

**A IMPORTÂNCIA DE SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS
ATMOSFÉRICAS: UM ESTUDO ACERCA DA ELABORAÇÃO DE LAUDOS DE SPDA**

MARCELA B. M. MINTO¹, LUCIANA A. S. NUNES²

RESUMO

A norma brasileira NBR 5419:2015 estabelece a regulamentação de instalações de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, cuja aplicação deve estar em consonância com a ABNT NBR 5410 – norma que regulamenta as instalações elétricas de baixa tensão. Dessa forma, para a elaboração de um projeto desse tipo há advindo da norma, fatores que determinam os níveis e classificações de acordo com a necessidade de proteção de cada estrutura, os benefícios econômicos da instalação de medidas de proteção, assim como a orientação para a escolha adequada das medidas. Assim, torna-se pertinente a periodicidade de laudos no dimensionamento desses sistemas que atestem a consonância destes com a norma regulamentadora, a fim de garantir a segurança da vida humana, dos sistemas elétricos e eletrônicos e da estrutura dos prédios, e até mesmo prevenir que os responsáveis sofram consequências econômicas e judiciais por irregularidade nestes sistemas.

Palavras-chave: Laudo de SPDA, SPDA, descargas atmosféricas, NRB 5419.

ABSTRACT

The Brazilian standard NBR 5419:2015 establishes a regularization of installations of protection systems against discharges in electrical installations, whose installation must be installed with ABNT NBR 540 - a standard that regulates how must be installations of low tensions. Thus, for a structuring of a project of this type, there are factors arising from the standard that determine the levels and measures according to the need for protection of protection installation, benefits, as well as guidance for the appropriate choice of measures. Therefore, the periodicity of reports in the sizing of those that attest to their compliance with the regulatory standard becomes relevant, in order to guarantee the safety of the life of systems, systems and electronics and the structure of electrical buildings, and even prevent that the responsible suffers solutions and solutions for irregularities in these systems.

Keywords: Report of SPDA, SPDA, atmospheric discharges, NRB 5419

¹ Graduanda do Curso Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia (marcelaminto@gmail.com)

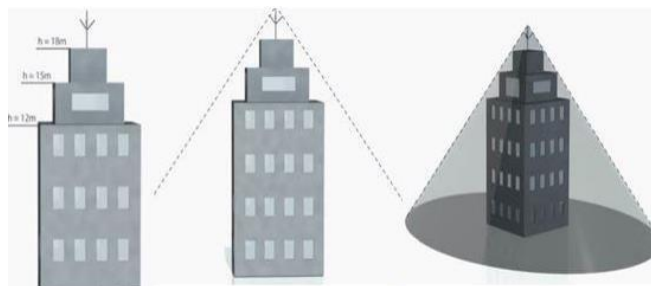
² Professora Orientadora (lucangelica@ufersa.edu.br)

1. INTRODUÇÃO

Um sistema de proteção contra descargas atmosféricas, popularmente conhecido como para-raios, consiste em um sistema implementado na estrutura predial constituído por três subsistemas: o subsistema captor, de descida e o de aterramento (MAMEDE, 2010). O primeiro é composto por elementos condutores instalados na parte superior e mais alta da estrutura, é ele quem irá receber o contato direto das descargas atmosféricas, sendo responsável por captá-las. O subsistema de descida é formado por elementos condutores posicionados na vertical da edificação, responsável por conduzir a descarga de maneira segura até o próximo subsistema, o de aterramento. Este último é constituído por elementos condutores enterrados no solo que possuem a função de escoar a corrente elétrica proveniente da descarga para o solo.

O SPDA pelo método de Franklin, desenvolvido em 1752, consiste em uma haste metálica instalada no ponto mais alto da estrutura que é conectada por fios de cobre ao sistema de aterramento na terra, a haste no topo gera um ângulo de proteção sobre a proximidade do local onde está (MAMEDE, 2010). Quando instalado da forma correta é capaz de captar a descarga elétrica e transportá-la para dispersão no aterramento, sendo eficiente e diminuindo os riscos causados por raios. O esquema desse tipo de instalação está descrito na figura 1.

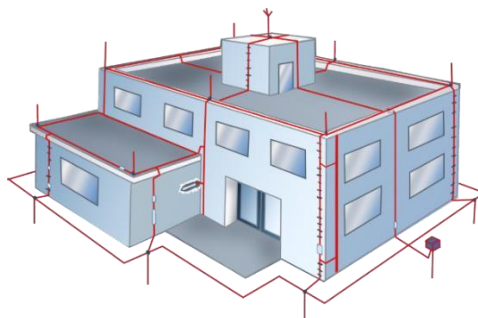
Figura 1: SPDA pelo método de Franklin



Fonte: SABER ELÉTRICA, 2017

Outro método bastante implementado em sistemas de proteção contra descargas atmosféricas é o de Faraday, também conhecido como método das malhas, desenvolvido em 1836. Nesse sistema a estrutura é envolvida por uma espécie de gaiola metálica, formada por condutores horizontais ligados em formato de malha que compõem captadores, o sistema se conecta com o aterramento e se torna capaz de conduzir com segurança as descargas que acontecerem sobre ele (COLTINHO; ALTOÉ, 2003).

Figura 2: SPDA pelo método de Faraday



Fonte: TERMOTÉCNICA, 2017.

Entretanto, é importante ressaltar que nenhum SPDA irá garantir 100% de proteção na edificação, podendo chegar a 98% no nível de proteção (KINDERMANN, 1992). Dessa forma, é necessária a garantia de que o sistema esteja em sua melhor funcionalidade para garantir a segurança da edificação, isso é feito através de um laudo de sistema de proteção contra descargas atmosféricas.

2. ABNT NBR-5419 – PROTEÇÃO DE ESTRUTURAS CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

A norma brasileira, vigente desde 22.06.2015, tem comprovada eficácia na implementação da redução de danos e riscos associados a descargas atmosféricas, por razões de praticidade ela é tratada de forma separada em dois grandes tópicos, o primeiro diz respeito às medidas de proteção para redução de danos físicos e riscos à vida dentro de uma estrutura e o segundo traz as medidas de proteção para a redução de falhas em sistemas elétricos e eletrônicos no interior da estrutura. A ABNT NBR-5419 é segmentada em quatro partes:

Parte 1 – Princípio Gerais: Nessa primeira segmentação são estabelecidos os requisitos para a definição da proteção contra as descargas atmosféricas.

Parte 2 – Gerenciamento de Risco: Nela a ABNT determina como deve ocorrer a análise de risco das estruturas que irão receber o sistema.

Parte 3 – Danos físicos a estruturas e perigos à vida: Nessa etapa temos a definição dos requisitos para a proteção das estruturas contra danos físicos causados por descargas atmosféricas e a proteção de seres vivos contra danos e/ou lesões que possam ser causadas por tensões de passo e toque nas proximidades da descarga através da implementação dos sistemas de proteção.

Parte 4 – Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura: Essa parte da ABNT NBR-5419 traz direcionamentos para projeto, instalação, manutenção, inspeção e ensaio de sistema de proteção elétricos e eletrônicos, visando protegê-los dos impulsos eletromagnéticos causados pelas descargas atmosféricas.

As inspeções em SPDA devem ser feitas por um profissional capacitado e habilitado para essa atividade, que tenha permissão para emitir toda a documentação pertinente e a ART (Anotação de Responsabilidade Técnica). Elas devem ocorrer durante o processo de construção e implementação do sistema, assim como logo após a sua conclusão.

Caso o sistema ou a estrutura sofra alterações em sua composição, é necessária uma nova inspeção. É comum encontrarmos prédios cujo SPDA é datado da época da construção e com o passar dos anos, mesmo com a alteração da estrutura predial e implementação de novos equipamentos, o SPDA não foi vistoriado, esse fato coloca em risco a conformidade do sistema, implicando em um funcionamento não ideal e podendo ocasionar danos à vida e ao sistema elétrico e eletrônico interno caso ocorra alguma descarga atmosférica naquela estrutura e o sistema não seja capaz de direcionar corretamente a descarga para o aterramento sem que haja danos físicos ou materiais.

Ademais, outro momento em que deve ser realizada uma inspeção é após a ocorrência de uma descarga, isso pois o sistema pode ter sido alterado ou danificado com ela, necessitando de algum reparo. Além disso, deve haver uma manutenção periódica para a verificação de pontos do sistema que estejam sofrendo desgaste. Para estruturas que contenham munição ou

explosivos, locais expostos à corrosão severa ou estruturas de serviços considerados essenciais (água, energia, saúde etc.) devem ter a emissão de laudos anuais verificando a conformidade do sistema, para as demais estruturar o período é trienal.

3. LAUDO DE SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

O laudo de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas, popularmente conhecidos como para-raios, é um documento técnico fundamentado pela ABNT NBR-5419 – Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas, que tem como objetivo atestar a conformidade do sistema com a norma. O documento consta o registro de inspeções, medições e verificação da instalação e do aterramento do sistema.

A obrigatoriedade da emissão do laudo, além de estar presente na NBR-5419, também é exigido pela Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego – NR-10, que exige o laudo de SPDA, laudo de aterramento e PIE (Prontuário de Instalações Elétricas) para a regulamentação do funcionamento de estruturas. O não cumprimento desta determinação implica em consequências para a empresa e aos donos da estrutura.

3.1. PARÂMETROS PRESENTES NO LAUDO

Ao emitir um laudo de SPDA o profissional deve verificar o funcionamento dos equipamentos do sistema, como as condições das equipotencializações, a deterioração e a corrosão dos componentes físicos como as conexões, captos, condutores de descida, eletrodos de aterramento, além de medições ôhmica. A conformidade, registros fotográficos e ART são outros componentes exigidos em um laudo de SPDA.

Com o gerenciamento de risco, seguindo a ABNT NBR 5419-2, é determinado o nível de proteção do SPDA, essa análise leva em consideração a taxa de probabilidade da queda de raios na região, dimensões e características da edificação e das linhas elétricas conectadas a ela, a densidade das descargas atmosféricas na área etc. De acordo com essa classificação teremos os parâmetros que deverão ser levados em consideração para cada nível de SPDA.

Dessa forma, temos os seguintes dados necessários para atestar a conformidade do sistema e que estão diretamente ligados a classe do sistema:

- Parâmetros da descarga atmosférica (conforme ABNT NBR 5419-1:2015, Tabelas 3 e 4);
- Raio da esfera rolante (método de Franklin), tamanho da malha (método de Faraday) e ângulo de proteção;
- Distância entre condutores de descida e condutores em anel;
- Distância de segurança contra centelhamento perigoso;
- Comprimento mínimo dos eletrodutos de terra;

Ademais, temos os fatores importantes para o laudo, mas que são independentes da classe do SPDA:

- Equipotencialização para descargas atmosféricas;
- Espessura mínima das placas e/ou tubulações metálicas do sistema de captação;
- Materiais, dimensões mínimas e arranjos dos capacitores, descidas, eletrodos de aterramento e condutores de conexão;
- Equipamentos do SPDA e suas condições de uso;

3.2. GERENCIAMENTO DE RISCO

Primeiramente é necessário calcular a área de exposição equivalente da estrutura, seguindo a equação 1 fornecida pela tabela E. 18 (NBR5419-2, pág.32).

$$Ad = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2 \quad \text{Equação 1}$$

Onde,

Ad: área de exposição equivalente da estrutura (m²)

L: Comprimento (m)

W: Largura (m)

H: altura (m)

3.3. INCIDÊNCIA DE RAIOS

Ademais, é preciso coletar as informações acerca da incidência de descargas atmosféricas na região, ela pode ser feita através do Índice ceráunico nacional. A densidade destas para a terra Ng é dada pelo número de descargas atmosféricas por km² por ano, e pode ser encontrado no anexo F da NBR5419-2. A partir dele é calculado a frequência média anual prevista para as descargas, através da equação 2 fornecida pela tabela E. 19, (NBR5419-2, pág.36).

$$Nd = Ng \times Ad \times CD \times 10^{-6} \quad \text{Equação 2}$$

Onde,

Nd: Número de eventos perigosos para a estrutura (descargas/ano);

Ng: Densidade de descargas atmosféricas para a terra (m²/ano);

Ad: Área de exposição equivalente definida da estrutura (m²);

CD: fator de localização da estrutura.

Esse último será determinado de acordo com as informações apresentadas na NBR5419-2, pág.36.

3.4. CÁLCULOS DE PROBABILIDADE

A avaliação para a probabilidade dos danos vai de acordo com o Anexo B da NBR 5419-2. A probabilidades que precisam ser levadas em consideração são as de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar:

- Ferimentos a seres vivos por meio de choque elétrico;
- Danos físicos;
- Falha a sistemas internos,

Além disso, temos a ocorrência de uma descarga atmosférica em uma linha que pode causar:

- Ferimentos a seres vivos por choque elétrico;
- Danos físicos;

- Falha de sistemas internos;

Ou ainda a ocorrência de uma descarga atmosférica perto de uma linha que entra na estrutura que causar falha dos sistemas internos.

3.5. TIPOS DE PERDAS A SEREM CONSIDERADAS

Essa etapa é voltada para a análise dos tipos de perdas ocasionados por descargas atmosféricas. A perda Lx diz respeito a quantidade média relativa de dano em uma descarga atmosférica e pode ser:

L1: Perda de vida humana (ferimentos)

L2: Perda de serviço público

L3: Perda de patrimônio cultural

L4: Perda de valores econômicos

Em cada tipo de perda temos tipos diferentes de danos. Em perdas L1 temos, a partir da tabela C.1. disponível na NBR 5419-2, pág.: 51, conforme figura 3.

Tabela 1: Tipo de perda L1: Valores da perda para cada zona

Tipo de dano	Perda típica	Equação
D1	$LA = rt * Lt * \frac{nz}{nt} * \frac{tz}{8760}$	C.1
D1	$LU = rt * Lt * \frac{nz}{nt} * \frac{tz}{8760}$	C.2
D2	$LB = LV = rp * rf * hz * LF ** \frac{nz}{nt} * \frac{tz}{8760}$	C.3
D3	$LC = LM = LW = LZ = LO ** \frac{nz}{nt} * \frac{tz}{8760}$	C.4

Fonte: Adaptada de Tabela C.1. - NBR 5419-2

Onde:

- LT: Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico (D1) de acordo com tabela C.2. disponível na NBR 5419-2, pág.: 52;
- LF: Número relativo médio típico de vítimas por danos físicos (D2) de acordo com tabela C.2. disponível na NBR 5419-2, pág.: 52;
- LO: Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos (D3) de acordo com tabela C.2. disponível na NBR 5419-2, pág.: 52;
- rt: Fator de redução da perda de vida humana dependendo do tipo do solo ou piso de acordo com tabela C.3. disponível na NBR 5419-2, pág.: 53;
- rp: Fator de redução da perda devido a danos físicos dependendo das providências tomadas para reduzir as consequências do incêndio de acordo com tabela C.4. disponível na NBR 5419-2, pág.: 53;
- rf: Fator de redução da perda devido a danos físicos dependendo do risco de incêndio ou do risco de explosão da estrutura de acordo com tabela C.5. disponível na NBR 5419-2, pág.: 53;
- hz: Fator de aumento da perda devido a danos físicos quando um perigo especial estiver presente de acordo com tabela C.6. disponível na NBR 5419-2, pág.: 54;
- nz: Número de pessoas na zona;
- nt: Número total de pessoas na estrutura;
- tz: Tempo durante o qual as pessoas estão presentes na zona (h/ano).

Para perdas L2 temos os danos apresentados na tabela C.7. disponível na NBR 5419-2, pág.: 55, conforme figura 4.

Tabela 2: Tipo de perda L2: valores de perda para cada zona

Tipo de dano	Perda típica	Equação
D2	$LB = LV = rp * rf * LH * \frac{nz}{nt}$	C.7
D3	$LC = LM = LW = LZ = LO * \frac{nz}{nt}$	C.8

Fonte: Adaptada de Tabela C.7. - NBR 5419-2

Onde LF e LO vão de acordo com a tabela C.8. disponível na NBR 5419-2, pág.: 55.

Ademais, para as perdas L3 temos apenas um tipo de dano possível, expresso na tabela C.9. da NBR 5419-2, pág.: 56, conforme figura 5.

Tabela 3: Tipo de perda L3: valores de perda para cada zona

Tipo de dano	Perda típica	Equação
D2	$LB = LV = rp * rf * LF * \frac{cz}{ct}$	C9

Fonte: Adaptada de Tabela C.9. - NBR 5419-2

Onde o valor de LF segue o indicado na tabela C.10. da NBR 5419-2, pág.: 56.

Já as perdas econômicas (L4) vão de acordo com a tabela C.11. da NBR 5419-2, pág.: 57, conforme figura 6.

Tabela 4: Tipo de perda L4: valores de perda de cada zona

Tipo de dano	Perda típica	Equação
D1	$LA = rt * LT * \frac{ca}{ct}$	C.10
D1	$LU = rt * LT * \frac{ca}{ct}$	C.11
D2	$LB = LV = rp * rf * LF * \frac{ca + cb + cc + cs}{ct}$	C.12
D3	$LC = LM = LW = LZ = LO * \frac{cs}{ct}$	C.13

Fonte: Adaptada de Tabela C.11. - NBR 5419-2

Onde os valores para LT, LF e LO vão em conforme a tabela C.12. da NBR 5419-2, pág.: 58.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como foco mostrar a importância da adequação e manutenção do sistema de proteção contra descargas atmosféricas em edificações, explicitando critérios para a realização de laudos seguidos pela ABNT NBR 5419, indo desde os diferentes métodos de

instalação de um SPDA até como avaliar e classificar os riscos e as probabilidades de danos causados por descargas atmosféricas. A proposta é de fundamentar o conhecimento acerca da orientação necessária para a elaboração do documento técnico que é capaz de atestar a consonância e o funcionamento correto para esse tipo de sistema. O conhecimento desse processo é extremamente importante para auxiliar profissionais a desenvolver projetos de forma a sempre se manter fiel a integridade da estrutura e da vida humana.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 5419:2015. **Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas**. 1.ed. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 5410:2004. Versão corrigida 2008: **Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2008.

COUTINHO, Fernando Nominato; ALTOÉ, Cássio Alexandre. **Levantamento de Estruturas que necessitam de SPDA na UnB e Análise de seus Efetivos Sistemas de Proteção**. Projeto Final de Graduação em Engenharia Elétrica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, 2003.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION – IEC 62305. **Protection Against Lightning**. 2. Ed. 2010.

JOÃO FILHO, MAMEDE. **Instalações Elétricas Industriais**. Oitava Edição, 2010

KINDERMANN, Geraldo. **Curto circuito**. Sagra-DC Luzzatto, 1992