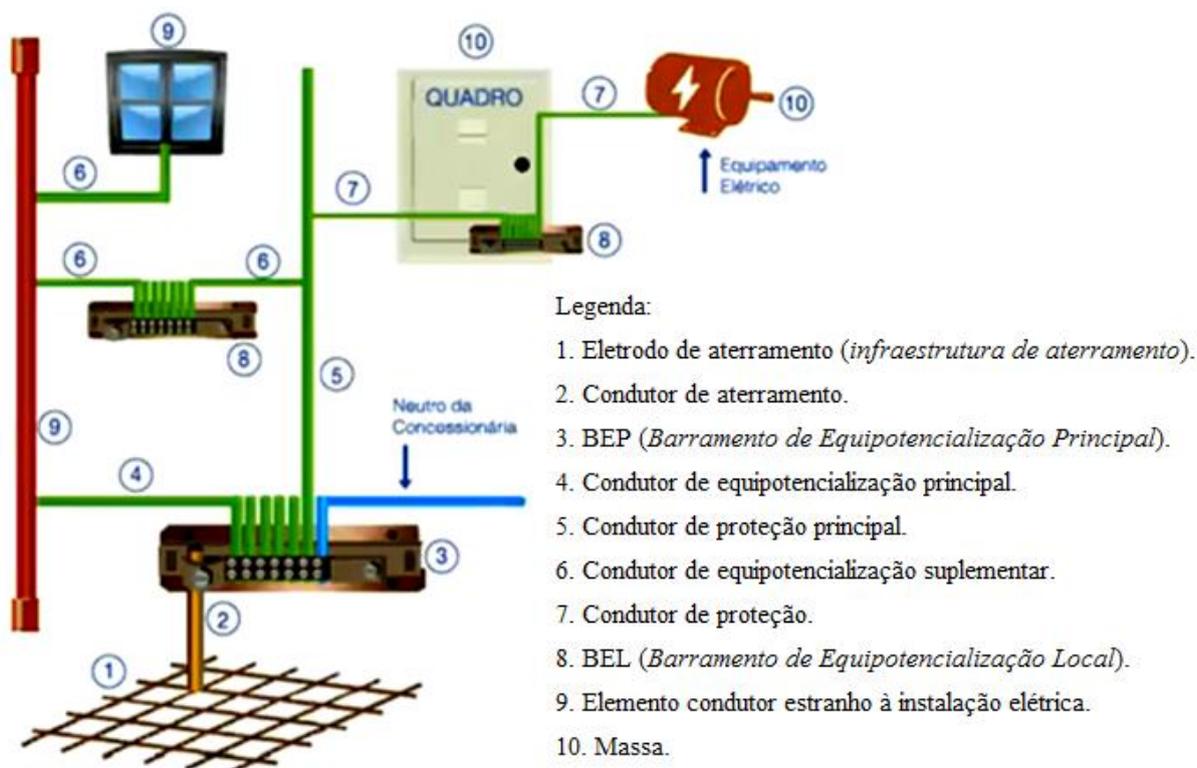


Figura 2.17 – Principais componentes do sistema de equipotencialização. [67]

✚ Seccionamento automático:

Um dispositivo de proteção deve seccionar automaticamente a alimentação do circuito ou equipamento por ele protegido sempre que uma falha (entre parte viva e massa ou entre parte viva e condutor de proteção) no circuito ou equipamento der origem a uma tensão de contato superior ao valor pertinente da tensão de contato limite [5].

- ✚ Proteção por separação elétrica: consiste na impossibilidade de fechamento da corrente pela terra no caso de contato de uma parte energizada. Tal impossibilidade perdura enquanto estiver garantindo o isolamento para a terra e cessa após a primeira falta para a terra, o que torna evidente a necessidade de controlar permanentemente o isolamento.

2.4.3. Proteção contra contatos diretos e indiretos

A extrabaixa tensão de segurança, denominada pela NBR 5410 de SELV (do inglês, Safety Extra-Low Voltage) é considerada pela norma como medida de proteção contra contatos diretos e contra contatos indiretos, envolvendo prescrições relativas à alimentação e a instalação dos circuitos.

A sigla PELV (do inglês, Protective Extra-Low Voltage), é adotada para variante aterrada do SELV.

A característica principal do PELV é limitar a tensão dos circuitos alimentados a valores que não possam, mesmo em caso de falha, ser superiores à tensão de contato limite, U_L , evitando assim riscos para a vida humana no caso de contatos diretos ou indiretos.

Os circuitos SELV e PELV devem ser alimentados por fontes que proporcionem uma completa separação galvânica entre eles e os circuitos a tensão mais elevada ou por fontes autônomas.

Quando, por razões funcionais, for usada extrabaixa tensão, mas não for possível ou necessário respeitar quaisquer das condições impostas a SELV e a PELV, a extrabaixa tensão não pode ser considerada de segurança. A NBR 5410 utiliza o termo extrabaixa tensão funcional denominada de FELV (do inglês, Functional Extra-Low Voltage).

A FELV não se constitui por si só em uma medida de proteção, devendo ser complementada por outras medidas.

As medidas de proteção por seccionamento automático da alimentação independem da qualidade da instalação. De acordo com elas, um dispositivo de proteção deve promover o seccionamento de um circuito quando da ocorrência de uma falta para terra, impedindo a permanência da situação que possa resultar em perigo para as pessoas. Para aplicação destas medidas de proteção é necessária a coordenação entre o esquema de aterramento e as características dos dispositivos de proteção, sendo considerado os seguintes esquemas TN, TT e IT.

2.4.4. Aterramento

A palavra aterramento refere-se a terra propriamente dita. O solo é um condutor através do qual a corrente elétrica pode fluir, difundindo-se. Quando se diz que algum aparelho está aterrado significa que um dos fios de seu cabo de ligação está propositalmente ligado a terra. Ao fio que faz essa ligação denominamos condutor de proteção.

É muito comum a pergunta do por que de aterrar os sistemas elétricos. A resposta é bem simples; aterram-se os sistemas elétricos basicamente por três motivos. São eles:

- Controle de sobretensões;
- Segurança pessoal;
- Proteção contra descargas atmosféricas.

Essencialmente o objetivo do aterramento é interligar eletricamente objetos condutores ou carregados, de maneira a ter as menores diferenças de potencial possíveis. Funcionalmente, o aterramento proporciona:

- Ligação de baixa resistência com a terra, oferecendo um percurso de retorno entre o ponto de defeito e a fonte, reduzindo os potenciais até a atuação de dispositivos de proteção.
- Percurso de baixa resistência entre equipamento elétrico ou eletrônico e objetos metálicos próximos, para minimizar os riscos pessoais no caso de defeito interno no equipamento.
- Percurso preferencial entre o ponto de ocorrência de uma descarga atmosférica em objeto exposto e o solo.
- Percurso para sangria de descargas eletrostáticas, prevenindo a ocorrência de potenciais perigosos, que possam causar um arco ou centelha.
- Criação de um plano comum de baixa impedância relativa entre dispositivos eletrônicos, circuitos e sistemas.

2.4.4.1. Condutor de proteção

Condutor de cor verde ou verde com amarelo, que liga as massas e os elementos estranhos à instalação entre si e a um terminal de aterramento principal (*BEP*) ou local (*BEL*). Este condutor é designado PE (*Protection Earth*), e o neutro, pela letra N. Quando o condutor tem funções combinadas de condutor de proteção e de neutro, é designado por PEN [13]. Os sistemas elétricos de baixa tensão, tendo em vista a alimentação e as massas dos equipamentos em relação a terra, são classificadas pela NBR 5410, de acordo com a seguinte simbologia literal:

A primeira letra indica a situação da alimentação em relação à terra.

- T – para um ponto diretamente aterrado;
- I – isolamento de todas as partes vivas em relação à terra ou emprego de uma impedância de aterramento, a fim de limitar a corrente de curto-circuito para a terra.

A segunda letra indica a situação das massas em relação à terra.

- T – para massas diretamente aterradas, independentemente de aterramento eventual de um ponto de alimentação;
- N – massas ligadas diretamente ao ponto de alimentação aterrado (normalmente é o neutro).

Outras letras, para indicar a disposição do condutor neutro e do condutor de proteção.

- S – quando as funções de neutro e de condutor de proteção são realizadas por condutores distintos;
- C – quando as funções de neutro e de condutor de proteção são combinadas num único condutor.

Quando a alimentação se realizar em baixa tensão, o condutor neutro deve sempre ser aterrado na origem da instalação do consumidor.

2.5. Hierarquia das Leis Brasileiras

A hierarquia das leis existe para que exista uma segurança jurídica. A segurança jurídica existe por um princípio essencial ao Estado de Direito para que a justiça se concretize, tendo como objetivo proteger e preservar as justas expectativas das pessoas [33]. Desta forma, estabelecendo como elemento central a efetividade dos direitos fundamentais, tal como esclarece o jurista Heleno Taveira Torres [34]:

Define-se a segurança jurídica como princípio-garantia constitucional que tem por finalidade proteger direitos decorrentes das expectativas de confiança legítima na criação ou aplicação das normas jurídicas, mediante certeza jurídica, estabilidade do ordenamento ou efetividade de direitos e liberdades fundamentais.

A hierarquia das leis brasileiras, organizada por um ordenamento próprio e único, formado por um complexo de normas jurídicas, hierarquicamente dispostas de forma vertical [35], é definida pela Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, conforme a Seção VIII Capítulo I do Título IV Art. 59, da seguinte maneira [36]:

Art. 59. O processo legislativo compreende a elaboração de:

- I - emendas à Constituição;
- II - leis complementares;
- III - leis ordinárias;
- IV - leis delegadas;
- V - medidas provisórias;
- VI - decretos legislativos;
- VII - resoluções.

Este ordenamento jurídico é baseado por um sistema de escalonamento chamado de Pirâmide de Kelsen, ilustrado pela Figura 2.18, em que consta no topo a Constituição Federal, e a ela todas e quaisquer leis devem reverência, pois encontram nela seus fundamentos de validade.

Hans Kelsen descreve os fundamentos do ordenamento jurídico da seguinte maneira [37]:

Entre uma norma de escalão superior e uma norma de escalão inferior, quer dizer, entre uma norma que determina a criação de uma outra e essa outra, não pode existir qualquer conflito, pois a norma do escalão inferior tem o seu fundamento de validade na norma de escalão superior. Se uma norma de escalão inferior é considerada como válida, tem de se considerar como estando de harmonia com uma norma de escalão superior.

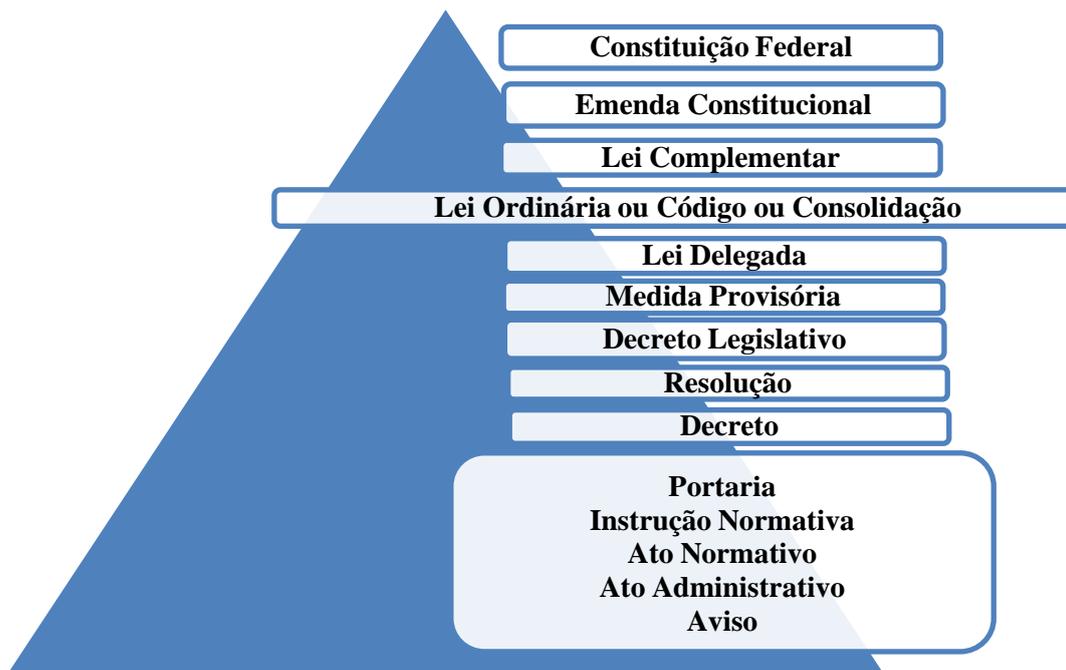


Figura 2.18 – Hierarquia das leis brasileiras conforme a Pirâmide de Kelsen. [38]

2.5.1. Legislação Federal aplicada à Segurança do Trabalho

No Brasil, até a promulgação da Constituição Federal de 1988 (CF/88), a segurança no trabalho não tinha o devido valor, conforme resalta o professor Paulo Roberto Barsano [39]:

Foi com a entrada em vigor da Constituição Federal de 1988 (CF/1988), carta magna soberana a qualquer outra legislação brasileira, que as leis, os decretos e outras normas que tratam da segurança do trabalho passaram-se a adequar-se à nova CF/1988, criando garantias trabalhistas e inovando os preceitos de segurança e medicina do trabalho até então esquecidos pela legislação pátria, e por consequência garantindo a integridade dos trabalhadores em suas diversas atividades.

2.5.1.1. CF/88, art. 7 – Direitos Trabalhistas

Na Carta Magna em vigor consta no Capítulo II do Título II Art. 7, os fundamentais direitos dos trabalhadores urbanos e rurais.

Referente à segurança do trabalho, destacam os seguintes incisos deste artigo [36]:

- XXII - redução dos riscos inerentes ao trabalho, por meio de normas de saúde, higiene e segurança;
- XXIII - adicional de remuneração para as atividades penosas, insalubres ou perigosas, na forma da lei;
- XXVIII - seguro contra acidentes de trabalho, a cargo do empregador, sem excluir a indenização a que este está obrigado, quando incorrer em dolo ou culpa;

2.5.1.2. Consolidação das Leis Trabalhistas

No Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, é constituído a Consolidação das Leis do Trabalho (*CLT*), estabelecendo todas as normas que regulam as relações individuais e coletivas de trabalho em todo o país.

Referente à segurança e medicina do trabalho, a Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977, altera o Capítulo V do Título II do Decreto-Lei nº 5.452, destacando os seguintes artigos [40]:

Das Disposições Gerais:

- Art. 156 - Competem as Delegacias Regionais do Trabalho

I - promover a fiscalização do cumprimento das normas de segurança e medicina do trabalho;
II - adotar as medidas que se tornem exigíveis, em virtude das disposições deste Capítulo, determinando as obras e reparos que, em qualquer local de trabalho, se façam necessárias;
III - impor as penalidades cabíveis por descumprimento das normas constantes deste Capítulo, nos termos do art. 201.

Art. 201 - As infrações ao disposto neste Capítulo relativas à medicina do trabalho serão punidas com multa de 3 (três) a 30 (trinta) vezes o valor de referência previsto no artigo 2º, parágrafo único, da Lei nº 6.205, de 29 de abril de 1975, e as concernentes à segurança do trabalho com multa de 5 (cinco) a 50 (cinquenta) vezes o mesmo valor.

“Parágrafo único - Em caso de reincidência, embaraço ou resistência à fiscalização, emprego de artifício ou simulação com o objetivo de fraudar a lei, a multa será aplicada em seu valor máximo.”

- Art. 157 - Cabe às empresas

I - cumprir e fazer cumprir as normas de segurança e medicina do trabalho;
II - instruir os empregados, através de ordens de serviço, quanto às precauções a tomar no sentido de evitar acidentes do trabalho ou doenças ocupacionais;
III - adotar as medidas que lhes sejam determinadas pelo órgão regional competente;
IV - facilitar o exercício da fiscalização pela autoridade competente.

- Art. 158 - Cabe aos empregados

I - observar as normas de segurança e medicina do trabalho, inclusive as instruções de que trata o item II do artigo anterior;

II - colaborar com a empresa na aplicação dos dispositivos deste Capítulo;

Parágrafo único - Constitui ato faltoso do empregado a recusa injustificada:

a) à observância das instruções expedidas pelo empregador na forma do item II do artigo anterior;

b) ao uso dos equipamentos de proteção individual fornecidos pela empresa.

Das Instalações Elétricas:

Art. 179 - O Ministério do Trabalho disporá sobre as condições de segurança e as medidas especiais a serem observadas relativamente a instalações elétricas, em qualquer das fases de produção, transmissão, distribuição ou consumo de energia.

Art. 180 - Somente profissional qualificado poderá instalar, operar, inspecionar ou reparar instalações elétricas.

Art. 181 - Os que trabalharem em serviços de eletricidade ou instalações elétricas devem estar familiarizados com os métodos de socorro a acidentados por choque elétrico.

2.5.1.3. Normas Regulamentadoras

Normas Regulamentadoras (*NR's*) são documentos legislativos relativos à segurança e medicina do trabalho, expedidos pelo Ministério do Trabalho e Emprego (*MTE*), com base jurídica do Art. 200 da CLT, mediante aprovação da Portaria n° 3.214, de 08 de junho de 1978.

Art. 200 - Cabe ao Ministério do Trabalho estabelecer disposições complementares às normas de que trata este Capítulo, tendo em vista as peculiaridades de cada atividade ou setor de trabalho [40].

Portanto, as Normas Regulamentadoras são de cumprimento obrigatório e de âmbito federal para todos os trabalhadores celetistas, conforme o Art. 158 da CLT. Não eximindo as empresas públicas e privadas da responsabilidade de fazer valer o cumprimento destas normas, conforme o Art. 157 da CLT. Contando com fiscalizações das Delegacias Regionais do Trabalho, nos limites de sua jurisdição, respaldadas legalmente para aplicação de possíveis penalidades, conforme descrito pelos os Art. 156 e 201 da CLT.

Sustentando o parágrafo supracitado, o Ministério do Trabalho e Emprego define as Normas Regulamentadoras da seguinte forma [41]:

As Normas Regulamentadoras (NR), relativas à segurança e saúde do trabalho, são de observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas e pelos órgãos públicos da administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT).

O não cumprimento das disposições legais e regulamentares sobre segurança e saúde no trabalho acarretará ao empregador a aplicação das penalidades previstas na legislação pertinente.

Atualmente, na legislação do Ministério do Trabalho e Emprego constam 36 Normas Regulamentadoras, conforme listadas abaixo [41]:

Nº 01	Disposições Gerais	Nº 19	Explosivos
Nº 02	Inspeção Prévia	Nº 20	Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis
Nº 03	Embargo ou Interdição	Nº 21	Trabalho a Céu Aberto
Nº 04	Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho	Nº 22	Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração
Nº 05	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes	Nº 23	Proteção Contra Incêndios
Nº 06	Equipamentos de Proteção Individual (EPI)	Nº 24	Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho
Nº 07	Programas de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO)	Nº 25	Resíduos Industriais
Nº 08	Edificações	Nº 26	Sinalização de Segurança
Nº 09	Programas de Prevenção de Riscos Ambientais	Nº 27	Revogada pela Portaria GM n.º 262, 29/05/2008 Registro Profissional do Técnico de Segurança do Trabalho no MTB
Nº 10	Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade	Nº 28	Fiscalização e Penalidades
Nº 11	Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais	Nº 29	Segurança e Saúde no Trabalho Portuário
Nº 12	Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos	Nº 30	Segurança e Saúde no Trabalho Aquaviário
Nº 13	Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações.	Nº 31	Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura
Nº 14	Fornos	Nº 32	Segurança e Saúde no Trabalho em Estabelecimentos de Saúde
Nº 15	Atividades e Operações Insalubres	Nº 33	Segurança e Saúde no Trabalho em Espaços Confinados
Nº 16	Atividades e Operações Perigosas	Nº 34	Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção e Reparação Naval
Nº 17	Ergonomia	Nº 35	Trabalho em Altura
Nº 18	Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção	Nº 36	Segurança e Saúde no Trabalho em Empresas de Abate e Processamento de Carnes e Derivados

Para os profissionais eletricitas, destacasse a NR 10, a qual define o que fazer para alcançar as condições mínimas a serem exercidas pelos trabalhadores em suas funções com total segurança perante a eletricidade. Lançando o emprego obrigatório das NBR para estabelecer como fazer os serviços desses trabalhadores eletricitas.

2.5.2. Lei Federal referente a Edificações Prediais

2.5.2.1. Lei nº 11337/2006

A Lei 11337, de 26 de julho de 2006, conhecida como a Lei do Fio Terra, determina a obrigatoriedade das edificações prediais construídas a partir da vigência desta Lei, de apresentarem sistemas de aterramento e condutores de proteção nas instalações elétricas. Além disso, torna obrigatória a presença de condutores de proteção nos aparelhos elétricos. Isso conforme descrito pelos Art. 1º e 2º desta Lei [42]:

Art. 1º - As edificações cuja construção se inicie a partir da vigência desta Lei deverão obrigatoriamente possuir sistema de aterramento e instalações elétricas compatíveis com a utilização do condutor-terra de proteção, bem como tomadas com o terceiro contato correspondente.

Art. 2º - Os aparelhos elétricos e eletrônicos, com carcaça metálica comercializados no País, enquadrados na classe I, em conformidade com as normas técnicas brasileiras pertinentes, deverão dispor de condutor terra de proteção e do respectivo plugue, também definido em conformidade com as normas técnicas brasileiras.

Parágrafo único. O disposto neste artigo entra em vigor a partir de 1º de janeiro de 2010.

2.5.2.2. Projeto de Lei nº 3370/2012

O Projeto de Lei 3370 de 2012, que está por aguardo da apreciação do Senado Federal, determina a obrigatoriedade da realização periódica de inspeções e manutenções técnicas nas edificações prediais, cronologicamente definidas por esta Lei e uniformemente aplicadas por todo o Brasil, não eximindo as instalações elétricas, conforme descrito pelo seu Art. 1º [43]:

Art. 1º - Esta Lei dispõe sobre a obrigatoriedade de vistorias periciais e manutenções periódicas nas edificações constituídas por unidades autônomas, públicas ou privadas, em todo o território nacional, bem como as regras de manutenção preventiva e corretiva de danos aos consumidores adquirentes e usuários de imóveis.

A proposta deste Projeto de Lei (*PL*) tem por objetivo homogeneizar as medidas de prevenção das edificações prediais em âmbito nacional, tal como existe no Rio de Janeiro com aplicação da Lei Estadual nº 6400/13, em prol de minimizar os danos que a ausência de manutenções periódicas causa à segurança e à estabilidade de edificações [43]. Destacando que as realizações destes serviços sejam feitas obrigatoriamente por profissionais legalmente habilitados, devidamente registrados no CREA e com base nas normas técnicas da ABNT.

2.5.3. Hierarquia das Leis Estaduais e Municipais

O Brasil têm 26 estados, 1 Distrito Federal e 5570 municípios, que possuem as suas próprias leis, com ordenamento similar ao ilustrado pela Figura 2.5.1, mas reservadas somente as competências que não lhes sejam vedadas pela Constituição Federal. Há de se ressaltar que as leis municipais devem também atender os princípios hierárquicos estabelecidos na constituição do respectivo estado.

Os estados constam de suas próprias constituições e os municípios de suas leis orgânicas conforme estabelecido, respectivamente, pelos artigos 25 e 29 da Constituição Federal [36]:

Art. 25 - Os Estados organizam-se e regem-se pelas Constituições e leis que adotarem, observados os princípios desta Constituição.

Art. 29 - O Município reger-se-á por lei orgânica, votada em dois turnos, com o interstício mínimo de dez dias, e aprovada por dois terços dos membros da Câmara Municipal, que a promulgará, atendidos os princípios estabelecidos nesta Constituição, na Constituição do respectivo Estado.

O Distrito Federal, conferido jurisdição legislativa de estado e município, não é regido por uma Constituição Estadual, mas sim por sua Lei Orgânica, conforme estabelecido pelo artigo 32 da Constituição Federal [36]:

Art. 32 - O Distrito Federal, vedada sua divisão em Municípios, reger-se-á por lei orgânica, votada em dois turnos com interstício mínimo de dez dias, e aprovada por dois terços da Câmara Legislativa, que a promulgará, atendidos os princípios estabelecidos nesta Constituição.

2.5.3.1. Lei Orgânica do Distrito Federal referente a Edificações Prediais

A Lei nº 2.105, de 8 de outubro de 1998, constitui o Código de Edificações do Distrito Federal, a qual se aplica a toda e qualquer obra em edificação predial do DF, em prol da padronização, entre outras, das mínimas condições de segurança da edificação para o proprietário ou usuário, conforme descrito abaixo [44]:

Art. 1º - O Código de Edificações do Distrito Federal disciplina toda e qualquer obra de construção, modificação ou demolição de edificações na área do Distrito Federal, bem como o licenciamento das obras de engenharia e arquitetura.

Art. 2º - O Código de Edificações do Distrito Federal objetiva estabelecer padrões de qualidade dos espaços edificados que satisfaçam as condições mínimas de segurança, conforto, higiene, saúde e acessibilidade aos usuários e demais cidadãos, por meio da determinação de procedimentos

administrativos e parâmetros técnicos que serão observados pela administração pública e pelos demais interessados e envolvidos no projeto, na execução de obras e na utilização das edificações.

Parágrafo único - Os padrões de qualidade de que trata este artigo serão majorados em benefício do consumidor e do usuário das edificações, sempre que possível.

Além disso, a Lei Orgânica nº 2.105/98 do Distrito Federal destacasse por resaltar o cumprimento das normas técnicas brasileiras por todo o processo da obra da edificação predial, conforme apontado pelo seu texto abaixo [44]:

✚ Licenciamento:

Art. 51-A - O licenciamento para início de obra só será emitido após a comprovação do cumprimento das condições de acessibilidade no projeto, conforme os padrões estabelecidos nesta Lei, em legislação específica e nas normas técnicas brasileiras.

✚ Certificado de Conclusão:

Art. 60-A - O certificado de conclusão só será emitido após a comprovação do cumprimento das condições de acessibilidade, conforme os padrões estabelecidos nesta Lei, em legislação específica e nas normas técnicas brasileiras.

✚ Canteiro de Obras:

Art. 66 - O canteiro de obras, suas instalações e equipamentos, bem como os serviços preparatórios e complementares, respeitarão o direito de vizinhança e obedecerão ao disposto nesta Lei, nas normas técnicas brasileiras, na legislação das concessionárias de serviços públicos e na legislação sobre segurança.

✚ Instalações e Equipamentos:

Art. 135 - As instalações e os equipamentos das edificações serão projetados, calculados e executados por profissionais habilitados, visando à segurança, à higiene e ao conforto dos usuários, de acordo com especificações dos fabricantes e fornecedores, e consoante as prescrições das normas técnicas brasileiras e legislação pertinente.

✚ Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas:

Art. 140 - A instalação de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas em edificações dar-se-á nas hipóteses e condições previstas nas normas técnicas brasileiras e legislação específica.

2.5.4. Normas Técnicas

Segundo a Organização Mundial do Comércio (OMC), normas técnicas são documentos aprovados por uma instituição reconhecida, que fornece, para uso comum e repetitivo, regras, diretrizes ou características para os produtos ou os processos e métodos de produção relacionados e cuja observância não é obrigatória [45]. Podendo estabelecer requisitos de qualidade, de desempenho, de segurança (seja no fornecimento de algo, no seu uso ou mesmo na sua destinação final) [46].

Além disso, em benefício das melhores práticas, convém que as normas sejam baseadas em resultados consolidados da ciência, da tecnologia e da experiência acumulada, visando à otimização de benefícios para a comunidade [47].

2.5.4.1. Normalização

É o processo de formulação e aplicação de regras para a solução ou prevenção de problemas, com a cooperação de todos os interessados, e, em particular, para a promoção da economia global [48]. Gerando qualidade e produtividade dos serviços e produtos em prol de maior competitividade comercial, conforme ilustrada a Figura 2.19:



Figura 2.19 – Função Tecnológica da Normalização. [46]

2.5.4.2. Níveis de Normalização

Níveis de Normalização é a separação das instituições reconhecidas para elaborar, aprovar e divulgar normas com objeto de classificar as normas técnicas quanto a sua abrangência de aplicação. Sendo mais facilmente tratado por meio da ilustração de uma pirâmide, conforme a Figura 2.20.

No topo da pirâmide estão as instituições reconhecidas para elaboração de normas internacionais, caracterizada por serem menos exigentes quanto aos padrões técnicos de sua aplicação, ou seja, mais genéricas.

Na base da pirâmide estão as normas de empresas, que servem aos propósitos da empresa específica, sendo, portanto, mais exigentes, ou seja, suas aplicações mais restritivas.



Figura 2.20 – Níveis de Normalização. [48]

Portanto, segundo a ABNT, são estabelecidos cinco níveis de instituições, as quais são divididas pela sua natureza de elaboração, em que alcançam âmbito internacional, regional, nacional, de associações ou de empresas.

- **Nível internacional:** São normas desenvolvidas com a participação de representantes de diversos países, inclusive do Brasil, com o objetivo de unificar padrões. São as menos proibitivas, visto as necessidades e dificuldades de apresentarem condições aplicáveis que comportem a todos os países participantes de maneira consensual. Por exemplo, normas da *International Standard Organization (ISO)*, *International Electrotechnical Commission (IEC)* e *International Telecommunication Union (ITU)*.
- **Nível regional:** São normas elaboradas por grupos de países com geografia, política ou economia em comum. Não havendo neste âmbito restrições para aplicação da norma a qualquer país do bloco. Por exemplo, normas da Comissão Panamericana de Normas Técnicas (*COPANT*), Associação Mercosul de Normalização (*AMN*) e Comitê Europeu de Normalização (*CEN*).
- **Nível nacional:** São normas desenvolvidas de forma voluntária, emitidas por um reconhecido Organismo Nacional de Normalização. São mais restritas do que as normas internacionais e regionais, tendo sua aplicação voltada ao mercado interno de um determinado país. Por exemplo, normas da ABNT (*Brasil*), AFNOR (*França*), AENOR (*Espanha*), IRAM (*Argentina*), IPQ (*Portugal*).

- **Nível de associação:** São normas elaboradas por entidades técnicas e reconhecidas pela sociedade para o uso de seus associados. Porém, podem alcançar âmbitos mais genéricos, principalmente no comércio, pois são prestigiadas ao se respaldar em experiências repetitivas. Por exemplo, normas da *American Society for Testing and Materials (ASTM)* e *American Petroleum Institute (API)*.
- **Nível empresarial:** São normas desenvolvidas por uma ou várias empresas para uso interno com o objetivo de otimizar as operações, reduzir custos e evitar acidentes. Mas jamais podem alegar condições menos restritivas do que as normas nacionais. Por exemplo, normas da Petrobras.

2.5.4.3. Normas Brasileiras

No Brasil, as normas técnicas de nível nacional são chamadas de Normas Brasileiras (*NBR*), exclusivamente publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (*ABNT*) e formuladas pelos Comitês Brasileiros (*ABNT/CB*), Organismos de Normalização Setorial (*ABNT/ONS*) e Comissões de Estudo Especiais (*ABNT/CEE*).

A sua criação parte de uma demanda da sociedade, visando obter a normalização de algum produto ou serviço, chegando para comitês, organismos e comissões formados por voluntários, especialistas ou não no tema, para elaborar um projeto de norma, o qual, depois de escrito, ainda passará por uma consulta nacional e uma análise do resultado, validando ou não o texto normativo, para enfim tornar-se uma *NBR*, conforme ilustrado pela Figura 2.21.

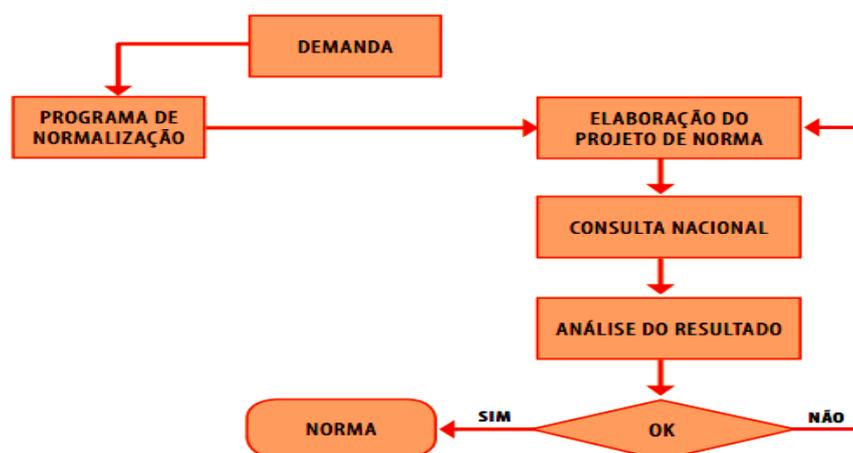


Figura 2.21 – Diagrama do desenvolvimento de *NBR*'s. [46]

A *ABNT*, signatária do código de boas práticas em normalização, é o Organismo Nacional de Normalização do Brasil. Também denominado Foro Nacional de Normalização. Sendo assim desde a sua fundação, 28 de setembro de 1940, por reconhecimento da sociedade brasileira e respaldada pelo governo federal por meio de diversos instrumentos do

Poder Público, dentre eles, principalmente pelo Inciso VIII do Art. 39 do Código de Defesa do Consumidor, Lei Federal nº 8078/90, descrito abaixo [49]:

Art.39 – VIII: É vedado ao fornecedor de produtos ou serviços, colocar, no mercado de consumo, qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes ou, se normas específicas não existirem, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (*Conmetro*).

Portando, conforme a CLT, apesar das normas técnicas publicadas pela ABNT serem criadas através de um processo voluntário, o seu cumprimento não é voluntário. Ou seja, embora as NBR não sejam leis, elas têm força de lei. Afirmação sustentada também pelas Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego, a Lei Federal nº 11337/2006 e a Lei Orgânica nº 2.105/98 do Distrito Federal, ao citarem as normas técnicas brasileiras como exigências a serem adotadas para o cumprimento de seus respectivos textos.

2.5.5. Normas Regulamentadoras versus Normas Técnicas

O Regulamento, definido pelo Governo, e as Normas Técnicas, definidas pela sociedade, exercem suas funções separadamente, porém uma completa a outra. Enquanto que o Regulamento define o que fazer a partir do levantamento dos requisitos essenciais, as Normas Técnicas estabelece como e em que situação fazer.

A Figura 2.22 ilustrada exatamente este contraponto entre o Regulamento e as Normas Técnicas. Em que neste caso, na parte de cima, o Governo está sendo representado pelo Ministério do Trabalho e Emprego e o Regulamento pela NR 10, e na parte de baixo, a sociedade está sendo representada pela ABNT e as Normas Técnicas pelas NBR's.

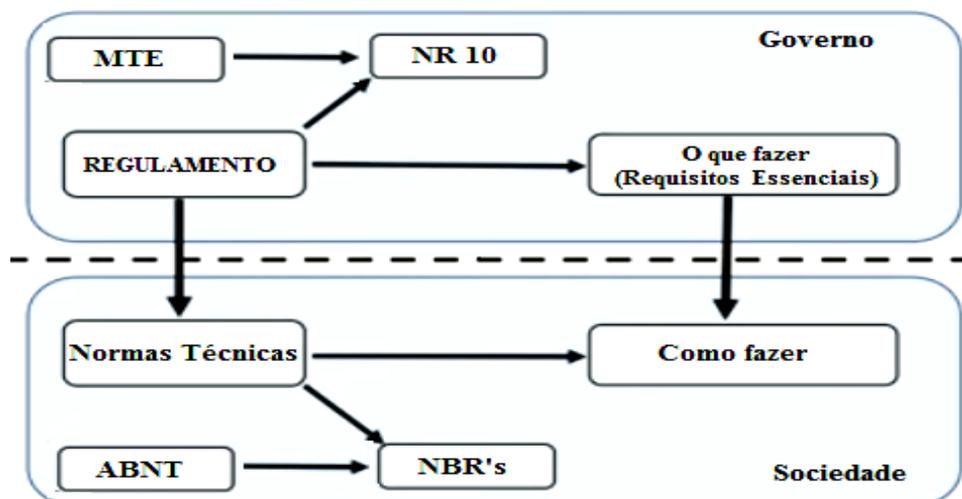


Figura 2.22 – Diagrama das NR's versus NBR's

3. NORMA REGULAMENTADORA nº10

3.1. Surgimento

Baseada na EN 50110, norma usufruída pela sociedade Europeia para segurança em trabalhos com eletricidade, a Norma Regulamentadora nº10 (*NR 10*), emitido pelo Ministério do Trabalho e Emprego (*MTE*), dedica-se à Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.

O seu surgimento decorreu a partir do momento em que intensas discussões realizadas pela sociedade brasileira nos anos 60 referente à segurança dos profissionais que trabalhavam com eletricidade alcançaram uma repercussão nacional, despertando os governantes para esta causa pela primeira vez. Fato este que se tornou recorrente por diversas vezes até a apresentação da NR 10 pelo Ministério do Trabalho e Emprego com a publicação no diário oficial através da Portaria GM n.º 3.214, em 08 de junho de 1978.

Embora no primeiro momento a Norma Regulamentadora nº10 de 1978 obteve prestígio da sociedade, visto ser fruto de sua aclamação, ela logo precisou realizar alterações e atualizações, já que os números de acidentes por eletricidade continuavam alarmantes. Situação muito impulsionada pela má qualificação dos profissionais terceirizados do setor elétrico brasileiro, que por desconhecimento não trabalhavam de maneira segura.

Em 06 de junho de 1983, as alterações e atualizações da NR 10 foram oficializadas através da Portaria SSMT n.º 12.

No entanto, não só uma vez precisou realizar mudanças na NR 10, visto também ser importante ela apresentar atualizações à medida a sociedade também muda.

Atualmente, está em vigência a NR 10 de 07 de dezembro de 2004, atualizada através da Portaria GM n.º 598, a qual foi preparada desde 2001 por um grupo técnico de profissionais especializados em eletricidade e segurança do trabalho de diferentes instituições do governo.

A nova NR 10, assim também chamada a atual norma pelos profissionais da saúde e segurança do trabalho, modificou a forma de se projetar, executar e manter as instalações elétricas. Não só, mas também de se realizar os serviços em eletricidade. Assegurando de forma compulsória, em âmbito nacional, os direitos e deveres desses profissionais.

3.2. Aplicabilidade

A NR 10 é um regulamento que se aplica no Brasil a profissionais celetistas (*CLT*) que se submetem a atividades com eletricidade de forma direta ou indiretamente. Se adequando as características do local, perante as atividades prestadas e os aparelhamentos utilizados nos locais de trabalho, através da adoção de medidas e componentes de proteção em de acordo com as influências externas.

Tudo em prol de um controle e planejamento dos riscos das instalações elétricas de maneira sistematizada, promovendo procedimentos destinados a permitir um trabalho seguro a fim de se evitar perdas humanas e patrimoniais. Fato este em de acordo com item 10.1.1 da NR 10 descrito abaixo [4]:

Esta Norma Regulamentadora - NR estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade.

No entanto, apesar de ser emitida pelo Ministério do Trabalho e Emprego e por isso com o principal objetivo de atender aos interesses dos trabalhadores celetistas, a NR 10, com os seus 99 itens e subitens, também pode ser empregada na segurança e a saúde de quem usa a eletricidade. Proporcionando “ausência de risco inaceitável de dano”, conforme a norma ABNT ISO/IEC Guia 2.

3.3. Importância da NR 10 para as Normas Técnicas Brasileiras

A abrangência da Norma Regulamentadora nº10 é enorme, apresentando muito conteúdo a respeito da segurança em serviços com eletricidade, porém limitada a definir princípios amplos de segurança em instalações elétricas, deixando para estas prescrições específicas a cargo das normas técnicas brasileiras (*ABNT NBR*).

Em vigor, as principais NBR de instalações elétricas no Brasil são:

- NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão;
- NBR 5419: Proteção contra Descargas Atmosféricas;
- NBR 14039: Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV;
- NBR 13534: Instalações elétricas de baixa tensão - Requisitos específicos para instalação em estabelecimentos assistenciais de saúde;
- NBR 13570: Instalações elétricas em locais de afluência de público - Requisitos específicos;

- NBR 14639: Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis — Posto revendedor veicular (serviços) e ponto de abastecimento — Instalações elétricas.

Assegurando o valor legal das tão importantes normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a força de Lei Federal da NR 10 estabelecida pelo Ministério do Trabalho e Emprego promove as ABNT NBR de forma clara ao citar o item 10.1.2, conforme descrito no parágrafo seguinte, as enquadrando como oriundas de um órgão competente para regimento de normas técnicas oficiais. Desta forma, ratificando a obrigatoriedade do seu cumprimento [4]:

Esta NR se aplica às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades, observando-se as normas técnicas oficiais estabelecidas pelos órgãos competentes e, na ausência ou omissão destas, as normas internacionais cabíveis.

3.4. Fundamentos da NR 10

3.4.1. Medidas de Controle

As medidas de controle são medidas preventivas e adequadas ao controle do risco elétrico, de responsabilidade dirigida ao executor do serviço em instalações elétricas, para que se possa garantir sua própria segurança e também a de outras pessoas.

Medida que deve ser constituído primeiramente de uma análise de riscos, de tal maneira que se possa definir com ela a melhor estratégia capaz suprimir os riscos elétricos.

As principais medidas de controle do risco elétrico são de proteção coletiva e proteção individual, em que para sua perfeita aplicação deve haver uma relação de hierarquia entre elas. Não existindo uma interação exclusiva, mas sim complementar, visando a melhor maneira de se garantir a saúde e a segurança do trabalhador. Porém, também não obstruindo a NR 9 referente ao Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, nem a NR 7 referente ao Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional.

Documentar todos os pontos que se compreende pela instalação elétrica da empresa, descrevendo todos os procedimentos técnicos e de segurança, também se incorpora a medida de controle, em que se denomina de Prontuário de Instalação Elétrica. No entanto, sua eficácia só terá valor caso estiver atualizado e em poder de todos os profissionais da empresa. Fazendo por necessário constituir da assinatura de um profissional habilitado e da colaboração da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA).

3.4.2. Medidas de Proteção Coletiva

As medidas de proteção coletiva tem o objetivo de garantir a proteção de todos os trabalhadores da empresa. Porém, sua eficácia só terá êxito quando aplicado a correta medida de proteção, que por sua vez, só será definida a partir do conhecimento claro do tipo de risco que estar por tratar. Na Figura 3.0 são ilustradas algumas medidas que podem ser adotadas para de proteção coletiva.



Figura 3.0 – Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC).

No entanto, antes de tudo, é prioritário seguir os procedimentos da desenergização e tensão de segurança para proteção coletiva.

Em primeiro lugar é definido pela NR 10 que as execuções de serviços em instalações elétricas devem ser executadas desenergizadas, à medida que o possível, seguindo os seguintes passos:

- **1º Passo** - Seccionamento;
- **2º Passo** - Impedimento de reenergização;
- **3º Passo** - Constatação da ausência de tensão;
- **4º Passo** - Instalação de aterramento temporário com equipotencialização dos condutores dos circuitos;
- **5º Passo** - Proteção dos elementos energizados existentes na zona controlada;
- **6º Passo** - Instalação da sinalização de impedimento de reenergização.

Caso não forem executados todos os passos listados acima a instalação não é considerada desenergizada e sim desligada.

Em segundo lugar segue a aplicação da tensão de segurança para quando as instalações estiverem passando por intervenções. Definida, segundo a NR 10, “extra baixa tensão originada em uma fonte de segurança”.

3.4.3. Medidas de Proteção Individual

As medidas de proteção individual tem o objetivo de garantir particularmente a proteção do trabalhador que está utilizando o equipamento (*EPI*). Equipamento este que deve estar obrigatoriamente em conformidade com o que é definido pela NR 6. Na figura abaixo são ilustradas algumas dessas medidas que podem ser adotadas para de proteção individual.



Figura 3.1 – Equipamentos de Proteção Individual (*EPI*).

No entanto, as medidas de proteção individual só devem ser aplicadas quando todos os equipamentos de proteção coletiva já estiverem empregados e ainda não serem suficientes para suprimir todos os riscos elétricos.

Competindo a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (*CIPA*) recomendarem ao empregador os *EPI*'s mais adequados aos riscos existentes para cada atividade do seu empregado. Sendo de direito do empregado o recebimento dos adequados *EPI*'s pelo empregador, gratuitamente.

Contudo, a NR 10 não apresenta detalha de qual o tipo de equipamento de proteção individual (*EPI*) e que características ele tem que ter para exercer um determinado serviço com risco elétrico. Mais uma vez, cabendo para isso a essencial utilização das NBR's. Exemplificando, para determinar o tipo de luva isolante mais adequada ao serviço, devesse seguir as orientações da ABNT NBR 16295, conforme a Tabela 3.0 [50].

Tabela 3.0 – Classes de luvas isolantes

Classe	Cor	Tensão de Uso (v)	Tensão de Ensaio (v)	Tensão de Perfuração (v)
0	bege	500	2.500	5.000
0	vermelha	1.000	5.000	6.000
1	branca	7.500	10.000	20.000
2	amarela	17.000	20.000	30.000
3	verde	26.500	30.000	40.000

3.4.4. Segurança em Projetos

Para segurança em projetos é ratificado neste ponto pela NR 10 considerar prioritária a adoção da medida de proteção de desenergização da instalação elétrica, se atentando ao impedimento de reenergização.

Fundamento este de tamanha importância que coube a NR 10 determinar a existência de um memorial descritivo do projeto que especificasse todos os dispositivos de bloqueio e sinalização que proporcionassem a não reenergização do sistema.

O uso do seccionamento de circuitos é um desses dispositivos de bloqueio, em que segundo a NR 10, deve ser contido obrigatoriamente nos projetos das instalações elétricas quanto para baixa tensão quanto para de alta tensão, conforme as citações abaixo [4]:

Baixa tensão: tensão superior a 50 volts em corrente alternada ou 120 volts em corrente contínua e igual ou inferior a 1000 volts em corrente alternada ou 1500 volts em corrente contínua, entre fases ou entre fase e terra.

Alta tensão: tensão superior a 1000 volts em corrente alternada ou 1500 volts em corrente contínua, entre fases ou entre fase e terra.

Em cumprimento dos dispositivos de sinalização, são eles admitidos quando seguirem os seguintes aspectos:

- Sinalização nos locais por meio de apropriados indicações de forma clara e visível;
- Trabalhadores instruídos quanto às condições do local e às tarefas a serem nele executadas;
- Orientar o não ingresso nestes locais sem o auxílio ou liberação de algum dispositivo.

3.4.5. Segurança na Construção, Montagem, Operação e Manutenção

A NR 10 define de forma ampla os requisitos mínimos de segurança das instalações elétricas temporárias, os quais devem por estarem presentes na construção, montagem, operação e manutenção do projeto.

Deve-se atentar para a prioridade do uso das medidas de proteção coletivas. Porém, deixando a cargo das normas técnicas brasileiras cobrirem os requisitos de segurança de maneira mais específica e detalhada.

Ao tratar de instalações elétricas temporárias, os riscos elétricos são específicos, portanto, exigindo medidas de controle específicas. Fato este que faz por necessário a explícita supervisão da instalação elétrica por um profissional autorizado, treinado de qualificação e capacitação. Sendo eles os responsáveis pela determinação das medidas de proteção mais adequadas para o projeto de instalação elétrica em questão. Não se restringindo para medidas de proteção aos riscos elétricos, mas também aos riscos adicionais.

Riscos Adicionais: todos os demais grupos ou fatores de risco, além dos elétricos, específicos de cada ambiente ou processos de Trabalho que, direta ou indiretamente, possam afetar a segurança e a saúde no trabalho [4].

Não por menos, os equipamentos, os dispositivos e as ferramentas elétricas devem ser compatíveis com as características da etapa da obra, não se abstendo das influências externas e operados segundo recomendações do fabricante. Instrumentos que devem estar, sobretudo, em de acordo com a norma da IEC 61010.

Demonstrando também preocupações com o trabalhador a NR 10 faz referências ao cumprimento da NR 17, a fim de que as questões ergonômicas sejam garantidas, proporcionando segurança e saúde do trabalhador, conseqüentemente menos acidentes.

3.4.6. Segurança em Instalações Elétricas Desenergizadas

A fim de obter perfeita segurança para o trabalhador, o qual irá operar na instalação elétrica a partir do ponto que ela estiver desenergizada, se deve primeiramente estar por definido e identificado a zona de trabalho e os elementos da instalação que irão sofrer impacto.

Cabe ao profissional com treinamento específico levantar e definir estes pontos quando for desenergizar a instalação elétrica. Repassando em seguida, com clareza, todas estas informações para a equipe que executará os serviços na instalação elétrica.

Desta forma, toda segurança dos trabalhadores envolvidos na operação deste serviço passa pela eficácia do trabalho feito por este profissional especializado que irá realizar a desenergização da instalação elétrica.

De maneira detalhada, a NR 10 define os seguintes passos de desenergização:

- **1º Passo - Seccionamento**: ato designado a interromper a alimentação de toda ou de parte da instalação elétrica através da abertura de um dispositivo de manobra mecânico. Proporcionando a isolação de qualquer fonte de energia elétrica. Provendo para isso dos seccionadores, interruptores-seccionadores, disjuntores, da remoção de fusíveis ou da extração dos disjuntores.
- **2º Passo - Impedimento de reenergização**: com a instalação seccionada, faz por necessário impedir um fechamento acidental do dispositivo de seccionamento. Desta forma, o impedimento de reenergização atua para bloquear este ato. Podendo ser constituído por um bloqueio mecânico, elétrico, pneumático ou físico.
- **3º Passo - Constatação da ausência de tensão**: processo que comprova a não existência de tensão em toda a instalação elétrica ou parte dela, mas principalmente nos pontos em que se irão realizar operações. Recomendando-se avaliar a falta de tensão em todos os pontos acessíveis e suscetíveis de serem colocada tensão acidentalmente.

- **4º Passo - Instalação de aterramento temporário com equipotencialização dos condutores dos circuitos**: se constitui de uma prática preventiva com objetivo de proteger os trabalhadores da exposição de uma possível diferença de potencial, oriunda de imprevistos erros ou situações que podem proporcionar a transmissão ou indução de tensões nas instalações elétricas. Portanto, os condutores dos circuitos devem estar aterrados quando conectados, em curto circuito quando todos eles estiverem interligados por condutores de baixa impedância e equipotencializados quando estiverem aterrados e em curto circuito.
- **5º Passo - Proteção dos elementos energizados existentes na zona controlada**: a proteção é realizada a partir de obstáculos isolantes, à distância, com o auxílio de bastões de manobra e por profissionais autorizados a trabalhar com instalações energizadas. Se atentando a certificação dos equipamentos. Resultando assim na cobertura das partes vivas.
- **6º Passo - Instalação da sinalização de impedimento de reenergização**: é a última etapa do processo de desenergização, constituído para o impedimento de reenergização nos equipamentos de manobra. Trazendo a inserção de placas, cartazes, adesivos ou bandeirolas nos equipamentos, com orientações que proíba o manuseio deste ponto sem autorização. Além de informar qual o profissional responsável desta desenergização, com telefone de contato, além de data e hora de sua execução.

Com o fim da execução do serviço da instalação elétrica desenergizada, faz necessário realizar um novo planejamento, mas agora para reenergizar o sistema. Fato esse que se deve ao significativo risco de ocorrência de acidente durante o processo de energização. Já que as mudanças feitas no período em que a instalação estava desenergizada podem apresentar falhas humanas ou componentes com defeitos.

De maneira detalhada, a NR 10 define os seguintes passos a serem executados para reenergização conforme pontuado abaixo:

- **1º Passo: Retirada das ferramentas, utensílios e equipamentos**: processo de retirada de todo material estranho à instalação que foi usado nos serviços de operação para que a instalação possa ser reativada. Etapa que pode precaver o surgimento de curtos circuitos e arco elétricos.

- **2º Passo:** Retirada da zona controlada de todos os trabalhadores não envolvidos no processo de reenergização: enquanto os trabalhadores autorizados dentem de todas as medidas de proteção para estarem envolvidos neste processo, os trabalhadores não autorizados podem não estarem tomando as medidas de proteção adequada, muito menos cientes de todos os riscos, acarretando num maior chance de ocorrência de acidentes durante a reenergização.
- **3º Passo:** Remoção do aterramento temporário, da equipotencialização e das proteções adicionais: o esquecimento de um conjunto de aterramento pode provocar o curto circuito e o aparecimento de arco elétrico na instalação. Deve ser executado por profissionais que detenham de autorização, competência e treinamento.
- **4º Passo:** Remoção da sinalização de impedimento de reenergização: Apresentação de uma nova sinalização adequada aos procedimentos da empresa.
- **5º Passo:** Destravamento, se houver, e religação dos dispositivos de seccionamento: etapa em que é feita a remoção do bloqueio e restabelecida a tensão na instalação.

3.4.7. Segurança em Instalações Elétricas Energizadas

A NR 10, seguindo conceitos das normas internacionais, define que intervenções em instalações elétricas só são consideradas energizadas caso cobrirem determinados valores de tensão. Fato esse baseado no limite de tensão para o qual não há o perigo de uma fibrilação cardíaca em caso de choque elétrico.

Portanto, são considera intervenções em instalações elétricas os casos em que apresentam um dos seguintes casos:

- tensão igual ou superior a 50 Volts em corrente alternada (CA);
- tensão superior a 120 Volts em corrente contínua (CC);

Há de se resaltar que esta operação não é considerada quando se realiza procedimentos elementares como o de ligar e desligar circuitos elétricos.

O trabalhador que intervém em instalações elétricas energizadas requer obrigatoriamente de treinamento de segurança específico, tão importante que necessitam apresentar currículo mínimo e carga horária estabelecida no Anexo II da NR 10.

No entanto, estes trabalhadores também devem ser assegurados por adequados componentes de proteção, tais como os disjuntores, de acordo com a norma NBR IEC 60898, as tomadas de corrente, de acordo com a norma NBR 14136 e os fusíveis, de acordo com a NBR IEC 60269-3.

3.4.8. Trabalhos Envolvendo Alta Tensão (AT)

Os profissionais que operam serviços envolvendo alta tensão, ou seja, acima de 1000 volts, devem apresentar habilitação, qualificação, capacitação, autorização e treinamentos específicos em segurança no Sistema Elétrico de Potência (*SEP*). Porém, impedidos de operar sem ordem de serviço com procedimentos detalhados e individualmente, constando assim sempre de um trabalho em equipe com permanente comunicação.

Os treinamentos devem apresentar adequações às particularidades das empresas para alcançarem boa eficácia. Conveniente assim registrar, de cada empregado, os detalhes do seu treinamento, das suas atividades desenvolvidas e das durações destas atividades. Tudo isso a fim de se enquadrar sempre o mais adequado profissional para o serviço que envolva alta tensão, muito em virtude do alto risco que se há nessas atividades.

3.4.9. Autorização dos Trabalhadores

A autorização do trabalhador pela empresa deve ser de última instância. Os trabalhadores para serem autorizados a intervir em instalações elétricas devem primeiramente possuir treinamento específico sobre os riscos decorrentes do emprego da energia elétrica e sobre as principais medidas de prevenção de acidentes em instalações elétricas, de acordo com o estabelecido no Anexo II da NR 10.

A autorização de cada trabalhador deve ter uma abrangência segundo o seu conhecimento, treinamento e interesse do empregador. Sendo de responsabilidade de cada empresa estabelecer um sistema de identificação que permita a qualquer tempo conhecer a abrangência da autorização de cada empregado.

O empregador autorizando um trabalhador a intervir em instalações energizadas, reconhece formalmente entre outros aspectos, a competência do trabalhador para a realização desta tarefa. Portanto, cabe ao empregador também grande responsabilidade perante a segurança do seu empregado. Visto que pelo artigo 132 do Código penal é considerado crime colocar alguém em perigo direto e eminente, não sendo necessário que ocorra um acidente.

3.4.10. Proteção Contra Incêndio e Explosão

A NR 10 ratifica que para tratar da Proteção Contra Incêndio se deve recorrer a Norma Regulamentadora nº 23, a qual determina as especificações mínimas para esta questão.

Segundo a NR 23, todas as empresas devem constar de proteções contra incêndio, quantidade de saídas suficientes para a rápida evacuação do local, quantidade de equipamentos suficientes para combater o princípio de incêndio e de pessoas treinadas para o uso correto desses equipamentos.

Além disso, a NR 10 ressalta a importante avaliação dos equipamentos susceptíveis a gerar incêndios e até explosões. Cabendo para avaliações técnicas de conformidade do nível de segurança, análises feitas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (*Inmetro*).

3.4.11. Procedimentos de Trabalho

Os procedimentos de trabalho são proferidos para a concepção de um planejamento eficaz. Proporcionando com isso serviços sistematizados, conseqüentemente, serviços melhores executados e com mais segurança.

Procedimento: sequencia de operações a serem desenvolvidas para realização de um determinado trabalho, com a inclusão dos meios materiais e humanos, medidas de segurança e circunstâncias que impossibilitem sua realização [4].

Estes procedimentos devem ser documentados no Prontuário de Instalações Elétricas, portanto, assinados por um profissional habilitado.

Uma ordem de serviço, por exemplo, é a emissão de um procedimento de trabalho, o qual é constituído de um termo formal do empregador para o empregado, com fins de se executar um determinado serviço.

No entanto, há de se ressaltar que só deverá ser cumprido o serviço não só pela autorização do empregador, mas também considerando a abrangência do treinamento realizado pelo empregado.

Desta forma, pode-se resumir que os procedimentos de trabalho devem comportar de análise de risco, adequação sistematizada de todos os passos a serem seguidos, da competência dos trabalhadores e da adoção de medidas de controle.

3.4.12. Situação de Emergência

Numa situação de emergência é muito importante saber o que fazer e como reagir. Fato este que pode ser assegurado com a existência de um plano de emergência, o qual deve ser de ciência de todos a partir de rotineiros treinamentos.

Além disso, segundo o artigo 181 da Consolidação das Leis do Trabalho (*CLT*), os profissionais que exercem serviços de eletricidade ou instalações elétricas devem estar obrigatoriamente familiarizados com os métodos de socorro aos acidentados por choque elétrico. Enquanto que os profissionais autorizados devem estar aptos a executar resgate e prestar primeiros socorros a estes acidentados, segundo Ministério do Trabalho e Emprego.

3.4.13. Responsabilidades

Perante NR 10, tanto o empregador quanto o empregado têm responsabilidades bem definidas. Em caso da constatação de algum ato ilícito há de se basear neste regulamento a quem cabe à culpa.

No entanto, existe através da legislação brasileira também a possibilidade da aplicação do conceito de co-responsabilidade. Ou seja, caso o empregado realizar algo errado, cabe culpá-lo, mas também punir a empresa do empregador. Visto a empresa ser culpada por eleger o empregado e não o vigiar.

As responsabilidades dos empregados estão descritos pela NR 10, subitem 10.13.4 da seguinte forma [4]:

Cabe aos trabalhadores:

- a) zelar pela sua segurança e saúde e a de outras pessoas que possam ser afetadas por suas ações ou omissões no trabalho;
- b) responsabilizar-se junto com a empresa pelo cumprimento das disposições legais e regulamentares, inclusive quanto aos procedimentos internos de segurança e saúde;
- c) comunicar, de imediato, ao responsável pela execução do serviço as situações que considerar de risco para sua segurança e saúde e a de outras pessoas.

Termo reforçado pelo artigo 158 da CLT, capítulo da Segurança e da Medicina do Trabalho, constando dos seguintes itens:

- I. Observar as normas de segurança e medicina do trabalho, inclusive as instruções de que trata o item II do artigo anterior;
- II. Colaborar com a empresa na aplicação dos dispositivos deste Capítulo.

Obrigação que a empresa tem de instruir os empregados, através de ordens de serviço, quanto às precauções a tomar no sentido de evitar acidentes do trabalho ou doenças ocupacionais.

Parágrafo único. Constitui ato faltoso do empregado a recusa injustificada:

- a) à observância das instruções expedidas pelo empregador na forma do item II do artigo anterior;
- b) ao uso dos equipamentos de proteção individual fornecidos pela empresa.

3.4.14. Disposições Finais

O item de disposições finais constitui de um dos mais importantes termos determinados pela Norma Regulamentadora nº10. Se encontrando mais especificamente no subitem 10.14.1, ao proporcionar o direito de recusa do empregado.

Termo que foi criado pela Convenção 155 da Organização Internacional do Trabalho (OIT) de 1981 e promulgada pelo Decreto n. 1.254, de 19 de setembro de 1994, determinando no seu item 5 a proteção do empregado ao respaldá-lo que interrompa o serviço caso estiver em dúvida quanto a sua segurança e a de outras pessoas.

Fato este que pode ocorrer devido o não cumprimento da NR 10. Sendo por isso possível embargar e interditar a obra conforme trata a NR 3, por um Delegado Regional do Trabalho, respaldado e ratificado pela própria NR 10 no subitem 10.14.3.

3.5. Importância da NR 10 para os Profissionais Celetistas

Com tamanha força em âmbito legal, deixando claro o seu objetivo e campo de aplicação, a Norma Regulamentadora nº10 agrega altíssimas expectativas positivas por parte da sociedade brasileira, principalmente para os profissionais que trabalham com eletricidade. No entanto, no Brasil ainda há um grande número de acidentes com eletricidade. Fato este que gera discussões sobre qual o real impacto dessa norma.

Em 2014, por exemplo, a Abracopel apurou 627 mortes por choque elétrico, desse total grande parte foi com profissionais celetistas, cerca de 350 mortes. Profissionais esses como pedreiros, pintores, serralheiros, jardineiros e eletricitas. Dos profissionais eletricitas, foram contabilizadas 120 mortes.

Fundamentado nesses números supracitados, é que se afirma ser tão importante sempre discutir a importância da NR 10, não se sujeitando apenas ao curso de 40 horas, conforme é constantemente alarmado pelo Diretor Executivo da Abracopel, o engenheiro Edson Martinho, ressaltando ainda que a NR 10 deveria transformar a vida dos profissionais que trabalham com eletricidade, abaixando a margens de zero os índices de morte por eletricidade no Brasil. No entanto, ele ainda alega que ainda há muitas dúvidas com relação à NR 10 mesmo já se tendo passado 12 anos. Fato esse não muito difícil de concordar.

No mais, é correto também afirmar que muitas coisas mudaram para melhor com a atualização e publicação NR 10 de 2004. Não se falava muito em segurança em eletricidade, não se falava muito em eletricidade propriamente dito. Atualmente os profissionais discutem muito sobre as seguranças, medidas de controle e medidas de proteção que se devem ter com a eletricidade.

Tal fato se deve por ela ter si tornado uma norma de gestão da segurança com eletricidade. Ou seja, sendo aplicada corretamente, ela eliminará com todas as medidas de controle os acidentes com eletricidade. Portanto, podemos concluir que os profissionais não estão a utilizando adequadamente, já que muitos ainda continuam morrendo por eletricidade.

Desta forma, há de se suspeitar de um descaso de boa parte da norma por parte destes profissionais.

O tópico que relata o curso da NR 10, por exemplo, é apenas um subitem do 10.2. Entretanto, segundo Edson Martinho, na maioria das vezes, é o único item que é lembrado pelas empresas e indústrias do Brasil quando se fala da NR 10.

O curso de 40 horas da NR 10 apenas propicia a ser conhecedor de algumas informações básicas sobre os riscos para se trabalhar com eletricidade, com objetivo claro de instruir o profissional a proteger sua integridade física e a dos seus colegas de trabalho.

A sua maior aprendizagem é propor fazer com que o profissional que estar com dúvida em realizar uma tarefa com eletricidade se conscientize em não fazer a tarefa. Dessa forma, será feita uma tarefa com eletricidade apenas quando se há certeza que é 100% seguro, ou seja, adotando todas as medidas necessárias de proteção. Visto que o perigo só existirá se houver a possibilidade do potencial de risco se concretizar por ausência de medidas de proteção.

Contudo, não é sempre que o instrutor do curso da NR 10 consegue se fazer entendido desta maneira. Muito se deve porque os que chegam para fazer este curso não são profissionais eletricitas. Dificultando assim a tarefa do instrutor, visto a necessidade de inserir inicialmente conceitos básicos de eletricidades, para só então proceder com o curso.

Mesmo sendo conhecedor desta situação, o Diretor Executivo da Abracopel Edson Martinho impõem fortes críticas ao modo de se avaliar o curso básico da NR 10. Alegando ser falha a aprovação de profissionais no curso da NR 10 com uma nota inferior a 100% na prova.

Na visão de Edson Martinho, já que o curso é extremamente básico, a nota mínima deveria ser a máxima para aprovação. Argumento este bastante válido, visto que este profissional necessita estar 100% ciente do que está fazendo, em de acordo com todos os itens e subitens da NR 10, e não apenas de parte dela.

Para o profissional eletricitista, o curso da NR 10 não apresenta nenhuma novidade a ele, porém têm o papel principal de ratificar o alerta dos perigos da eletricidade. Alerta fundamental já que a maioria das pessoas que morrem por eletricidade são as que têm conhecimento sobre a eletricidade.

Portanto, é importante respeitar a eletricidade, de forma que quanto mais entendido isso for, mais medidas de proteção adequadas os profissionais irão adotar. Sendo fundamental não negligenciar nenhum item e subitem da NR 10, pois todos apresentam suas peculiaridades.

3.6. Importância da NR 10 para as Engenharias

A NR 10 define a competência que o profissional deve ter para executar uma atividade que envolva a eletricidade, se atentando a distinguir e deixar claro as características que se entendem por um profissional qualificado, habilitado e capacitado. Desta forma, não sobrando dúvidas, principalmente para os profissionais de todas as engenharias, até que ponto da obra cabe as suas atribuições.

O item 10.8.1 define ser um profissional qualificado aquele capaz de evidenciar a conclusão de um curso específico no ramo elétrico reconhecido pelo Sistema Oficial de Ensino, que atualmente compete ao Ministério da Cultura e Educação (*MEC*).

O item 10.8.2 define ser um profissional habilitado os trabalhadores que em âmbito legal apresente ser qualificados a partir de um registro de competência no conselho de classe. No caso dos engenheiros, um registro de formação junto ao Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (*CREA*) para ser considerado habilitado.

O item 10.8.3 define ser um profissional capacitado os trabalhadores que obtiveram a capacitação sob as orientações de um profissional habilitado e autorizado, e que trabalhem sob a responsabilidade de profissional também habilitado e autorizado.

São considerados autorizados os trabalhadores qualificados ou capacitados e os profissionais habilitados, com anuência formal da empresa [4].

Portanto, sob os assuntos relacionados à eletricidade, o engenheiro eletricitista tem força jurídica apoiada pela NR 10 com relação aos engenheiros de outras áreas. Assim, não sendo possível, por exemplo, um engenheiro civil ou mecânico ser o principal responsável pela segurança em instalações e serviços em eletricidade de uma obra. Nem que este seja um profissional também de segurança do trabalho, conforme resalta João José Barrico de Souza, engenheiro que foi membro do grupo técnico que elaborou a NR 10 [51]:

Se assim fosse, a avaliação de segurança na operação de caldeiras não precisaria ser feita por engenheiro mecânico, mas poderia ser feita por um arquiteto, um engenheiro civil ou eletricitista, com especialização em segurança do trabalho.

3.7. NBR 16384 – Segurança com Eletricidade

A ABNT, ratificando as informações da NR 10, estar por publicar em 2016 a norma ABNT NBR 16384, elaborada durante cinco anos pela comissão da ABNT CE03:064-12, com intuito de ser um guia de segurança com eletricidade para quem trabalha com ela ou se utiliza dela.

Baseada também na EN 50110, a NBR 16384 constituiu de um trabalho alinhado com as já vigentes normas da ABNT, das distribuidoras de energia, do Ministério do Trabalho e Emprego e outras normas estrangeiras e internacionais. Contemplando também de boas práticas de segurança adotadas internamente por diversas empresas.

3.7.1. Objetivo da NBR 16384

Estabelecer regras para operação e realização de serviços em instalações elétricas ou em suas proximidades de forma segura, com foco principal os profissionais que realizam intervenções em instalações elétricas, segundo o secretário da norma.

3.7.2. O porquê fazer essa norma já que se tem a NR 10

Enquanto a NR 10 diz o que fazer, a NBR diz como fazer. Além do mais, a NR 10 deixa claro no seu item 10.1.2 que ela não traz tudo o que se tem para fazer, não informando como fazer, sendo necessárias também as aplicações das normas técnicas da ABNT.

Neste contexto, o texto normativo 16384 foi criado também devido a diversos conflitos de interpretação que a NR 10 pode induzir aos profissionais eletricitas, conforme afirma o engenheiro Edson Martinho, secretário da NBR 16384, baseado em inúmeras dúvidas e grandes discussões em diversos congressos de eletricidade no Brasil. Existindo assim a necessidade de se criar um sistema de gestão de segurança mais detalhado, buscando as melhores práticas, de como se deve proceder para gerar segurança ao trabalhar com eletricidade. Destacando a vantagem de poder fazer alterações numa norma ABNT de forma muito mais ágil do que numa norma regulamentadora.

O pedido da criação dessa norma partiu da solicitação do IEEE e da Abracopel em conjunto com várias empresas brasileiras. Considerando ser importante até mesmo por não existir ainda nenhuma norma similar, nem mesmo pela IEC, em que o Brasil é signatário.

4. NORMA BRASILEIRA 5410

4.1. Surgimento

Baseada na norma internacional IEC 60364 (*Electrical Installations for Buildings*), a ABNT NBR 5410:2004, dedica-se a Instalações elétricas de baixa tensão.

Desenvolvida no Comitê Brasileiro de Eletricidade (*ABNT/CB-03*) pela Comissão de Estudo de Instalações Elétricas de Baixa Tensão (*CE – 03:064.01*), a norma em vigor foi publicada pela ABNT no dia 30/09/2004, validada a partir do dia 31/03/2005, apresentando versão corrigida em 2008, constituindo-se de um documento de 209 páginas.

O seu surgimento decorreu da necessidade de se definir e padronizar no Brasil regras claras que abordassem todas as peculiaridades do tema de instalações elétricas de baixa tensão. Visando desta forma, proporcionar a diminuição do número de acidentes por choque elétrico de baixa tensão, principalmente dos que ocorrem nas residências. Assegurando assim, não só a proteção das pessoas, mas também dos seus bens e animais.

A primeira edição da norma é de outubro de 1941, publicada pelo extinto Departamento Nacional de Iluminação e Gás (*DNIG*), com abrangência obrigatória em todo o país. Intitulada de Norma Brasileira para Execução de Instalações Elétricas, foi baseada no Código de Instalações Elétricas de 1914 da antiga Inspetoria Geral de Iluminação e elaborada por uma comissão de especialistas da época.

Em 1960, a norma de 1941 sofreu a sua primeira revisão, sendo substituída pela Norma Brasileira 3 (*NB 3*). Baseada na norma americana National Electrical Code (*NEC*) da National Fire Protection Association (*NFPA*), a NB 3 foi publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (*ABNT*), recebendo este nome por ter sido a terceira norma dessa entidade.

No entanto, em contrapartida do que apresentava a NEC, constituída por um texto de centenas de páginas bastante completo e detalhado sobre instalações elétricas, a NB 3 de 1960 se consistia de apenas um limitado texto de 20 páginas.

A partir da publicação da NB 3, todas as revisões e erratas na norma dedicada a instalações elétricas de baixa tensão foram elaboradas no âmbito da ABNT.

Em 1980, a NB 3 sofreu a sua segunda revisão. Baseada na norma IEC 60364 e na norma francesa NFC 15-100, a norma passou a ser designada pela primeira vez de ABNT NBR 5410. Entretanto, para efeito de divulgação, foi chamada por muitos também de a nova NB 3.

Conforme o engenheiro eletricitista Paulo Barreto, membro da comissão de estudo da ABNT NBR 5410, a NB 3 de 1960 já estava bastante defasada com a realidade da sociedade brasileira da década de 80. Além do mais, fazia necessário também enquadrar a NB 3 ao sistema internacional de unidades e ao sistema métrico dos condutores elétricos que estavam em vigor.

Representando o primeiro grande salto de qualidade da norma brasileira de instalações elétricas de baixa tensão, a ABNT NBR 5410:1980 foi um marco de grandes e boas mudanças para o mercado brasileiro, trazendo contigo impactantes novidades. Fato este respaldado pelo engenheiro eletricitista Hilton Moreno, membro da comissão de estudos da ABNT NBR 5410, ao exemplificar a seguinte questão [52]:

As partes da então nova norma relativas ao aterramento e à proteção contra choques elétricos, por exemplo, era de pouquíssimo conhecimento entre os técnicos. Termos como TN, TT, IT e DR nem eram conhecidos no meio.

Após a publicação da ABNT NBR 5410, a norma soma até então 3 revisões. A primeira em 1990, destacando-se por apresentar a necessidade da norma contemplar e exigir que o condutor neutro da alimentação fosse aterrado na origem da instalação elétrica. A segunda em 1997, destacando-se por apresentar mais requisitos sobre o uso do Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS). Por fim, a terceira em 2004, a qual está em vigor, não apresentando grandes mudanças, mas apresentando no seu novo texto maiores detalhes e esclarecimentos para boas práticas.

Em março de 2012 foi reativada a Comissão de Estudos de instalações elétricas de baixa tensão, com um projeto de norma pronto para consulta nacional até final de 2016, segundo o atual coordenador da CE – 03:064.01, engenheiro eletricitista Eduardo Daniel. Entretanto, segundo o engenheiro eletricitista Hilton Moreno, membro da CE – 03:064.01, essa previsão deve ser postergada, implicando numa indefinição do prazo para a conclusão da nova NBR 5410.

Signatária da IEC 60364, a ABNT NBR 5410 tem ficado para trás quanto às novidades. Fato esse baseado na constatação de diversas revisões já feitas na IEC 60364 desde 2004.

Um ponto importante a ser revisado, de acordo com Eduardo Daniel, é dar a devida importância nas instalações elétricas de corrente contínua na NBR 5410, muito em virtude da crescente tendência na implantação de instalações de geração distribuída de energia renovável, como a da fotovoltaica.

4.2. Aplicabilidade

A Norma Brasileira 5410 (*NBR 5410*) dedica-se às Instalações Elétricas de Baixa Tensão, limitando a circuitos com tensão nominal menor ou igual a 1000 volts para os casos de corrente alternada (*CA*) com frequências até 400 Hz ou tensão nominal até 1500 volts para os casos de corrente contínua (*CC*).

Além disso, a aplicabilidade da norma só tem valor a partir ponto de conexão do sistema elétrico da concessionária de energia elétrica com o da unidade consumidora (*UC*). Definido como ponto de entrega, é este a origem da instalação conforme a *NBR 5410:2004*, podendo ser ilustrada conforme segue a Figura 4.0.

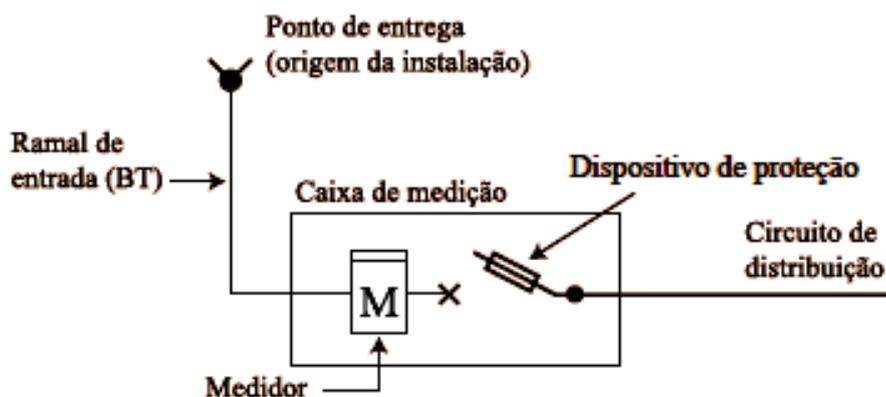


Figura 4.0 – Origem da instalação conforme a *NBR 5410:2004*. [53]

Ponto de entrega: Ponto de conexão do sistema elétrico da empresa distribuidora de eletricidade com a instalação elétrica da(s) unidade(s) consumidora(s) e que delimita as responsabilidades da distribuidora, definidas pela autoridade reguladora [5].

Atendendo a estas limitações, a aplicabilidade da *NBR 5410* condiciona a garantir aos projetistas, técnicos e usuários uma instalação elétrica de extrema qualidade. Fundamentada na adoção das melhores práticas em conjunto com a adoção dos mais adequados equipamentos.

Porém, não se restringindo apenas a novas instalações elétricas, podendo também ser aplica a reformas em instalações já existentes. Termo que se característica ao constituir da criação de novos circuitos e alimentação de novos equipamentos, bem como da substituição de qualquer equipamento que provoque modificações no circuito.

Portanto, pode-se enquadrar a aplicabilidade NBR 5410 a diversos ambientes, tais como os listados abaixo:

- Edificações residenciais e comerciais em geral;
- Estabelecimentos institucionais e de uso público;
- Estabelecimentos industriais;
- Estabelecimentos agropecuários e hortigranjeiros;
- Edificações pré-fabricadas;
- Reboques de acampamento (trailers), locais de acampamento (campings), marinas e locais análogos;
- Canteiros de obras, feiras, exposições e outras instalações temporárias.

No mais, podemos também destacar alguns específicos cenários, tais como:

- Em circuitos internos de equipamentos alimentados por instalação elétrica com tensão igual ou inferior a 1000 volts em corrente alternada, mas que funcionam com tensão superior a 1000 volts. (*Exemplo: circuitos de lâmpadas de descarga*);
- Linha elétrica que não seja especificamente coberta pelas normas dos equipamentos que a constitui;
- As linhas elétricas fixas de sinal, relacionadas exclusivamente à segurança e à compatibilidade eletromagnética.

Não dando margem ao equívoco, a NBR 5410 igualmente lista cenários em que não cabe a sua aplicabilidade, tais como:

- Instalações de tração elétrica;
- Instalações elétricas de veículos automotores;
- Instalações elétricas de embarcações e aeronaves;
- Equipamentos para supressão de perturbações radioelétricas, na medida em que não comprometam a segurança das instalações;
- Instalações de iluminação pública;
- Redes públicas de distribuição de energia elétrica;
- Instalações de proteção contra quedas diretas de raios. No entanto, esta Norma considera as consequências dos fenômenos atmosféricos sobre as instalações (por exemplo, seleção dos dispositivos de proteção contra sobretensões);
- Instalações em minas;
- Instalações de cercas eletrificadas.

4.3. Correlações entre ABNT NBR 5410 e NR 10

A Norma Regulamentadora nº10 (NR 10), dedicada a Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, se restringe a fundamentos gerais de segurança, como destacado no capítulo da NR 10, deixando as questões mais específicas a cargo das normas técnicas brasileiras da ABNT referentes a instalações elétricas, conforme o item 10.1.1 do regulamento. Abrindo as portas neste ponto, por exemplo, para a NBR 5410, norma de instalações elétricas de baixa tensão, visando sempre uma relação de complemento da NR 10.

Trazendo contigo, a NBR 5410 colabora com informações da capacidade de transmissão de energia dos condutores, seção mínima dos condutores para o circuito de iluminação e de tomadas, padronização de cores, utilização do disjuntor, sobretudo do dispositivo DR, e a quantidade máxima de condutores nos eletrodutos. Fundamentos que realmente não constam detalhadamente dentre as 13 páginas da NR 10, mas certamente se fazem presentes de forma direta ou indireta.

Todavia, sustentada a tese de que alguns pontos definidos na NR 10 faz necessário recorrer a NBR 5410, relacionar estes dois textos irá proporcionar uma conjuntura que sendo bem aplica respaldará sinônimo de segurança e qualidade da instalação elétrica, tanto para os que trabalham com eletricidade quanto para os que utilizam a eletricidade.

4.3.1. Documentações Técnicas

Tanto a regulamentação legal da NR 10 quanto a regulamentação técnica da NBR 5410 discutem a importância de um documento que esboce a real situação de todos os pontos da instalação elétrica. Deixando claro que para instalações novas ou em reforma não há dúvida de como se deve proceder na montagem desse documento para atender a todos os requisitos estabelecidos pelas cabíveis normas regulamentadoras e normas técnicas.

A NR 10 exige a existência de um documento chamado Prontuário das Instalações Elétricas, no qual deverão constar os esquemas unifilares elétricos, laudos, certificação de equipamentos e relatórios de inspeção. Resaltando a obrigatoriedade de que este prontuário esteja sempre atualizado.

De maneira mais detalhada, a NBR 5410 acrescenta a NR 10 neste ponto a existência de um documento técnico com informações de ensaios, critérios para inspeção e verificação final antes da instalação entrar em operação. Em que por completo, para a NR 5410, a documentação da instalação é denominada *as built*.

4.3.2. Inspeções Técnicas

Apesar de tanto a NR 10 quanto a NBR 5410 determinarem a existência de documentos de instalações técnicas sempre em de acordo a instalação elétrica vigente, ou seja, atualizados, nem a NR 10 nem a NBR 5410 definem a periodicidade em que se devem ocorrer as inspeções que propiciem o alinhamento do que está instalado com o que está registrado. Deixando a cargo de o profissional responsável proceder à determinação de quando se deve efetuar este procedimento.

O procedimento da inspeção, segundo a NBR 5410, deve ser documentado de forma a garantir transparência e imparcialidade a todos os envolvidos no processo de comissionamento. Sendo essencial para manutenções preventivas e corretivas da instalação, não apenas procedendo a partir de uma análise visual, mas sim de uma inspeção técnica que inclui no mínimo a verificação dos seguintes pontos, quando aplicáveis:

- Medidas de proteção contra choques elétricos;
- Medidas de proteção contra efeitos térmicos;
- Seleção e instalação das linhas elétricas;
- Seleção, ajuste e localização dos dispositivos de proteção;
- Presença dos dispositivos de seccionamento e comando, sua adequação e localização;
- Adequação dos componentes e das medidas de proteção às condições de influências externas existentes;
- Identificações dos componentes;
- Presença das instruções, sinalizações e advertências requeridas;
- Execução das conexões;
- Acessibilidade.

De acordo com a ABNT NBR 5410:2004 [5]:

Qualquer instalação nova, ampliação ou reforma de instalação existente deve ser inspecionada e ensaiada, durante a execução e/ou quando concluída, antes de ser colocada em serviço pelo usuário, de forma a verificar a conformidade com as prescrições desta norma.

4.3.3. Medidas de Proteção Coletiva

A NR 10 estabelece que na impossibilidade de se efetuar a desenergização ou o emprego da tensão de segurança devem ser adotados outras medidas de proteção coletiva, conforme o seu item 10.2.8.2.1.

Porém, para cada medida de proteção coletiva existem prescrições específicas que devem ser atendidas. Informações estas que cabe às normas técnicas ABNT definirem as condições necessárias para que uma medida possa efetivamente garantir a segurança das pessoas.

Para uma instalação elétrica de baixa tensão, as prescrições das medidas de proteção coletiva são de respeito à NBR 5410, onde podemos encontrar todas as suas correspondentes especificações.

Abaixo segue o mapeamento na NBR 5410 de algumas das medidas estabelecidas pela NR 10.

Tabela 4.0 – *Prescrições de Medidas de Proteção coletiva na NBR 5410.* [5]

Medida de Proteção Coletiva	Item - NBR 5410
Extra-baixa tensão de segurança	5.1.2.5
Isolação das partes vivas	B.1
Invólucro ou barreira	B.2
Equipotencialização e seccionamento automático da alimentação	5.1.2.2
Separação elétrica	5.1.2.4
Isolação dupla ou reforçada	5.1.2.3
Obstáculos	5.1.5.3
Colocação fora de alcance	5.1.5.4
Proteção adicional	5.1.3
Sistema de seccionamento automático de alimentação	6.3.7.2

4.3.4. Associação de circuitos elétricos com finalidades diferentes

A NR 10 define no seu item 10.3.3.1 a seguinte questão [4]:

Os circuitos elétricos com finalidades diferentes, tais como: comunicação, sinalização, controle e tração elétrica devem ser identificados e instalados separadamente, salvo quando o desenvolvimento tecnológico permitir compartilhamento, respeitadas as definições de projetos.

Esta requisição da NR 10, no entanto, considera para a permissão de compartilhamentos apenas o perigo de uma falha de isolamento nos cabos de tensão mais elevada.

Entretanto, os projetistas devem adotar também considerações de compatibilidade eletromagnética dentre os circuitos elétricos.

Para isso, faz necessário recorrer a NBR 5410 para completar estas especificações. Mais precisamente no seu item 6.2.9.5, em que são estabelecidas as condições que devem ser atendidas para que estes circuitos possam ser compartilhados. De forma resumida, são estabelecidos que:

- Todos os condutores estejam isolados para a tensão mais elevada;
- Que os condutores com apenas a isolamento suficiente para a aplicação a que se destine for instalado separadamente dos condutos a serem compartilhados.

4.3.5. Princípio funcional dos dispositivos de proteção

A NR 10 determina que em seu memorial descritivo do projeto consista o princípio de funcionamento dos dispositivos de proteção. Ponto em que o projetista revela qual o dispositivo usado para implementar o seccionamento automático da alimentação em prol da segurança dos trabalhadores.

Na NBR 5410 é estabelecido no seu item 5.1.2.2.4.2, por exemplo, a aplicação do seccionamento automático da alimentação no esquema TN. Dispositivo este que é utilizado para proteção contra choque elétrico. Empregando disjuntores ou fusíveis como dispositivos de proteção a sobrecorrente, ou dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual (*DR*).

4.3.6. Instrumentos na construção, montagem, operação e manutenção

A NR 10 estabelece no seu item 10.4.4 que os instrumentos adotados pelos trabalhadores se caracterizarem por serem compatíveis com instalação elétrica existente, principalmente em nível de proteção, além de resaltar que sejam seguidas as orientações do fabricante e analisadas as influências externas.

Porém, as características destes instrumentos, como a de se basear pela suportabilidade a impulso exigível dos componentes de instalação, são deixados a cargo das normas técnicas.

A norma técnica NBR 5410, coerente com o que é estabelecido pela IEC-61010-1, classifica na sua seção 5.4, tabela 31, os instrumentos em quatro categorias de sobretensão. Tabela esta, ilustrada abaixo, que é baseada na localização do componente da instalação onde está ocorrendo à intervenção em relação à fonte de energia elétrica.

Tabela 4.1 – Suportabilidade a impulso exigível dos componentes da instalação. [5]

Tensão Nominal da Instalação (volts)		Tensão de impulso suportável requerida (kV)			
		Categoria de produto			
Sistemas Trifásicos	Sistemas monofásicos com neutro	Produto a ser utilizado na entrada da instalação	Produto a ser utilizado em circuitos de distribuição e circuitos terminais	Equipamentos de utilização	Produtos especialmente protegidos
		Categoria de suportabilidade a impulsos			
		IV	III	II	I
120/208 127/220	115–230 120–240 127–254	4	2,5	1,5	0,8
220/380 230/400 277/480	-	6	4	2,5	1,5
400/690	-	8	6	4	2,5

4.3.7. Dispositivos de seccionamento

A NR 10 ao abordar a segurança em instalações elétricas desenergizadas, define que só se constitui desenergizada a instalação elétrica seguindo uma sequência de procedimentos, tais como os abordados também no capítulo NR 10. Em destaque, se tem o seccionamento.

As normas de instalações elétricas, complementando a NR 10, especificam os requisitos que um dispositivo seccionador deve apresentar para garantir a segurança das pessoas.

Tratando-se de instalações elétricas de baixa tensão, a NBR 5410 estabelece estes requisitos dos dispositivos de seccionamento no seu item 6.3.7.2. Indicando que o seccionamento de circuito elétrico deve ser realizado com o uso de seccionadores, interruptores-seccionadores, disjuntores, remoção de fusíveis ou extração dos disjuntores.

4.3.8. Intervenções em instalações elétricas energizadas

Segundo a NR 10, os profissionais que executam serviços com intervenções nas instalações elétricas energizadas precisam ser treinados nos métodos e procedimentos utilizados neste tipo de trabalho. Isso porque são serviços que tratam com tensão igual ou superior a 50 volts em corrente alternada ou tensão superior a 120 volts em corrente contínua. Ou seja, valores de tensão considerados pelas normas internacionais de eletricidade como o limite de tensão para o qual não há o perigo de uma fibrilação cardíaca em caso de choque elétrico.

No entanto, estes valores devem ser reduzidos dependendo das influências externas, segundo a NBR 5410. Caso este que se atende quando se antevem a possibilidade dos trabalhadores executarem os seus serviços molhados ou em compartimento condutivo. Devendo, portanto, estabelecer um novo limite de tensão, passando agora para 25 volts em corrente alternada ou de 60 volts em corrente contínua.

4.3.9. Proteção Contra Incêndio e Explosão

Para as instalações elétricas em áreas com risco acentuado a incêndio ou explosões, a NR 10, no seu item 10.9.4, prescreve atentamente a importância que se deve dá, principalmente neste cenário, para a adoção de dispositivos de proteção.

De maneira complementar a norma regulamentadora, é fundamental utilizar, portanto, as normas técnicas brasileiras para projetar e construir instalações elétricas em áreas classificadas. Visto as normas técnicas pontuarem caso a caso os requisitos particulares para a seleção e aplicação de equipamentos, projeto e montagem de instalações elétricas em atmosferas explosivas por gás ou vapores inflamáveis.

A NBR 5410 neste caso, quando cabendo a sua aplicabilidade, classifica a área com risco acentuado a incêndio ou explosões pontuando em seu texto com as codificações BE2 e BE3, conforme ilustrada pela tabela abaixo. Abrindo exceções para diversas tratativas ao se reparar com estas áreas de risco, visando sempre prevenir sobretensões, sobrecorrente, falhas de isolamento, aquecimento e outras condições.

Tabela 4.2 – *Natureza dos materiais processados ou armazenados.* [29 – modificado]

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BE2	Riscos de incêndio	Presença de substâncias combustíveis, como fibras e líquidos com alto ponto de fulgor.	Locais de processamento ou armazenagem de papel, feno, palha, aparas ou gravetos de madeira, fibras de algodão ou lã, hidrocarbonetos, plásticos granulados.
BE3	Riscos de explosão	Presença de substâncias inflamáveis, como líquidos com baixo ponto de fulgor, gases e vapores, pós-combustíveis sujeitos a explosão e substâncias explosivas.	Locais de processamento e armazenagem de pós-combustíveis (amido de milho, açúcar, farinhas, resinas fenólicas, plásticos, enxofre, alumínio, magnésio, etc.); indústrias químicas e de petróleo; usinas e depósitos de gás; fábricas e depósitos de explosivos.

4.3.10. Sinalização de Segurança por Restrições de Acesso

Quanto a sinalização de segurança, a NR 10 ratifica o procedimentos adotados pela NR 26, dedicada a Sinalização de Segurança. Pontuando como forma de sinalização de segurança a restrição de acesso.

Neste aspecto, a NBR 5410 também ratifica a NR 26, conseqüentemente seguindo as definições da NR 10, em que se deve sinalizar indicando que o acesso é exclusivo a trabalhadores autorizados a intervir em instalações elétricas.

Não só, mas NBR 5410 também apresenta maiores detalhes para esta questão, por exemplo, onde as medidas de proteção contra choques por contato diretos forem omitidas, através do seu item 5.1.6, ou parcialmente omitidas, através do seu item 5.1.5.

4.3.11. Aplicabilidade a instalações alimentadas por extrabaixa tensão

Na NR 10, o seu item 10.14.6, deixa claro que não cabe à aplicabilidade desta NR quando se tratar de instalações alimentadas por extrabaixa tensão.

Em contrapartida, as instalações alimentadas por extrabaixa tensão são tratadas pela NBR 5410 sempre quando se há uma fonte SELV ou PELV, não bastando, portanto, que o valor de tensão esteja abaixo de 50 volts em corrente alternada.

Extra-Baixa Tensão (EBT): tensão não superior a 50 volts em corrente alternada ou 120 volts em corrente contínua, entre fases ou entre fase e terra [4].

SELV (do inglês "separated extra-low voltage"): Sistema de extrabaixa tensão que é eletricamente separado da terra, de outros sistemas e de tal modo que a ocorrência de uma única falta não resulta em risco de choque elétrico [5].

PELV (do inglês "protected extra-low voltage"): Sistema de extrabaixa tensão que não é eletricamente separado da terra, mas que preenche, de modo equivalente, todos os requisitos de um SELV [5].

4.4. Importância da NBR 5410 para as Engenharias

O engenheiro projetista de instalações elétricas, por sua essência um engenheiro eletricitista, tem plena ciência de que o ponto de partida de qualquer obra é o projeto. Tem ele conhecimento também de que todo projeto de obra civil não só se faz de instalações elétricas e sim de uma harmonia de estruturas mecânicas, elétricas e arquitetônicas que dão o formato do empreendimento. Devendo, por sua vez, perdurarem, mas com as adequadas manutenções.

Logo, ter um norte do projeto e das futuras manutenções com procedimentos detalhados para se estabelecer os objetivos iniciais que resultem em qualidade e segurança faz toda a diferença. Tese que sustenta, portanto, a importância de se valorizar a seriedade dos engenheiros que sejam comprometidos, não só com as normas regulamentadoras, mas também com as normas técnicas, e que, sobretudo saibam como segui-las. Não se restringindo ao engenheiro eletricitista ser conhecedor destas normas, mas a todos os profissionais envolvidos na obra, como por exemplo, o engenheiro civil e mecânico.

Para cenários em que se visam instalações elétricas de baixa tensão, a ABNT NBR 5410 dispõe aos engenheiros o tão desejado caminho a ser seguido para se obter estes objetivos iniciais. Não dispensando, além do mais, o respeito aos regulamentos de órgãos públicos aos quais as instalações devem satisfazer. Dando margem para que as prescrições estabelecidas em regulamentações federais, estaduais e municipais possam ser aplicadas nas instalações elétricas de baixa tensão sem ocasionar conflitos legais.

Entretanto, há de se ressaltar que ser conhecedor das normas técnicas, como o da NBR 5410, no entanto, não significa ser qualificado para executar um projeto. Porém, faz necessário para que não exista, por exemplo, a sobreposição de requisitos técnicos estruturais por parte dos engenheiros civis e mecânicos nos requisitos técnicos elétricos.

No caso de projetos de instalações elétricas de baixa tensão, cabe exclusivamente ao engenheiro eletricitista desenvolvê-las e validá-las.

A NBR 5410 apresenta em seu desenvolvimento as prescrições relacionadas ao projeto, cuidado nas especificações de componentes, aspectos de dimensionamento e recomendações de montagens de instalações e sistemas elétricos de baixa tensão. Sendo bem aplicada, a norma técnica de instalações de baixa tensão garante ao eletricitista que o projeto prioriza a segurança e as boas técnicas. Dando o essencial aval técnico e legal, sobretudo para todos os outros engenheiros envolvidos, de que a execução da instalação se consistirá de todas as adequadas proteções aos trabalhadores, de que o resultado da instalação se apresentará com qualidade e de que todas as adequadas proteções para os futuros usuários foram aplicadas.

5. NORMA BRASILEIRA 5419

5.1. Surgimento

Baseada na norma internacional IEC 62305:2010 (*Protection against lightning*), a ABNT NBR 5419:2015, dedica-se a Proteção contra Descargas Atmosféricas (PDA).

Desenvolvida no Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-03) pela Comissão de Estudo de Proteção contra Descargas Atmosféricas (CE – 03:064.10), a norma em vigor foi publicada pela ABNT no dia 22/05/2015, validada a partir do dia 31/03/2005, dividida em 4 partes, constituindo-se de um documento com total de 309 páginas.

Apesar do seu curto período entre as datas de publicação e a de validação, o seu projeto de revisão já tinha sido iniciado desde a construção da IEC 62305:2006.

O seu surgimento decorreu com o objetivo de padronizar projetos, instalações, inspeções, ensaios, manutenções da PDA, para proteger as estruturas contra a incidência direta das descargas atmosféricas e as instalações e equipamentos contra seus efeitos indiretos. Visando desta forma, proporcionar principalmente a diminuição do número de acidentes por descargas atmosféricas. Se atentando principalmente pelo acentuado número de mortes de pessoas por descargas atmosféricas registradas todos os anos no Brasil. Quantidade essa que é alta, sendo contabilizadas 1790 mortes só entre anos 2000 e 2014, segundo o INPE.

A primeira edição desta norma é a NB 165, publicada em 1950 pela ABNT. Baseada em documentos belgas, deu origem a um documento de 6 páginas, intitulada de Proteção de Estruturas contra Descargas Elétricas Atmosféricas. Em 1970 o seu texto sofreu as primeiras revisões.

Em 1977, a norma de Proteção de Estruturas contra Descargas Elétricas Atmosféricas sofreu a sua segunda revisão, passando a ser designada pela primeira vez de ABNT NBR 5419. Influenciada por documentos norte-americanos, a norma passou a ser constituída de 16 páginas.

Em 1993, a norma sofreu a sua terceira revisão. Baseada na IEC 61024 (*Protection of structures against lightning*), a ABNT NBR 5419:1993, com diversas alterações, passou a ser constituída de 27 páginas, representando o primeiro grande salto de qualidade em proteção de estruturas contra descargas elétricas atmosféricas, segundo afirma o engenheiro eletricitista Jobson Modena, membro da CE – 03:064.10:

Essa revisão foi considerada a “mola” para o primeiro grande salto, a primeira grande revolução no que concerne ao conteúdo técnico relacionado com a normalização da proteção contra descargas atmosféricas no Brasil [54].

Em 2001 a NBR 5419 sofreu mais uma revisão. Baseada nas IEC 61024-1:1990, IEC 61024-1-1:1991 – GUIDE A e IEC 61024-1-2:1998 – GUIDE B, ela consistiu de poucas mudanças com relação a norma de 1993, se apresentando com um texto de 32 páginas.

Já em 2005 a NBR 5419 sofreu outra revisão. Seguindo os mesmos moldes da norma de 2001, constituindo desta vez de 42 páginas, acrescentando apenas pequenas alterações e correções. Segundo Normando Alves, membro da CE – 03:064.10:

Todas as normas devem apresentar um prazo de aproximadamente cinco anos para serem revisadas, a fim de que incorporem as novas tecnologias que aparecem como fruto das pesquisas científicas [54].

Há de se ressaltar que a NBR 5419:2005 foi publicada mesmo com os representantes brasileiros na IEC, engenheiros eletricitas Jobson Modena e Hélio Sueta, sabendo da construção em andamento de uma nova norma internacional, em que a NBR 5419 é signatária.

Em 2015 a NBR 5419 passou pela sua sexta e última revisão até então. Sendo aplicada e atendida pelo título de Proteção contra Descargas Atmosféricas, consistindo de grandes modificações ao comparar com a norma de 2005.

Passando de 42 para mais de 300 páginas, a nova norma apresenta um alto grau de complexidade, não só quanto aos conceitos, mas também quanto ao modo de se utilizar e posicionar novos materiais. Resultando no segundo grande salto de qualidade da ABNT NBR 5419.

Conforme já informando, a NBR 5419:2015 foi baseada na IEC 62305:2010, *Protection against lightning, parts 1 to 4*, sendo estruturada também em 4 partes igual ao texto da IEC, acatando a recomendações da ABNT de que, sempre que possível, as NBR's tenham textos fiéis ao conteúdo e à forma dos textos normativos da IEC.

As 4 partes da NBR 5419:2015 receberam cada qual os seguintes títulos:

- Parte 1 (67 páginas) – Princípios gerais;
- Parte 2 (104 páginas) – Gerenciamento de risco;
- Parte 3 (51 páginas) – Danos físicos a estrutura e perigos à vida;
- Parte 4 (87 páginas) – Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura.

5.2. Aplicabilidade

A aplicabilidade da ABNT NBR 5419 se faz necessário quando há ameaça da descarga atmosférica. Fazendo por essencial, portanto, utilizar a Proteção contra Descargas Atmosféricas, abrangendo de Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (*SPDA*), externo e interno, e de Medidas de Proteção contra Surtos (*MPS*). Partindo de estudos de gerenciamento de risco a danos físicos e estruturais, a danos em sistemas elétricos e eletrônicos internos a estrutura, e principalmente a danos as pessoas. Que em resumo pode ser ilustrado pela figura abaixo.

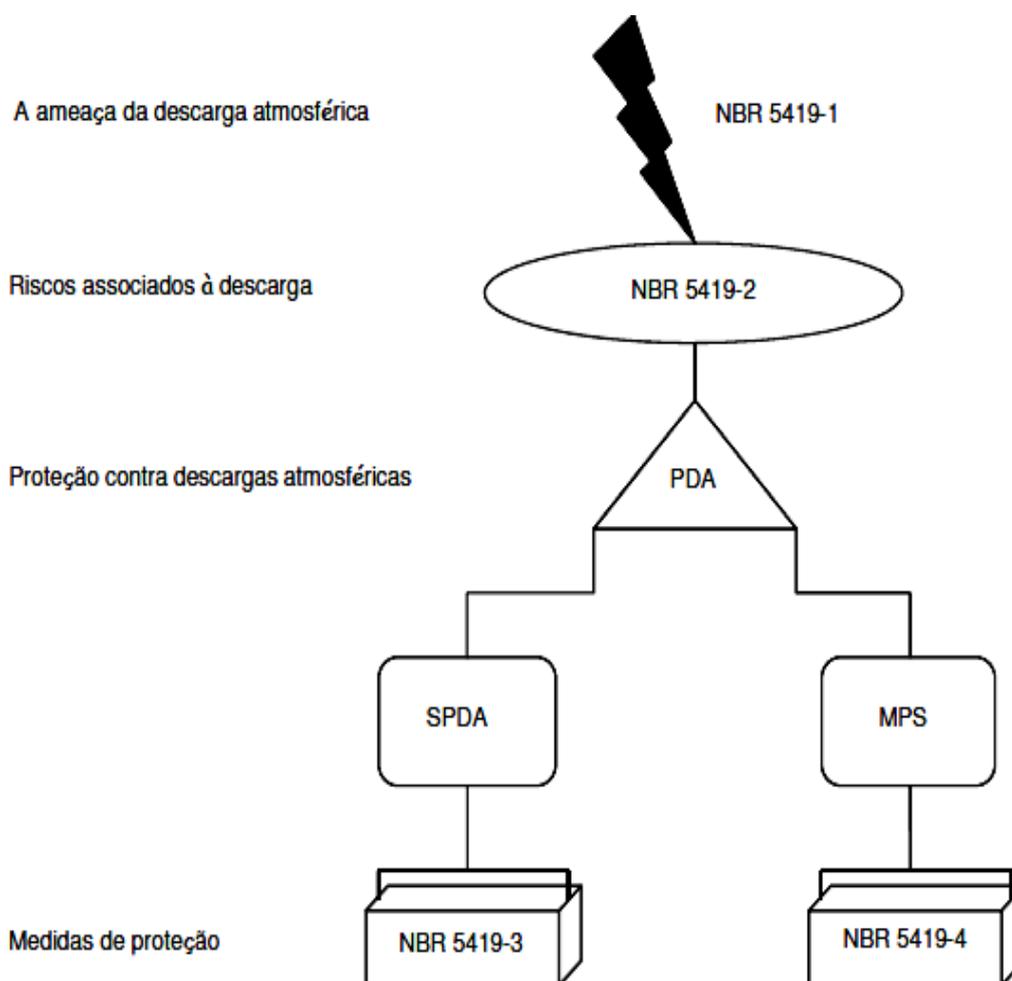


Figura 5.0 – Conexões entre as partes da ABNT NBR 5419:2015. [6]

Com isso, ABNT NBR 5419:2015 estabelece a que requisitos recorrer para a determinação de proteção contra descargas atmosféricas, provendo subsídios suficientes para o uso em projetos de proteção.

Para tanto, faz necessário realizar primeiramente uma análise detalhada de todo o escopo da NBR 5419:2015, estabelecendo o cumprimento de todas as 4 partes que compõe a norma, das quais constam todas listadas abaixo com seus respectivos requisitos.

✚ Parte 1 – Princípios gerais;

- Estabelecer os requisitos teóricos para a determinação da PDA.

✚ Parte 2 – Gerenciamento de risco;

- Estabelecer os requisitos e fornece procedimentos para análise de risco em estruturas em razão das descargas atmosféricas para a terra.

✚ Parte 3 – Danos físicos a estrutura e perigos à vida;

- Estabelecer os requisitos para proteção de estruturas contra danos físicos por meio do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (*SPDA*) e para proteção de seres vivos contra lesões ocasionadas por tensões de toque e passo.

✚ Parte 4 – Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura.

- Estabelecer os subsídios para Medidas de Proteção contra Surtos (*MDS*). Visando suprimir o risco de danos permanentes internos à estrutura originados por impulsos eletromagnéticos das descargas atmosféricas (*LEMP*).

Há de se ratificar que a sua aplicabilidade não dispensa por nenhum momento as normas regulamentadoras. Sendo a NBR 5419, como de essência de uma norma técnica brasileira, cumpridora de seu dever de padronizar e detalhar as exigências prescritas por esses regulamentos.

A sua aplicabilidade também não pode ignorar as exigências Corpo de Bombeiros, principalmente quanto ao do uso em edificação do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (*SPDA*). Visto ser por alguns estados e municípios do Brasil, o único órgão responsável pela fiscalização. Se atentando ao cumprimento desta norma, sobretudo a áreas destinadas a depósitos de explosivos e inflamáveis e em edificações com mais de 30 metros de altura.

Porém, a norma pode também constar de restrições, como, por exemplo, na proteção da vida humana quando for baseada em efeitos indiretos de descargas atmosféricas.

Não dando margem ao equívoco, a NBR 5419 estabelece pontualmente situações em que não cabe a sua aplicabilidade, tais como:

- Sistemas ferroviários;
- Veículos, aviões, navios;
- Plataformas offshore;
- Tubulações;
- Linhas elétricas de energia e de sinal quando colocadas fora da estrutura.

5.3. Diferenças da NBR 5419:2015 e IEC 62305:2010

Embora a ABNT recomende que as NBR's tenham textos fiéis ao conteúdo e à forma dos textos normativos da IEC, ela não impede que as comissões de estudo do Brasil alterem alguns pontos da norma internacional para criação ou revisão da respectiva norma brasileira.

Isso é observado ao contrapor a NBR 5419:2015 e a IEC 62305:2010, visto que apesar da NBR 5419 ser signatária da IEC 62305, a norma internacional é muito mais complexa do que a norma brasileira.

Segundo Normando Alves, membro da CE – 03:064.10:

A maior parte do texto da nova norma sobre proteção contra descargas atmosféricas foi fiel ao texto da IEC que toma como base, especialmente as partes 1 e 4. Porém, em dados momentos, foi necessário fazer algumas adaptações para atender à realidade brasileira [55].

A NBR 5419:2015 Parte 1 e 4 são textos praticamente traduzidos da IEC 62305:2010, visto tratarem de temas conceituais. Segundo o engenheiro eletricista, especialista em proteção contra descargas atmosféricas, José Claudio de Oliveira e Silva, membro da CE – 03:064.10:

Ou seja, não existem muitas razões para adaptar conceitos, não é mesmo? A menos, talvez, que existam algumas diferenças nas distribuições estatísticas dos parâmetros das descargas, mas não temos estes dados ainda [55].

A NBR 5419:2015 Parte 2 consta de um anexo a mais do que a IEC 62305:2010. A norma brasileira tem o Anexo F identificando a densidade de descargas atmosféricas N_G de todo o território brasileiro ilustrado por mapas desenvolvido pelo INPE.

A NBR 5419:2015 Parte 3 é onde se têm a maior quantidade de diferenças perante IEC 62305:2010. Uma delas é com relação ao aterramento, em que não consta mais na NBR o arranjo tipo A (*aterramento pontual*), apenas o tipo B (*aterramento em anel*). Outra diferença é constatada pela exclusão do valor de 10Ω como referencia para um bom aterramento.

Além dessas, a NBR 5419:2015 Parte 3 altera a área da seção mínima dos condutores de subsistemas de captação e de descida referente aos cabos de cobre. A IEC 62305:2010 estipulou a medida de 50 mm^2 quando for utilizado o material cobre, enquanto a norma brasileira estabeleceu a medida de 35 mm^2 , conforme ilustrado pela Tabela 5.0. Essa mudança ocorreu por um entendimento de que a norma internacional estava superdimensionando a seção do condutor de cobre, conforme comprovou o trabalho técnico *Accidents reduction in Brazil due to of lightning* [56] do Dr. Hélio Sueta, membro da CE – 03:064.10.

Tabela 5.0 – Tabela 6 da NBR 5419:2015 Parte 3 – Material, configuração e área de seção mínima dos condutores de capitação, hastes captoras e condutores de descidas. [6]

Material	Configuração	Área da seção mínima mm ²		Comentários ⁴⁾
Cobre	Fita Maciça	35	50 na IEC	Espessura 1,75mm
	Arredondado Maciço ⁴⁾	35		Diâmetro 6mm
	Encordado	35		Diâmetro de cada fio da cordoalha 2,5mm
	Arredondado Maciço ²⁾	200		Diâmetro 16mm
Alumínio	Fita Maciça	70		Espessura 3mm
	Arredondado Maciço	70		Diâmetro 9,5mm
	Encordado	70		Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,5mm
	Arredondado Maciço ²⁾	200		Diâmetro 16mm
Aço cobreado IACS 30% ⁴⁾	Arredondado Maciço	50		Diâmetro 8mm
	Encordado	50		Diâmetro de cada fio da cordoalha 3mm
Alumínio cobreado IACS 64%	Arredondado Maciço	50		Diâmetro 8mm
	Encordado	70		Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,6mm
Aço galvanizado a quente ³⁾	Fita Maciça	50		Espessura mínima 2,5mm
	Arredondado Maciço	50		Diâmetro 8mm
	Encordado	50		Diâmetro de cada fio cordoalha 1,7mm
	Arredondado Maciço ²⁾	200		Diâmetro 16mm
Aço inoxidável ³⁾	Fita Maciça	50		Espessura 2mm
	Arredondado Maciço	50		Diâmetro 8mm
	Encordado	70		Diâmetro de cada fio cordoalha 1,7mm
	Arredondado Maciço ²⁾	200		Diâmetro 16mm

5.4. Diferenças da NBR 5419 de 2005 para a de 2015

De 1950, com a publicação da primeira norma da ABNT referente à proteção contra descargas atmosféricas, até 2015, com a última publicação, a NBR 5419 teve muitas revisões. No entanto, as descargas atmosféricas não mudaram.

As tantas revisões, portanto, foram importantes porque proporcionaram uma crescente evolução perante aos conceitos que regem a proteção contra descargas atmosféricas.

Ou seja, a cada novo texto, a comissão de estudo, CE – 03:064.10, vem elevando a sua compreensão do fenômeno físico descarga atmosférica, conseqüentemente, transmitindo para a NBR 5419 informações com mais clareza do porque e de como realizar um projeto de proteção contra descargas atmosféricas.

Dentre todos esses anos a norma teve dois grandes saltos de qualidade, a primeira em 1993 e a segunda em 2015, trazendo com elas muitas mudanças. Fatos que elevaram a norma quanto ao seu grau de complexidade. Deixando cada vez mais claro para a sociedade que para sua aplicação faz necessário da contratação de um engenheiro eletricista especialista.

No último grande salto de qualidade da NBR 5419, com a substituição da norma de 2005 para a de 2015, as mudanças foram certamente as mais expressivas dentre toda a história da norma.

Começando por detalhar muito mais em 2015 todos os seus procedimentos em textos divididos em 4 partes, que ao todo somam 309 páginas, contra 42 páginas em 2005.

Por essas condições, a NBR 5419:2015 é considerada mais segura e mais científica do que a que estava sendo adotada em 2005. Sendo agora mais complexa, não dando margem para a criação de um modelo padrão de projeto para ser aplicado a todos os cenários.

Conforme ilustrado na Figura 5.0, as divisões entre as 4 partes da NBR 5419:2015 foram bem definidas. Fazendo por necessário o projeto cobrir todos estes pontos para se enquadrar a nova norma.

5.4.1. Relação entre SPDA e MPS

Um dos principais pontos de mudança da nova norma, podendo ser identificada pela Figura 5.0, foi à adoção do termo PDA, Proteção contra Descargas Atmosféricas, distinguindo para a NBR 5419:2015 a tratativa do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA), também chamado PDA externo, das Medidas de Proteção contra Surtos (MDS), também chamado PDA interno.

Portanto, deixando a cargo da Parte 3 estabelecer as medidas de proteção relacionadas ao SPDA e a cargo da Parte 4 estabelecer as medidas de proteção relacionadas à corrente de surto.

Desta forma, a NBR 5419:2015 passa a cobrir mais pontos para proteção contra descargas atmosféricas do que a NBR 5419:2005. Ou seja, a nova norma passa a apresentar proteção não só contra descargas atmosféricas que atingem a edificação predial, mas também descargas atmosféricas que atingem próximo da edificação predial.

Encarregando, portanto, o SPDA para proteção contra descargas atmosféricas diretas e as MDS para proteção contra descargas atmosféricas indiretas. Coibindo, assim, danos financeiros e a saúde das pessoas com a destruição da estrutura da edificação e com a indução de corrente de surto para dentro da edificação.

5.4.2. Eficiência do SPDA

Outra mudança da nova norma é quanto à eficiência ligada ao nível de proteção do SPDA. A probabilidade para os limites dos parâmetros das correntes das descargas atmosféricas aumentaram, ou seja, o SPDA passou a ser considerado mais eficiente, conforme pode ser constatado confrontando as Tabelas 5.1 e 5.2 da NBR 5419.

Tabela 5.1 [57]

Eficiência do SPDA – 2005

NP	Eficiência
I	98%
II	95%
III	90%
IV	80%

Tabela 5.2 [6]

Eficiência do SPDA – 2015

Probabilidade de que os parâmetros da corrente sejam:	Nível de Proteção (NP)			
	I	II	III	IV
Menores que os máximos valores definidos na Tabela 3	99%	98%	95%	95%
Maiores que os máximos valores definidos na Tabela 4	99%	97%	91%	84%

As Tabelas 3 e 4 da ABNT NBR 5419:2015, mencionadas pela Tabela 5.2 acima, são respectivamente representadas pelas Tabelas 2.6 e 2.7.

5.4.3. Gerenciamento de Risco

A Parte 2 da NBR 5419:2015 é sem dúvidas considerada a maior novidade dessa nova norma e a mais importante, não por menos a que consiste do maior número de páginas, 104.

Pautada ao gerenciamento de risco de descarga atmosférica, a norma possibilita avaliar a necessidade ou não de PDA. Ponderando via análise de risco de todo o cenário e do custo-benefício para as perdas econômicas devido a descargas atmosféricas na estrutura.

O atual projetista deve seguir a NBR 5419:2015 avaliando o cenário em questão levando em conta todas as características da estrutura, passando a ter de apresentar estudos preliminares bem mais complexos, contabilizando 110 parâmetros entre dados de entrada e calculados.

A tamanha diferença de detalhes agora estabelecidos pela NBR 5419:2015 ao comparar com a norma de 2005, pode-se concluir a não consideração do gerenciamento de risco da NBR 5419:2015-Parte 2 com um SPDA instalado em de acordo com a NBR 5419:2005. Ou seja, passa ser necessário, portanto, que os SPDA's existentes no Brasil sofram novas reformas para se enquadrarem a nova norma.

Segundo o secretário da comissão da norma NBR 5419:2015, engenheiro eletricista Dr. Hélio Sueta, 99% dos SPDA não estão de acordo com a nova norma de 2015.

O Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (*IEE USP*), percebendo a tamanha complexidade dos processos de gerenciamento de risco da NBR 5419:2015 e a pressa dos engenheiros para compreendê-los, criou em Excel um software de Análise de Risco para Proteção contra Descargas Atmosféricas, o TUPÃ.

Este software é uma ferramenta de cálculo capaz de gerar um relatório final completo com os principais dados utilizados na simulação. Podendo ser copiados e colados em um relatório de análise de risco para fins de documentação.

Criado pelo engenheiro eletricista Dr. Hélio Eiji Sueta, secretário da Comissão de Estudos CE 64.10 do COBEI, maior responsável pela criação da Parte 2 de Gerenciamento de Risco na NBR 5419:2015, o software TUPÃ tem grande credibilidade entre os engenheiros.

No entanto, há de se resaltar que nenhum software faz um projeto sozinho, conforme resalta o próprio Dr. Hélio Sueta.

A máscara abaixo do software TUPÃ versão 1.5 ilustrada todos os seus parâmetros.

Figura 5.1 – Máscara do software TUPÃ versão 1.5, nº de Zonas.

Figura 5.2 – Máscara do software TUPÃ versão 1.5, Dados Técnicos.

Dados Técnicos | Outros Dados | Resultado | Zonas

Medidas de proteção contra tensão de passo e toque e blindagem

Contra tensão de passo e toque na estrutura:

Contra tensão de passo e toque na linha conectada:

Blindagem metálica contínua: Blindagem metálica contínua Sem blindagem metálica

Largura da blindagem ou distância das descidas: Wm1 [m]

Wm2 [m]

Fatores de variação das perdas

Fator de redução pelo tipo de solo ou piso:

Fator de acréscimo devido a um perigo especial:

Risco admissível

R1 (risco de perda de vida humana)

R2 (risco de perda de serviço ao público)

R3 (risco de perda de patrimônio cultural)

R4 (risco de perda de valor econômico)

x 10⁻⁵

Dimensionamento das perdas potenciais (montante do risco)

Vidas humanas (perda L1)

Número de pessoas na zona: Tempo de exposição na zona(em horas por ano):

Número total de pessoas:

Fatores de avaliação do risco ambiental para as pessoas na zona

Risco de falha de sistemas internos:

Tipo da estrutura:

Valor econômico (perda L4)

Valor dos animais na zona: Valor do conteúdo na zona:

Valor da edificação na zona: Valor dos sistemas internos na zona:

Fatores de avaliação do risco ambiental para as pessoas na zona

Risco de falha de sistemas internos:

Tipo da estrutura:

Instalações de serviço ao público (perda L2)

Tipo do serviço:

Última zona carregada na memória: **NENHUMA**

Memória cultural (perda L3)

Valor do patrimônio cultural na zona: Valor total da edificação:

Figura 5.3– Máscara do software TUPÃ versão 1.5, Outros Dados.

Dados Técnicos | Outros Dados | Resultado | Zonas

Resultado

Atributos da avaliação

Projeto:

Avaliador:

Riscos

Os valores abaixo devem ser multiplicados por 10⁻⁵

Valores toleráveis	ZONA Z1	ZONA Z2	ZONA Z3	ZONA Z4	TOTAL
R1-Perda de vida humana	Não	Não	Não	Não	Não
R2-Perda de serviço ao público	Não	Não	Não	Não	Não
R3-Perda de herança cultural	Não	Não	Não	Não	Não
R4-Perda de valor econômico	Não	Não	Não	Não	Não

Custo anual das perdas (unidades monetárias) \$ Não calculado

RESULTADOS NA MEMÓRIA DE TRABALHO (VOLÁTIL)

	R_A	R_U	R_B	R_V	R_C	R_W	R₁
Última zona carregada na memória:	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
	NENHUMA	D1 - Ferimento	D2 - Danos físicos	D3 - Falhas de sistemas			
	Descarga na estrutura	Descarga na linha	Descarga na estrutura	Descarga na linha	Descarga na estrutura	Descarga na linha	

Figura 5.4 – Máscara do software TUPÃ versão 1.5, Resultados.

Um dos pontos de destaque do relatório final apresentado pelo software TUPÃ, na aba resultados, é a informação do custo anual das perdas em reais (R\$), valor esse que representa o custo que o proprietário do imóvel terá caso a edificação não tenha implanto o SPDA mais adequado e seja atingida por uma descarga atmosférica.

Modelando com software TUPÃ o prédio da Infraero, localizado no centro de Brasília, com o objetivo de exemplificar esse custo ao leitor, é dimensionado um prejuízo de 103 mil reais a Infraero, caso houvesse uma descarga atmosférica na sua edificação, partindo do princípio que ela não conste de um SPDA.

5.4.4. Densidade de Descargas Atmosféricas (N_g)

Dentre a introdução de várias particularidades, nesta Parte 2 da NBR 5419 de 2015 é constatado alterações quanto ao modo de obtenção da densidade de raios (N_g) da região.

Até quando a NBR 5419 de 2005 estava em vigência, a obtenção da densidade de raios (N_g) da região era estimada a partir da seguinte equação [57]:

$$N_g = 0,1.T_d \quad \text{(III)}$$

Em que T_d é o índice cerâmico da região, o qual pode ser consultado nos mapas isocerâmicos do anexo B da NBR 5419:2005. Entretanto, estes mapas foram frutos de um resultado de 1910 a 1951, sendo atualizados apenas para a região sudeste em 1971 a 1995. Todavia, não refletindo a atual realidade do Brasil.

Com a cooperação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, para a NBR 5419:2015 esta consulta passará adotar a densidade de raios (N_g) por região coletados pelo Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT).

Segundo Osmar Pinto Junior, coordenador do ELAT [17]:

Esta iniciativa estende os esforços do ELAT para reduzir os prejuízos causados pelos raios em nosso país, o país de maior incidência de raios do mundo.

Em Brasília, por exemplo, o ELAT do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais informa que a sua densidade de descargas atmosféricas é de $5,31 \text{ Km}^{-2}.\text{Ano}^{-1}$, conforme apresentado na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Densidade de Descargas Atmosféricas de Brasília (N_g). [17]

Município	UF	Densidade de descargas. $\text{Km}^{-2}.\text{Ano}^{-1}$
Brasília	DF	5,31

Quanto as Regiões Administrativas (RA) do Distrito Federal (DF), os atuais e respectivos valores de densidade de descargas atmosféricas por quilômetro quadrado por ano, estão listados abaixo na Tabela 5.4, em conformidade com o ELAT.

Tabela 5.4 – Densidade de Descargas Atmosféricas nas RA do DF (Ng). [17]

Regiões Administrativas do DF	Densidade de descargas.Km ⁻² .Ano ⁻¹	Ranking
RA II Gama	9,2	1°
RA XIII Santa Maria	8,6	2°
RA XV Recanto das Emas	7,7	3°
RA XVII Riacho Fundo	7,7	4°
RA XXI Riacho Fundo II	7,7	5°
RA XXIV Park Way	7,55	6°
RA IX Ceilândia	7,4	7°
RA XII Samambaia	7,4	8°
RA IV Brazlândia	7,3	9°
RA III Taguatinga	7,2	10°
RA VIII Núcleo Bandeirante	7,2	11°
RA X Guará	7,2	12°
RA XIX Candangolândia	7,2	13°
RA XX Águas Claras	7,2	14°
RA XXV SCIA	7,2	15°
RA XXIX SIA	7,2	16°
RA XXX Vicente Pires	7,2	17°
RA I Plano Piloto	6,9	18°
RA XI Cruzeiro	6,9	19°
RA XXII Sudoeste/Octogonal	6,9	20°
RA XIV São Sebastião	6,6	21°
RA XXVII Jardim Botânico	6,6	22°
RA VII Paranoá	6,3	23°
RA XVI Lago Sul	6,3	24°
RA XVIII Lago Norte	6,2	25°
RA XXIII Varjão	6,2	26°
RA V Sobradinho	5,7	27°
RA XXVI Sobradinho II	5,55	28°
RA VI Planaltina	5,4	29°
RA XXVIII Itapoã	5,4	30°
RA XXXI Fercal	5,39	31°

Em destaque, o Gama tem a maior densidade de descargas atmosféricas dentre todas as Regiões Administrativas do Distrito Federal, com Ng igual a 9,2 Km⁻².Ano⁻¹. Em contrapartida, a RA XXXI Fercal tem o menor valor, com Ng igual a 5,39 Km⁻².Ano⁻¹.

5.4.5. Método de Franklin do ângulo de proteção

Outra mudança na NBR 5419 de responsabilidade da Parte 3 consiste na avaliação do subsistema de captação utilizando o método de Franklin do ângulo de proteção.

Tabela 5.5 – Posicionamento de captores conforme o nível de proteção. [57]

Nível de proteção	h m	Ângulo de proteção (α) - método Franklin, em função da altura do captor (h) (ver Nota 1) e do nível de proteção					Largura do módulo da malha (ver Nota 2) m
		0 - 20 m	21 m - 30 m	31 m - 45 m	46 m - 60 m	> 60 m	
I	20	25°	¹⁾	¹⁾	¹⁾	²⁾	5
II	30	35°	25°	¹⁾	¹⁾	²⁾	10
III	45	45°	35°	25°	¹⁾	²⁾	10
IV	60	55°	45°	35°	25°	²⁾	20

R = raio da esfera rolante.

¹⁾ Aplicam-se somente os métodos eletrogeométrico, malha ou da gaiola de Faraday.

²⁾ Aplica-se somente o método da gaiola de Faraday.

NOTAS

1 Para escolha do nível de proteção, a altura é em relação ao solo e, para verificação da área protegida, é em relação ao plano horizontal a ser protegido.

2 O módulo da malha deverá constituir um anel fechado, com o comprimento não superior ao dobro da sua largura.

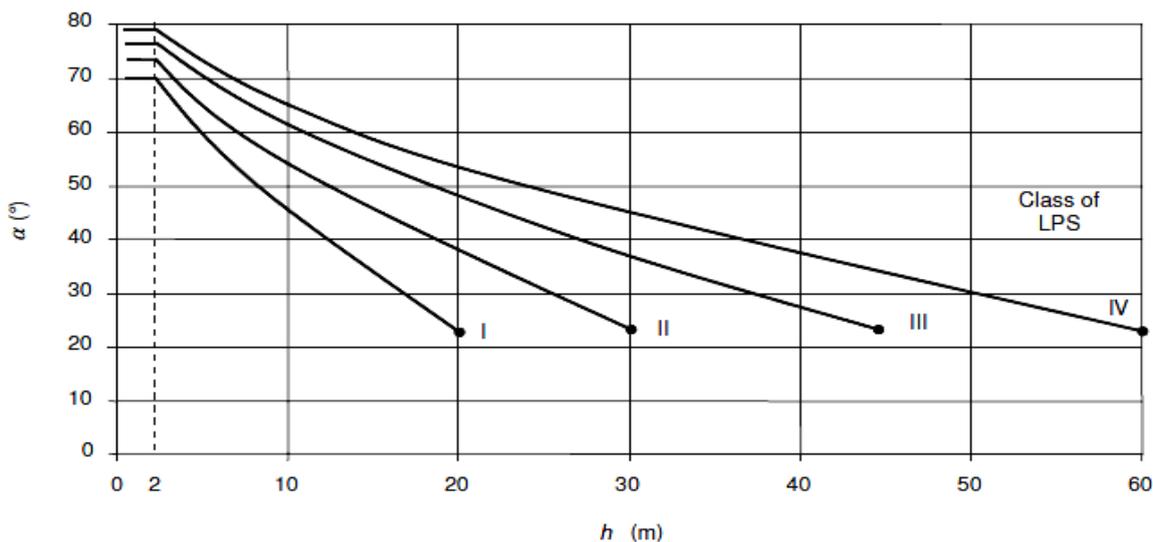


Gráfico 5.0 – Ângulo de proteção correspondente à classe de SPDA. [6]

A NBR 5419:2005 determinava o nível de proteção de um subsistema de captação, associando a distância de segurança a valores fixos de ângulo de proteção, conforme mostrado pela Tabela 5.5.

Com a NBR 5419:2015, a determinação quanto ao nível de proteção de um subsistema de captação, passaram a serem determinados pelas curvas do Gráfico 5.0.

O resultado dessa mudança constatou que método do ângulo de proteção de Franklin para subsistema de captação para a NBR 5419:2005 estava super dimensionado.

Exemplificando essa constatação, temos por base a ilustração da Figura 5.5, a qual mostra que para um nível de proteção Classe III do SPDA, um mastro de 5 metros é capaz de cobrir uma área para proteção muito maior segundo a NBR 5419:2015 do que antigamente por base da NBR 5419:2005.

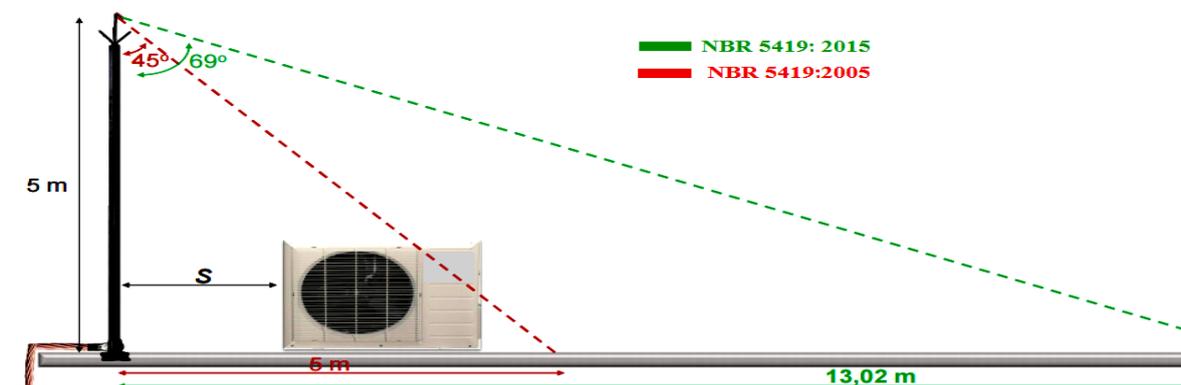


Figura 5.5 – Comparação da NBR 5419 entre versões 2005 e 2015
Ângulo de proteção correspondente à classe III de SPDA. [58]

5.4.6. Método da Gaiola de Faraday

O método de proteção referente a Gaiola de Faraday apresentou mudanças na NBR 5419:2015 quanto ao máximo afastamento dos condutores que forma a malha. Conforme a Tabela 5.6 ilustrada abaixo, estas malhas devem seguir fielmente a forma de um quadrado, o que resulta no uso de mais material. Fato este que não era tratado pela NBR 5419 de 2005 de forma tão rigorosa, conforme con pela Tabela 5.5.

Tabela 5.6 – Valores máximos dos raios de esfera rolante, tamanho da malha e ângulo de proteção correspondente a classe do SPDA. [6]

Classe SPDA	Método de Proteção	
	Raio da esfera rolante - R (m)	Máximo afastamento dos condutores de malha (m)
I	20	5 x 5
II	30	10 x 10
III	45	15 x 15
IV	60	20 x 20

5.4.7. Captores Especiais

Durante a vigência da NBR 5419 de 2005 eram proibidos o uso de captores especiais. Entretanto, visto ser uma norma técnica, esta imposição não era Lei. Dando margem para que existisse, na época, diversos captores especiais sendo utilizados.

Na nova norma, NBR 5419:2015, a utilização de captores especiais é permitido, mas com o uso restrito à pesquisa ou como proteção complementar.

No entanto, nem todos os captores especiais são permitidos pela NBR 5419:2015. Os captores não aceitos na nova NBR 5419 são os mesmos indicados pela IEC, os quais estão ilustrados abaixo pelas Figuras 5.6, 5.7 e 5.8 [58]:

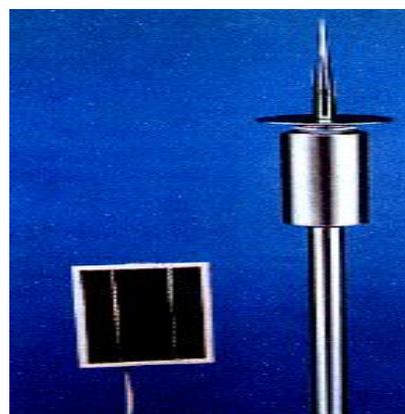
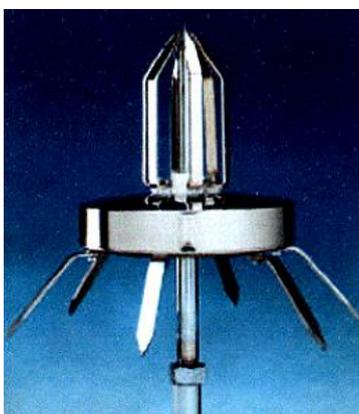
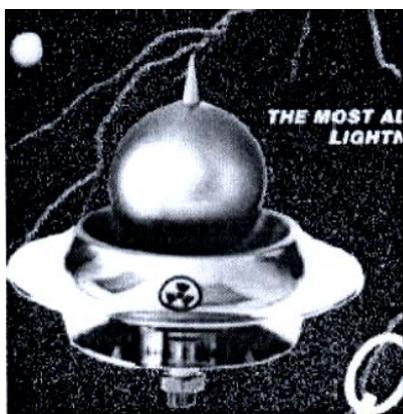


Figura 5.6 – *Terminal Radioativo* Figura 5.7 – *Sparking Ese* Figura 5.8 – *Voltage Pulsing Ese*.

Os captores radioativos também constam indicados como proibidos na resolução 04/89 da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) desde a sua publicação em 09/05/1989 no Diário Oficial da União (D.O.U). Estabelecendo a retirada de todos os captores radioativos e a suspensão da autorização para a fabricação e instalação deste tipo de captor. Justificando prejuízo a saúde das pessoas devido a emissão de partículas Americium (Am), além de relatarem também não sendo captores melhores dos convencionais.

5.4.8. Espaços dos condutores de descidas

O espaçamento dos condutores de descidas apresentaram alterações na nova norma, sendo reduzidos para os níveis de proteção II, III e IV, conforme ilustrados pelas Tabelas 5.7 e 5.8. Consequentemente, para a NBR 5419:2015, há um aumento da quantidade de material para os condutores de descida ao comparar com a NBR 5419:2005.

Tabela 5.7 – *Espaçamento médio dos condutores de descida não naturais conforme nível de proteção.* [57]

Nível de proteção	Espaçamento médio (metros)
I	10
II	15
III	20
IV	25

Tabela 5.8 – *Valores típicos de distância entre os condutores de descida e entre os anéis condutores de acordo com a classe de SPDA.* [6]

Classe do SPDA	Distância (metros)
I	10
II	10
III	15
IV	20

5.4.9. Componente de conexão ao cabo de descida do SPDA

Ao se tratar da Parte 3 da NBR 5419:2015, mais especificamente da descida do SPDA, o componente de conexão, conforme a Figura 5.9, quando existindo um SPDA estrutural não é mais obrigatório, mas ainda tem na norma. Porém, quando utilizado deve agora ficar o mais perto do aterramento.



Figura 5.9 – *Componente de conexão ao cabo de descida do SPDA.* [59]

5.4.10. Sistema de Aterramento

Quanto ao Sistema de Aterramento, a NBR 5419:2015 apresentou algumas mudanças, mas mantendo a finalidade de dissipar no solo as correntes das descargas atmosféricas.

A primeira mudança a se notar é a retirada do Arranjo “A”, a qual estabelecia no item 5.1.3.3.2 da NBR 5419:2005 os seguintes pontos:

Este arranjo é composto de eletrodos radiais (verticais, horizontais ou inclinados), sendo indicado para solos de baixa resistividade (até de 100 Ωm) e para pequenas estruturas (com perímetro até 25 m). [57]

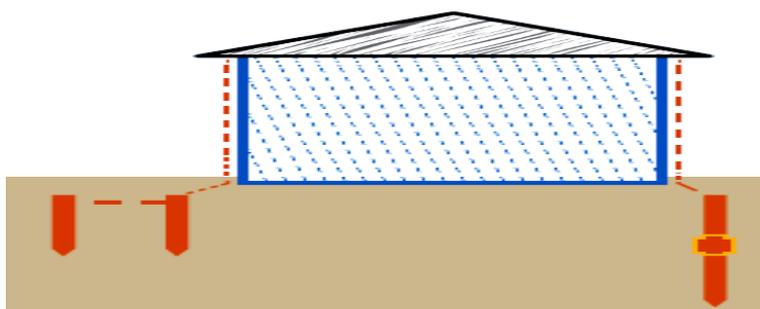


Figura 5.10 – Eletrodo de aterramento pontual. [53]

Com isso a NBR 5419 deixa de aceitar eletrodos não naturais de aterramento com aterramento pontual, conforme ilustrado pela Figura 5.10. Essa decisão foi tomada em prol de maior segurança das pessoas. Visto que para este tipo de sistema era necessário apresentar cuidados especiais em prol de uma possível aparição de tensões de passo perigosas.

A norma brasileira NBR 5419:2015, portanto, está dispondo apenas do que era representado pelo Arranjo “B” da NBR 5419:2005, aceitando eletrodos não naturais de aterramento com aterramento em anel.

Fato este que gerou certa surpresa, já que mesmo os conceitos do Arranjo “A” ainda fazem presentes na norma internacional da IEC, em que a NBR 5419 é signatária.

Desta forma, para o sistema de aterramento ser enquadrado pela NBR 5419:2015, passa a ser necessário adotar o condutor em anel para a instalação dos eletrodos de aterramento.

O eletrodo de aterramento em anel deve ser enterrado na profundidade de, no mínimo, 0,5 m e a distância aproximada de 1 a 2 m ao redor das paredes externas. [6]

Outra mudança a se notar referente ao sistema de aterramento é que a NBR 5419:2015 não menciona o valor de 10Ω para eletrodo de aterramento não natural. Valor este que era recomendado pela NBR 5419:2005 e adotado fielmente por muitas empresas e profissionais especializados como prova de qualidade no serviço de instalação de todo o SPDA.

No entanto, fundamentar toda a qualidade do SPDA em um único parâmetro, resistência do eletrodo a terra, é certamente bastante simplória e duvidosa, sendo contraditória a própria NBR 5419:2005.

Em conformidade a isso, o engenheiro eletricitista José Barbosa de Oliveira, membro da comissão de estudos CE 03:64.10, do CB-3 da ABNT, ratifica essas informações afirmando as seguintes questões:

Avaliar todo o SPDA somente e através de um relatório da resistência de aterramento é, no mínimo, uma irresponsabilidade muito grande. É muito possível um SPDA não atender sequer a uma linha da ABNT NBR 5419 e se obter do seu aterramento um valor menor que 10 ohms de resistência, principalmente quando não se aplicam os conceitos da ABNT NBR 15749:2009, que é a norma que regulamenta métodos para medição de resistência de aterramento. [60]

O sistema de aterramento, ilustrado pela Figura 5.11, é constituído do eletrodo, barramento de equipotencialização principal (*BEP*), barramento de aterramento local (*BEL*) e condutores de proteção (*fio terra*). O SPDA, ilustrado pela Figura 5.12, é constituído pela captação, descida e sistema de aterramento. Portanto, atestar a qualidade apenas por uma medição da resistência de 10Ω do eletrodo a terra é desprezar os parâmetros de todos os outros componentes do SPDA.

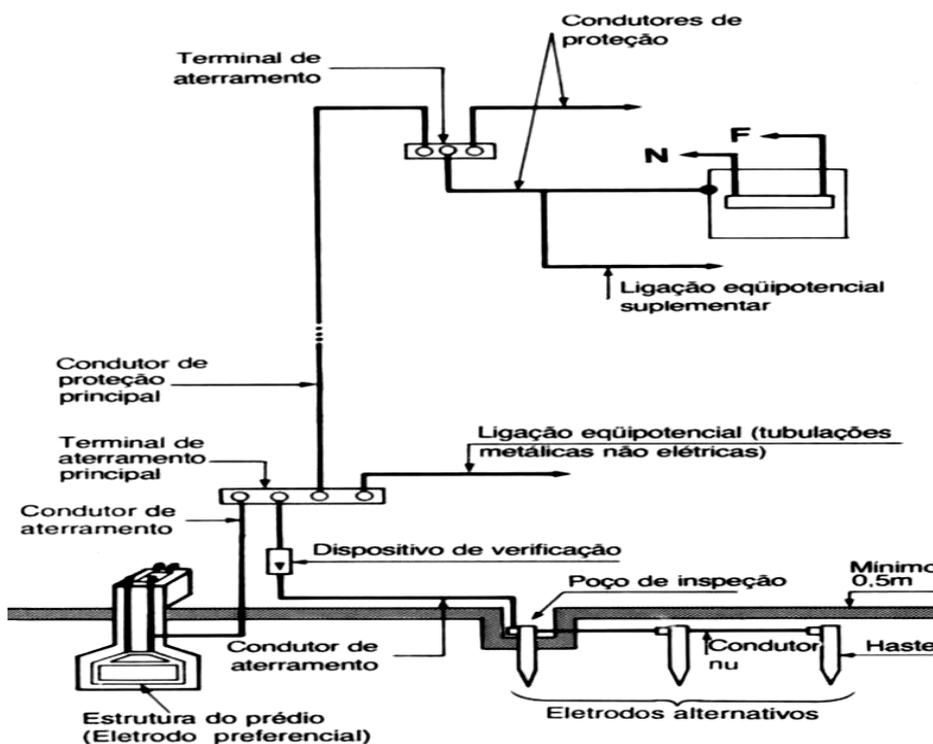


Figura 5.11 – Sistema de Aterramento. [3]

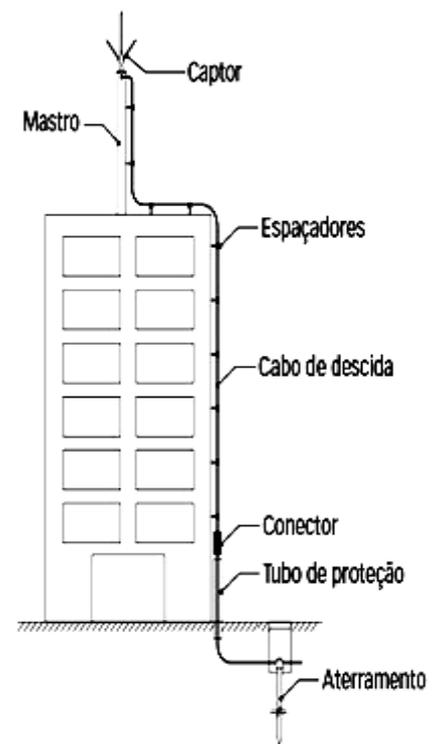


Figura 5.12 – SPDA. [3]

Sem o valor dos 10Ω na NBR 5419:2015, no entanto, muitos profissionais ficaram sem saber como proceder para executar um serviço de instalação do SPDA com qualidade.

Como a NBR 5419:2015 acertadamente não estabelecendo um valor de referência para a resistência de aterramento, devesse seguir todos os procedimentos de cálculo e análise prescritos pela norma para que o projeto de uma instalação de SPDA ateste qualidade.

Em base nisso, o engenheiro eletricitista Edson Martinho, diretor executivo da Abracopel, ratifica essas informações afirmando as seguintes questões:

A integridade dos eletrodos, a certeza das conexões entre o sistema de aterramento e os equipamentos, e também a avaliação de que estas conexões estão bem feitas, a equipotencialização do sistema e, principalmente, a avaliação do sistema como um todo devem fazer parte da confirmação para afirmar que o sistema de aterramento está OK. [3]

Há de se resaltar, contudo, que o valor da resistência de aterramento não deixa de ser importante para uma análise final do SPDA. Sendo o seu valor ideal o mínimo possível.

Para um SPDA convencional, a NBR 5419:2015 estabelece os seguintes procedimentos para determinar o valor mínimo da resistência de aterramento:

1. Dimensionar de um anel eletricamente contínuo ao longo de toda sua extensão, contornando todo o volume de proteção, tendo pelo menos 80% do seu comprimento enterrado a, no mínimo, 50 centímetros de profundidade e afastado em torno de 1 metro das paredes onde estão instalados os condutores de descidas.
2. Obter a relação $r_e \geq l_1$
 - r_e = Raio médio em metros do aterramento, conceito retirado do IEEE 80 (*aterramento*).
 - l_1 = Comprimento em metros de acordo com o SPDA classe I, II, III e IV.

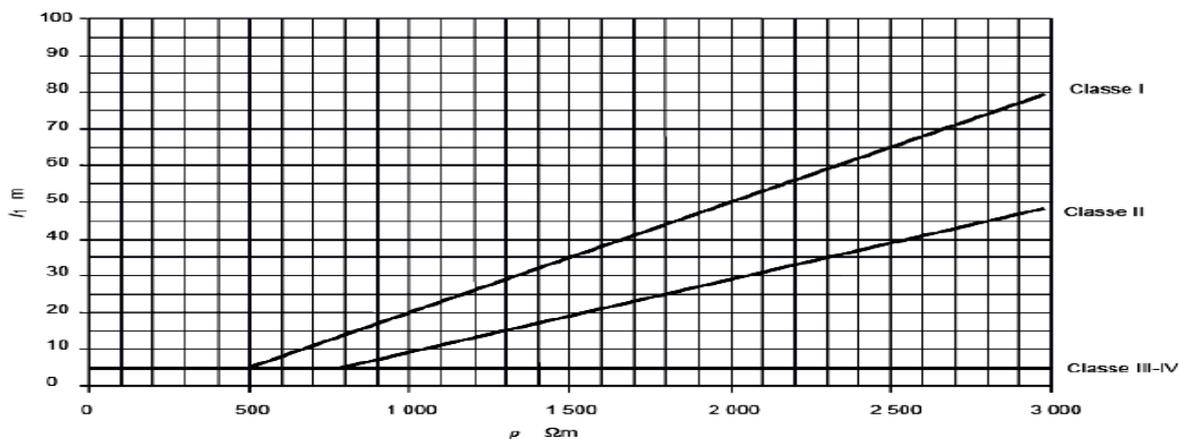


Gráfico 5.1 – Comprimento mínimo l_1 do eletrodo de aterramento de acordo com a classe do SPDA. [6]

Caso $l_1 \geq r_e$, devesse realizar a adição de novos eletrodos e seguir com as seguintes relações:

- $l_r = l_1 - r_e$ → adição de eletrodos horizontais
- $l_v = (l_1 - r_e)/2$ → adição de eletrodos verticais

Só devem-se usados eletrodos verticais adicionais se a primeira camada do solo for pior do que o da segunda camada. Ou seja, apenas quando a resistividade do solo da primeira camada for maior do a da segunda camada, $\rho_1 \geq \rho_2$.

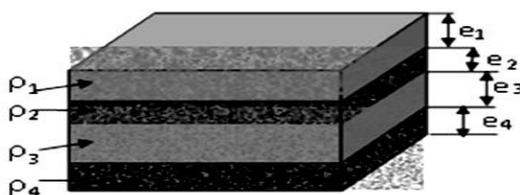


Figura 5.13 – Solo Estratificado. [61]

Legenda:

- Resistividade (ρ_1) e espessura (e_1) da camada de número 1
- Resistividade (ρ_2) e espessura (e_2) da camada de número 2
- Resistividade (ρ_3) e espessura (e_3) da camada de número 3
- Resistividade (ρ_4) e espessura (e_4) da camada de número 4

Segundo a ABNT NBR 7117, dedicada a Medição da Resistividade e Determinação da Estratificação do Solo, exib em sua norma as faixa de resistividade dos mais comuns tipos dos solos são:

Tabela 5.9 – Valores típicos de resistividade de alguns tipos de solo. [61]

Tipos de solo	Faixa de resistividades ($\Omega \cdot m$)
Água do mar	Menor do que 10
Alagadiço, limo, húmus, lama	Até 150
Água destilada	300
Argila	300 – 5.000
Calcário	500 – 5.000
Areia	1.000 – 8.000
Granito	1.500 – 10.000
Basalto	A partir de 10.000
Concreto	Molhado: 20 – 100 Úmido: 300 – 1000 Seco: 3 $k\Omega \cdot m$ – 2 $M\Omega \cdot m$

Todavia, para o sistema de aterramento do SDPA se faz necessário realizar a estratificação do solo, modelando um solo irregular num solo regular, visto porque em alguns casos os valores da Tabela 5.8 apresentam uma faixa muito grande de resistividade para cada tipo de solo.

Para um SPDA estrutural, a NBR 5419:2015 estabelece os seguintes procedimentos para determinar o valor mínimo da resistência de aterramento:

- A primeira medição ocorre quando ainda não há o SPDA na edificação. São realizadas medições de continuidade nas armaduras dos pilares da edificação para avaliar a possibilidade de implantação de um SPDA estrutural. As medições de continuidade devem ser menores do que 1 ohm.
- A segunda medição é para depois de concluído o SPDA estrutural. A medição de continuidade tem que ser menor do que 0,2 ohms. A medida é feita do BEP (ou caixa de inspeção) até o subsistema de captação (terminal aflorado do pilar).

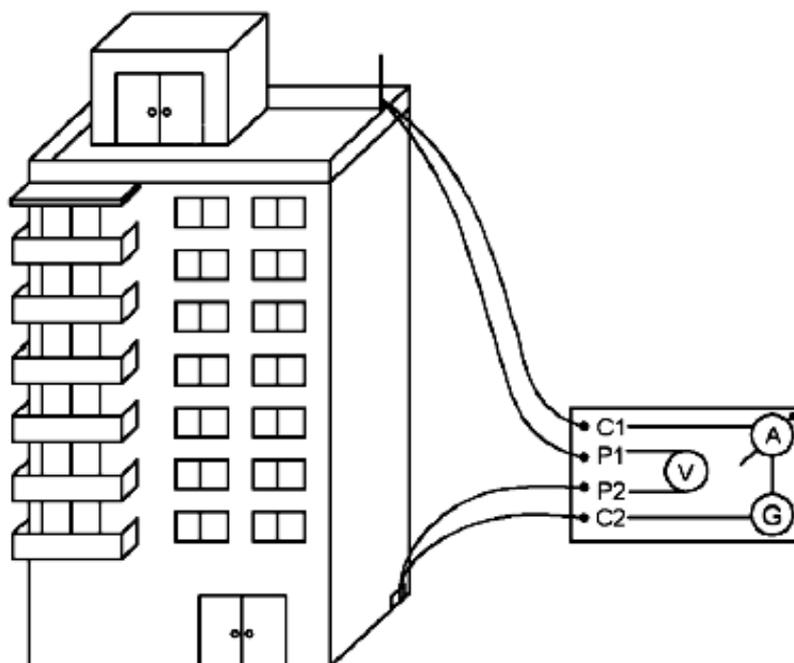


Figura 5.14 – Método de medição. [6]

Segundo José Barbosa de Oliveira [60]:

Sempre é bom lembrar que um aterramento, por meio das armaduras de aço eletricamente contínuas das fundações da estrutura, é a melhor solução e deverá ser observada antes de se adotar uma solução por elementos adicionais.

5.5. Correlações entre ABNT NBR 5419 e NR 10

A Norma Regulamentadora nº10 (*NR 10*), dedicada a Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, conforme o seu item 10.1.1 do regulamento, deixa a cargo da ABNT NBR 5419 as questões mais específicas referentes a Proteções contra Descargas Atmosféricas (*PDA*), tal como deixa a cargo da ABNT NBR 5410 as questões mais específicas referentes a Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

Todavia, para aplicabilidade da NBR 5419 devem também ser atendidos todos os requisitos trabalhistas determinados pela NR 10, tal como é feito para qualquer outra atividade profissional. Resaltando que os trabalhadores devam principalmente estar previamente treinados para exercerem a sua profissão com qualidade e segurança, sobretudo com a utilização dos adequados equipamentos de proteção coletiva (*EPC*) e dos equipamentos de proteção individual (*EPI*).

5.5.1. Documentações Técnicas

A NR 10, conforme o seu item 10.2.4 letra b, determina que os documentos técnicos referentes a proteções contra descargas elétricas constituam no Prontuário de Instalações Elétricas.

Documentos estes, tal como o projeto, devem ser feitos por uma empresa especializada em Proteção contra Descargas Atmosféricas (*PDA*). Devendo rigorosamente constar de estudos preliminares de riscos e indicações do uso adequado de medidas de segurança conforme a nova norma da NBR 5419 de 2015.

Segundo a NBR 5410:2015, os documentos técnicos de PDA devem comportar de:

- Verificação de necessidade do SPDA (externo e interno), além da seleção do respectivo nível de proteção para a estrutura, por meio de um relatório de análise de risco;
- Desenhos em escala mostrando as dimensões, os materiais e as posições de todos os componentes do SPDA externo e interno;
- Quando aplicável, os dados sobre a natureza e a resistividade do solo. Constando detalhes relativos à estratificação do solo, ou seja, o número de camadas, a espessura e o valor da resistividade de cada uma;
- Registro de ensaios realizados no eletrodo de aterramento e outras medidas tomadas em relação a prevenção contra as tensões de toque e passo.

- Verificação da integridade física do eletrodo (continuidade elétrica dos condutores) e se o emprego de medidas adicionais no local foi necessário para mitigar tais fenômenos (acréscimo de materiais isolantes, afastamento do local, etc.), descrevendo-o.

5.5.2. Inspeções Técnicas

Posteriormente a instalação do SPDA com as suas adequadas MPS, faz necessária a realização de periódicas inspeções, conseqüentemente de atualizações dos documentos técnicos referente a PDA. Sendo este, um serviço dependente de vários fatores, como a finalidade de uso da edificação, o grau de proteção e do sistema utilizado. Porém, de responsabilidade exclusiva de profissionais técnicos legalmente habilitados, de acordo com as suas atribuições profissionais, conforme determina a legislação específica do Conselho Federal de Engenharia e Arquitetura (*CONFEA*).

Diferente da NR 10, a NBR 5419:2015 define para as instalações de PDA a periodicidade em que se devem ocorrer as inspeções, conforme listado abaixo:

- 1 ano, para estruturas contendo munição ou explosivos, ou em locais expostos à corrosão atmosférica severa (regiões litorâneas, ambientes industriais com atmosfera agressiva etc.), ou ainda estruturas pertencentes a fornecedoras de serviços considerados essenciais (energia, água, telecomunicações etc.);
- 3 anos, para as demais estruturas.

5.6. Correlações entre ABNT NBR 5419 e NBR 5410

A ABNT NBR 5410 se correlaciona com a ABNT NBR 5419 de modo complementar as tratativas de instalações elétricas de baixa tensão em edificações com projetos de proteção contra descargas atmosféricas. Ou seja, para este cenário, a utilização destas duas normas técnicas devem se fazer presentes no início do projeto, na execução do projeto e, sobretudo nas suas futuras e periódicas manutenções. Não dando mais importância a uma norma com relação à outra, visto porque tratam de temas distintos, apesar de estarem exercendo as suas respectivas funções conectados pela mesma instalação elétrica.

A ABNT NBR 5410:2004, dedicada a Instalações elétricas de baixa tensão, apresentando versão corrigida em 2008 após a sua última validação em 2005, traz em entre suas referências normativas a ABNT NBR 5419 de 2001. Condição que sustenta que nada foi mudado na NBR 5410:2004 com a sua versão corrigida perante questões que envolvessem a NBR 5419 de 2005.

Portando, infelizmente em alguns pontos dentre as normas NBR 5410:2005 e NBR 5419:2015 estão atualmente em discordância técnica, muito por existir 10 anos de diferença entre suas respectivas datas de publicação.

No entanto, há de resaltar que a NBR 5410 está em fase de revisão. Desta forma, há de se esperar que as diferenças técnicas que envolvem a NBR 5419:2015 sejam suprimidas.

5.6.1. Uso do Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS)

Uma das discordâncias entre a NBR 5410 e NBR 5419 está sobre o uso do DPS.

A NBR 5410:2005 abre espaço para uma interpretação de que o DPS não é obrigatório para alguns cenários no que se refere à proteção contra sobretensões transitórias em linhas de energia ocasionadas por descargas atmosféricas indiretas ou diretas. Fato este que é sustentado pela seguinte afirmação:

NOTA: Admite-se que a proteção contra sobretensões exigida em 5.4.2.1.1 possa não ser provida se as consequências dessa omissão, do ponto de vista estritamente material, constituírem um risco calculado e assumido. [57]

A possível interpretação de que o uso do DPS é não obrigatória, segunda a NBR 5410, é devido da utilização da palavra “possa” invés de “deve” na nota destacada acima e prescrita logo após o item 5.4.2.1.1 da NBR 5410:2010.

Enquanto que a NBR 5419:2015 estabelece que o DPS seja utilizado sem restrições de cenário. Fato sustentando ao afirmar a seguinte prescrição no seu anexo B9:

Para limitar surtos conduzidos devido descargas atmosféricas nas linhas elétricas, DPS devem ser instalados na entrada de qualquer ZPR interna. [6]

Surto: efeitos transitórios causados por LEMP que aparecem na forma de sobretensões e/ou sobrecorrente. [6]

5.6.2. Localização do Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS)

Outra discordância entre a NBR 5410:2005 e a NBR 5419:2015 é a respeito da localização do DPS quando tratado para proteção contra descargas atmosféricas.

Na NBR 5419:2015-Parte 3 é estabelecido colocar o DPS no quadro de distribuição principal (QDP), o qual deve estar entre a *ZPR 0* e a *ZPR 1*, conforme ilustrado pela Figura 5.15 e prescrito no seu anexo C.2.2 da seguinte maneira:

Na entrada da linha na estrutura (na fronteira da ZPR 1, ou seja, no quadro de distribuição principal QDP). [6]

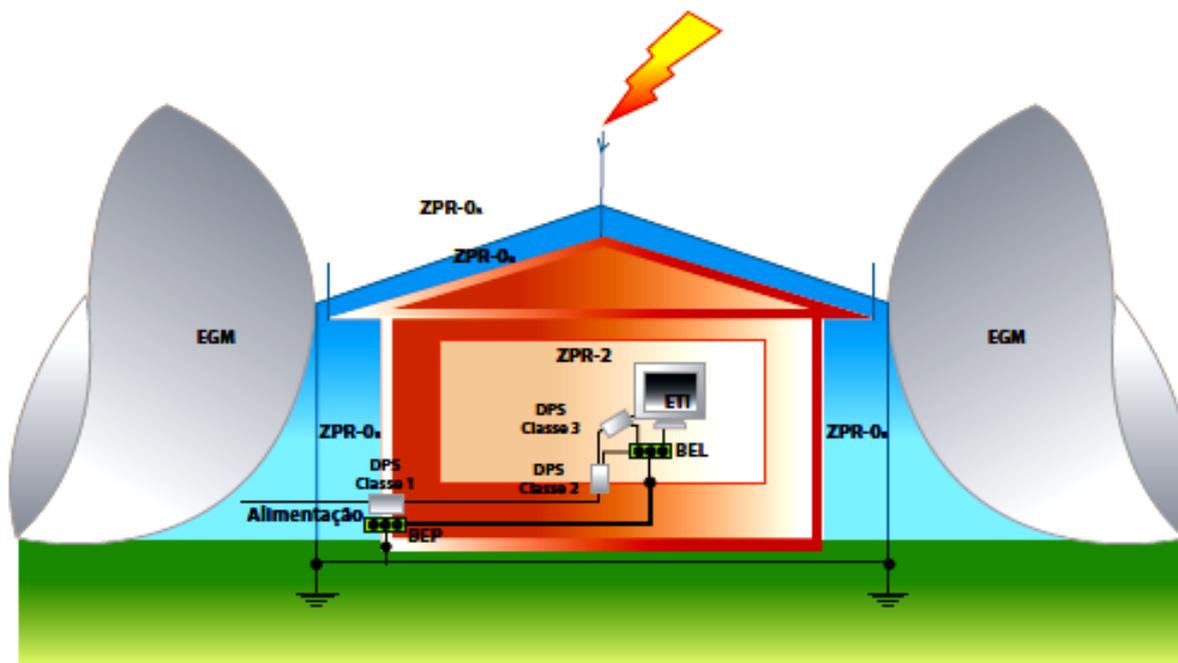


Figura 5.15 – Localização do DPS segundo a NBR 5419:2015. [53]

Legenda:

- ZPR_{0A} - Zona susceptível a incidência direta de raios (zona 0A);
- ZPR_{0B} - Zona protegida pelo SPDA (zona 0B);
- ZPR 1 - Zona onde se encontra o QDP da edificação, onde está instalado o BEP (zona 1);
- ZPR 2 - Zona onde se encontram QDs ou ETIs (zona 2).

Enquanto que na NBR 5410:2004 é proposto duas opções para instalação do DPS para proteção contra descargas atmosféricas.

A primeira opção, estabelecida pela classe I de proteção, define a localização do DPS no mesmo ponto definido pela NBR 5419:2015-Parte 3. Ou seja, deve ser instalado no ponto de entrada da edificação, conforme ilustrado pela Figura 5.16.

Ponto de entrada: Ponto em que uma linha externa penetra na edificação. (NBR 5410 – item 3.4.4). [5]

A segunda opção, estabelecida pela classe II de proteção, define a localização do DPS no ponto de entrega, ou seja, no ponto de encontro da distribuidora de eletricidade e a unidade consumidora. Cenário, ilustrado pela Figura 5.17, concedido quando há uma definição por parte da autoridade reguladora da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) delimitando as responsabilidades da distribuidora.

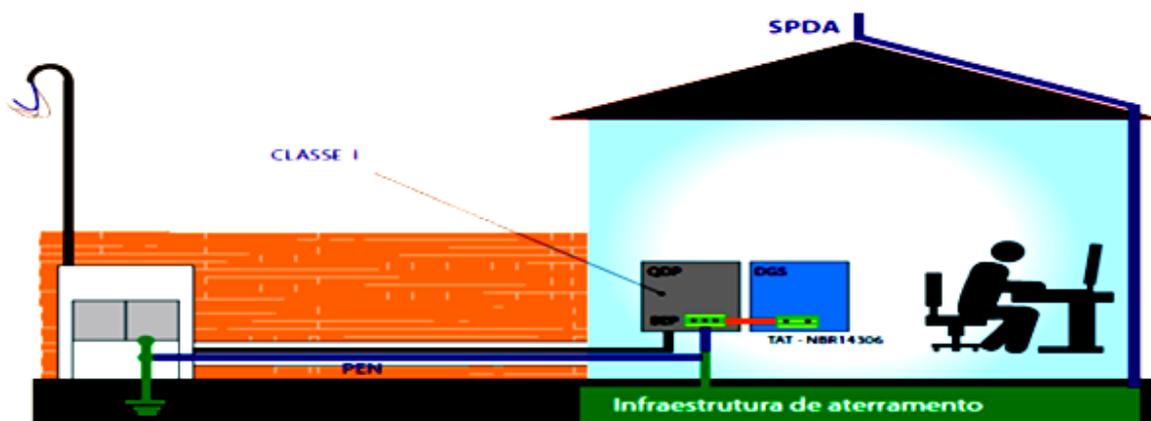


Figura 5.16 – DPS Classe I no ponto de entrada – NBR 5419:2005. [53]

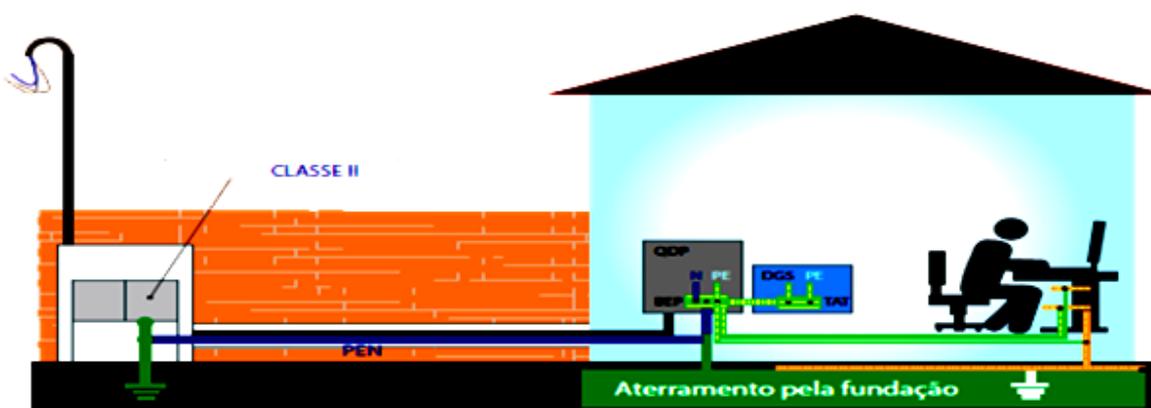


Figura 5.17 – DPS Classe II no ponto de entrega – NBR 5419:2005. [53]

5.6.3. Referência de equipotencialização

Entretanto, nem só de discordância há entre a NBR 5410:2005 e a NBR 5419:2015.

A NBR 5410:2005 completa a NBR 5419:2015 quanto à determinação da referência de equipotencialização.

Isso de tal forma, informando que a referência de equipotencialização deve ser a mais próxima possível, podendo ser o barramento de equipotencialização principal (*BEP*), a barra de terra do distribuidor geral (*DG*), o barramento de equipotencialização local (*BEL*), a barra de condutores de proteção (*PE*) ou, ainda, caso o DPS seja instalado junto a algum equipamento, o terminal vinculado à massa desse equipamento.

5.7. Importância da NBR 5419 para as Engenharias

A importância da NBR 5419 para um engenheiro projetista de proteções de descargas atmosféricas para edificações é tão quanto da NBR 5410 para um projetista de instalações elétricas de baixa tensão. O projetista, essencialmente um engenheiro eletricitista, pode ser até o mesmo, mas a importância de cada norma se faz valer da mesma maneira, visto nenhuma se sobressair sobre a outra.

Esta atitude cabe a se estender por todas as aplicações das outras engenharias. Fazendo por necessário uma harmonia entre todas as partes para que no fim se alcance um resultado de qualidade e segurança para o estabelecimento.

A NBR 5419, dedicada a PDA, no entanto, vem sobressaindo das outras normas técnicas do setor elétrico, mas apenas quanto ao status de segundo documento da ABNT mais procurado e consultado do país. Ou seja, constando grande interesse dos profissionais da área e possivelmente de profissionais que dependem e trabalham em paralelo com projetos de PDA. Isso, possivelmente procedente das grandes mudanças que a NBR 5419 vem impondo para os atuais e novos estabelecimentos.

As várias revisões certamente elevaram o grau de complexidade da NBR 5419, proporcionando com isso uma maior valorização do engenheiro eletricitista, provando de todos os modos que os conceitos que envolvem descargas atmosféricas se fazem necessário do entendimento de um especialista.

Todavia, a NBR 5419 de 2015, não só se dispõe de procedimentos de caráter elétrico para implantação de PDA. As análises de risco, determinantes para se estabelecer as adequadas medidas de proteção, também entram na questão do custo-benefício do projeto. Dando também fortes ferramentas para o engenheiro para questões econômicas. Impulsionando com isso, uma maior necessidade de casamento por parte de toda engenharia do estabelecimento para até mesmo viabilizar o projeto.

A adoção do SPDA estrutural pode ser o melhor caminho para resultar no melhor casamento entre a aplicação da NBR 5419:2015 e as outras engenharias. Fazendo por necessário, por exemplo, do conhecimento do engenheiro civil, visto que para este tipo de projeto são aproveitadas as armaduras de aço do concreto armado que dão forma e sustento a edificação. Resultando num estabelecimento que oferece além de plena segurança, ganho estético para a fachada das edificações e redução de custo principalmente com relação as futuras manutenções.

6. ANÁLISE DE CAMPO

Neste trabalho, a análise de campo consistiu de um estudo exploratório nas edificações prediais do Distrito Federal com o objetivo de averiguar como a NR 10, NBR 5410 e a NBR 5419 têm sido aplicadas na prática.

Este estudo integrou vistoriais tanto em edificações prediais em construção, quanto em edificações prediais já construídas, além de entrevistas tanto de quem trabalha com eletricidade quanto de quem usa a eletricidade.

6.1. NR 10

Sustentando o que já era observado na grande parte do Brasil pelo engenheiro eletricitista Edson Martinho, diretor executivo da Abracopel, o item mais discutido pelas empresas de construção civil do Distrito Federal quando se trata da NR 10 é o curso básico de 40h.

O curso de 40h da NR 10, certamente é um item importante da norma regulamentadora, dispondo em sala de aula de orientações aos profissionais que em campo irão trabalhar de forma direta ou indireta com a eletricidade, alertando-os contra o choque elétrico e indicando quais as essenciais tomadas de segurança que devem ser feitas para execuções de serviços com eletricidade.

Apesar de a norma regulamentadora ser aplicada aos profissionais que trabalham com eletricidade e não as empresas, o requerimento deste curso se tem feito mais pelas exigências das empresas do que pelo próprio interesse dos profissionais.

Segundo o instrutor de treinamentos da NR 10, há a mais de 10 anos, engenheiro eletricitista Everton Moraes, a maioria dos profissionais que fazem o curso de 40 horas, fazem por serem meramente obrigados.

Todas as empresas analisadas neste trabalho afirmaram que os seus profissionais tinham o curso de 40h da NR 10, ministrados pelo SENAI ou por empresas particulares.

No entanto, essa constatação se deve muito em prol de fiscalizações para que se haja o cumprimento da Lei Federal oriunda do Ministério do Trabalho e Emprego. Ou seja, muito se tem preocupado com o cumprimento das condições jurídicas invés das condições técnicas adotadas, conforme resalta o diretor executivo da Abracopel, Edson Martinho [3]:

A fiscalização é algo inerente à cultura do brasileiro, que precisa ter um fiscal terceiro para dizer que a instalação elétrica está errada.

Situação essa que ainda fica mais difícil com as constantes greves dos profissionais responsáveis pelas fiscalizações.

Não só do curso de 40h, a NR 10 é constituída também por determinações que abrangem medidas de controle, visando proteção tanto de modo coletivo quanto de modo individual para profissional.

Para proteção coletiva, as empresas têm atendendo a NR 10, estabelecendo a realização de desenergização como prioridade para execução de serviços com eletricidade. Destacando também o uso de barreiras físicas para evitar acidentes com altura, visto ser apontada como a segunda maior causa de mortes nas obras, atrás apenas do choque elétrico.

Para proteção individual, foi observado nas vistorias o uso do EPI adequado para o tipo de serviço que o profissional estava executando. No entanto, há de se resaltar, a partir de relatos de profissionais, um histórico recorrente do uso da proteção individual independentemente da tarefa.



Figuras 6.0 e 6.1 – Análise Campo segundo a NR 10.

6.1.1. Visão da Sociedade

A NR 10 só surgiu pelas insistentes pressões da sociedade brasileira nos políticos que regiam o país na década de 60 e 70. Naquele tempo, os números de ocorrências de acidentes por choque elétrico nas obras e indústrias eram já inaceitáveis para época. Atualmente a sociedade ainda continua insistindo e exigindo um número cada vez menor de acidentes por choque elétrico. Ainda mais com a tamanha facilidade que temos de divulgar maneiras de se obter segurança trabalhando com eletricidade.

A sociedade não mais aceita que as empresas estabeleçam os seus custos como prioridade na frente da segurança dos seus funcionários.

6.2. ABNT NBR 5410

Nas edificações prediais em construção vistoriadas, constatou-se que a NBR 5410, tem sido intensamente aplicada. Fato que se deve muito pelos já enraizados conceitos da norma dentre os projetistas, tanto engenheiros eletricitas quanto engenheiros civis, visto que faz mais de dez anos desde que a última versão da norma entrou em vigor, em 2004, e a sua versão corrigida, em 2008.

Exemplificando, temos na Figura 6.2 a devida aplicação da NBR 5410 ao identificar os componentes de iluminação e tomada por toda a instalação elétrica da obra em construção. Baseada na NBR 5410 a partir da seguinte prescrição do seu item 6.1.5.1 [5]:

Placas, etiquetas e outros meios adequados de identificação devem permitir identificar a finalidade dos dispositivos de comando, manobra e/ou proteção, a menos que não exista nenhuma possibilidade de confusão.



Figura 6.2 – Identificação dos componentes de iluminação e tomada.

Entretanto, há de se ressaltar a constatação de que dentre os engenheiros executores da obra, apesar de serem conhecedores da existência da NBR 5410, não demonstram grande interesse em confrontar o que está determinado pelo projeto e o que é estabelecido pela NBR 5410. Creditando, portanto, que todos os pontos definidos no projeto estão corretos.

6.2.1. Visão da Sociedade

Para a sociedade, a NBR 5410, sendo apenas uma norma técnica da ABNT, ou seja, não sendo uma Lei propriamente dita, é por muitas vezes deixada de ser cumprida. Abrindo espaço para um desinteresse da norma e, conseqüentemente, do seu desconhecimento.

Entretanto, não é apenas a fato da norma não ser Lei ou da desinformação da sociedade que tem colocado em risco a segurança nas instalações elétricas. Os custos de projetos e aplicação são relatados pela sociedade como um aspecto significativo para esta questão.

Todavia, deveria se entendido que os custos valessem apenas em prol da segurança.

Exemplificando com um cenário de que a sociedade, em parte, não se incomoda tanto com a segurança das instalações elétricas, a Figura 6.4 ilustra uma maneira que vem sendo empregada nas residências para utilizar eletrodomésticos com plugues 2P+T (2 Pólos+Terra) em tomadas antigas com apenas duas entradas (2 Pólos), Figura 6.3.



Figura 6.3

Tomada antiga (2P)



Figura 6.4

Uso de adaptadores para compatibilidade de tomadas e eletrodomésticos



Figura 6.5

Plugue tipo N (2P+T)

O uso de adaptadores são atos recorrentes da sociedade para utilizar, em tomadas antigas do tipo 2P, eletrodomésticos com os plugues em de acordo com ABNT NBR 14136:2012. Eliminando desta forma o essencial condutor de proteção, o fio terra, por comodidade e desinteresse perante as normas elétricas de segurança.

Além desse, muitos outros atos de irregularidades são cometidos pela sociedade. Situação que sustenta do por que tantos acidentes por choque elétrico ocorrem nas instalações elétricas residenciais.

Ilustrada na Figura 6.6, o uso de adaptadores de maneira inadequada, uma única tomada da copa de um escritório situado no centro da capital federal, alimenta vários eletrodomésticos por meio da utilização de adaptadores permanentes.

Nesse cenário supracitado, uma sobrecarga pode acontecer, podendo com isso ser gerado um aquecimento anormal da tomada, ocasionando risco eminente para ocorrência de incêndio. Ainda mais porque os adaptadores têm proteções inferiores dos estabelecidos pelas tomadas.



Figura 6.6 - Adaptadores de tomada em uso permanente por vários eletrodomésticos.

Outro cenário encontrado é a presença de eletrodomésticos com o fio terra sem conexão no seu plugue, conforme ilustrado pela Figura 6.7. Dessa forma, o condutor de proteção fica sem função, muitas vezes largado, não dando segurança ao usuário quando há surtos de corrente.



Figura 6.7 - Fio terra sem conexão no plugue do eletrodoméstico.

Há de se resaltar que atualmente nas lojas do Distrito Federal foram encontrados sendo vendidos apenas eletrodomésticos com plugues tipo N ($2P+T$), conforme as normas.

Além do condutor de proteção, fio terra, a NBR 5410 estabelece também o uso do dispositivo diferencial residual (*DR*) nas instalações elétricas de baixa tensão para proteção das pessoas contra os efeitos do choque elétrico por contato direto ou indireto, causados por fuga de corrente.

Quando o fio terra não desvia 100% a corrente de defeito, o DR irá proteger a pessoa. Visto que ao detectar uma fuga de corrente na instalação, o dispositivo DR desliga o circuito imediatamente.

O uso do DR de alta sensibilidade segue as seguintes prescrições segundo a NBR 5410:

O uso de dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual com corrente diferencial-residual nominal $I_{\Delta n}$ igual ou inferior a 30 mA é reconhecido como proteção adicional contra choques elétricos [5].

A proteção adicional provida pelo uso de dispositivo diferencial-residual de alta sensibilidade visa casos como os de falha de outros meios de proteção e de descuido ou imprudência do usuário [5].

A não presença do condutor de proteção e muito menos do dispositivo diferencial residual (*DR*), foram observadas ainda em muitas casas no Distrito Federal, portanto, fora dos padrões de segurança estabelecido pela NBR 5410.

A necessidade de mudança, portanto, é iminente, mesmo que isso implique num aumento de custo. Empregando sempre um profissional habilitado para as devidas adequações. Não podendo a sociedade se contentar apenas, por exemplo, se o eletrodoméstico está ou não funcionando para afirmar se está sendo utilizado corretamente, como é dito por muitos curiosos. Devendo pensar também na sua segurança, conforme ratifica abaixo o engenheiro eletricista Hilton Moreno, membro da comissão de estudos da NBR 5410.

Em primeiro lugar, as pessoas devem estar cientes de que as instalações elétricas devem ser executadas dentro de um padrão mínimo de qualidade, realizadas sob os cuidados de profissionais habilitados e qualificados para lidar com todos os assuntos que envolvem o ramo de instalações elétricas e utilizando produtos confiáveis e bem dimensionados. Caso isto não ocorra, elas poderão estar em situação de perigo de acidentes, que podem levar até a morte. Em outras palavras, a população deve sempre recorrer aos serviços de especialistas e nunca contratar curiosos no tema [62].

6.3. NBR 5419

A NBR 5419, norma técnica dedica a proteção contra descargas atmosféricas, está em destaque para os engenheiros projetistas de edificações prediais, visto o texto em vigor ter gerado grandes mudanças perante a norma anterior. Fato que levou muitos destes engenheiros a procurar os cursos da ABNT instruídos pelos próprios membros da comissão de estudo da norma.

No entanto, a análise de campo no Distrito Federal constatou o desconhecimento da vigência da nova norma NBR 5419 por parte dos engenheiros executores das obras em andamento, sendo eles da elétrica ou civil. Fato que pode contribuir para serem instalados SPDA não enquadrados dos novos procedimentos da NBR 5419. Ou seja, de maneira errada.

6.3.1. Erros no SPDA – Falta de Manutenção

No entanto, nas inspeções visuais não foram encontrados somente erros considerados novos perante o novo texto da NBR 5419, mas também foram encontrados erros no SPDA que estavam constados na NBR 5419 desde a norma antiga.

As Figuras 6.8 e 6.9, por exemplo, ilustram erros no SPDA simplesmente por falta de manutenção. Tanto o anel superior do SPDA da Figura 6.8, quanto a descida do SPDA da Figura 6.9, devem ser tensionado para uma melhor eficácia do sistema, em prol de inibir o potencial surgimento de arco elétrico.



Figura 6.8 – Anel superior não tensionado.



Figura 6.9 – Descida não tensionada.

6.3.2. Erro de SPDA – Uso inapropriado de material

A NBR 5429:2015-Parte 3, dedicada a danos físicos a estruturas e perigos à vida, estabelece quais componentes podem fazer parte de um SPDA e para quais cenários, conforme ilustrado pela Tabela 6.0. Circunstancias fundamentada perante o quanto estes componentes suportam os efeitos eletromagnéticos da corrente de descarga atmosférica.

Tabela 6.0 – *Materiais para SPDA e condições de utilização.* [6]

Material	Utilização				Corrosão		
	Ao ar livre	Na terra	No concreto ou reboco	No cobre armado	Resistência	Aumento por	Podem ser destruídos por acoplamento galvânico
Cobre	Maciço Encordoado Como cobertura	Maciço Encordoado Como cobertura	Maciço Encordoado Como cobertura	Não permitido	Boa em muitos ambientes	Composto sulfurados Materiais orgânicos Altos conteúdos de cloreto	-
Aço galvanizado a quente	Maciço Encordoado	Maciço Encordoado	Maciço Encordoado	Maciço Encordoado	Aceitável no ar, em concreto e em solos salubres.	Altos conteúdos de cloreto	Cobre
Aço inoxidável	Maciço Encordoado	Maciço Encordoado	Maciço Encordoado	Maciço Encordoado	Bom em muitos ambientes	Altos conteúdos de cloreto	-
Aço revestido por cobre	Maciço Encordoado	Maciço Encordoado	Maciço Encordoado	Não permitido	Bom em muitos ambientes	Compostos sulfurados	-
Alumínio	Maciço Encordoado	Não permitido	Não permitido	Não permitido	Bom em atmosferas contendo baixas concentrações de sulfurados e cloretos	Soluções alcalinas	Cobre

A Figura 6.10, por exemplo, ilustra um o cabo de cobre da descida do SPDA entrando na edificação predial. Cenário este proibido, segundo a Tabela 6.0 da NBR 5419:2015.

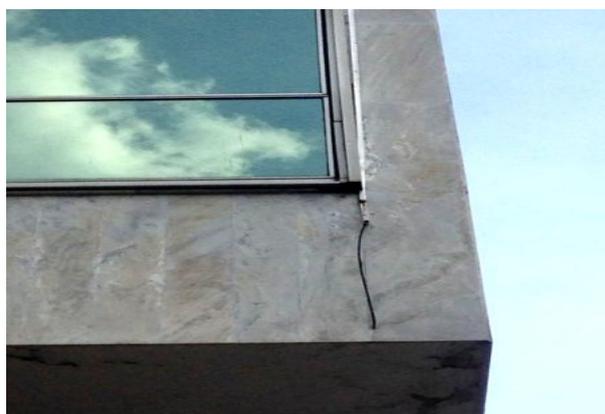


Figura 6.10 – *Descida com uso inapropriado de material.*

Situação sustentada pelo fato de a estrutura da edificação poder ser comprometida no ato da descarga atmosférica devido à alta corrente que passa no cabo de descida.

6.3.3. Rachaduras nas fachadas das edificações

As rachaduras nas fachadas das edificações são consideradas comuns nos grandes prédios. Decorrendo da ocorrência de descarga lateral entre o cabo de descida e a estrutura de ferro de dentro do prédio, conforme ilustrado pela Figura 6.11.



Figura 6.11 – Descarga lateral nas edificações prediais. [63]

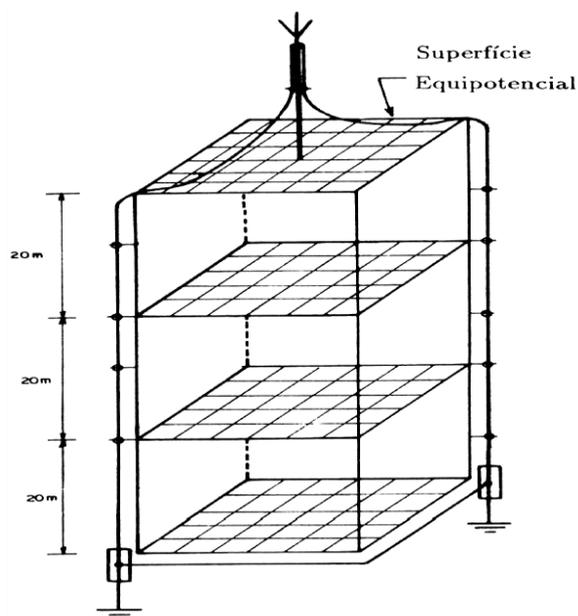


Figura 6.12 – Superfície Equipotencial. [63]

A descarga atmosférica, quando atinge o sistema de captação do SPDA, tem em seguida a corrente da descarga atmosférica passando pelo cabo de descida. Nesse momento pode ser gerada uma grande diferença de potencial entre o cabo de descida e o ferro de dentro da estrutura da edificação, caso o SPDA não for bem feito, ocorrendo então o centelhamento na fachada do prédio.

Portanto, para se evitar esse problema deve-se usar anel intermediário nas edificações de acordo com a NBR 5419:2015, conforme ilustrado pela Figura 6.12.

A NBR 5419:2015, no entanto, destaca as edificações acima de 60 metros de altura, acrescentando ainda da necessidade de implantação também de malha lateral.

Segundo a NBR 5419:2015, nas edificações maiores de 60 metros, depois dos seus 80% se iniciando do solo, são acrescentados malha na lateral do prédio com nível de proteção mínimo de IV (20 metros x 20 metros). Sendo elas obrigatoriamente ligadas aos condutores de descida.

6.3.4. Vantagens do SPDA estrutural a partir da análise de campo

- Facilidade de instalação;
- Custo de instalação e manutenção inferior ao do SPDA convencional;
- Blindagens aos campos eletromagnéticos;
- Interligações equipotenciais.

Além destes pontos supracitados, há de se destacar também que o SPDA estrutural não corre o risco de ter um dos seus componentes roubados, visto estar tudo embutido no concreto armado da edificação.

Situação que, infelizmente, tem ocorrido nos prédios do Distrito Federal quando implantado o SPDA convencional, conforme a Figura 6.13, ilustrando a ausência dos cabos que compõem o anel superior do SPDA devido a ocorrência de furto.



Figura 6.13 – Anel superior roubado do SPDA convencional.

No entanto, alguns profissionais ainda contestam o SPDA estrutural. Alegando, por exemplo, ser incomodo quebrar o concreto para acesso às ferragens estruturais, a fim de se realizar testes de continuidade elétrica, aterramento de massas metálicas e interligação com os barramentos de equipotencialização, conforme ilustrado pela Figura 6.14.



Figura 6.14 – Teste de Continuidade. [64]

As ferragens estruturais desejadas podem ser o Re-bar (*Reinforcing bars*). O qual tem sido ainda muito presente na implantação de SPDA estrutural. Apesar de muitos engenheiros eletricitas alegarem a não necessidade de Re-bar, a não ser em estabelecimentos de alvenaria, os engenheiros civis tem feito questão.

Nas vistorias, foi constatado que para edificações prediais com SPDA estrutural tem se cumprido os testes de continuidade, aterramento de massas metálicas e interligação com os barramentos de equipotencialização das estruturas de concreto armado por meio de um conector chamado *aterrinsert*, conforme ilustrado pela Figura 6.15.

Com este conector não é preciso quebrar o concreto para ter acesso às ferragens estruturais.



Figura 6.15 – Aterrinsert. [63]

O *aterrinsert* é colocado na viga escolhida para ser a descida do SPDA estrutural. Não comprometendo a estrutura da edificação em momento algum com exposições das ferragens à oxidação.

Todavia, para a instalação do *aterrinsert* faz necessário deixar ciente o engenheiro civil da obra, a fim de não acabar perdendo o conector, principalmente na fase de acabamento, conforme presenciado em uma das vistorias.

6.3.5. Continuidade elétrica das armaduras da edificação

Para eficácia do SPDA estrutural, é fundamento que edificação predial apresente continuidade entre suas armaduras conforme prescrito abaixo pela NBR 5419 [5]:

A armadura de aço dentro de estruturas de concreto armado, é considerada eletricamente contínua, contanto que pelo menos 50 % das conexões entre barras horizontais e verticais seja firmemente conectada.

As conexões entre barras verticais devem ser soldadas, ou unidas com arame recozido, cintas ou grampos, trespasadas com sobreposição mínima de 20 vezes seu diâmetro.

Além disso, segundo a NBR 5419:2015, para realizar medições de continuidade elétrica das armaduras da edificação é preciso utilizar preferencialmente equipamentos baseados em esquemas a quatro fios, ou seja, constituídos de dois fios para injeção de corrente e de dois fios para medir a diferença de potencial.

Não sendo aconselhável o uso de multímetros por não proporcionar uma corrente suficiente. Fundamento sendo não seguido em uma das vistorias realizadas.

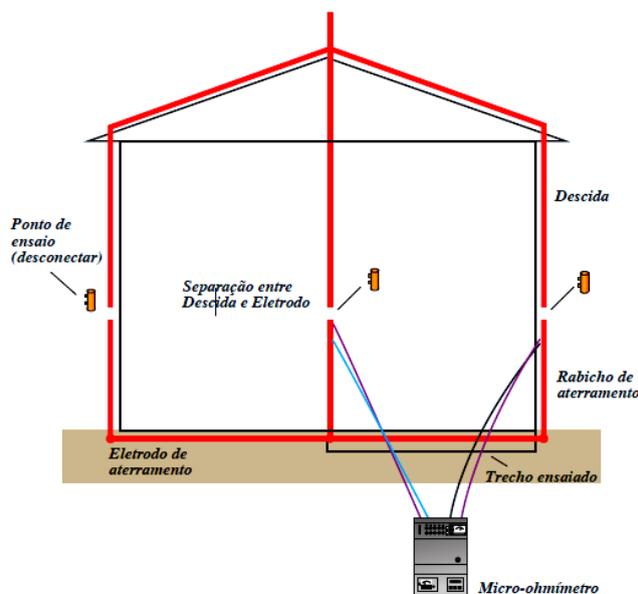


Figura 6.16 – Ensaio de equipotencialização. [53]

6.3.6. Sistema de Aterramento

Apesar da nova NBR 5419 não abordando mais para o sistema de aterramento o arranjo A, aterramento pontual, permanecendo apenas o arranjo B, em anel, circundando a edificação e interligando todas as descidas, ainda há edificações em Brasília sendo construídas utilizando o arranjo A.

6.3.7. Visão da Sociedade

Sua necessidade, no entanto, é entendida por muitos a proteger uma edificação devida a exigências legais ou da experiência dos proprietários que desejam evitar a destruição total ou parcial de sua propriedade ou dos bens nela contido.

A sociedade desconhece qual o principal objetivo do SPDA. Muitos pensam que serve para proteger os seus equipamentos eletrodomésticos. Entretanto, o SPDA serve para proteger apenas contra impactos diretos. Para proteger aparelhos eletro eletrônicos é preciso o DPS. Dispositivo este que a sociedade desconhece da sua existência. Sendo os DPS instalados preferencialmente perto do BEP, evitando desta forma as correntes por indução.

Em Março de 2016 foi registrada danificação na cobertura de uma edificação residencial da Asa Sul, Brasília-DF, conforme ilustrado pelas Figuras 6.17 a), b) e c). Conforme inspeção, o prédio não estava em de acordo com ABNT 5419-2015. Os prejuízos foram estimados em R\$ 30 mil devido a vários eletrodomésticos queimados, além de circuitos fechados de TV.

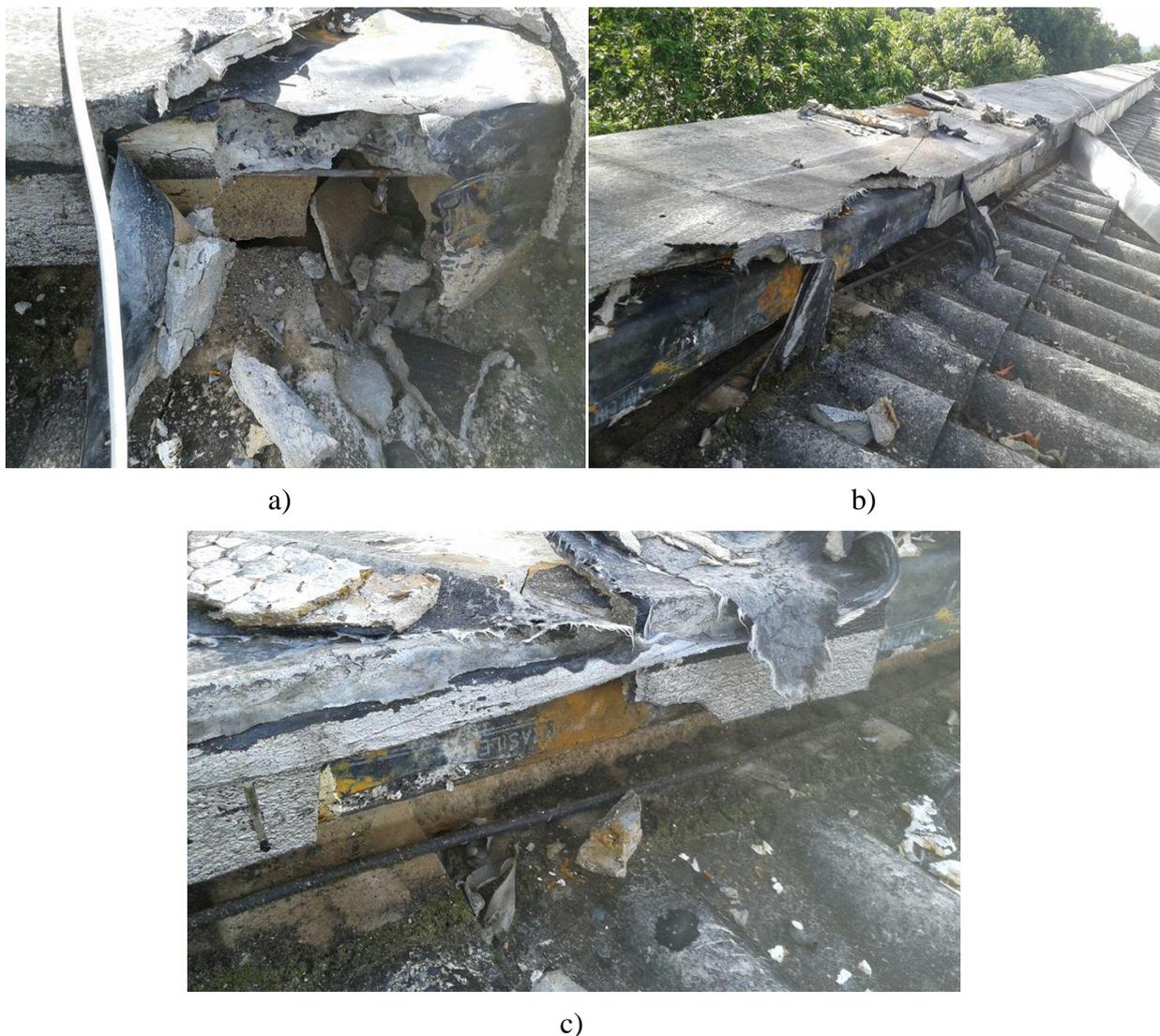


Figura 6.17 – *Descarga Atmosférica numa Edificação Predial da Asa Sul, DF.* [59]

6.3.8. Visão do Corpo de Bombeiros do Distrito Federal

Segundo a Diretoria de Estudos e Análise de Projetos (*DIEAP*) do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (*CBMDF*), para análise do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (*SPDA*) está sendo adotado ainda a NBR 5419/2005, apesar de já ter entrado em vigor a nova norma NBR 5419/2015.

Além disso, no Memorial de check-list encontrado no site do CBMDF ainda apresenta um erro confirmado por eles de que o SDPA é avaliado segundo a NBR 5419/2001, apresentando ainda mais espanto no primeiro momento aos profissionais do Distrito Federal. Contudo, há também a confirmação do próprio CBMDF de que estudos de adequação às análises internas estão sendo feitas, apesar do respaldo nacional da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e do seu qualificado quadro de profissionais eletricitas que forma o Comitê Brasileiro ABNT/CB-003 Eletricidade.

Exigências para as edificações privativas multifamiliares, coletivas, comerciais de escritórios e de prestação de serviços:

- SPDA quando a altura da edificação for superior a 10 m (dez metros) ou a área superior a 1200 m² (mil e duzentos metros quadrados).

Exigências para as edificações transitórias:

- SPDA quando a altura da edificação for superior a 10 m (dez metros) ou a área superior a 1000 m² (mil metros quadrados).

Exigências para as edificações industriais:

- SPDA quando a altura da edificação for superior a 10 m (dez metros) ou a área superior a 750 m² (setecentos e cinquenta metros quadrados).

Exigências para as edificações escolares:

- SPDA quando a altura da edificação for superior a 10 m (dez metros) ou a área superior a 750 m² (setecentos e cinquenta metros quadrados), protegendo inclusive as áreas abertas.

Exigências para as edificações hospitalares:

- SPDA quando a altura da edificação for superior a 10 m (dez metros) ou a área superior a 750 m² (setecentos e cinquenta metros quadrados).

Exigências para as edificações laboratórios e clínicas sem internação:

- SPDA quando a altura da edificação for superior a 10 m (dez metros) ou a área superior a 1200 m² (mil e duzentos metros quadrados).

Exigências para as edificações de estacionamento, de terminais de passageiros, de concentração de público:

- SPDA quando a altura da edificação for superior a 10 m (dez metros) ou a área superior a 750 m² (setecentos cinquenta metros quadrados).

7. CONCLUSÃO

Este trabalho tratou de avaliar no Distrito Federal, através de um estudo de campo normativo, o real impacto da aplicação das normas NR 10, NBR 5410 e NBR 5419. Tema esse motivado pela expressiva quantidade de acidentes anuais com eletricidade depurados pela Abracopel e INPE, apesar das normas regulamentadoras e das normas da ABNT constarem de todas as adequadas medidas de proteção, e de serem de cumprimento obrigatório em âmbito federal.

As estatísticas de acidentes com eletricidade que têm o importante objetivo de fundamentar argumentos que ajudem a conscientizar a população brasileira para os perigos que a eletricidade pode causar quando mal utilizada. No entanto, embora esses números superarem a quantidade de mortes por dengue, por exemplo, tal como ocorrido no ano de 2014, contabilizando 627 mortes por choque elétrico contra 475 mortes por dengue, não são dadas as mesmas proporções de importância por parte dos nossos governantes.

Diante desse cenário, o trabalho contemplou vistorias tanto em edificações prediais em construção, quanto em edificações prediais já construídas do Distrito Federal, além de entrevistas tanto de quem trabalha com eletricidade quanto de quem usa a eletricidade.

Deste modo, a pesquisa pôde concluir que o cenário do real impacto da aplicação em conjunto das normas NR 10, NBR 5410 e NBR 5419 nas edificações prediais em construção do Distrito Federal é em geral positivo. Ou seja, essas normas estão sendo cumpridas no DF, conforme observado em campo.

Essa constatação é mérito, sobretudo, da contribuição dos engenheiros projetistas eletricitas, os quais se pôde observar estarem veementemente buscando seguir as normas em vigor ao desenvolverem seus projetos de instalação elétrica. Fato esse que pode ser sustentado pela grande quantidade desses profissionais marcando presença nas salas de aula, buscando eles se atualizarem, principalmente por meio dos os cursos da ABNT.

Além disso, são os engenheiros projetistas os responsáveis pela melhora na harmonia entre as esferas da engenharia elétrica e engenharia civil na construção de uma edificação predial, fator esse que caminha a atender tanto os requisitos mínimos de segurança quanto os de qualidade prescritos pelas normas. Situação que pôde ser presenciada nas obras vistoriadas, ao observar uma melhor aceitação dos engenheiros civis no uso de SPDA estrutural para proteção contra descargas atmosféricas, ao comparar com o trabalho de 2005 de Noletto [65].

Além disso, a real aplicação dessas normas está levando os operários das construtoras civis apresentem maior confiança para executarem suas atividades, sem medo da ocorrência de acidentes elétricos, conforme relatos em campo pelos próprios trabalhadores.

Porém, a maior iniciativa da adoção de medidas de proteção contra choque elétrico não parte dos trabalhadores, e sim das construtoras civis, apesar delas muito mais se preocuparem com o cumprimento das condições jurídicas invés das condições propriamente técnicas de segurança.

A pesquisa também revelou que as edificações prediais em construção do Distrito Federal estão apresentando também alguns poucos cenários negativos. Isso é devido a deméritos de alguns engenheiros executores de projetos. Fato esse que foi constatado com até o desconhecimento da atual NBR 5419, em vigor desde Maio de 2015, por parte de alguns engenheiros executores, creditando fielmente que todos os pontos definidos no projeto estão corretos. Situação essa que elimina a averiguação prévia de possíveis erros de projeto.

Nas edificações prediais já construídas do Distrito Federal o cenário é em geral negativo. Ou seja, é constatado que parte da população da capital federal não se incomoda com as essenciais medidas de prevenção contra choque elétrico prescritas nas normas. Credenciando até profissionais não habilitados para atividades nas instalações elétricas de suas residenciais. Dando importância apenas se os seus eletrodomésticos estão funcionando e não à segurança contra acidente com choque elétrico.

Situação essa que sustenta o porquê dos 67 acidentes com eletricidade no ano de 2015, segundo o Corpo de Bombeiros do Distrito Federal, além dos 50 acidentes com eletricidade apenas nos primeiros seis meses de 2016.

Atualmente a capital federal detém um índice de 8,33 acidentes com eletricidade por mês. Número esse considerado alto pelo diretor de Gestão da CEB, Raphael Ehlers dos Santos, sendo reflexo do excesso de autoconfiança das pessoas. Não se restringe as pessoas que trabalham com eletricidade, mas também de quem dela se utiliza. O capitão dos Bombeiros, Gildomar Laves da Silva, complementa a discussão referente a esse índice afirmando que esses acidentes são associados mais a descuidos com relação à atenção do que à falta de informação.

Por fim, podemos concluir que também não são por falta de Leis que o Distrito Federal não zerou estatísticas de acidentes com eletricidade. O que falta é respeitá-las.

Há de se considerar que as Leis brasileiras não podem ser retroativas. Ou seja, por mais que frequentemente as normas da ABNT estejam passando por atualizações, como é o caso da

NBR 5410, com Comissão de Estudos reativada, e da NBR 5419, com atualização em 2015, elas não podem ser aplicadas nas edificações prediais já existentes, apenas as normas que estavam em vigor no momento em que as edificações foram construídas, a não ser que elas passem agora por alguma reforma.

7.1. Sugestões de Trabalhos Futuros

Visando intensificar as aplicações das normas NR 10, NBR 5410 e NBR 5419 nas edificações prediais do Distrito Federal, tanto nas que estão em construção, quanto nas já construídas, são sugeridos trabalhos futuros tal como foi realizado nessa monografia. Sendo isso feito de tempos em tempos, principalmente quando há atualizações dessas normas.

Desta forma, as constatações sobre o real impacto das normas NR 10, NBR 5410 e NBR 5419 no Distrito Federal sempre estarão atualizadas e presentes nas pautas das discussões acadêmicas, favorecendo o crescimento da importância a ser dada a segurança contra acidentes envolvendo eletricidade.

Em 2005, a publicação da NBR 5419:2005 motivou Noletto [65] a realizar um trabalho de campo no Distrito Federal voltado a estudos de proteção contra descargas atmosféricas, a partir de estruturas metálicas das edificações.

Em 2016, a publicação da NBR 5419:2015 me motivou a contrapor essa norma com o que está sendo apresentado em campo no Distrito Federal. Porém, sem restrições, ampliei discussões também para analisar a NR 10 e a NBR 5410.

A NBR 5410 é a próxima a sofrer atualizações, visto estar com a Comissão de Estudos reativada. Portanto, o trabalho seguinte a essa monográfica certamente pode ser motivada pela nova publicação da NBR 5410.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010.**
- [2] CODEPLAN – Companhia de planejamento do Distrito Federal. **Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílio, PDAD - 2015/2016.**
- [3] ABRACOPEL – **Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade.**
- [4] Norma Regulamentadora nº10. **Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade - Ed 2004.**
- [5] ABNT NBR 5410:2004. **Instalações elétricas de baixa tensão.**
- [6] ABNT NBR 5419:2015. **Proteção contra descargas atmosféricas.**
- [7] SINAN – **Sistema de Informação de Agravos de Notificação.**
- [8] TELLES, P.C.S. **História da engenharia no Brasil – século XX.** Livros Técnicos e Científicos, Editora S.A, 1984.
- [9] KINDERMANN, Geraldo. **Choque Elétrico.** Porto Alegre: Sagra DC Luzzatto, 22ª ed., 2000.
- [10] COTRIM, Ademaro A. M. B. **Instalações elétricas.** 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.
- [11] OMS – **Organização Mundial da Saúde.**
- [12] IEC-479-1, *Effects of Current on human beings and livestock* – Part 1 : General Aspects , Publication 479-1.*International Electrotechnical Commission*, 1994.
- [13] NISKIER, Julio A.J.M. **Instalações Elétricas.** Rio de Janeiro: Editora LTC, 5ª ed., 2008.
- [14] Siemens – <https://www.siemens.com/br>.
- [15] ANSI/IEEE Std 80-1986, *Guide for safety in Alternating Current Substation Grounding*,1986.
- [16] CEFET – **Centro Federal de Educação Tecnológica.**
- [17] INPE – **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.**
- [18] ARISTÓTELES. **Meteorologia**, Livro II, Parte 9, 350 a.C.

- [19] <http://historiaybiografias.com/franklin>, consulta em 22/10/20116.
- [20] UMAN, M. A., KRIDER, E. P., *Natural and Artificially Initiated Lightning*, Science, Vol. 246, pp. 457- 464, 1989.
- [21] WILLIAMS, E. R. *The tripole structure of thunderstorms*. Journal of Geophysical Research, n. 94, p. 13.151–13.167, sep. 1989.
- [22] OGAWA, T. *Handbook of atmospheric electrodynamicics*. In: VOLLAND, H. (Ed.). *Lighning Currents*. [S.l.]: CRC Press, 1995. v. 1.
- [23] UMAN, M. A., *Natural Lightning*, IEE Transactions on Industry Applications, Vol.30, N°3, June, 1994.
- [24] WILSON, C. *A theory of thundercloud electricity*. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences, The Royal Society*, v. 236, n. 1206, p. 297–317, 1956.
- [25] GRENET, G. *Essai d'explication de la charge électrique des nuages d'orages*. Ann. Geophys. 3, Franca, p. 306–307, 1947. Em inglês veja, Atmos. Res. 30 (1993), pp.176–179.
- [26] VONNEGUT, B.; MOORE, C.; SEMONIN, R.; BULLOCK, J.; STAGGS, D.; BRADLEY, W. *Effect of atmospheric space charge on initial electrification of cumulus clouds*. Journal of Geophysical Research, Wiley Online Library, v. 67, n. 10, p.3909–3922, 1962.
- [27] PHILLIPS, B. *Convected charge in thunderstorms*. *Monthly Weather Review*, Citeseer, v. 95, n. 12, p. 863–870, 1967.
- [28] ANSELMO, Evandro Moimaz. **Morfologia das tempestades elétricas na América do Sul**. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, 2015.
- [29] SUETA, Hélio Eiji. **Uso de componentes naturais de edificações como parte integrante do sistema de proteção contra descargas atmosféricas: uma visão relativa aos danos físicos**. São Paulo, 2005.
- [30] SCHUMANN, Carina. **Caracterização dos raios positivos através de câmeras de alta velocidade e sensores de campo elétrico**. São José dos Campos: INPE, 2012.

- [31] CASTELETTI, Luís Francisco. **Apostila NR 10 – Riscos Elétricos**. Escola POLITEC, 2006.
- [32] MORENO, Hilton. **Cabos elétricos de baixa tensão conforme a NBR 5410**. Cobrecom, 2014.
- [33] DANTAS, B. **Direito fundamental à previsibilidade das decisões judiciais**. Revista Justiça e Cidadania, edição 149, janeiro de 2013.
- [34] TORRES, Heleno Tavares. **Direito Constitucional Tributário e Segurança Jurídica: metódica da segurança jurídica do Sistema Constitucional Tributário**. 2 ed. São Paulo. Revista dos Tribunais, 2012.
- [35] BOBBIO, Norberto. **Teoria do Ordenamento Jurídico**. Tradução de Maria Celeste C. J. Santos. 10a Ed. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1999.
- [36] CF/88 – **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**.
- [37] KELSEN, Hans. **Teoria Geral das Normas**. Tradução de José Florentino Duarte. Porto Alegre: Fabris, 1986.
- [38] BARSANO, Paulo Roberto. **Legislação Aplicada à Segurança do Trabalho**. 1. ed. São Paulo: Editora Érica, 2014. v. 1. 160p.
- [39] BARSANO, Paulo Roberto; BARBOSA, Rildo Pereira. **Segurança do Trabalho - Guia Prático e Didático**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2012. v. único. 352p.
- [40] LEI FEDERAL Nº 6.514/77 – **Altera o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo a segurança e medicina do trabalho e dá outras providências**.
- [41] MTE – **Ministério do Trabalho e Emprego**.
- [42] LEI FEDERAL Nº 11337/2006 – **Determina a obrigatoriedade de as edificações possuírem sistema de aterramento e instalações elétricas compatíveis com a utilização de condutor-terra de proteção, bem como torna obrigatória a existência de condutor-terra de proteção nos aparelhos elétricos que especifica**.
- [43] PROJETO DE LEI FEDERAL Nº 3370/2012 – **Dispõe sobre a obrigatoriedade de vistorias periciais e manutenções periódicas nas edificações constituídas por unidades autônomas, públicas ou privadas, em todo o território nacional, e dá outras providências**.

- [44] LEI ORGÂNICA Nº 2105/98 – **Dispõe sobre o Código de Edificações do DF.**
- [45] OMC – **Organização Mundial do Comércio.**
- [46] ABNT/SEBRAE. **Guia de termos e expressões utilizados na Normalização.** Rio de Janeiro, 2012.
- [47] Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT ISO/IEC GUIA 2: Normalização e atividades relacionadas - Vocabulário geral.** Rio de Janeiro, 2006.
- [48] ABNT – **Associação Brasileira de Normas Técnicas.**
- [49] LEI FEDERAL Nº 8.078/90 – **Código de Defesa do Consumidor.**
- [50] ABNT NBR 16295:2014. **Luvras isolantes de borracha - Especificação.**
- [51] SOUZA, João José Barrico. **Quem pode ministrar os cursos da NR 10?** Revista O Setor Elétrico. 2010.
- [52] **A evolução da norma-mãe das instalações de baixa tensão.** Revista O Setor Elétrico. 2010.
- [53] MORENO, H.; SOUZA, J.J.B.; PEREIRA, J.G.; MODENA, J.; POSSI, M. **Guia o Setor Elétrico de Normas Brasileiras, NBR 5410 - NBR 14039 - NBR 5410 - NR 10.** SP, 2011.
- [54] MOREIRA, B. **Norma para SPDA a caminho.** Revista O Setor Elétrico. 2013.
- [55] MOREIRA, B. **Nova norma para SPDA sai em 2015.** Revista O Setor Elétrico. 2014.
- [56] LEITE, D. M., et alii, *Accidents reduction in Brazil due to of lightning: adopted solutions according to the IEC 1024-1 Standard and IEC 62305 Series*, IX International Symposium on Lightning Protection, Foz do Iguaçu, 2007.
- [57] ABNT NBR 5419:2005. **Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas.**
- [58] ABNT Cursos. **NBR 5419:2015 - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas.** Jobson Modena, 2015.
- [59] IPT Engenharia, Manutenção Elétrica Predial.
- [60] OLIVEIRA, J.B. **Como ficou o jargão “10 ohms em qualquer época do ano” para o caso de aterramento não natural, com a nova ABNT NBR 5419?** Revista O Setor Elétrico. 2015.

- [61] ABNT NBR 7117:2012. **Medição da resistividade e determinação da estratificação do solo.**
- [62] MAGALHÃES, R.N. **Instalações elétricas seguras: nbr 5410/2004.** Revista O Progresso. 2013.
- [63] Termotécnica – <http://www.termotecnica.com.br>.
- [64] SUETA, H. E.; LEITE, D. M.; BURANI, G. F.; GRIMONI, J.A.B. *Accidents reduction in Brazil due to of lightning: adopted solutions according to the IEC 1024-1 standard and IEC 62305 series.* 2007.
- [65] NOLETO, S.R.C. **As Estruturas Metálicas das Edificações como Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas,** (Monografia de Graduação), Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2006.
- [66] CASTELETTI, Luís Francisco. **Apostila NR 10 – Riscos Elétricos.** Escola POLITEC, 2006.
- [67] MORENO, Hilton. **Cabos elétricos de baixa tensão conforme a NBR 5410.** Cobrecom, 2014.