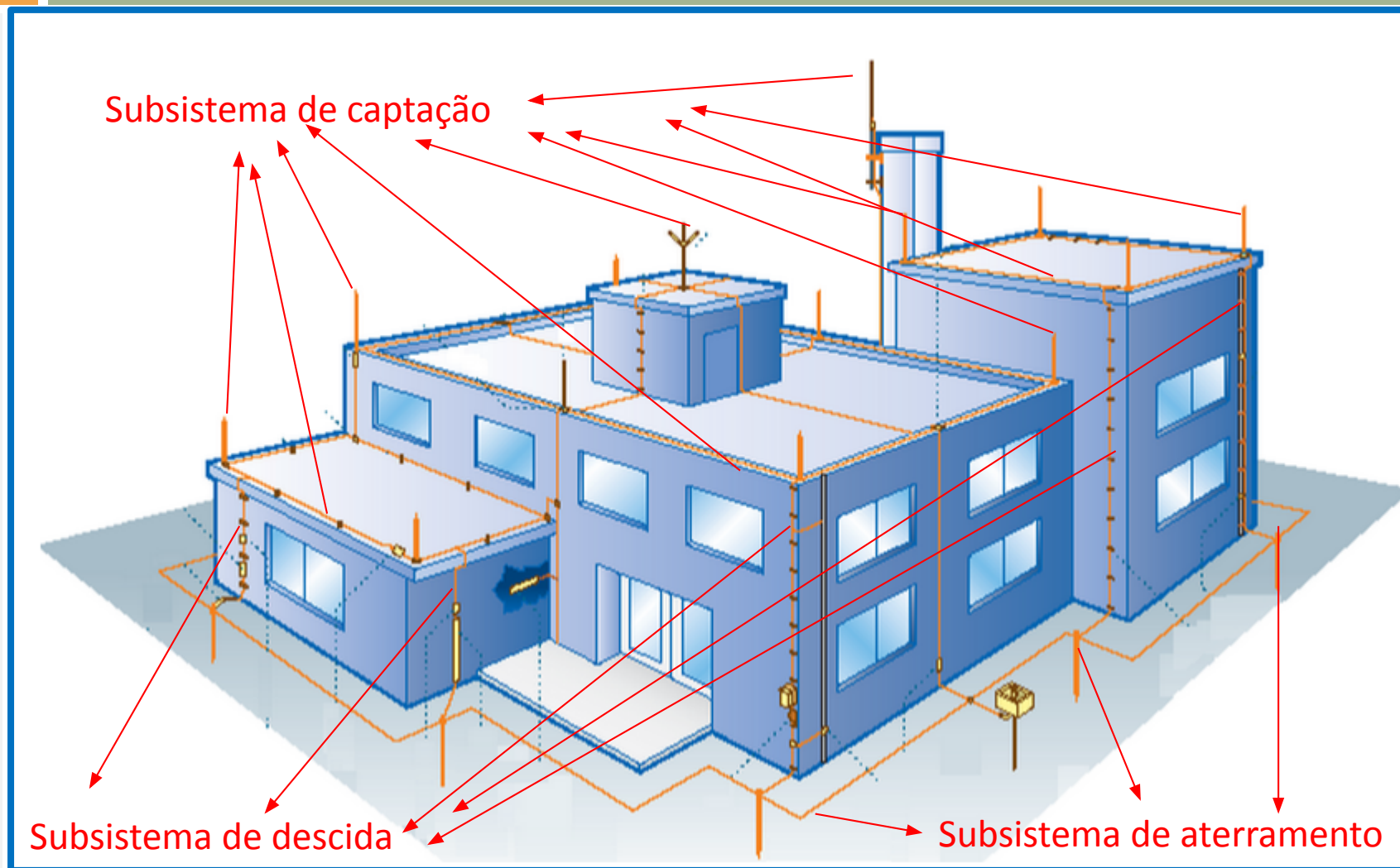


SPDA EXTERNO NÃO ISOLADO: CARACTERÍSTICAS E A ISOLAÇÃO ELÉTRICA EM CONFORMIDADE COM A NBR 5419/2015 PARTE 3

Introdução

- O SPDA (Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas) é um sistema completo utilizado para minimizar os danos físicos causados por descargas atmosféricas na estrutura.
- O SPDA externo é constituído de um subsistema de captação, um subsistema de descida e um subsistema de aterramento.
- **Subsistema de captação:** utiliza elementos metálicos dispostos em qualquer direção, que são projetados e posicionados para interceptar as descargas atmosférica.
- **Subsistema de descida:** conduz a corrente da descarga atmosférica desde o subsistema de captação até o subsistema de aterramento.
- **Subsistema de aterramento:** é responsável por conduzir e dispersar a corrente da descarga atmosférica na terra.
- Instalações metálicas: são elementos metálicos ao longo da estrutura que será protegida, que podem se tornar caminho para a corrente de descarga atmosférica.
 - ❖ tubulações, escadas, janelas e portas metálicas, trilhos de elevadores, coifas, dutos de ar condicionado, armadura de aço da estrutura e peças metálicas estruturais.

Introdução



Subsistema de descida

- Tem o propósito de reduzir a probabilidade de danos devido á corrente da descarga atmosférica fluindo pelo SPDA.
- Os condutores de descidas devem ser arrançados afim de proverem:
 - ❖ Diversos caminhos paralelos para corrente elétrica;
 - ❖ Menor comprimento possível do caminho da corrente elétrica;
 - ❖ A equipotencialização com as partes condutoras de uma estrutura deve ser feita.
- Para melhor distribuição das correntes das descargas atmosféricas devem ser consideradas interligações horizontais com os condutores de descida, ao nível do solo, e em intervalos entre 10 a 20m, conforme a classe do SPDA.

| CLASSE DO SPDA | DISTÂNCIAS (m) |
|----------------|----------------|
| I | 10 |
| II | 10 |
| III | 15 |
| IV | 20 |

É aceitável que os espaçamento tenha no máximo 20% além dos valores da tabela!

Subsistema de descida

- Um condutor de descida deve ser instalado, preferencialmente , em cada canto saliente da estrutura, além dos condutores impostos pela distância de segurança.

$$N = \frac{P}{D}$$

N = número de descidas

D = distância entre as descidas

P = perímetro da edificação

| CLASSE DO SPDA | DISTÂNCIAS (m) |
|----------------|----------------|
| I | 10 |
| II | 10 |
| III | 15 |
| IV | 20 |

Fonte: NBR 5419 parte 3 de 2015

- Não é recomendável que os condutores de descida sejam instalados em calhas ou tubulações pluviais mesmo que sejam cobertos por matérias isolantes. A umidade no dutos pluviais aumenta a possibilidade de corrosão.

- a O recobrimento a quente (fogo) deve ser conforme ABNT NBR 6323 [1].
- b Aplicável somente a minicaptadores. Para aplicações onde esforços mecânicos, por exemplo, força do vento, não forem críticos, é permitida a utilização de elementos com diâmetro mínimo de 10 mm e comprimento máximo de 1 m.
- c Composição mínima AISI 304 ou composto por: cromo 16 %, níquel 8 %, carbono 0,07 %.
- d Espessura, comprimento e diâmetro indicados na tabela refere-se aos valores mínimos, sendo admitida uma tolerância de 5 %, exceto para o diâmetro dos fios das cordoalhas cuja tolerância é de 2 %.
- e A cordoalha cobreada deve ter uma condutividade mínima de 30 % IACS (*International Annealed Copper Standard*).



ro Universitário de Brasília

| Material | Configuração | Área de Seção mínima (mm ²) | Comentários |
|------------------------------|------------------------|---|--------------------------------------|
| Cobre | Fita maciça (d) | 35 | Espessura 1,75mm |
| | Arredondado maciço | 35 | Diâmetro 6mm |
| | Encordoado | 35 | Diâmetro de cada fio cordoalha 2,5mm |
| | Arredondado maciço (b) | 200 | Diâmetro 16mm |
| Alumínio | Fita maciça | 70 | Espessura 3mm |
| | Arredondado maciço | 70 | Diâmetro 9,5 mm |
| | Encordoado | 70 | Diâmetro de cada fio cordoalha 3,5mm |
| | Arredondado maciço (b) | 200 | Diâmetro 16mm |
| Aço cobreado IACS 30% | Arredondado maciço | 50 | Diâmetro 8mm |
| | Encordoado | 50 | Diâmetro de cada fio cordoalha 3mm |
| Alumínio cobreado IACS 64% | Arredondado maciço | 50 | Diâmetro 8mm |
| | Encordoado | 70 | Diâmetro de cada fio cordoalha 3,6mm |
| Aço galvanizado a quente (a) | Fita maciça | 50 | Espessura 2,5 mm |
| | Arredondado maciço | 50 | Diâmetro 8mm |
| | Encordoado | 50 | Diâmetro de cada fio cordoalha 1,7mm |
| | Arredondado maciço (b) | 200 | Diâmetro 16mm |
| Aço inoxidável (c) | Fita maciça | 50 | Espessura 2mm |
| | Arredondado maciço | 50 | Diâmetro 8mm |
| | Encordoado | 70 | Diâmetro de cada fio cordoalha 1,7mm |
| | Arredondado maciço (b) | 200 | Diâmetro 16mm |

□ A tabela de condutores de captação, descidas e aterramento foi aprimorada com novos materiais (aço cobreado, alumínio cobreado), e algumas dimensões mínimas e tolerâncias foram estabelecidas. Aprimorada.

Nota : Essa tabela não se aplica aos materiais utilizados como eletrodos naturais.

Material, configuração e área de seção mínima dos condutores de captação, hastes captadores e condutores de descidas, tabela 6 da NBR 5419/2015 parte 3.

Subsistema de Captação

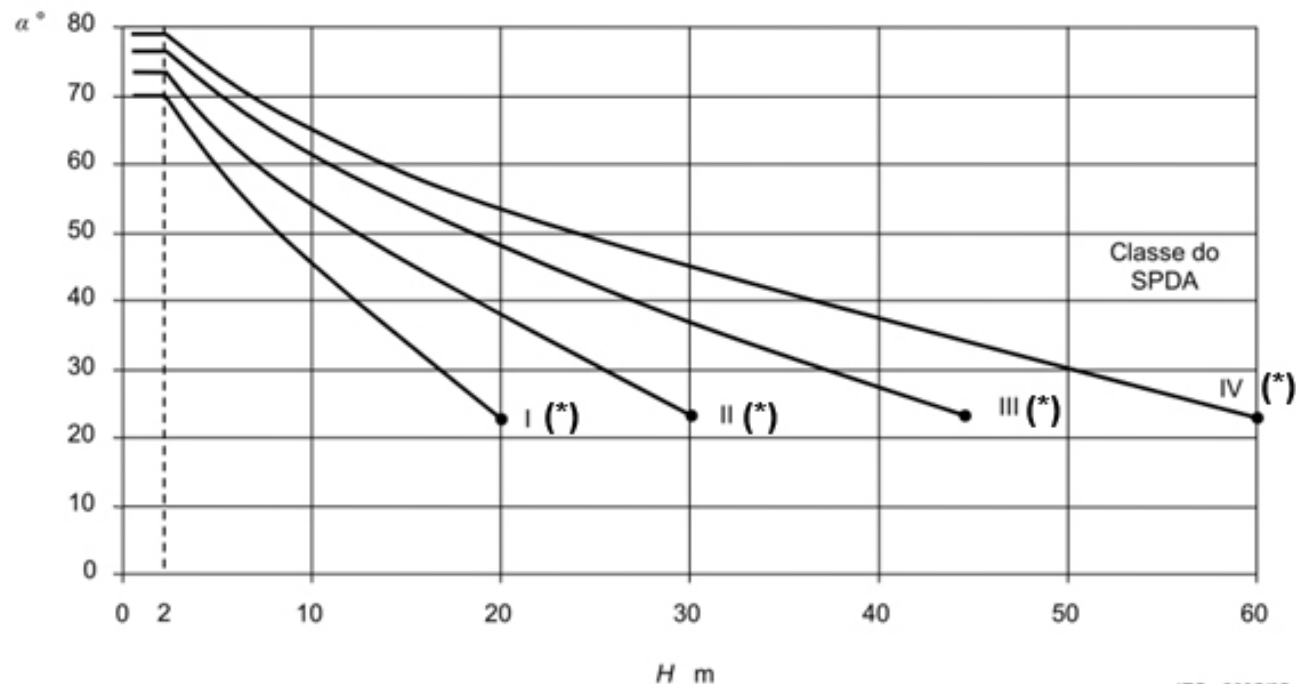
- A probabilidade de penetração da corrente de descarga atmosférica na estrutura é consideravelmente limitada pela presença de subsistema de captação.
- O Subsistema de captação pode ser composto pela combinação de : hastes (incluindo mastros), condutores suspensos e condutores em malha.
- O posicionamento dos captos depende do método do SPDA: Malha (Gaiola de Faraday), Franklin ou Esferas Rolantes.

| - | MÉTODO DE PROTEÇÃO | | | |
|----------------|--------------------------------|---|-----------------------------------|--------------------|
| CLASSE DE SPDA | RAIO DA ESFERA ROLANTE – R (m) | MÁXIMO AFASTAMENTO DOS CONDUTORES DE MALHAS (m) | ESPAÇAMENTO ENTRE AS DESCIDAS (m) | ÂNGULO DE PROTEÇÃO |
| I | 20 | 5 X 5 | 10 | FIGURA 1 |
| II | 30 | 10 X 10 | 10 | |
| III | 45 | 15 X 15 | 15 | |
| IV | 60 | 20 X 20 | 20 | |

Fonte: NBR 5419 parte 3 de 2015

Subsistema de Captação

Ângulo de proteção correspondente à classe de SPDA



IEC 2095/05

Fonte: NBR 5419 parte 3 de 2015

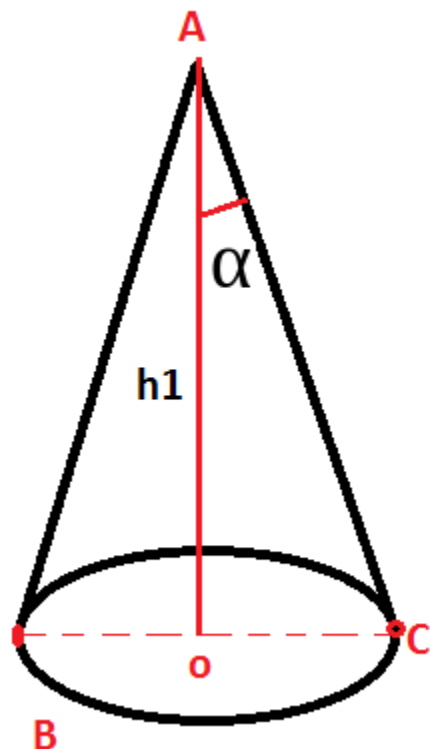
NOTA 1 Não aplicável além dos valores marcados com *.

Somente os métodos da esfera rolante e das malhas são aplicáveis nestes casos.

NOTA 2 H é a altura do captor acima do plano de referência da área a ser protegida.

NOTA 3 O ângulo não será alterado para valores de H abaixo de 2m.

Subsistema de captação: Posicionamento

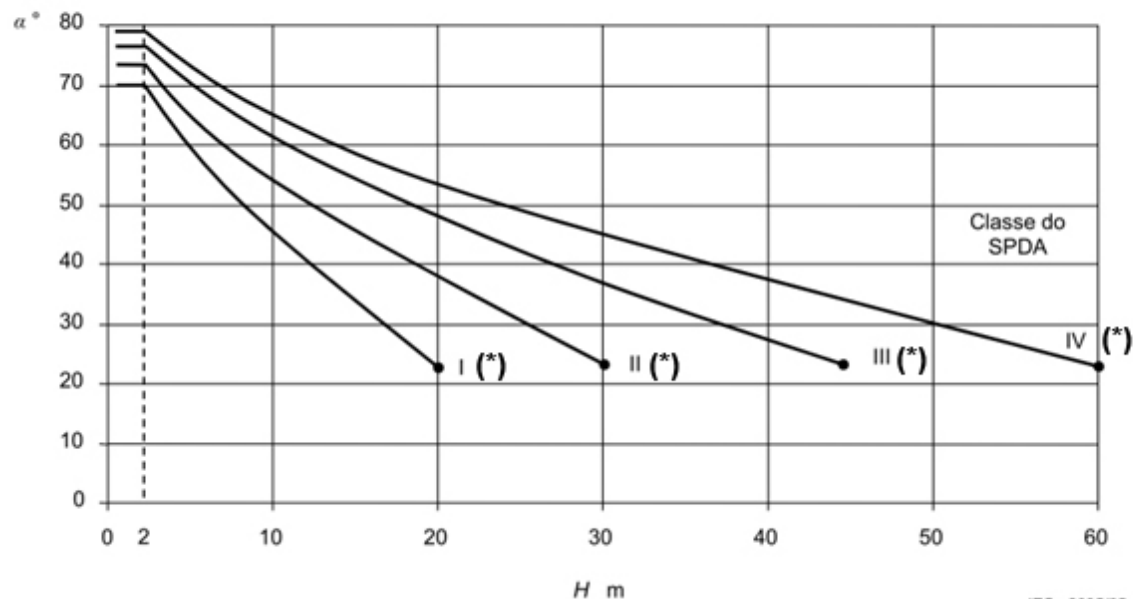


Legenda

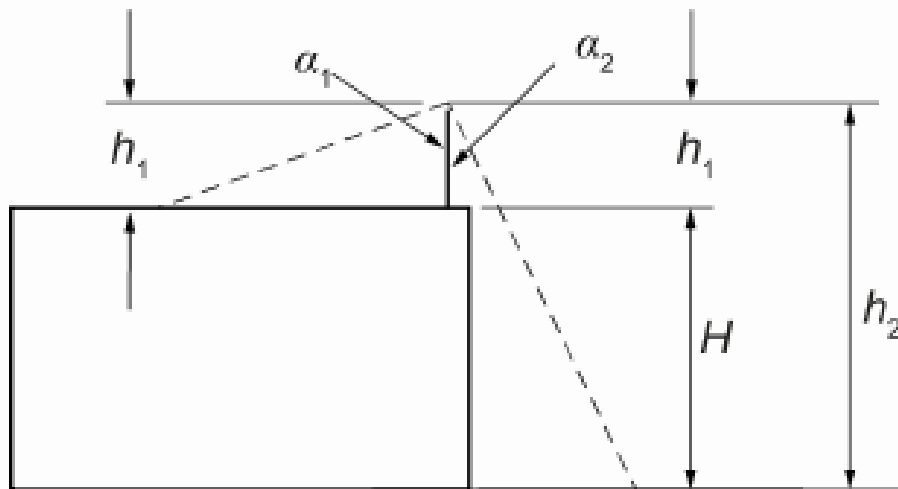
- A topo do captor
- B plano de referência
- OC raio da base do cone de proteção
- h_1 altura de um mastro acima do plano de referência
- α ângulo de proteção

O volume provido por um mastro é definido pela forma de um cone circular cujo vértice está posicionado no eixo do mastro.

Ângulo de proteção correspondente à classe de SPDA



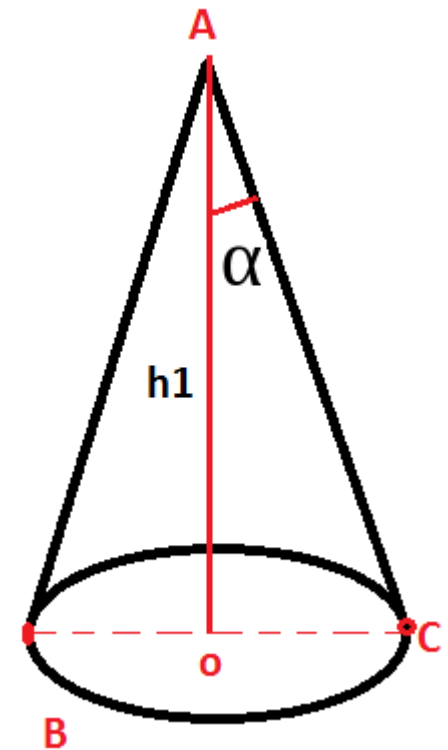
Subsistema de captação: Posicionamento



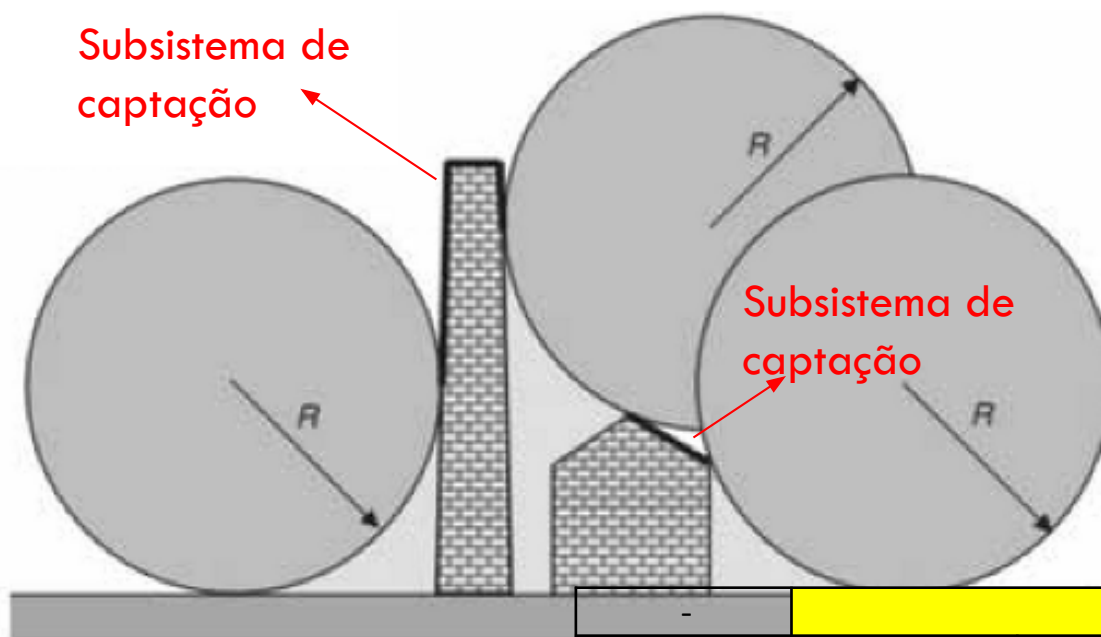
h_1 : é altura do mastro

O ângulo α_1 corresponde altura h_1 acima da superfície da cobertura.

O ângulo α_2 corresponde á altura $h_2 = h_1 + H$ e o plano de referência é o solo.



Subsistema de captação: Posicionamento



O adequado posicionamento do subsistema de captação ocorre se nenhum ponto da estrutura entrar em contato com a esfera fictícia rolando ao redor e no topo.

| | | MÉTODO DE PROTEÇÃO | | |
|----------------|--------------------------------|---|-----------------------------------|--------------------|
| CLASSE DE SPDA | RAIO DA ESFERA ROLANTE – R (m) | MÁXIMO AFASTAMENTO DOS CONDUTORES DE MALHAS (m) | ESPAÇAMENTO ENTRE AS DESCIDAS (m) | ÂNGULO DE PROTEÇÃO |
| I | 20 | 5 X 5 | 10 | FIGURA 1 |
| II | 30 | 10 X 10 | 10 | |
| III | 45 | 15 X 15 | 15 | |
| IV | 60 | 20 X 20 | 20 | |

Subsistema de captação: posicionamento dos captosres em Malha (Gaiola de Faraday)

- Um SPDA gaiola (malha) é considerado um bom método de captação para proteger superfícies planas.

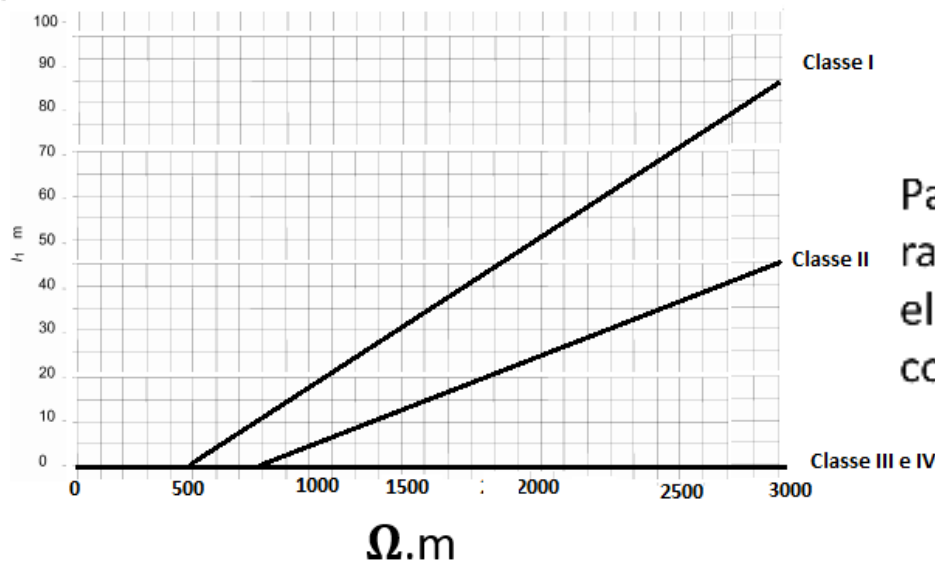
- Os condutores devem ser instalados:
 - ❖ Na periferia da cobertura
 - ❖ Nas saliências da cobertura da estrutura;
 - ❖ Nas cumeeiras dos telhados.

| - | MÉTODO DE PROTEÇÃO | | | |
|----------------|--------------------------------|---|-----------------------------------|--------------------|
| CLASSE DE SPDA | RAIO DA ESFERA ROLANTE – R (m) | MÁXIMO AFASTAMENTO DOS CONDUTORES DE MALHAS (m) | ESPAÇAMENTO ENTRE AS DESCIDAS (m) | ÂNGULO DE PROTEÇÃO |
| I | 20 | 5 X 5 | 10 | FIGURA 1 |
| II | 30 | 10 X 10 | 10 | |
| III | 45 | 15 X 15 | 15 | |
| IV | 60 | 20 X 20 | 20 | |

Fonte: NBR 5419 parte 3 de 2015

Subsistema de aterramento

- Esse subsistema tem a função de conduzir com eficiência a corrente de descarga atmosférica para o solo (terra).
- Sob o ponto de vista da proteção contra descargas atmosféricas, uma única infraestrutura de aterramento integrada é preferível e adequada para todos propósitos, ou seja, o eletrodo de aterramento deve ser comum.
- Na impossibilidade do aproveitamento das armaduras das fundações das edificações, o arranjo a ser utilizado consiste em um condutor em anel, externo à estrutura a ser protegida em contato com o solo.



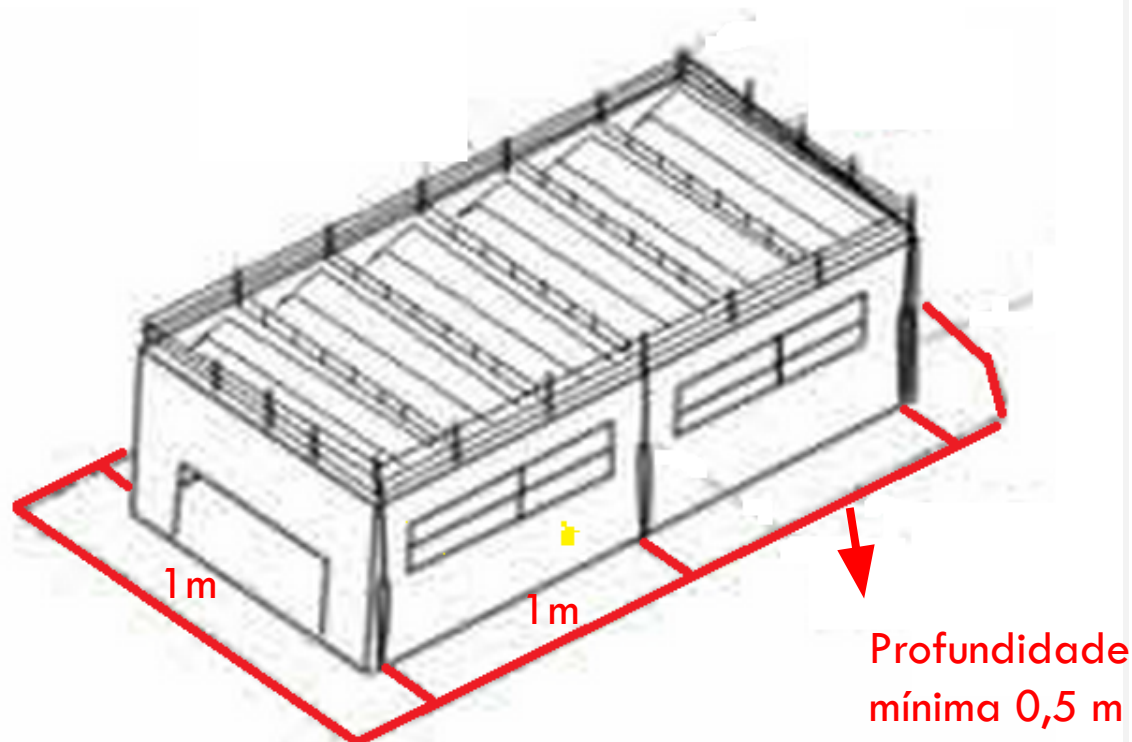
Comprimento do eletrodo de aterramento em função da classe conforme NBR 5419/2015 parte 3.

Para o eletrodo de aterramento em anel, o raio médio (R_e) da área abrangida pelos eletrodos não pode ser inferior ao comprimento l_1 do eletrodo:

$$R_e \geq l_1$$

Subsistema de aterramento

- O eletrodo de aterramento em anel deve ser enterrado na profundidade de no mínimo 0,5m e ficar posicionado em uma distância de aproximadamente 1m ao redor das paredes externas.



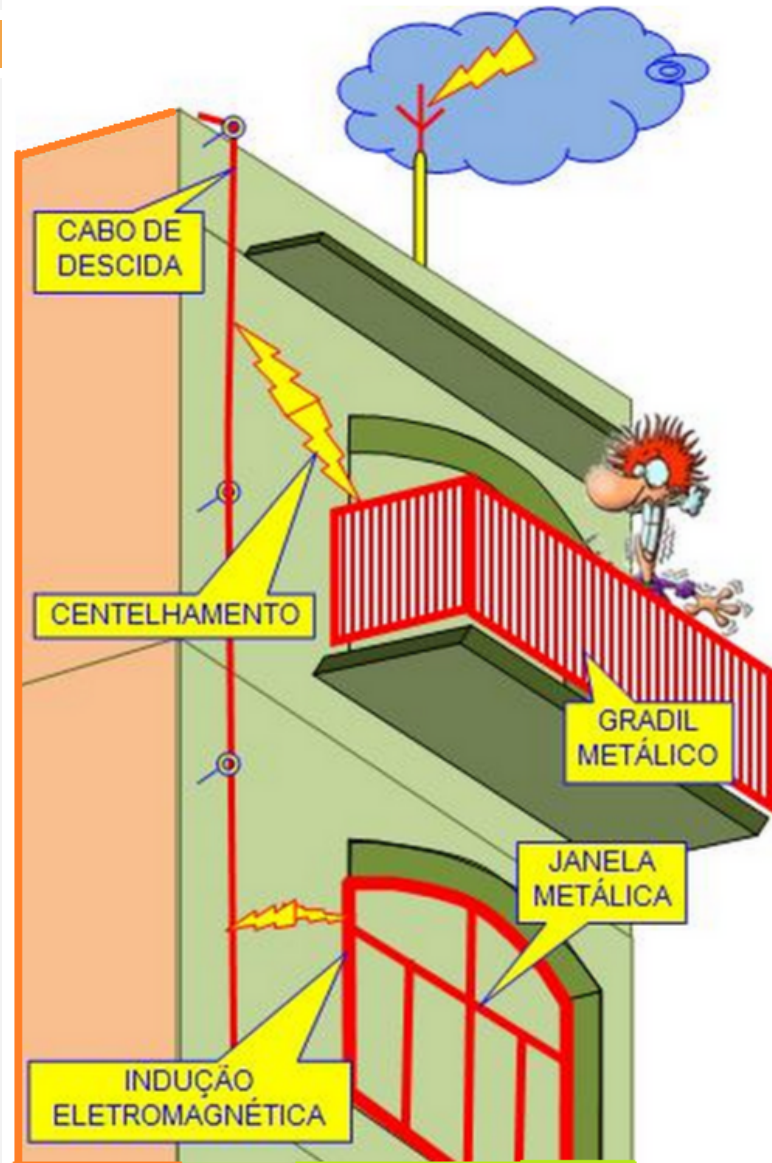
Subsistema de aterramento

- a O recobrimento a quente (fogo) deve ser conforme ANBT NBR 6323.
- b Aplicável somente a minicaptadores. Para aplicações onde esforços mecânicos, por exemplo, força do vento, não forem críticos, é permitida a utilização de elementos com diâmetro mínimo de 10mm e comprimento máximo de 1m.
- c Composição mínima AISI 304 ou composto por: cromo 16 %, níquel 8 %, carbono 0,07 %.
- d Espessura, comprimento e diâmetro indicados na tabela referem – se aos valores mínimos, sendo admitida uma tolerância de 5%, exceto para o diâmetro dos fios das cordoalhas cuja tolerância é de 2%.
- e Sempre que os condutores desta tabela estiverem em contato direto com o solo, devem atender às prescrições desta tabela.
- f A cordoalha cobreada deve ter uma condutividade mínima de 30 % IACS (International Annealed Copper Standard).
- g Esta tabela não se aplica aos materiais utilizados como elementos naturais de um SPDA.

| | | Dimensões mínimas | | |
|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| Material | Configuração | Eletrodo cravado (Diâmetro) | Eletrodo não cravado | Comentários |
| Cobre | Encordoado (c) | — | 50mm2 | Diâmetro de cada fio cordoalha 3mm |
| | Arredondado maciço (c) | — | 50mm2 | Diâmetro 8mm |
| | Fita maciça (c) | — | 50mm2 | Espessura mínima 2mm |
| | Arredondado maciço | 15mm | — | |
| | Tubo | 20mm | — | Espessura da parede 2mm |
| Aço galvanizado á quente | Arredondado maciço (a,b) | 16mm | Diâmtero 10mm | — |
| | Tubo (a,b) | 25mm | — | Espessura da parede 2mm |
| | Fita maciça (a) | — | 90mm2 | Espessura 3mm |
| | Encordoado | — | 70mm2 | — |
| Aço cobreado | Arredondado maciço (d) | 12,7mm | 70mm2 | Diâmetro de cada fio cordoalha 3,45mm |
| | Encordoado (g) | | | |
| Aço inoxidável (e) | Arredondado maciço | 15mm | Diâmtero 10mm | Espessura mínima 2mm |
| | Fita maciça | | 100mm2 | |

Fonte: NBR 5419 parte 3 de 2015

Isolação elétrica do SPDA externo



- A isolação elétrica entre o subsistema de captação ou de condutores de descida e as partes metálicas estruturais, instalações metálicas e sistemas internos, representa uma distância de segurança entre essas partes.
- A isolação elétrica evita indução eletromagnética e centelhamento perigoso.

Isolação elétrica do SPDA externo

- A distância de isolação elétrica entre as partes metálicas e o SPDA externo, deve ser superior a distância de segurança, conforme equação abaixo:

$$d > s = \frac{K_i}{K_m} \times K_c \times l$$

K_i : depende do nível de proteção escolhido para o SPDA.

K_c : depende da corrente da descarga atmosférica pelos condutores de descida.

K_m : depende do material isolante.

| Nível de proteção do SPDA | |
|---------------------------|------|
| I | 0,08 |
| II | 0,06 |
| III e IV | 0,04 |

Isolação elétrica do SPDA externo

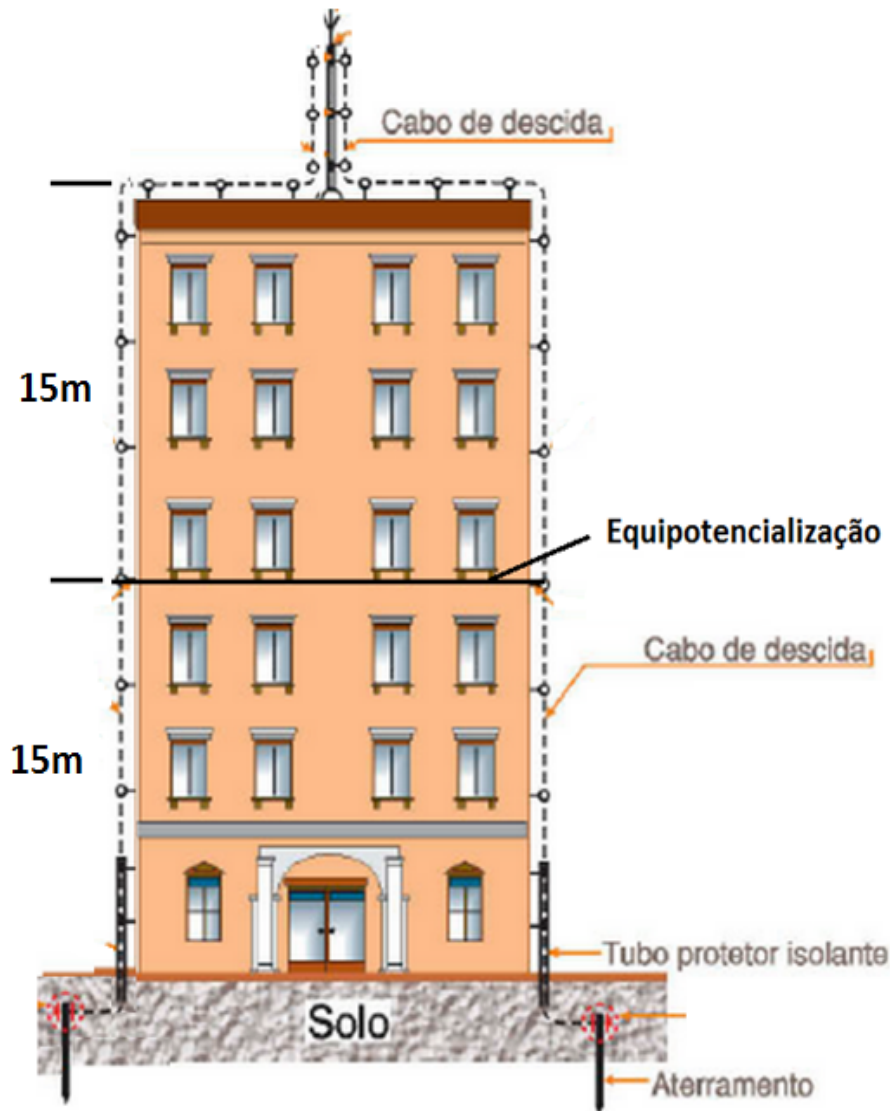
| Material | |
|--------------------|-----|
| Ar | 1 |
| Concreto , tijolos | 0,5 |

Fonte: NBR 5419 Parte 3 de 2015

| Número de descidas n | |
|-------------------------------|------|
| 1 (somente para SPDA isolado) | 1 |
| 2 | 0,66 |
| 3 ou mais | 0,44 |

Fonte: NBR 5419 Parte 3 de 2015

Isolação elétrica do SPDA externo: Exemplo distância entre descidas



Para feito de exemplo: SPDA classe III, 3 descidas e material isolante tijolo.

$$d > s = \frac{K_i}{K_m} \times K_c \times l \quad l=15m$$

| Nível de proteção do SPDA | | Número de descidas n | |
|---------------------------|------|-------------------------------|------|
| I | 0,08 | 1 (somente para SPDA isolado) | 1 |
| II | 0,06 | | |
| III e IV | 0,04 | | |
| Material | | 2 | 0,66 |
| Ar | 1 | 3 ou mais | 0,44 |
| Concreto , tijolos | 0,5 | | |

$$d > s = \frac{0,04}{0,5} \times 0,44 \times 15 = 0,528m$$

1. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR5419 – Proteção contra descargas atmosféricas, Parte 3: Danos físicos a estruturas e perigos á vida, 1ª Edição, maio 2015.