



Primeiro-Tenente (RM2-EN) Rafael de Andrade Magalhães
3º Ajudante da Seção de Instalações Elétricas da DOCM

Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Católica de Petrópolis (UCP).



Segundo-Tenente (RM2-EN) Adriane Dutra
5ª Ajudante da Seção de Instalações Elétricas da DOCM

Graduada em Engenharia Elétrica pela Universidade de Santa Maria (UFSM). Pós-graduada em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo Centro Universitário Franciscano (UNIFRA-RS). Mestre em engenharia elétrica pela Universidade de Santa Maria (UFSM).

SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

CONSIDERAÇÕES BÁSICAS E CONCEITOS NA ELABORAÇÃO DE PROJETOS PARA AS ORGANIZAÇÕES MILITARES TERRESTRES

1- INTRODUÇÃO

O Brasil, devido as suas dimensões geográficas e sua localização equatorial, é considerado atualmente como um dos países com maior incidência de descargas atmosféricas. Estudos recentes estimam que cerca de 60 milhões de relâmpagos atinjam o solo brasileiro por ano. Para uma melhor compreensão desta quantidade, considere que anualmente, em média, ocorrem sete relâmpagos por quilômetro quadrado em nosso país.

Estes mesmos estudos indicam que vem aumentando significativamente, em todo o mundo, a ocorrência de relâmpagos sobre grandes áreas urbanas, em relação às suas áreas vizinhas. O maior grau de poluição sobre estas regiões, além do fenômeno conhecido como “ilha de calor” (aquecimento provocado pela alteração do tipo de solo e a presença de prédios e elementos que alteram a temperatura do local) são os principais responsáveis pelo aumento da ocorrência.

Historicamente, foram criadas formas de proteção para minimizar os estragos que podem ser causados a pessoas, equipamentos e instalações que estejam dentro de uma edificação, caso ocorra nesta ou em suas adjacências o impacto de uma descarga atmosférica. Os métodos mais eficazes aplicados hoje em dia são conhecidos como SPDA – Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas.



A Norma Técnica Brasileira que regulamenta as atividades de projeto, instalação, manutenção, vistoria, laudo, perícia e pareceres referentes a SPDA é a NBR 5419 – Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas, elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), cuja última versão foi publicada no ano de 2005. Hoje esta Norma está sendo novamente revisada, e a nova publicação será equivalente à Norma Técnica IEC 62305, da Comissão Internacional de Eletrotécnica (*International Electrotechnical Commission - IEC*), sendo o seu lançamento previsto para breve.

De acordo com a Decisão Normativa nº 70 do CONFEA – Conselho Federal de Engenharia e Agronomia, as atividades acima descritas deverão ser executadas por pessoas físicas ou jurídicas devidamente registradas nos CREAs, tendo como responsável técnico da atividade, um profissional com habilitação em engenharia elétrica ou aquelas citadas no Artigo 2º, Parágrafo Único da referida Decisão.

A Diretoria de Obras Civas da Marinha (DOCM) adota a NBR 5419 como referência principal na elaboração de projetos de engenharia e execução de vistorias técnicas de SPDA, como também na análise dos projetos adquiridos diretamente no mercado pelas Organizações Militares da Marinha.

A seguir, serão apresentados aspectos a serem levantados por quaisquer projetistas de instalações elétricas na elaboração de um projeto de SPDA. Para uma melhor compreensão do leitor, dividiremos o Sistema em duas partes, sendo estas:

- **SePDA:** Sistema Externo de Proteção contra Descargas Atmosféricas; e
- **SiPDA:** Sistema Interno de Proteção contra Descargas Atmosféricas.

2 - PARÂMETROS PARA A ELABORAÇÃO DE UM PROJETO DE SPDA

2.1 - SePDA

Obrigatoriedade e Nível de Proteção

Apesar de existir a impressão de que qualquer edificação ou construção necessite de um SPDA, em alguns casos a instalação do Sistema não é obrigatória.

Quanto ao SePDA, antes da elaboração do projeto, deverá ser realizada a Avaliação Geral de Risco, conforme preconizado no anexo B da NBR 5419, sendo levados em consideração vários fatores, como as dimensões, a localização geográfica e o tipo de ocupação do prédio. Caso seja constatada a obrigatoriedade de que a edificação seja protegida por um SePDA, deverá ser determinado pelo projetista o Nível de Proteção deste Sistema.

Nível de Proteção	A que se destina	Eficiência
Nível I	Destinado às estruturas nas quais uma falha do sistema de proteção pode causar danos às estruturas vizinhas ou ao meio ambiente, como por exemplo: depósitos de explosivos, fábricas ou depósitos de produtos tóxicos ou radioativos, indústrias com áreas classificadas	de 96 a 98%
Nível II	Destinado às estruturas cujos danos em caso de falhas serão elevados ou haverá destruição de bens insubstituíveis e/ou de valor histórico, mas, em qualquer caso, se restringirão à própria estrutura e seu conteúdo; incluem-se também aqueles casos de estruturas com grande aglomeração de público, havendo, portanto risco de pânico, como exemplo: museus, ginásios esportivos, etc.	de 90 a 96%
Nível III	Destinado às estruturas de uso comum, como residências, escritórios, fábricas (que não sejam em áreas classificadas) e outras.	de 80 a 90%
Nível IV	Destinado às estruturas construídas de material não inflamável, com pouco acesso de pessoas e com conteúdo não inflamável, como por exemplo: depósito de concreto armado, alvenaria ou estrutura metálica de produtos agrícolas não inflamáveis.	até 80%

Quadro síntese sobre os Níveis de Proteção, sua aplicabilidade e eficiência de proteção.

Ao analisar-se a tabela na página anterior, pode ser constatada uma situação: nenhum Sistema tem 100% de eficiência na proteção contra descargas atmosféricas, qualquer que seja o seu nível de proteção. Tal situação é abordada na NBR 5419, mais precisamente no seu item 4.2. Porém, no mesmo item é informado que se o SePDA for construído conforme a Norma, os riscos de danos devidos às descargas atmosféricas serão reduzidos de forma significativa.

Métodos de Dimensionamento

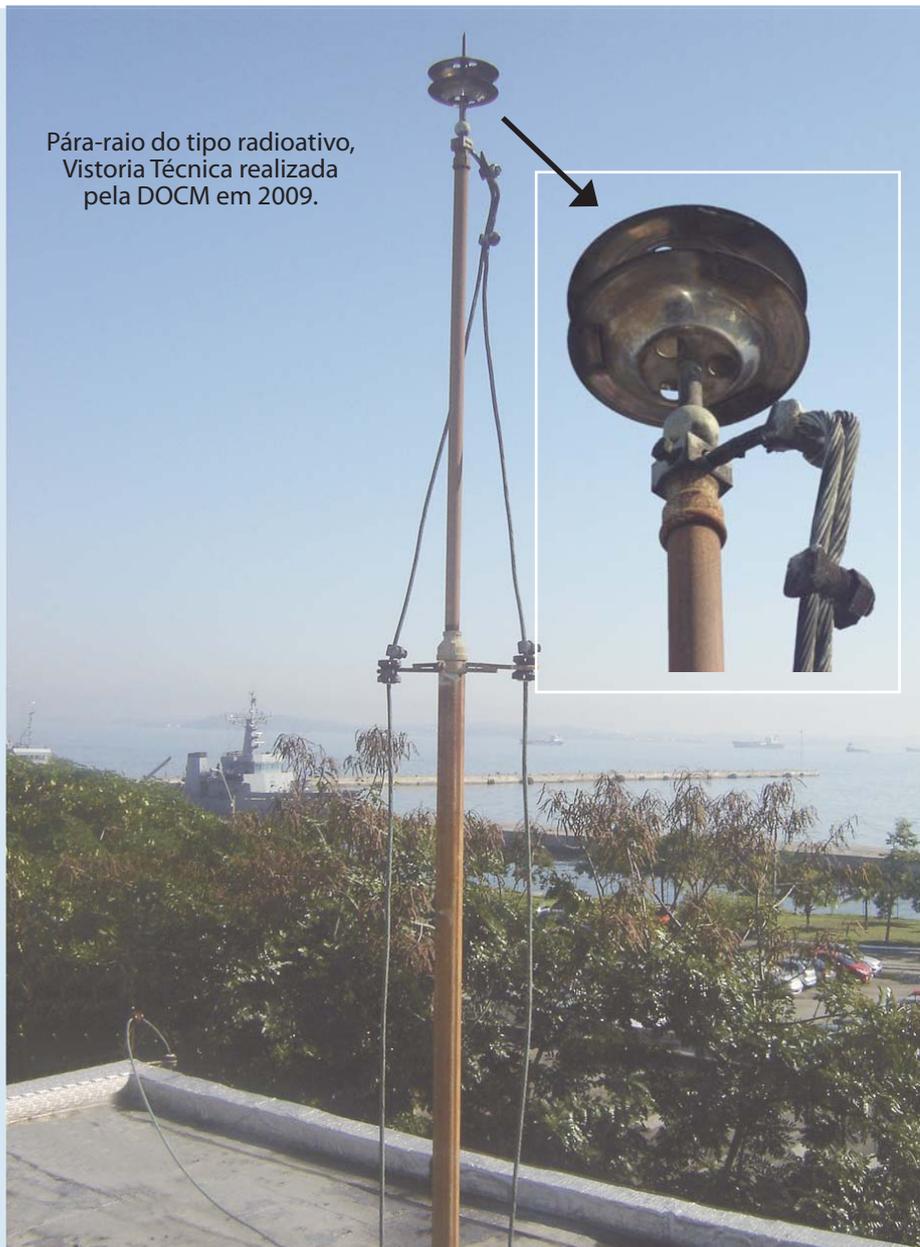
Após ser determinado o Nível de Proteção do SePDA, o projetista deverá definir o Método de Dimensionamento do Sistema.

Vários métodos foram elaborados e comercializados, porém muitos foram considerados ineficazes ou não pôde ser comprovada a eficiência dos mesmos em oferecer uma proteção apropriada, como os Captadores Radioativos (hoje com fabricação proibida pelo CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear) e o método ESE (*Early Streamer Emission*).

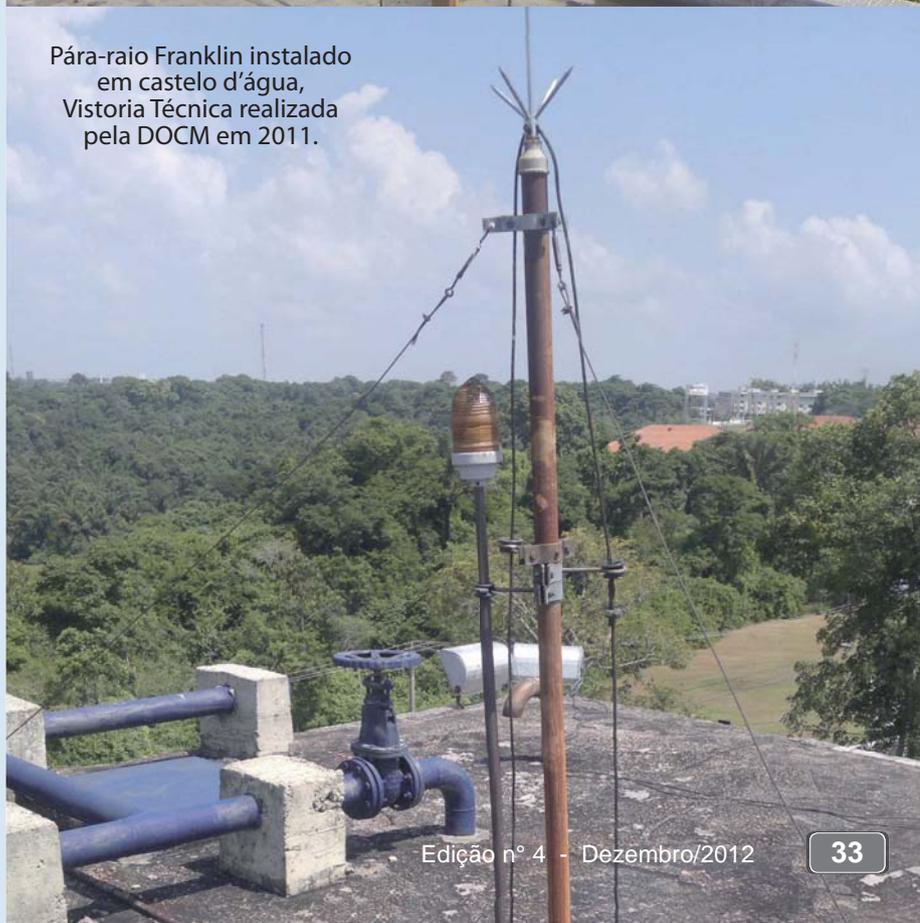
Os únicos Métodos para Dimensionamento de um SPDA que são aceitos pela NBR 5419 são:

- **Método Franklin:** Desenvolvido primeiramente por Benjamin Franklin (1752), com posteriores revisões (Gay Lussac – séc. XVIII), consistindo na rotação da tangente de um ângulo em torno de um eixo (geratriz), para a determinação da área de proteção. O referido ângulo é determinado em função do Nível de Proteção e da altura da edificação (ver tabela 1 da NBR-5419). Normalmente utilizado em edificações de pequeno porte ou para a proteção de estruturas específicas no alto das edificações, como antenas parabólicas ou de radiotransmissão, placas de aquecimento solar, entre outros;

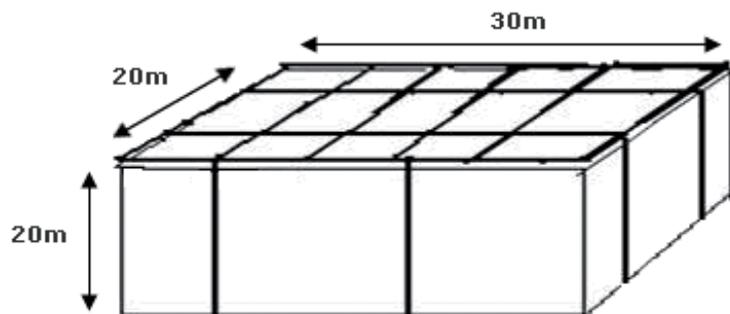
Pára-raio do tipo radioativo, Vistoria Técnica realizada pela DOCM em 2009.



Pára-raio Franklin instalado em castelo d'água, Vistoria Técnica realizada pela DOCM em 2011.

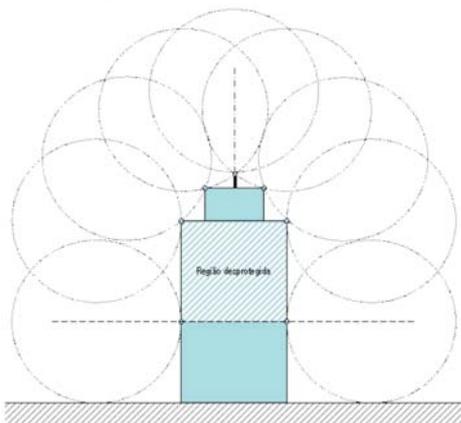


- **Método Faraday:** Baseado em uma experiência de 1836 do físico inglês Michael Faraday conhecida como “Gaiola de Faraday”. Consiste no lançamento de condutores metálicos horizontais na cobertura da edificação, em malhas com dimensões determinadas pelo Nível de Proteção adotado (ver tabela 1 da NBR-5419). Em conjunto com as descidas existentes na edificação, referidos condutores formam uma gaiola, servindo como uma blindagem eletrostática e inibindo os danos que um raio pode causar nas instalações e pessoas dentro da edificação; e



malha 5x10
Exemplo de aplicação do Método de Faraday em edificação (Nível I)

- **Método Eletrogeométrico:** Também conhecido como método das esferas rolantes, é o mais recente de todos (década de 1980), podendo ser considerado uma evolução do Método Franklin. Foi baseado em estudos feitos a partir de registros fotográficos, da medição dos parâmetros dos raios, dos ensaios em laboratório de alta tensão, do emprego das técnicas de simulação e modelagem matemática. A conferência da sua proteção consiste em fazer rolar uma esfera fictícia com raio determinado pelo Nível de Proteção adotado (ver tabela C.1 da NBR-5419), a partir da ponta do mastro pára-raio, girando ao redor da edificação a ser protegida. Todos os locais desta edificação que sejam tocados por essa esfera estarão expostos a uma descarga atmosférica.



Representação esquemática de um SePDA dimensionado através do Método Eletrogeométrico

A determinação do Nível de Proteção e do Método de Dimensionamento influenciará nas características de construção do SePDA. A metodologia de construção de um SePDA deve atender a uma premissa básica de que a descarga atmosférica, ao atingir uma edificação, deverá ser encaminhada o mais rápido possível ao potencial terra, pelo encaminhamento mais curto.

Parâmetros de construção do SePDA

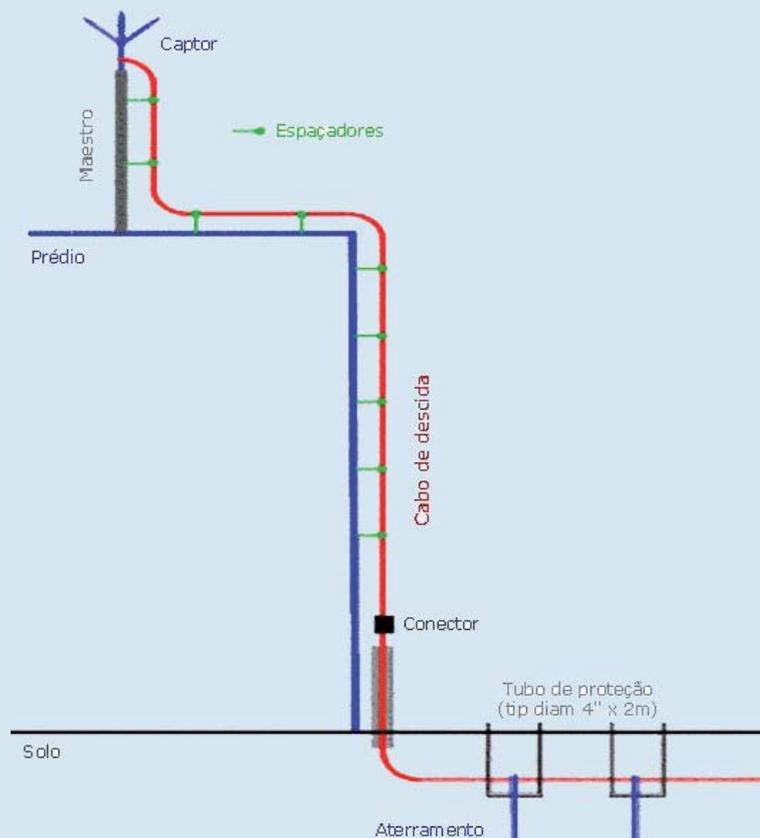
Normalmente um SePDA é dividido em três partes. Interligadas entre si, estas partes propiciam o encaminhamento da descarga à terra. São eles :

- **Subsistema de captação:** Tem como finalidade receber o impacto direto da descarga atmosférica na edificação, distribuindo-a pelas descidas, sendo assim localizado na cobertura do prédio. É composto por elementos metálicos (normalmente mastros e condutores em malha), dimensionados de acordo com o Nível de Proteção e o Método de Dimensionamento adotado (Tabelas 1 e 3 da NBR-5419);

- **Subsistema de descida:** Composto por condutores metálicos, instalados de forma aparente ou embutida, nas fachadas da edificação. O espaçamento médio entre as descidas varia de acordo com o Nível de Proteção adotado (tabela 2 da NBR-5419), sendo normalmente instaladas nas arestas das edificações. E o dimensionamento dos condutores metálicos varia de acordo com o material especificado e com a altura da edificação (tabela 3 da NBR-5419). Tem como finalidade encaminhar a descarga atmosférica do subsistema captor ao subsistema de aterramento, além de receber o impacto de uma descarga atmosférica lateral (característica para prédios com altura superior a 20 metros); e

- Subsistema de aterramento:

Composto por condutores metálicos e hastes de aterramento verticais ou inclinadas, enterrados no solo de forma radial (para edificações com perímetro de até 25m), ou em forma de anel ao redor de edificação (para edificações com perímetro superior a 25m), de acordo com o dimensionamento dos condutores informados na Tabela 3 da NBR-5419. Tem como finalidade dissipar no solo as correntes elétricas da descarga atmosférica.



Representação genérica dos subsistemas de um SPDA

A seguir são disponibilizadas as tabelas constantes na NBR 5419, que determinam os aspectos de construção do SePDA a partir da determinação do Nível de Proteção e do Método de Dimensionamento.

TABELA 1 DA NBR-5419
POSICIONAMENTO DE CAPTORES CONFORME O NÍVEL DE PROTEÇÃO

Nível de proteção	R m	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.

TABELA 2 DA NBR-5419
 ESPAÇAMENTO MÉDIO DOS CONDUTORES DE DESCIDA
 NÃO NATURAIS CONFORME O NÍVEL DE PROTEÇÃO

Nível de Proteção	Espaçamento Médio m
I	10
II	15
III	20
IV	25

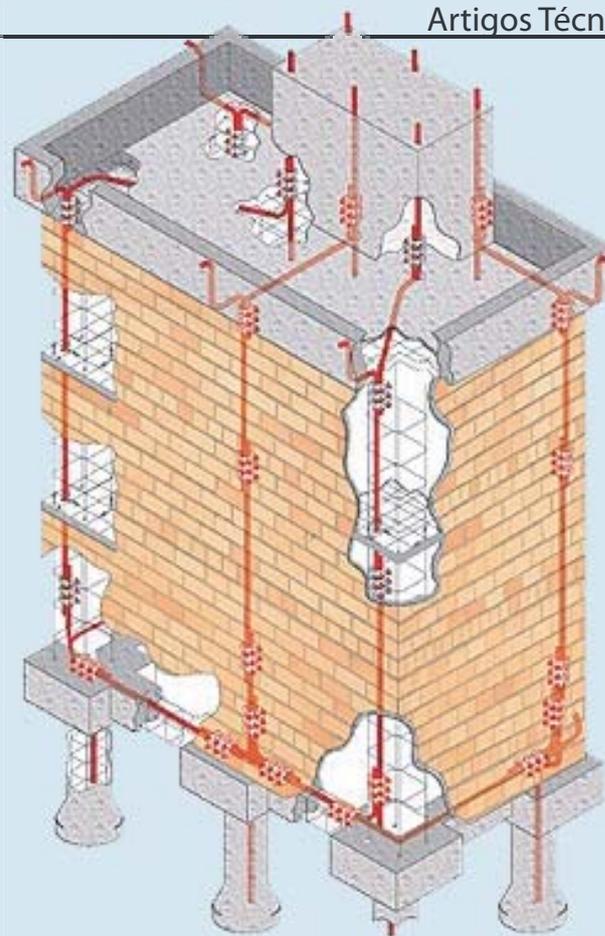
TABELA 3 DA NBR-5419
 SEÇÕES MÍNIMAS DOS MATERIAIS DO SPDA

Material	Captor e Anéis intermediários mm ²	Descidas (para estruturas de altura até 20 m) mm ²	Descidas (para estruturas de altura superior 20 m) mm ²	Eletrodo de Aterramento mm ²
Cobre	35	35	35	35
Alumínio	70	70	70	70
Aço galvanizado a quente ou embutido em concreto	50	50	50	50

TABELA C.1 DA NBR-5419
 MÉTODO ELETROGEOMÉTRICO
 RAIO DA ESFERA ROLANTE DE ACORDO COM O NÍVEL DE PROTEÇÃO

Nível de Proteção	R m
I	20
II	30
III	45
IV	60

Uma vertente muito utilizada nas edificações mais modernas é a construção de um SePDA do tipo Estrutural, utilizando a estrutura de concreto armado e as fundações da edificação como subsistema de descida e de aterramento, com a possibilidade de instalação de uma ferragem opcional, própria para a identificação do SePDA. Assim, não existe a necessidade de construção de subsistemas de descida (externo) e de aterramento (na forma radial ou em anel). Tal forma de construção ingressou no país através de uma versão anterior da NBR 5419 (1993), sendo utilizada em países como Alemanha e Inglaterra há mais de 30 anos. Os custos de implantação do SePDA Estrutural é de aproximadamente 50 a 70% mais barato do que o sistema convencional, além de não acarretar em danos estéticos às fachadas das edificações. Este tipo de SePDA foi adotado na construção do prédio da Unidade de Fabricação de Estruturas Metálicas (UFEM) do PROSUB, em Itaguaí – RJ.



Representação genérica dos subsistemas de um SPD do tipo estrutural

2.2 - SiPDA

Conforme visto anteriormente, devem ser tomadas medidas de proteção das instalações, equipamentos e pessoas dentro de uma edificação, no caso de um impacto direto ou indireto de uma descarga atmosférica.

As medidas não se baseiam apenas na construção do SePDA. Existe a necessidade de construção de um SiPDA para a redução de riscos de incêndio, explosão e choques elétricos dentro da edificação, que podem vir a ser ocasionados não só por uma descarga atmosférica, mas também pelas oscilações de tensão no fornecimento de energia elétrica da concessionária local. E a construção do SiPDA se dá através da equalização de potencial.

O item 5.2.1.1.2 da NBR 5419 caracteriza a equalização de potencial através da instalação de condutores de ligação equipotencial, eventualmente incluindo DPS (dispositivos de proteção contra surtos), interligando ao SePDA a armadura metálica da estrutura, as instalações metálicas (trilho de elevadores, prumadas de incêndio, entre outras), e os condutores dos sistemas elétricos de potência e de sinal, dentro da edificação.

Esquema básico de equalização de equipamentos de telecomunicação da Sala de Telemática Vistoria Técnica da DOCM em 2011



Inclusive a Norma Técnica ABNT NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão, indica a necessidade da existência da Barra de Equalização Principal (BEP), e que os aterramentos de todas as instalações (elétrica, telefonia e dados) devem ser interligados entre si, através da BEP, de forma a garantir a equalização de potenciais. A mesma NBR 5410 preconiza que os referidos aterramentos devem ser instalados em conjunto com o SePDA, devendo a barra BEP ser interligada ao subsistema de aterramento através de condutor e conector apropriados.

3. ATUAÇÃO DA DOCM

Nos últimos anos, os engenheiros eletricitas da DOCM vêm se aperfeiçoando no assunto, participando de diversos cursos e simpósios, como a 10ª edição do SIPDA – Simpósio Internacional de Proteção contra Descargas Atmosféricas, realizado em Curitiba – PR no ano de 2009, aplicando os conhecimentos adquiridos na realização de diversos trabalhos, podendo ser destacados:

- Vistoria Técnica e Projeto Básico para o SPDA do posto de abastecimento de combustíveis do Depósito Naval de Ladário (DepNavLa) – 2008;
- Projeto Básico de SPDA para o Prédio de Apoio da Escola Naval (EN) – 2008;
- Vistoria e Assessoria Técnica para adequação do SPDA instalado em castelo d'água da Base de Abastecimento da Marinha no Rio de Janeiro (BAMRJ) – 2008;
- Especificação Técnica para instalação de SPDA nas edificações e antenas da Estação Rádio da Marinha em Salvador (ERMS) – 2009;
- Projeto de reforma do telhado e adequação do SPDA do galpão principal da Fábrica Almirante Jurandyr Costa Muller de Campos (FAJCMC) – 2009
- Vistoria e Especificação Técnica para adequação do SPDA de edificação do Centro de Instrução Almirante Marques de Leão (CAAML) – 2010;
- Projeto Básico de SPDA para PNR de SO / SG na Estação Naval do Rio Grande (ENRG) – 2011;
- Projeto Básico de SPDA da nova oficina de motores da Base Naval de Natal (BNN) – 2011;
- Vistoria Técnica nas instalações do SPDA dos Postos de Transmissão e Recepção da Estação Rádio da Marinha no Rio de Janeiro (ERMJR) – 2011;
- Vistoria Técnica nas instalações do SPDA da Escola de Guerra Naval (EGN) – 2012; e
- Análise Técnica do Projeto de Implantação de SPDA, contratado pela Policlínica Naval de Manaus (PNMa) – 2012.

Em grande parte das visitas técnicas realizadas pela DOCM nas OM terrestres, são constatadas diversas não conformidades quanto às instalações de SPDA, sendo as mais comuns:

- A inexistência de SePDA em algumas edificações onde é obrigatória a sua instalação, ou SePDA dimensionados em desacordo com o preconizado na NBR 5419, não podendo assim ser garantida a eficiência indicada para o Nível de Proteção escolhido;
- A não adequação do SePDA existente devido a instalação de novos equipamentos nas coberturas das edificações, como centrais condensadoras de ar condicionado tipo split, antenas de telecomunicações, entre outros equipamentos;
- Falhas nas instalações referentes à equalização de potencial interna das edificações (SiPDA);
- Inexistência de documentação técnica dos SPDA instalados, como plantas e memorial descritivo do Sistema; e
- A falta de serviços de manutenção preventiva nos SPDA existentes, o que é caracterizado pelo rompimento de condutores metálicos, má fixação de suportes e conectores, como também a oxidação em diversas partes do Sistema.

Em 2009, a pedido da Diretoria de Comunicações e Tecnologia da Informação da Marinha (DCTIM), a DOCM elaborou um Plano de Manutenção de SPDA para as OM terrestres, disponibilizado através do *link* INTRANET http://www.dctim.mb/dctim10/manutencao_SPDA.pdf. Cabe salientar que os serviços previstos neste Plano deverão ser executados por pessoas com experiência em obras de SPDA, utilizando os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) necessários, principalmente devido à maioria dos serviços ser executada em grandes alturas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo esclarece possíveis dúvidas do leitor, quanto a necessidade, o projeto e o dimensionamento de um SPDA, para edificações já existentes ou a serem construídas.

Recomendamos às Organizações Militares da Marinha a instalação (caso seja obrigatória) ou a adequação (caso necessária) do SPDA em suas edificações, ainda dentro do prazo de vigência da atual Norma. Além disso, toda a documentação referente ao Sistema instalado, como Projeto Original com seus desenhos técnicos e suas alterações, além de Ordens de Serviço de Manutenção realizadas, deverá ser verificada, atualizada se necessário e arquivada pelas OM.

Com o objetivo da preservação do pessoal e do patrimônio naval, como também manter a integridade das instalações de telecomunicações, este artigo procurou demonstrar que um SPDA bem dimensionado, conforme parâmetros existentes em normalização técnica vigente, diminui significativamente a ocorrência de danos ocasionados por descargas atmosféricas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, Normando Virgílio Borges – Apostila de SPDA – Curso de Dimensionamento e Projeto (Teórico e Prático). Termotécnica Pára-Raios – Belo Horizonte, 2007;
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 5410:2004 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2004;
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 5419:2005 – Proteção de estruturas contra Descargas Atmosféricas. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2008;
- Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN – Resolução nº 4 de 19 de Abril de 1989;
- Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – CONFEA – Decisão Normativa nº 70 de 26 de Outubro de 2011; e
- Teixeira, Wilson S. – Apostila do Curso Sistemas de Aterramento Elétrico e Proteção contra Descargas Atmosféricas – NTT Treinamento Avançado – Rio de Janeiro – 2012.