UM GUIA PRÁTICO PARA A ENGENHARIA

SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS POR GAIOLA DE FARADAY

RODRIGO BEZERRA GASPAR

SANTARÉM, JANEIRO DE 2019.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.....	8
2.1 DANOS DEVIDOS AS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.....	11
2.2 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA).....	14
3. GAIOLA DE FARADAY	17
3.1 ESTRUTURA DA GAIOLA DE FARADAY.....	18
3.2 O MÉTODO DE FARADAY EM RELAÇÃO AO DE FRANKLIN E O ELETRO GEOMÉTRICO.	21
3.3 INSPEÇÃO DO SPDA	23
4. CONCLUSÃO	26
5. REFERÊNCIAS.....	28

Um guia prático para as engenharias, por Rodrigo Bezerra Gaspar.

A Roseclea e Lúcio, os pilares da minha formação...

1. INTRODUÇÃO

O tema Descargas Atmosféricas apresenta certa complexidade, tanto no que diz respeito à sua natureza física quanto aos seus efeitos destrutivos. Suas consequências geram grande impacto para a sociedade, podendo variar entre incêndios em florestas e campos, destruição parcial de estruturas, interferência em sistemas de comunicação e dados, acidentes em aviões, interrupção de fornecimento de energia elétrica e, direta ou indiretamente, causando a morte de centenas de pessoas (INPE, 2017).

Não há dispositivos ou métodos capazes de modificar os fenômenos climáticos a ponto de se prevenir a ocorrência de raios. As descargas atmosféricas que atingem as estruturas (ou linhas elétricas e tubulações metálicas que adentram nas estruturas) ou que atingem a terra em suas proximidades são perigosas às pessoas, às próprias estruturas, seus conteúdos e instalações (NBR-5419:2015)

As medidas de proteções consideradas na ABNT NBR 5419:2015 são comprovadamente eficazes na redução dos riscos associados às descargas atmosféricas. Por isso, se faz fundamental, em

qualquer projeto de engenharia a implementação de medidas de proteção contra estes fenômenos naturais.

Um Sistema de Proteção tem por objetivo básico evitar a incidência direta de raios na estrutura a ser protegida, através da constituição de pontos preferenciais de incidência para as descargas que eventualmente atingiriam a estrutura da edificação na ausência do sistema. Para isso, além de captar a eventual descarga atmosférica, o SPDA deve ser capaz de direcionar e escoar todo o fluxo da corrente associada diretamente para o solo com máxima eficiência possível, seguindo rigorosamente os percursos definidos pelos condutores do sistema de proteção devidamente constituído no dimensionamento do SPDA, quer estes atinja a própria estrutura das edificações ou as suas imediações (VISACRO FILHO, 2005).

O objetivo deste livro é apresentar de maneira simples e eficaz o Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA), transmitindo didaticamente informações básicas que auxiliam na concepção do projeto até a elaboração final do “Sistema de Proteção” utilizando principalmente o método de Faraday, com o intuito de facilitar a compressão dos profissionais de engenharia no momento de sua concepção, instalação e manutenção em edifícios.

2. DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Vivemos num país suscetível a descargas atmosféricas e a explicação está em sua geografia, pois o Brasil é o maior país da zona tropical da terra, a área central concentra o clima mais quente, por tanto, mais favorável a formação de tempestades e de raios. Segundo dados do (INPE, 2017), o Brasil recebe aproximadamente 70 milhões de descargas elétricas por ano, isso equivale a uma frequência de duas a três descargas por segundo. Esse dado torna o Brasil um dos países com maior incidência de raios do mundo.

Quando as descargas elétricas entram em contato direto com quaisquer tipos de construção, tais como edificações, tanques metálicos de armazenamento de líquidos isolados da terra, partes estruturais ou não de subestações, são registrados grandes danos materiais que poderiam ser evitados caso essas construções estivessem protegidas adequadamente por Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas – SPDA. (MAMEDE FILHO, 2007).

A normativa dada pela NR 10 torna o uso do sistema de proteção obrigatório em qualquer projeto de edificação que envolva instalações elétricas acima de 75 KW. Visando resguardar a

integridade das estruturas como um todo, bem como de seus usuários.

A NBR-5419:2015, estabelece uma série de critérios para o desenvolvimento de um projeto de SPDA. Esta norma divide em quatro partes: a primeira parte da norma trata de premissas gerais a serem consideradas para o projeto de SPDA e Aterramento, a segunda parte estabelece os requisitos para análise de risco do projeto do SPDA e Aterramento, a terceira parte conserva boa parte do escopo geral da norma antiga, aplicável a projetos, instalação, inspeção e manutenção do SPDA e Aterramento e a quarta parte da norma trata basicamente de aspectos gerais ligados à compatibilidade eletromagnética e medidas de proteção contra surtos atmosféricos para equipamentos elétricos e eletrônicos, nas fases de projeto, instalação, inspeção, manutenção e ensaio. (NBR-5.419:2015). Além das normas brasileiras, existem diversas normas internacionais que têm estabelecido nos últimos anos uma série de novos critérios, como por exemplo, a IEC 62305:2010.

A descarga atmosférica é definida na NBR-5419:2015 (Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas), como sendo uma descarga elétrica de origem atmosférica entre uma nuvem e a terra

ou entre nuvens, consistindo em um ou mais impulsos de vários quilo ampères.

Para os leigos as descargas atmosféricas seriam os raios, apesar de tecnicamente segundo a mesma norma o raio ser apenas um dos impulsos elétricos de uma descarga atmosférica para a terra. O raio que também pode ser chamado de relâmpago, é um fenômeno natural, é uma forma de percebermos a energia elétrica sendo manifestada em um efeito visível aos olhos de forma luminosa.

Apesar do fenômeno das descargas atmosféricas sempre ter causado transtornos ao longo da história, somente no século XVII, foram iniciadas pesquisas tentando obter informações sobre as características elétricas dos raios. Nos EUA e na Europa, foram realizadas experiências para demonstrar o caráter elétrico dos raios, mostrando a possibilidade de captação das descargas atmosféricas (BENITEZ, 2006). A fim de provar que os raios são descargas elétricas da natureza, o americano, cientista e inventor Benjamin Franklin foi precursor de uma famosa experiência ao obter faíscas entre um fio metálico de uma pipa que ele fez voar durante uma tempestade e objetos metálicos aterrados.

Foi com base neste experimento que Franklin inventou o para-raios. Em seus escritos, Franklin relata que tinha conhecimento

sobre os perigos e os métodos alternativos para se provar o caráter elétrico dos raios, embora atualmente tenha sido questionado se o famoso cientista realizou realmente a sua experiência como relata, pois de tal forma seria fatal.

Franklin propôs, pela primeira vez, um método de proteção contra raios de um edifício: colocando-se uma ponta metálica 2,5 a 3,0 metros acima da casa e em contato com a terra, onde ela deveria conduzir a descarga para a terra, sem que o edifício sofra danos. Está é à base do SPDA, conhecido hoje como método Franklin.

A partir de então os estudos sobre sistemas de proteção contra descargas atmosféricas passaram a ser mais explorados e aprofundados. Atualmente existem três métodos para se implantar um SPDA: o método Franklin (em homenagem ao inventor do para raios), o modelo Eletro geométrico e o método de Faraday, sendo que, a utilização de um dos métodos acima definirá o nível de proteção do sistema.

2.1 DANOS DEVIDOS AS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

As descargas atmosféricas podem danificar a estrutura da uma edificação de duas diferentes maneiras, estas estão classificadas

por impacto direto, este se dá no caso de um raio atingir diretamente uma estrutura ou então a linha aérea de baixa tensão de telecomunicações (BT/T) ligada a essa própria estrutura, a energia do raio é encaminhada para a terra na tentativa da mesma ser dissipada em segurança. Todavia a impedância da terra e a corrente que flui nesta, cria uma elevada diferença de potencial, originando as denominadas sobretensões.

E os efeitos e impactos indiretos, estes são impactos de um raio nas proximidades de uma estrutura ou de uma linha aérea BT/Telecomunicações, pode provocar na instalação que se pretende proteger o acoplamento de elevadas correntes parciais. Segundo GARY. (1994), isto acontece porque no ponto de impacto, tal como acontecia no ponto anterior, é criada uma elevada diferença de potencial que se vai dissipando até atingir a estrutura que se pretende proteger, originando o fenómeno de sobre tensão.

A descarga atmosférica que atinge uma estrutura pode causar danos a própria estrutura e seus ocupantes e conteúdo, incluindo falhas nos sistemas internos. Os danos e falhas podem se estender também as estruturas vizinhas e podem ainda envolver o ambiente local. A extensão dos danos e falhas na vizinhança depende das

características das estruturas e das características das descargas atmosféricas.

As principais características das estruturas relevantes para os efeitos das descargas atmosféricas incluem:

- Construção (por exemplo, madeira, alvenaria, concreto, concreto armado, estrutura em aço);
- Função (residência, escritório, comércio, rural, teatro, hotel, escola, hospital, museu, igreja, prisão, *shopping center*, banco, fábrica, área industrial, área de práticas esportivas);
- Ocupantes e conteúdo (pessoas e animais, presença ou não de materiais combustíveis ou explosivos, sistemas elétricos e eletrônicos de baixa tensão ou alta tensão suportável);
- Linhas elétricas e tubulações metálicas que adentram a estrutura (linhas de energia, linhas de telecomunicações, tubulações);

2.2 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA)

Um Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA) é utilizado para reduzir danos físicos devido às descargas atmosféricas as estruturas. O SPDA consiste em dois sistemas, o externo e interno, o Sistema de Proteção deve captar a descarga que atingiria o volume a ser protegido, conduzir em segurança pela edificação e dissipar na terra. A descarga conduzida e dissipada em segurança, significa a proteção dos ocupantes e da edificação em que o SPDA está instalado.

A norma regulamentadora NBR-5419 – Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), é a responsável por regulamentar todos os aspectos que envolve um dimensionamento, instalação e manutenção de um Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas SPDA no Brasil.

A NBR-5419:2015, está dividida basicamente em quatro etapas, sendo que:

- A primeira parte da norma trata de premissas gerais a serem consideradas para o projeto de SPDA e Aterramento;

- A segunda parte estabelece os requisitos para análise de risco do projeto de SPDA e Aterramento, não apenas para definição do nível de proteção da instalação, mas trazendo diretrizes sobre medidas de proteção que devem ser tomadas para uma proteção mais efetiva de pessoas e instalações;
- A terceira parte conserva boa parte do escopo geral da norma antiga, aplicável a projetos, instalação, inspeção e manutenção do SPDA e Aterramento, além de medidas mitigadoras para controlar tensão de toque e passo proveniente de descargas atmosféricas. Houveram mudanças neste aspecto quanto a materiais de condutores de captação e descida, procedimentos nos testes de continuidade e arquitetura de interligação dos condutores de descida;
- A quarta parte da norma trata basicamente de aspectos gerais ligados à compatibilidade eletromagnética e medidas de proteção contra surtos atmosféricos para equipamentos elétricos e eletrônicos, nas fases de projeto, instalação, inspeção, manutenção e ensaio.

Qualquer projeto de Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas realizado no Brasil tem a obrigação de atender, no mínimo o que é exigido pela NBR- 5419:2015. Existem, é claro, estruturas especiais e que requerem medidas de proteção

Um guia prático para as engenharias, por Rodrigo Bezerra Gaspar.

adicionais que não estão descritas nessa norma, podendo ser complementada pela norma do Comitê internacional de Eletrotécnica a IEC 62305:2010.

3. GAIOLA DE FARADAY

O nome da gaiola de Faraday é uma homenagem ao seu criador, o físico e químico britânico Michael Faraday (1791-1867). Ele descobriu em seus experimentos envolvendo um volume por uma gaiola metálica, este fica blindado dos efeitos eletromagnéticos.

O SPDA pelo método de Faraday segundo a ABNT – NBR 5419 (Proteção de Edificações contra Descargas Atmosférica), são formados por uma rede de condutores envolvendo todos os lados da edificação a proteger. Consistem em captosres composta por malha em uma rede de condutores dispostos no plano horizontal ou inclinado sobre o volume a proteger.

A gaiola de Faraday, segundo NETTO (2017) é basicamente é uma gaiola feita de um material condutor, que impede a entrada de campos eletrostáticos bem como os campos eletromagnéticos cujos comprimentos de onda sejam superiores ao tamanho da malha. Esta forma uma blindagem eletroestática, ou seja, uma superfície condutora que envolve uma dada região e que pode, em certas situações, impedir a entrada de perturbações produzidas por campos elétricos e ou eletromagnéticos externos.

Desenvolvendo a teoria um pouco mais, perceberá que os metais (principalmente os bem polidos) refletem a luz de uma forma coerente porque a estrutura atômica condutora da superfície metálica funciona como uma gaiola de Faraday de malha muito apertada, de dimensões atômicas.

Recomenda-se a utilização, independentemente do método de proteção, de hastes verticais nas junções e ao longo dos condutores da malha de proteção distanciadas por cerca de 5 a 8 m, o comprimento mínimo das hastes verticais deve ser de 30 cm. Esta técnica deve ser empregada para evitar a possibilidade de os condutores da malha serem danificados no ponto de impacto.

Caso esse condutor for uma esfera oca, por exemplo, as cargas irão se espalhar pela superfície externa, pois a repulsão entre as cargas faz com que elas se mantenham o mais longe possível umas das outras. Os efeitos de campo elétrico criados no interior do condutor acabam se anulando, obtendo assim um campo elétrico nulo.

3.1 ESTRUTURA DA GAIOLA DE FARADAY

Este método consiste em dispor por todos os lados do volume a ser protegido uma malha de condutores fixados na estrutura,

sendo baseado na teoria de Faraday, na qual o campo no interior de uma gaiola formada por condutores que conduzem uma corrente qualquer é nulo, independentemente do valor da corrente. No entanto, para que o campo seja nulo é necessário que a corrente se distribua uniformemente por toda a gaiola. Sabe-se que o campo é nulo exatamente no centro da gaiola conforme a figura 1:

Figura 1 – Exemplo de gaiola de Faraday

Fonte: Portal setor elétrico, 2017.

Fazendo o aterramento da gaiola de Faraday, observa-se que qualquer descarga ascendente induzida por um líder descendente se dá por uma das partes metálicas da gaiola. A corrente da

descarga circula apenas pela gaiola, deixando tudo que está em seu interior protegido (VISACRO, 2005). Nas proximidades dos condutores haverá um campo que poderá gerar tensões induzidas em outros condutores que estiverem em paralelo com os condutores da malha. A distância entre os condutores está relacionada com o nível de proteção desejado: quanto menor a distância entre os condutores da malha maior será a proteção obtida. Para se obter os mesmos níveis de proteção do método Franklin, foi fixada pela norma europeia IEC-61024-I as distâncias mínimas com os respectivos níveis de proteção. Na Figura 2, o “A” representa a largura da malha, enquanto que “B” representa a distância entre os terminais aéreos.

Figura 2 – Malha do SPDA por Faraday

Fonte: NFPA 780 (2000).

A NBR 5419:2015, fixou as medidas do comprimento da malha de acordo com a Tabela 01:

Tabela 01 – Dimensões da malha pelo método de Faraday

Nível de proteção	Máxima afastamento dos condutores da malha	Raio da esfera rolante – R em metros
I	5 x 5	20
II	10 x 10	30
III	15 x 15	45
IV	20 x 20	60

Fonte: NBR-5419 – (2015).

O tamanho das malhas está diretamente ligado ao nível de proteção adotado para a edificação. Este comprimento do módulo não deve ser superior ao dobro de sua largura.

3.2 O MÉTODO DE FARADAY EM RELAÇÃO AO DE FRANKLIN E O ELETRO GEOMÉTRICO.

O método Franklin era o mais usado no Brasil por ser o único previsto na antiga norma brasileira (NB 165), sendo o de cálculo manual mais fácil, embora mais trabalhoso. Seu emprego vem diminuindo no caso de edifícios de áreas grandes, porque se forem feitas as interligações entre os captadores para diminuir os

campos magnéticos e as tensões ao longo das descidas, se obtém uma malha sobre o teto da estrutura que estará protegida pelo método de Faraday. Os captadores de 2, 3 ou 4 metros poderão ser substituídos por pequenos captadores de 30, 40 ou 50 cm, para proteção dos condutores da malha. Uma vantagem dos captadores altos é afastar a descarga do teto, diminuindo o risco de danos às telhas pela ação do deslocamento de ar proveniente da descarga. Comprovam (LEITE E LEITE. 2001), através de cálculos, que o método Eletro geométrico tem uma eficiência maior do que o método Franklin. A tendência é a proteção Franklin se restringir as pequenas estruturas.

O método Faraday é uma proteção bastante eficaz, sendo a mais utilizada na maior parte do mundo. Este método de condutores em malha é constituído por condutores horizontais ou inclinados, em forma de anéis, formando uma malha mais conhecida como Gaiola Faraday, apoiada sobre a estrutura envolvendo todos os lados a proteger. Esses condutores devem estar interligados na borda superior da estrutura e na terra, formando um anel superior e um anel inferior. Neste método não se admite deixar partes da edificação de fora da proteção e nem tão pouco deixar de executar o anel de terra, já que sem ele não haverá a “gaiola” protegendo toda a edificação.

O modelo eletro geométrico, também conhecido como esfera rolante, serve para especificar o volume de proteção dos captosres de um SPDA, sejam eles constituídos de hastes, cabos, elementos estruturais ou de uma combinação de ambos. Este é um método concebido a partir do mecanismo de formação das descargas sendo somente útil para descargas atmosféricas positivas. O raio atinge o solo ou uma estrutura no local de onde partiu o líder ascendente e, como este se origina no ponto onde o campo elétrico é mais intenso, o trajeto do raio não é necessariamente vertical. Isto fica evidente quando estruturas altas são atingidas lateralmente pelos raios.

3.3 INSPEÇÃO DO SPDA

A Inspeção prescrita no item 6.1 da NBR-5419, não se aplica aos subsistemas do SPDA instalados, que tenham seus acessos impossibilitados por estarem embutidos no concreto armado (ferragens estruturais) ou reboco. As inspeções visam a assegurar que:

- O SPDA está conforme o projeto;
- Todos os componentes do SPDA estão em bom estado, as

conexões e fixações estão firmes e livres de corrosão;

- O valor da resistência de aterramento seja compatível com o arranjo e com as dimensões do subsistema de aterramento, e com a resistividade do solo;
- Todas as construções acrescentadas à estrutura posteriormente à instalação original estão integradas no volume a proteger, mediante ligação ao SPDA ou ampliação deste.

Conforme a NBR-5419:2005, uma inspeção visual do SPDA deve ser efetuada anualmente. Inspeções completas conforme 6.1 devem ser efetuadas periodicamente, em intervalos de:

- A cada 5 anos, para estruturas destinadas a fins residenciais, comerciais, administrativos, agrícolas ou industriais, excetuando-se áreas classificadas com risco de incêndio ou explosão;
- Com o período de 3 anos, para estruturas destinadas a grandes concentrações públicas (por exemplo: hospitais, escolas, teatros, cinemas, estádios de esporte, centros comerciais e pavilhões), indústrias contendo áreas com risco de explosão, conforme a ABNT NBR 9518:1997

(Instalações Elétricas em Atmosferas Explosivas), e depósitos de material inflamável;

- O período de 1 ano, para estruturas contendo munição ou explosivos, ou em locais expostos à corrosão atmosférica severa (regiões litorâneas, ambientes industriais com atmosfera agressiva etc.).

4. CONCLUSÃO

Neste livro foi possível analisar que o projeto de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas é fundamental para a segurança das estruturas e das pessoas que dela utilizam. O tema proposto por este foi desenvolvido de maneira descomplicada, de forma didática e concisa, facilitando o entendimento para qualquer engenheiro que, ler esta obra possa ter os conhecimentos básicos necessários para a concepção de um projeto de SPDA. Desde que, este seja realizado de acordo com as especificações da NBR-5419:2015.

Pôde-se entender que, na fase de desenvolvimento do projeto é fundamental que o engenheiro faça as devidas verificações de onde estar sendo implantado o sistema de proteção, a “localidade”, fazer o gerenciamento dos riscos envolvidos na edificação e o número de descargas atmosféricas que eventualmente possa incidir sobre a estrutura estudada por ano e verificar as condições e reivindicações técnicas e econômicas do sistema através das normas de Sistemas de Proteção Contra

Descargas Atmosféricas da (ABNT), de forma a possibilitar a melhor solução de proteção para cada caso diferente.

Ao que se diz respeito ao gerenciamento de risco que define a necessidade de implantação ou não de um SPDA, na minha opinião do autor deve ser desconsiderado e realizado a obrigação do sistema de proteção para todos os projetos de grande porte afim de assegurar a proteção dos edifícios quanto a presença de descargas atmosféricas.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-5419:2015 – **Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2015.

_____. NBR 9518:1997 – **Instalações Elétricas em Atmosferas Explosivas**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997.

BENITEZ, C. Z. M. **Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas Conforme Norma NBR-5419/2005**. Salvador: 2006.

IEC 61021:1995 – Laminated core packages for transformers and inductors for use in telecommunication and electronic equipment. 1995.

IEC 62305:2010 – **Lightning Protection Standard**. 2010

INPE – **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Infográfico – Mortes por ano**. Disponível em: <http://www.agencia.fapesp.br/pesquisa_do_inpe_e_nasa>. Acesso em junho de 2019.

LEITE, D. M.; LEITE, C.M. **Proteção contra descargas atmosféricas**. 5. ed. São Paulo: Oficina de Mydia, 2001.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais**. 7º Ed. 2007. NETTO, Luiz Ferraz. **A Gaiola de Faraday**. Disponível em: <http://www.feiradeciencias.com.br/sala_11/11_47.asp>. Acesso em junho de 2019.

NR 10. Segurança em Instalações e serviços em Eletricidade – item 10.2.4 b. **Edição dada pela portaria TEM 598 de 07 Dez. 2004**.

VISACRO FILHO, SILVÉRIO). **Descargas atmosféricas: Uma abordagem de engenharia**. 1ª Edição. 2005.

Um guia prático para as engenharias, por Rodrigo Bezerra Gaspar.

Um guia prático para as engenharias, por Rodrigo Bezerra Gaspar.

Descrição dos critérios básicos para elaboração de um projeto de Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosférica (SPDA) por Gaiola de Faraday, com o objetivo de facilitar a compreensão dos profissionais de engenharia em sua execução. Foi utilizado como parâmetro a norma regulamentadora no Brasil a ABNT NBR-5419:2015. Com intuito de uma melhor compreensão dos assuntos abordados, serão estudados conceitos relacionados ao fenômeno de descargas atmosféricas levando em conta a austeridade de seus efeitos destrutivos e os critérios utilizados na NBR 5419, para elaboração de um SPDA.