

Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas SPDA

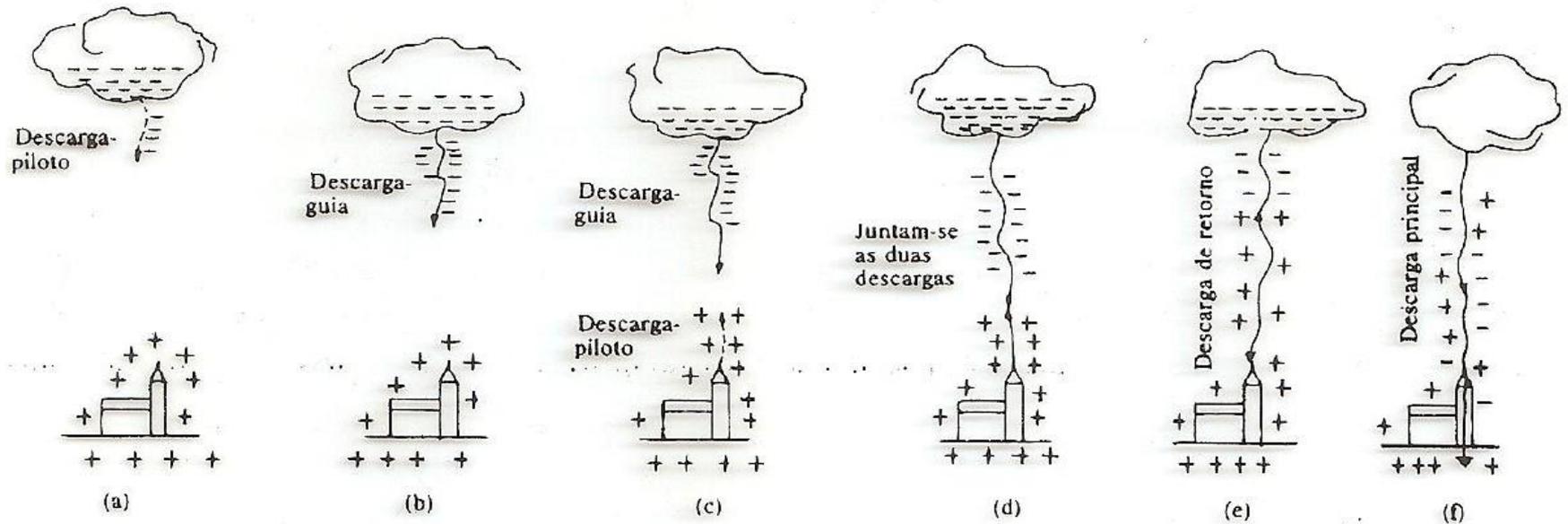
NBR 5419-1:2015

Princípios Gerais

Prof. Marcos Fergütz

Agosto/2024

Formação das Descargas Atmosféricas



Fases sucessivas da formação na atmosfera de uma descarga elétrica.

Teoria dos Saltos - Raio Nuvem-Solo

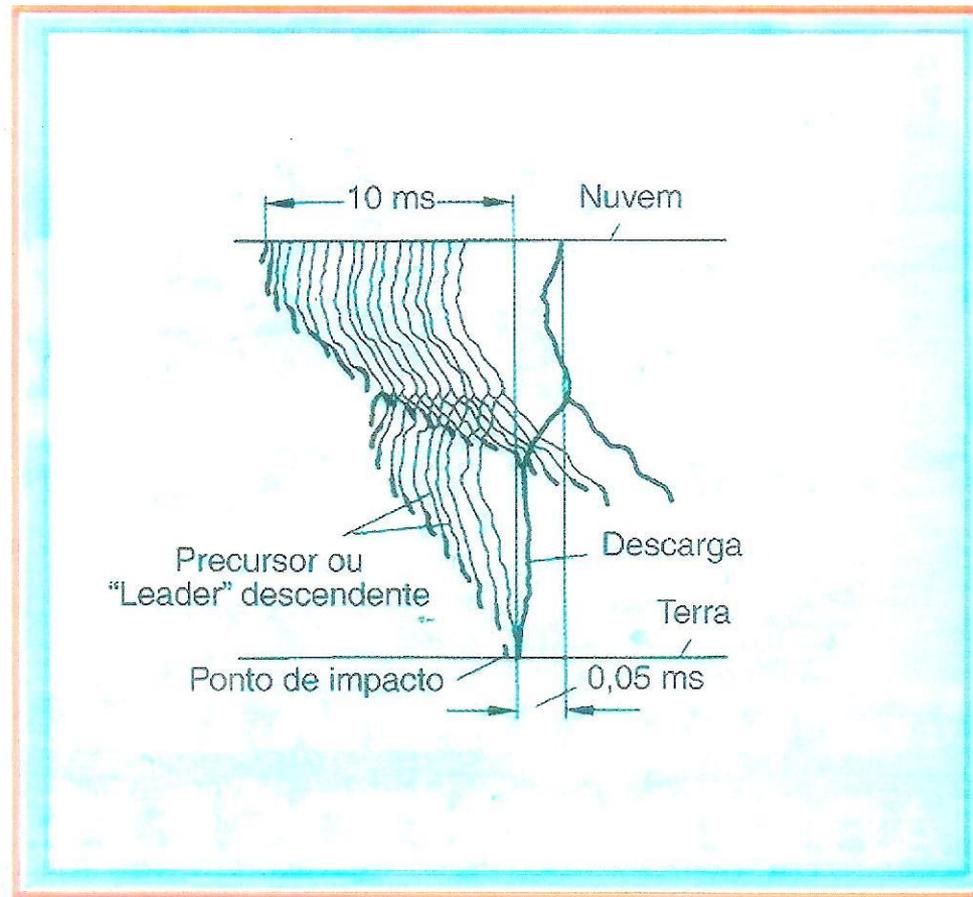


Fig. 1 – Registros fotográficos utilizados na determinação do método

Raios Solos-Nuvens



Fotografia da descarga por câmara fixa



Fotografia da mesma descarga por câmara de alta velocidade



Fig. 3 – Desenvolvimento de precursor ascendente a partir do solo



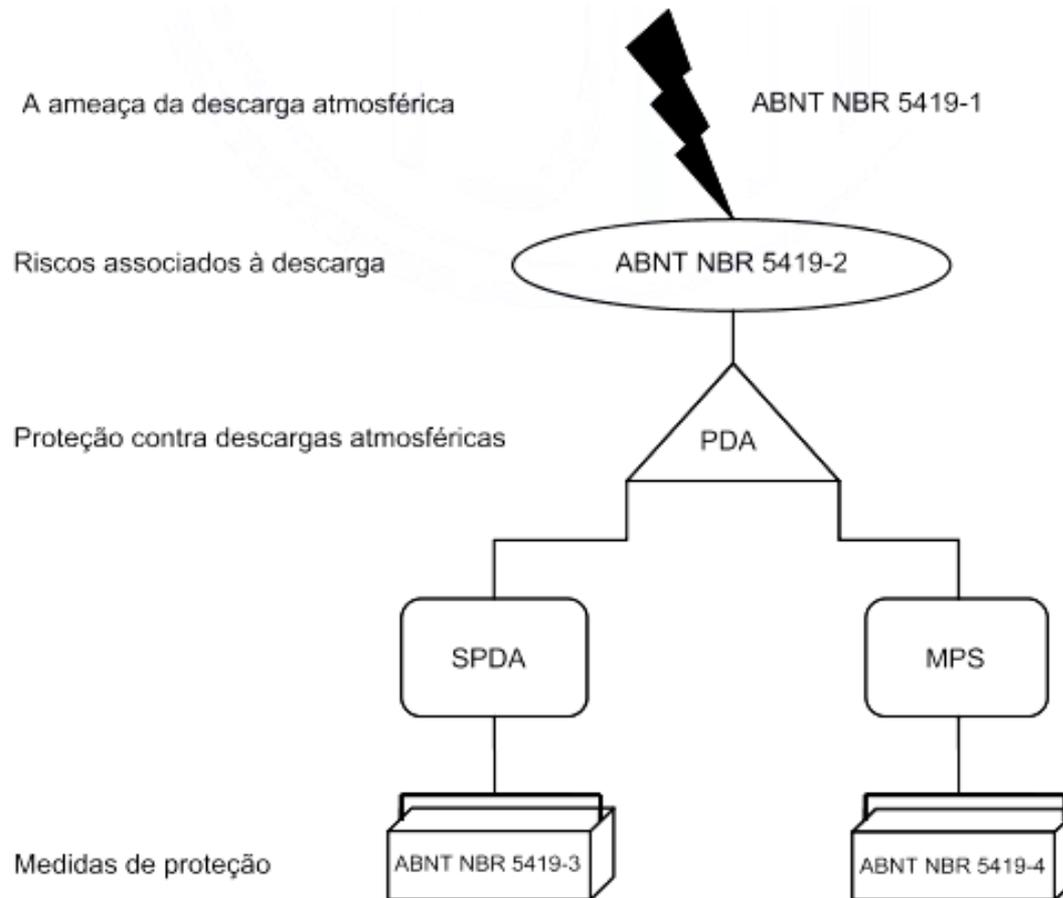
Fig. 5 – Precursores ascendentes originados na torre de comunicação do Monte San Salvatore, na Suíça



Raio ascendente em antena instalada no Pico Jaraguá – São Paulo/SP – março/2012
Imagem: INPE/ELAT



Estrutura da NBR5419/15



MEC 2612/10

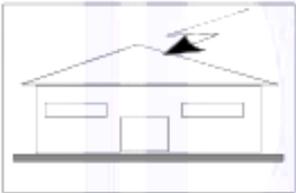
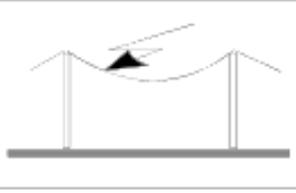
Figura 1 – Conexões entre as partes da ABNT NBR 5419

NBR 5419-1:2015 – Princípio Gerais

Esta primeira parte da 5419 se presta a fazer uma apresentação geral de conceitos que serão desenvolvidos nas partes subsequentes (2, 3 e 4).

- Fontes de Danos
 - S1: Descargas atmosféricas na estruturas;
 - S2: Descargas atmosféricas nas proximidades da estrutura;
 - S3: Descarga atmosféricas nas linhas elétricas e/ou tubulações metálicas de entrada;
 - S4: Descargas atmosféricas próximas às linhas elétricas e/ou tubulações metálicas de entrada.
 - Tipos de Danos
 - D1: danos às pessoas devido a choque elétrico;
 - D2: danos físicos devido aos efeitos da corrente da descarga (inclusive centelhamento) como fogo, explosão, destruição mecânica e liberação de produtos químicos;
 - D3: falhas de sistemas internos devido ao pulso eletromagnético devido à descarga atmosférica (**LEMP – Lightning Eletromagnetic Impulse**).
 - Tipos de Perdas
 - L1: perda vida humana (inclusive danos permanentes);
 - L2: perda de serviço ao público;
 - L3: perda de patrimônio cultural;
 - L4: perda de valor econômico (estrutura/conteúdo/atividades)
- } Perdas
} Sociais

Tabela 2 – Danos e perdas relevantes para uma estrutura para diferentes pontos de impacto da descarga atmosférica

| Ponto de impacto | | Fonte de dano | Tipo de dano | Tipo de perda |
|---|---|---------------|----------------|---|
| Estrutura |  | S1 | D1 D2 D3 | L1, L4 ^a L1, L2, L3, L4 L1 ^b , L2, L4 |
| Nas proximidades de uma estrutura |  | S2 | D3 | L1 ^b , L2, L4 |
| Linhas elétricas ou tubulações metálicas conectadas à estrutura |  | S3 | D1 D2 D3 | L1, L4 ^a L1, L2, L3, L4 L1 ^b , L2, L4 |
| Proximidades de uma linha elétrica ou tubulação metálica |  | S4 | D3 | L1 ^b , L2, L4 |

^a Somente para propriedades onde pode haver perdas de animais.

^b Somente para estruturas com risco de explosão, hospitais ou outras estruturas nas quais falhas em sistemas internos colocam a vida humana diretamente em perigo.

Medidas de Proteção

- Para reduzir danos à pessoas devido ao choque elétrico:

- Isolação das parte condutoras expostas;
- Equipotencialização através de aterramento em malha;
- Restrições físicas e avisos;
- Ligação equipotencial para descargas atmosféricas (LE).

Nota: risco de vida reduzido se aumentado a resistência de contato da superfície do solo; medidas eficientes somente para estrutura com SPDA; detectores de tempestades podem auxiliar a reduzir risco de vida.

- Para reduzir danos físicos:

- ❖ Subsistema de captação, de descida e de aterramento;
- ❖ Equipotencialização para descargas atmosféricas (EB);
- ❖ Isolação elétrica → distância de segurança.

Nota: limitação da propagação do fogo (compartimentos à prova, extintores, hidrantes, alarme) reduzem os danos físicos; a equipotencialização é essencial para reduzir os perigos de incêndio, explosão e o risco de vida.

- Para reduzir falhas dos sistemas eletro-eletrônicos:

- ✓ Aterramento e equipotencialização;
- ✓ Blindagem magnética;
- ✓ Roteamento da fiação;
- ✓ Interfaces isolantes;
- ✓ DPS coordenado.

Nota: Para danos Tipo S1, as medidas são eficientes se a estrutura for protegida por SPDA; detectores de tempestade podem reduzir as falhas de sistemas eletro-eletrônicos.

Tabela 3 – Valores máximos dos parâmetros das descargas atmosféricas correspondentes aos níveis de proteção (NP)

| 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 4 – Valores mínimos dos parâmetros das descargas atmosféricas e respectivos raios da esfera rolante, correspondentes aos níveis de proteção (NP)

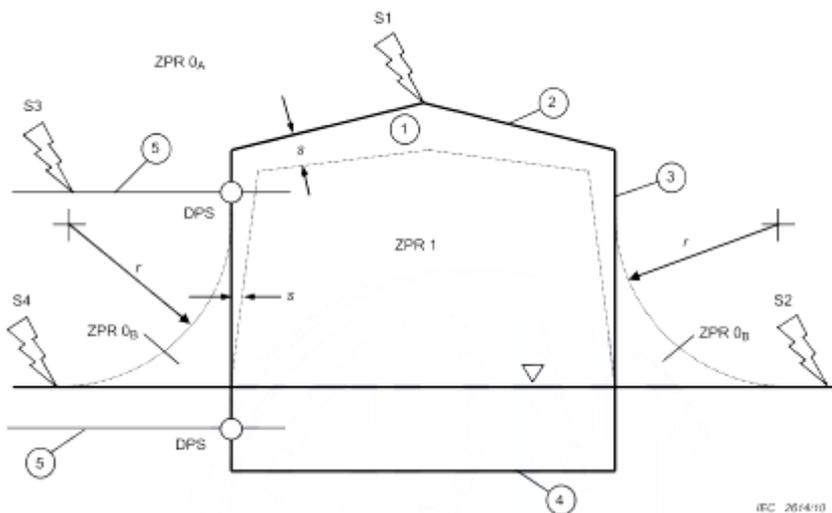
| Critérios de interceptação | | | NP | | | |
|----------------------------|---------|---------|----|----|-----|----|
| | Símbolo | Unidade | I | II | III | IV |
| Corrente de pico mínima | I | kA | 3 | 5 | 10 | 16 |
| Raio da esfera rolante | r | m | 20 | 30 | 45 | 60 |

Proteção Contra Danos Físicos e Risco de Vida

Para se proteger uma estrutura contra danos físicos e risco de vida, há que se lançar mão de um SPDA.

- Um SPDA é composto de:
 - Sistema Externo de Proteção: constituído por subsistemas de captação, descida e aterramento, com a função de captar a descarga, conduzir a corrente de forma segura até dispersá-la na terra ;
 - Sistema Interno de Proteção: constituído em ligações equipotenciais e/ou isolamento elétrica (distância de segurança) do sistema externo, com o objetivo de evitar o centelhamento perigoso na estrutura.

- Zonas de Proteção contra Raio (ZPR) definida por SPDA



| | | | |
|---|---|-----|--|
| 1 | estrutura | S1 | descarga atmosférica na estrutura |
| 2 | subsistema de captação | S2 | descarga atmosférica perto da estrutura |
| 3 | subsistema de descida | S3 | descarga atmosférica em linhas ou tubulações que adentram na estrutura |
| 4 | subsistema de aterramento | S4 | descarga atmosférica perto de linhas ou tubulações que adentram na estrutura |
| 5 | linhas e tubulações que adentram na estrutura | r | raio da esfera rolante |
| | | s | distância de segurança contra centelhamento perigoso |

▽ nível do piso

○ ligação equipotencial por meio de DPS

ZPR 0_A descarga atmosférica direta, corrente total

ZPR 0_B é pouco provável a ocorrência de descarga atmosférica direta, corrente parcial da descarga atmosférica ou corrente induzida

ZPR 1 não há descarga atmosférica direta, corrente limitada da descarga atmosférica ou corrente induzida

É importante observar que o volume protegido na ZPR 1 sempre respeita a distância de segurança s

A norma reconhece que a proteção contra danos físicos e risco de vida é efetiva quando a estrutura estiver dentro de uma ZPR 0_B.

Proteção para Reduzir as Falhas de Sistemas Internos

A proteção contra LEMP visando reduzir os riscos de falhas dos sistemas eletroeletrônicos internos devem limitar sobretensões:

- ✓ devido a descargas na estrutura, resultando de acoplamentos resistivos e indutivos;
- ✓ Devido a descargas próximas a estrutura, resultando de acoplamento indutivo;
- ✓ Transmitidas por linhas que adentram a estrutura, em função de descargas nas linhas e/ou nas proximidades destas;

E, limitar campo magnético acoplado diretamente aos aparelhos/equipamentos.

Para tanto, o sistema deve estar dentro de uma ZPR1 ou superior, sendo que isto se dá à partir da aplicação de Medidas de Proteção contra Surto (MPS). As MPS's são constituídas de condutores de blindagem, blindagem magnética e **DPS**.

A aplicação de MPS originam ZPR's, de modo que uma ZPR a jusante de uma MPS apresenta uma redução significativas dos LEMP, em comparação com a ZPR a montante.

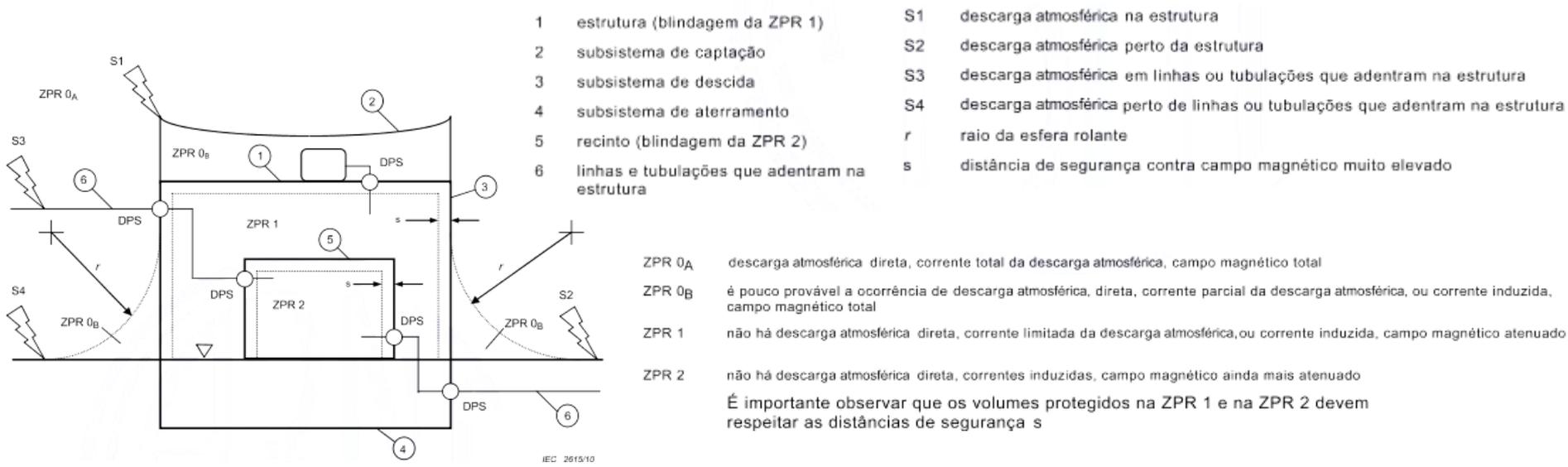


Figura 4 – ZPR definidas por MPS (ABNT NBR 5419-4)

Salienta-se que neste material se tratou de mostrar os principais conceitos que a NBR5419-1:2105 apresenta em seu corpo e no Anexo A.

Fica a indicação de leitura dos Anexos B, C, D e E, os quais são informativos e trazem informações complementares.

FIM