Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas SPDA

NBR 5419-3:2026

Danos Físicos a Estrutura e Perigos à Vida

Prof. Marcos Fergütz

Novembro/2026

Esta parte da NBR5419 se aplica a:

- ❖ Projeto, instalação, inspeção e manutenção de SPDA para estruturas sem limites de altura;
- ❖ Estabelecimento de medidas para proteção contra lesões a seres vivos causadas pelas tensões de passo e toque provenientes das descargas atmosféricas.

- SPDA externo isolado da estrutura: sistema com captação e descidas posicionadas de tal forma, considerando a distância de segurança **s**, que o caminho da corrente de descarga não fique em contato com a estrutura.
- SPDA externo não isolado da estrutura: sistema com captação e descidas posicionadas de forma que o caminho da corrente de descarga posa, eventualmente, ficar em contato com, o fluir pela, estrutura a ser protegida.

Um SPDA isolado deve ser considerado quando os efeitos térmicos e de explosão no ponto de impacto, ou nos condutores percorridos pela corrente de descarga, puderem causar danos à estrutura ou seu conteúdo (Materiais combustíveis, Risco de explosão e/ou incêndio), ou quando se justificar a redução do campo eletromagnético radiado devido a conteúdo sensível.

5.2 Proteção de seres vivos em áreas abertas

Em áreas abertas, mesmo que sejam adotadas providências para minimizar os riscos de impacto direto ou até mesmo os de centelhamento, tensões de passo e de toque, a probabilidade de perda de vida ainda continua significativa a ponto de se exigir a sinalização desses locais para que se procure abrigo em local seguro em caso da ocorrência de descargas atmosféricas, mesmo sem chuva. Nessas condições, é necessário retirar os seres vivos das áreas abertas (áreas de risco) antes da ocorrência das descargas atmosféricas. Estudos demonstram que inúmeras mortes acontecem devido à ocorrência de líderes ascendentes emitidos pelos seres vivos, que não se conectam com os líderes descendentes. Esses líderes não conectados têm energia suficiente para causar parada cardiorrespiratória.

NOTA 1 Os requisitos para sistemas de alerta de tempestades elétricas são apresentados na ABNT NBR 16785.

NOTA 2 Estruturas construídas com madeira ou alvenaria simples e sem *SPDA* podem não ser consideradas seguras para esse fim.

- Generalidades

A armadura de aço das estruturas de concreto armado será considerada eletricamente contínua se pelo menos 50% das interligações entre barras horizontais (vigas e lajes) e verticais (pilares) sejam firmemente conectadas. Para a conexão entre barras verticais pode-se utilizar solda, arame recozido, conectores ou grampos, desde que haja traspasse mínimo de 20 vezes o diâmetro da barra (Item 5.1.3.2.1).

São considerados, segundo item 5.1.3, desta norma, componentes naturais os elementos como armaduras de aço do concreto, vigamentos metálicos das estruturas, telhas/coberturas metálicas, dentre outros. Os mesmos poderão ser utilizados como componentes do SPDA, desde que permaneçam definitivamente na estrutura, cumpram com os requisitos da norma (espessura e/ou seção transversal).

Componentes metálicos que não forem definitivos à estrutura ou que não cumpram com os requisitos da norma (dimensões), devem ficar dentro do volume de proteção do SPDA (Item 5.1.3.1).

Segundo o item 5.3.2.16.6, desta norma, as estruturas compostas por armaduras propendidas não podem ser utilizadas como elemento natural do SPDA. A proteção destas estruturas deve ser avaliada com critério, de modo a evitar impactos diretos e eventuais centelhamentos perigosos entre o SPDA e a estrutura propendida, uma vez que os mesmos podem ocasionar a exposição dos elementos propendido devido à quebra do concreto e causar erosão nestes elementos.

Para estruturas existentes utilizando concreto armado (incluído pré-moldadas), a primeira verificação da continuidade elétrica da armadura (Anexo F) deve ser realizada (item 5.1.3.2.2).

Se não for possível realizar o ensaio ou a continuidade elétrica não for obtida, então, a armadura de aço não pode ser validada como condutor natural da corrente da descarga atmosférica. Neste caso um ***SPDA não natural*** deve ser instalado (Item 5.1.3.2.3).

Níveis de Proteção do PDA

Nível de proteção
I
II
III
IV

A eficiência de cada Nível da PDA (Proteção contra Descarga Atmosférica) é determinada pela 5419-2, Anexo B.

Cada nível de proteção é caracterizado por:

a) Informações dependentes do nível de proteção:

- parâmetros da descarga atmosférica (Tabelas 3, 4 e 5 da NBR5419-1:2026);
- raio da esfera rolante, dimensões dos módulos da malha e ângulo de proteção (item 5.3.2.2);
- distâncias típicas entre condutores de descidas (item 5.4.3);
- distância de segurança contra centelhamento perigoso (Item 6.3);
- comprimento mínimo dos eletrodos de aterramento (Item 5.5.2);
- seleção do centelhador de isolação ou DPS para ligação equipotencial;
- espessura mínima da chapa ou tubulação metálica nos subsistemas de captação (Tabelas 3 e 4).

b) Fatores independentes do nível de proteção:

- matérias do SPDA e condições de uso (Item 5.6);
- tipo de materiais, configuração e dimensões mínimas para captores, descidas e eletrodos de aterramento;
- dimensões mínimas dos condutores de ligações equipotenciais;
- inspeção e manutenção (Seção 7).

O Nível do SPDA requerido deve ser selecionada com base na avaliação de risco

- Subsistema de Captação

O Subsistema de Captação pode ser constituído por um, ou uma combinação, dos seguintes elementos:

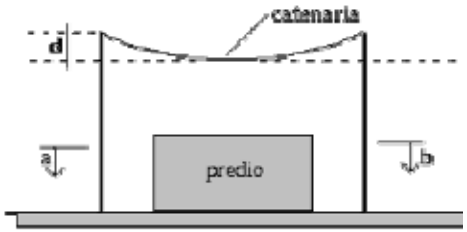
a) Condutores verticais (minicaptores e mastros);
b) Condutores suspensos;
c) Condutores em malha;
d) Elementos naturais.

Este item foi retirado na nova versão da norma, porém, fica incongruente com o item 5.1.3, o qual trata dos “Componentes Naturais” e seu uso.

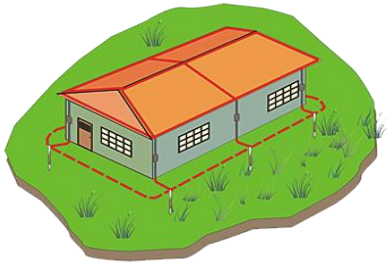
Mastro
(Franklin)



Cabo Suspensos



Condutores em Malha



Telhado Metálico



Fonte: www.google.com.br/imagens

Esta norma não reconhece quaisquer recursos artificiais destinados a aumentar o raio de proteção dos captores ou inibir a ocorrência de descargas atmosféricas.

Captores individuais devem estar interconectados no topo da estrutura para assegurar a divisão de corrente.

NOTA A Resolução nº 04/1989 da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) estabelece a obrigatoriedade da retirada de captores contendo material radioativo, devendo estes ser devidamente encaminhados à própria CNEN para tratamento e destinação final adequada.

Fonte: NBR5419/26

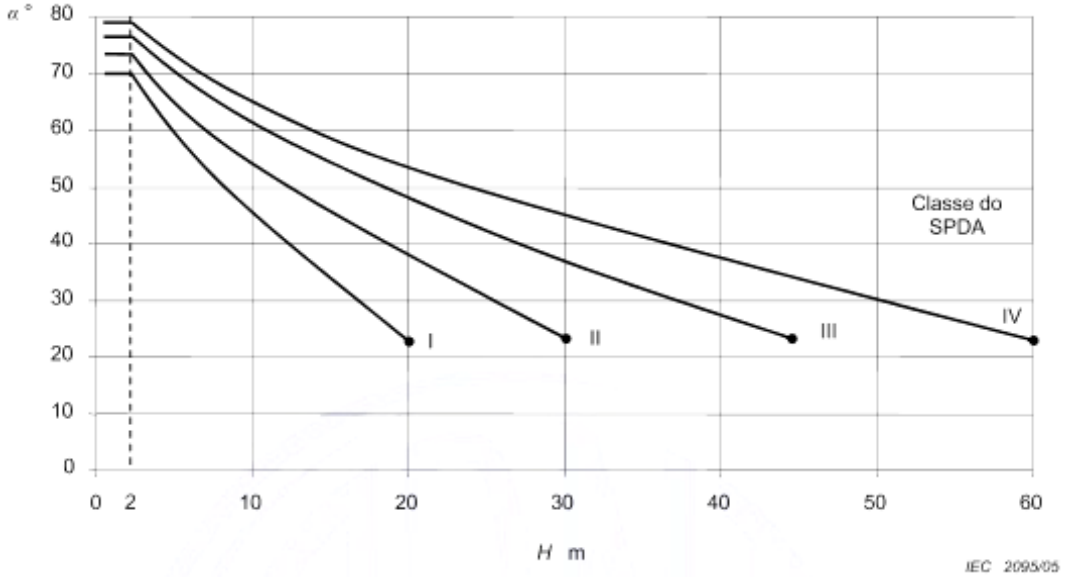
- Posicionamento

Os componentes do subsistema instalados na estrutura devem ser posicionados nos cantos salientes, pontas expostas e nas beiradas, especialmente no nível superior de qualquer fachada, de acordo com um ou mais métodos do item 5.3.2.2.

Para o posicionamento do subsistema captor deve-se utilizar um, ou mais, dos seguintes métodos (item5.3.2.2):

- Método do ângulo de proteção (Franklin);
- Método da esfera rolante (Eletrogeométrico);
- Método das malhas (Faraday).

O método do ângulo de proteção é adequado para edificações com formato simples e tem a limitação de altura dos captores segundo a figura abaixo:



- Para H superior ao valor do fim de cada curva se aplica apenas malha ou esfera rolante.

- H é a altura do captor, considerando deste o plano de referência da área a ser protegida até a ponta do captor.

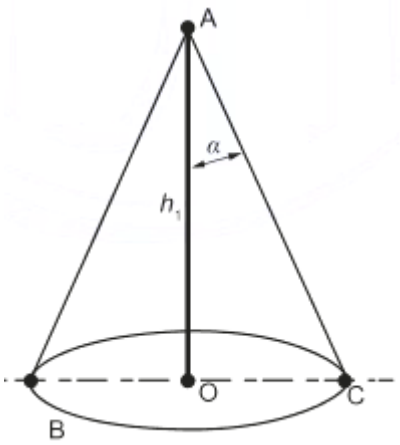
- Para H<2m o ângulo de proteção não se altera.

- O método da esfera rolante pode ser aplicado à qualquer caso (item 5.3.2.4);
- O método das malhas não se aplica em superfícies curvas (item 5.3.2.5);
- Por serem baseados em metodologias diferentes, o método da esfera rolante e das malhas não permitem validar a proteção promovida por um usando o outro. Porém, podem ser usados, separadamente ou em conjunto, para a proteção de uma mesma estrutura (item (5.3.2.10)

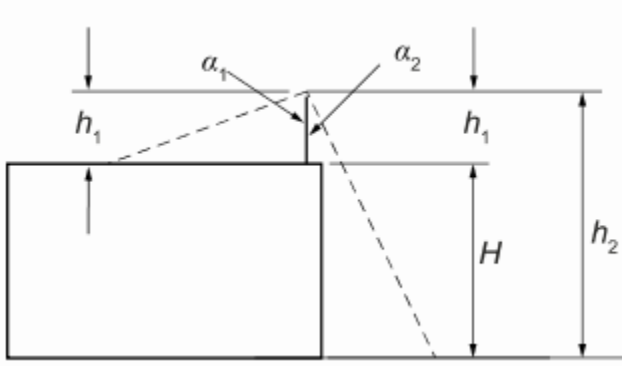
A tabela abaixo indica os valores do raio da esfera rolante e o tamanho da malha para cada classe de proteção (baseada na Tabela 1 da norma NBR5419-2:2026):

Nível de proteção do SPDA	Raio da Esfera Rolante – R (m)	Máx. afastamento dos condutores da malha (m)
I	**20**	**5x5**
II	**30**	**10x10**
III	**45**	**15x15**
IV	**60**	**20x20**

- Método do Ângulo de Proteção

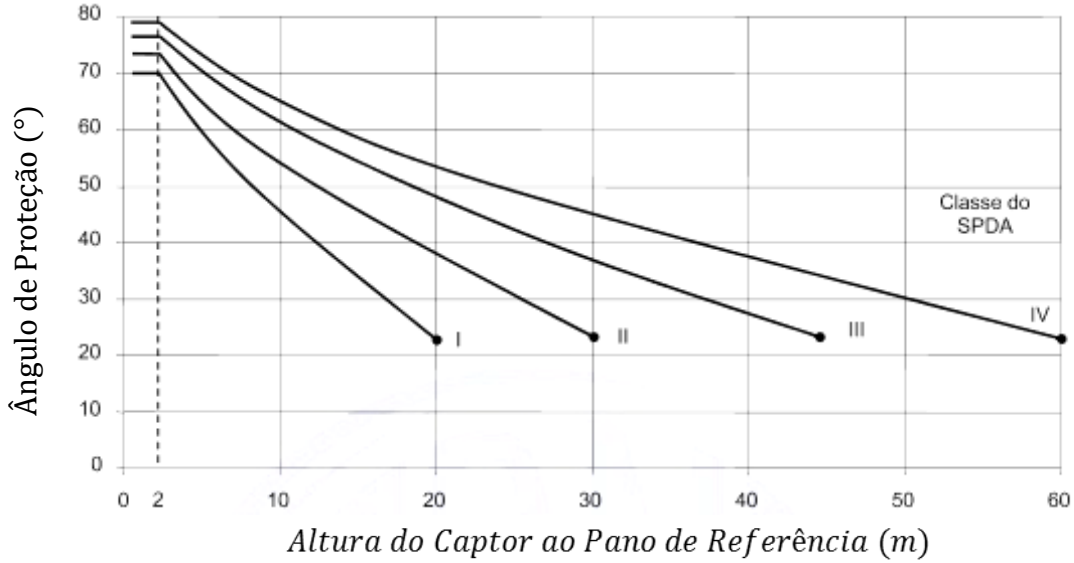


Volume de Proteção

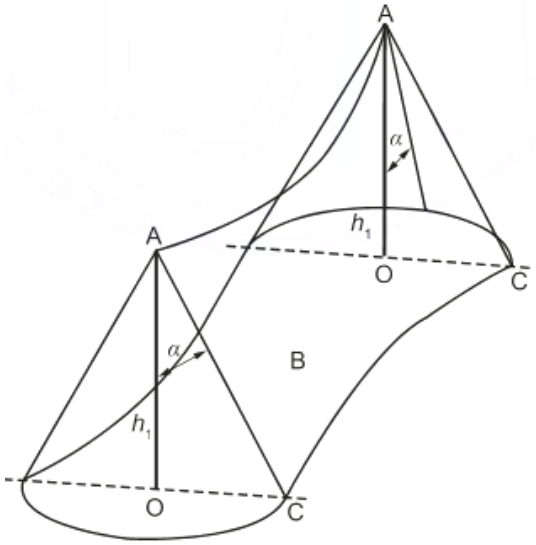


$$\alpha_1 \Rightarrow h_1$$

$$\alpha_2 \Rightarrow h_2 = H + h_1$$

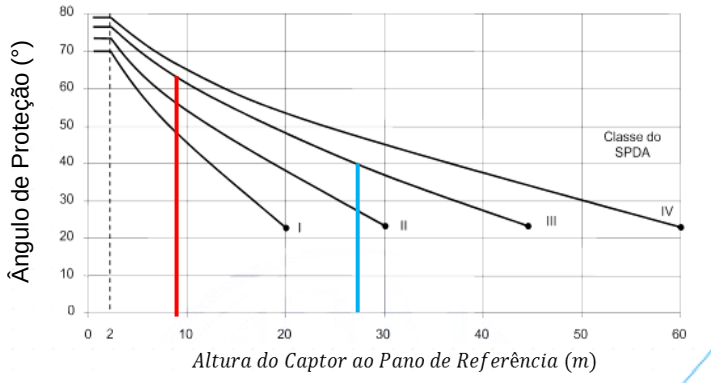


Volume de Proteção por Cabo Suspenso



Fonte das Figuras; A/NBR5419-3:2026)

Projeto de SPDA Predial – Edificações Simples



$$R_p = Hx\tan\alpha$$
$$R_p = 9x\tan 62{,}8°$$

62,8º

40º

H= 9m

3m

6m

Rp=17,5m

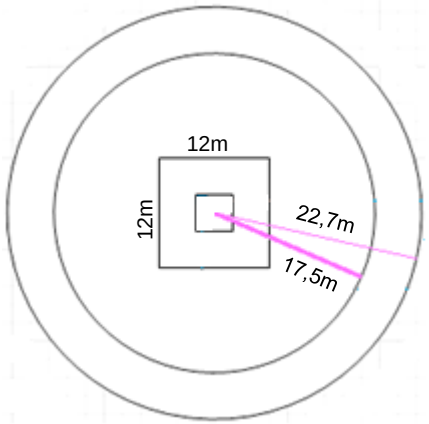
4m 4m 4m

H= 27m

18m

$$R_p = Hx\tan\alpha$$
$$R_p = 27x\tan 40°$$

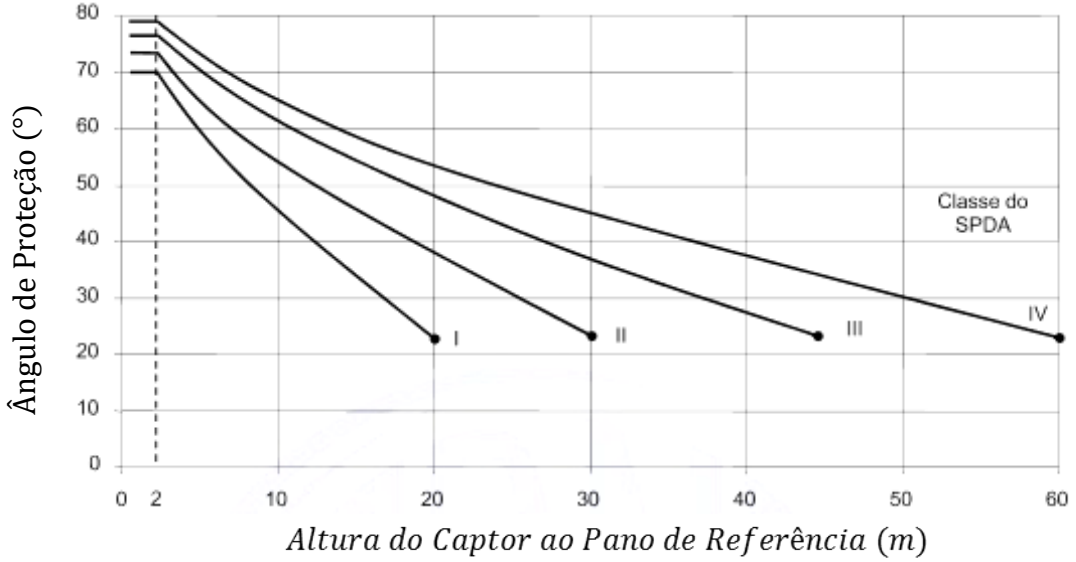
Rp=22,7m



Vista Superior

Vista Lateral

Conforme visto no exemplo anterior, o gráfico fornecido pela norma não possibilita muita precisão em sua leitura. Mesmo assim, com alguma imprecisão, apresenta-se, abaixo, uma tabela com valores discretos para a altura (H) , o Ângulo de proteção (α) e o raio de Proteção (Rp).

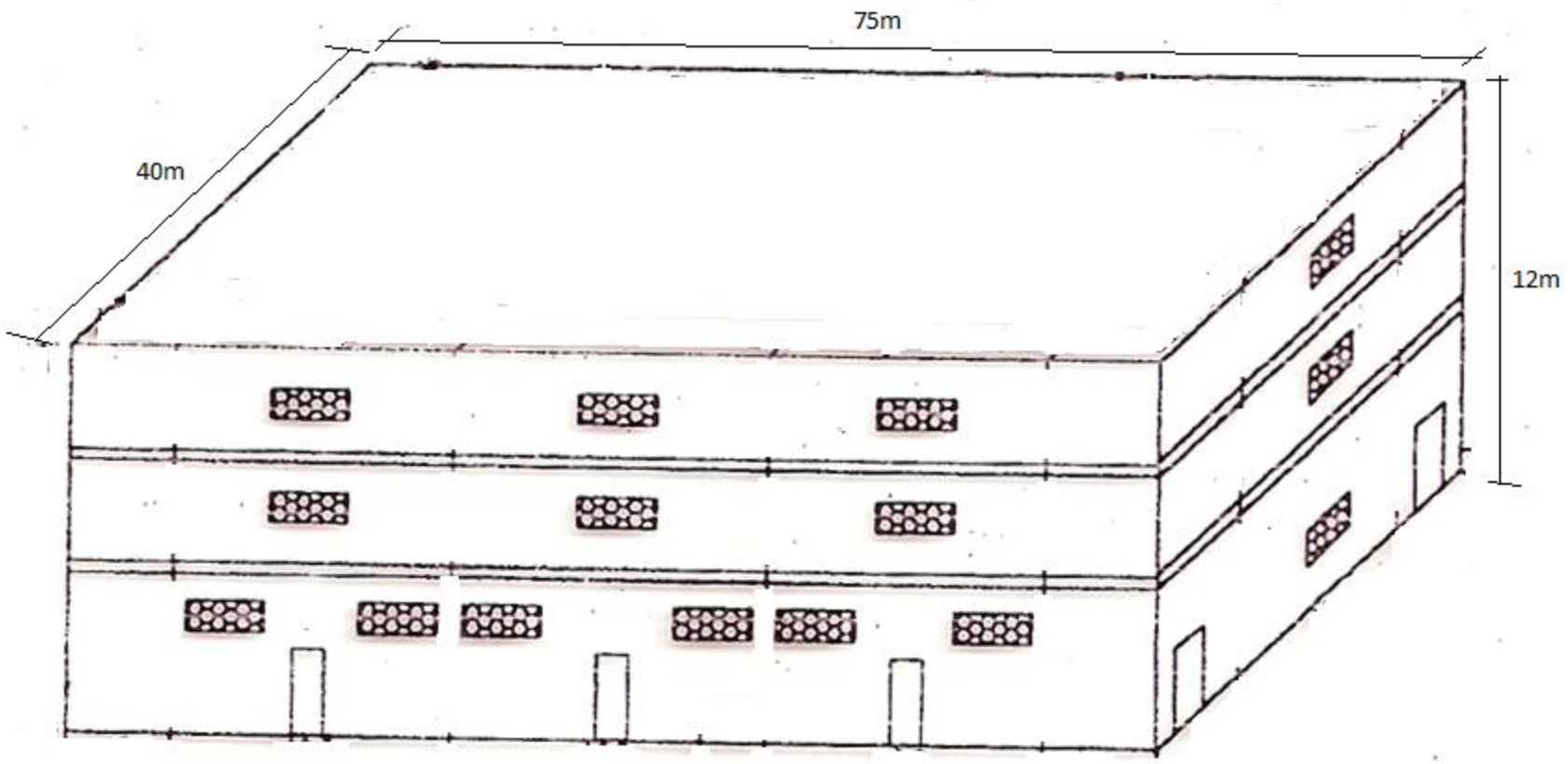


H(m)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	35	40	44
α (°)	77,2	75	72,3	70	68,6	66,4	64,3	62,8	61,4	54,3	48,6	42,1	37,1	32	27,1	23,6
Rp (m)	8,8	11,2	13	13,7	15,3	16	16,6	17,5	18,4	20,9	22,7	22,7	22,7	21,9	20,5	19,2

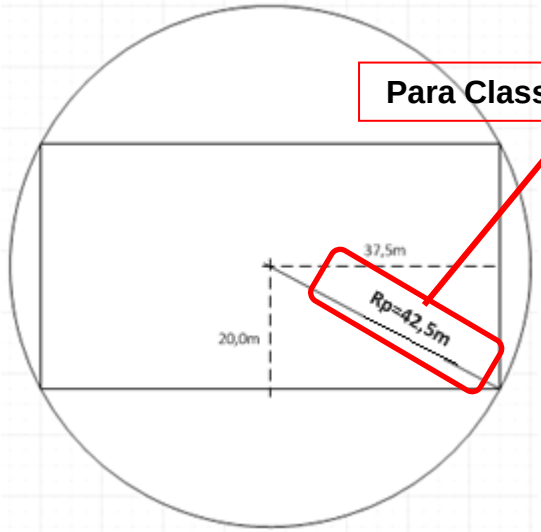
Analisando a tabela, observa-se que o Raio de Proteção, para Classe III, tem um valor mínimo em 8,8m e um valor máximo de 22,7m.

Galpão Industrial

Classe de Proteção III

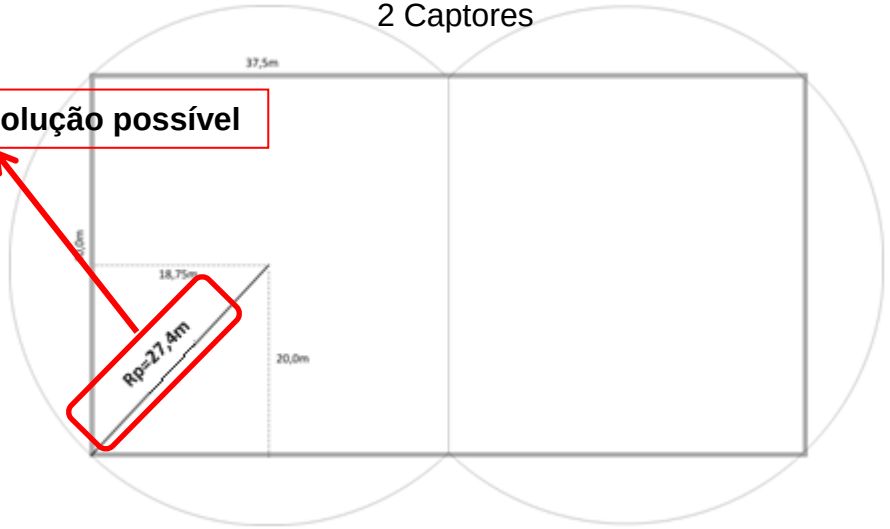


1 Captor

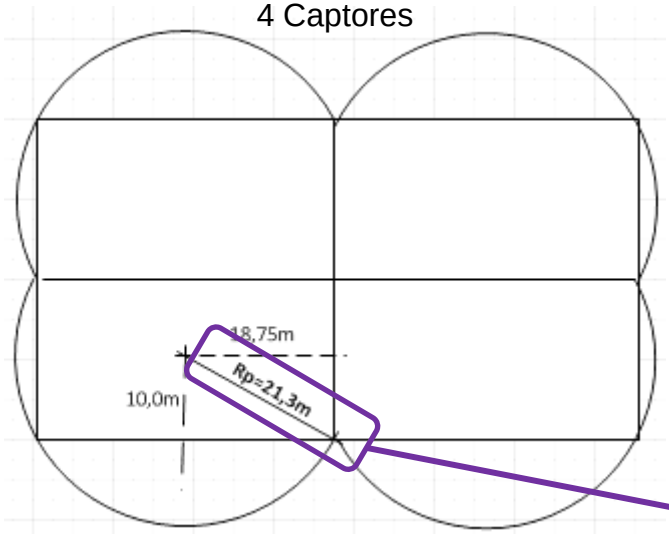


Para Classe III não há solução possível

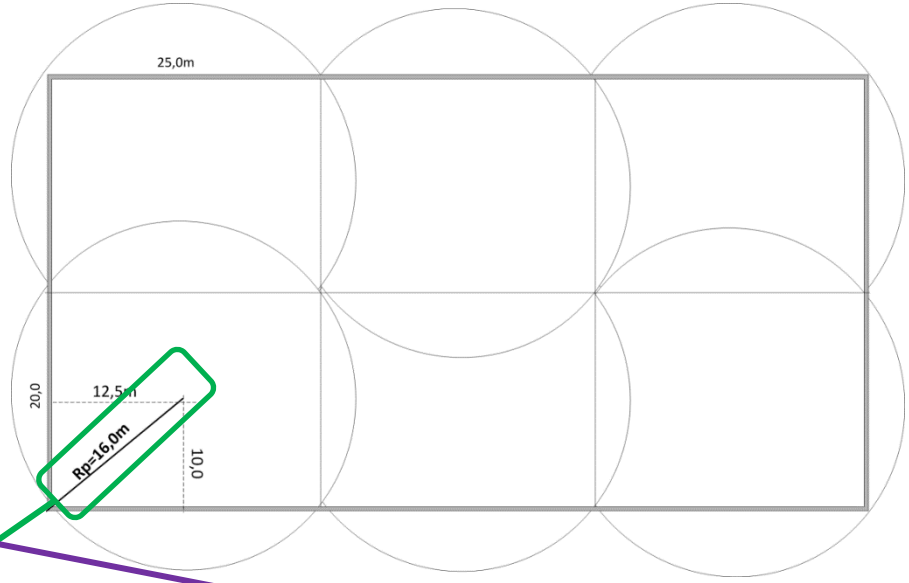
2 Captores



4 Captores

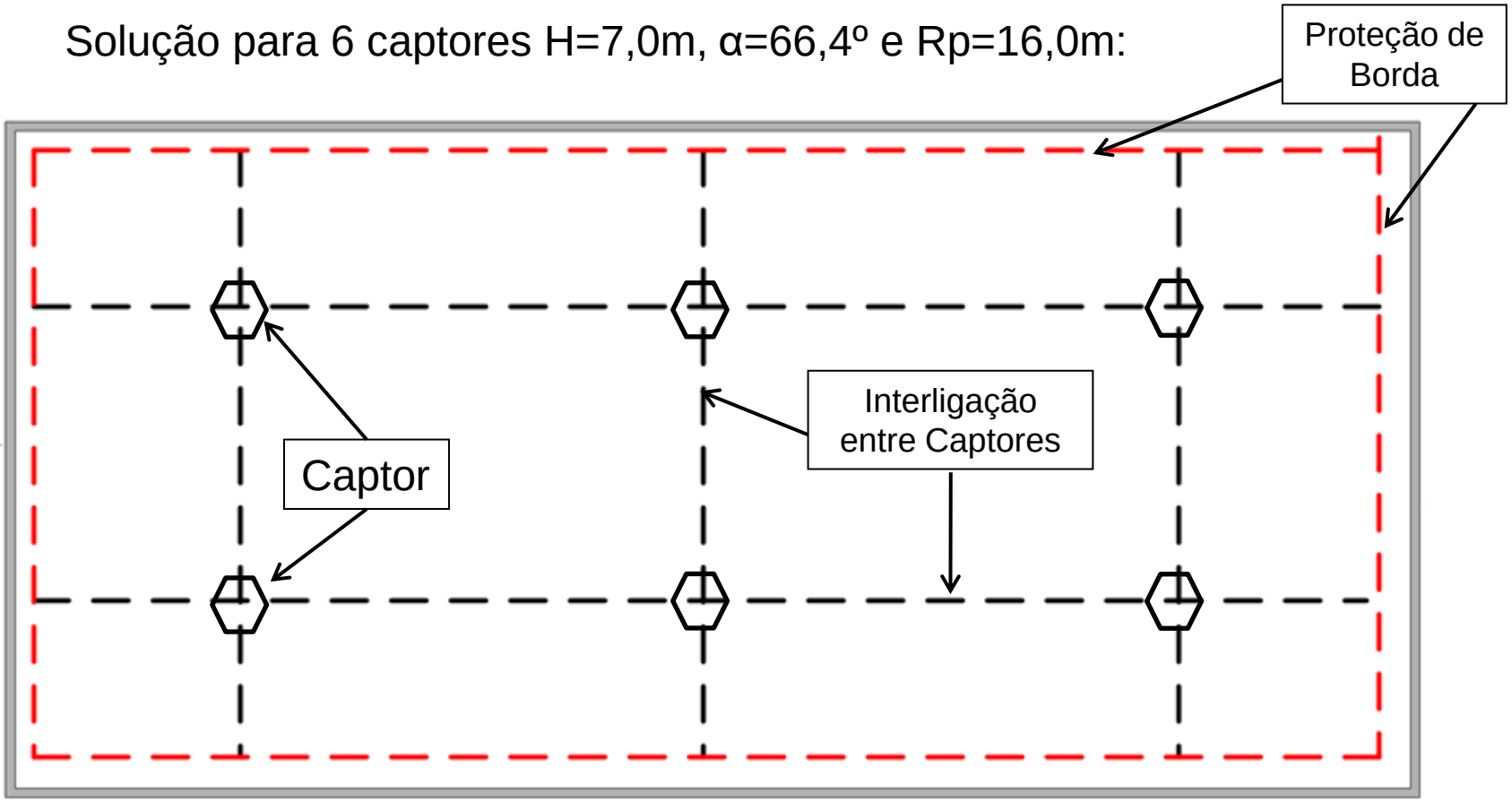


6 Captores



H(m)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	35	40	44
α (°)	77,2	75	72,3	70	68,6	66,4	64,3	62,8	61,4	54,3	48,6	42,1	37,1	32	27,1	23,6
Rp(m)	8,8	11,2	13	13,7	15,3	16	16,6	17,5	18,4	20,9	22,7	22,7	22,7	21,9	20,5	19,2

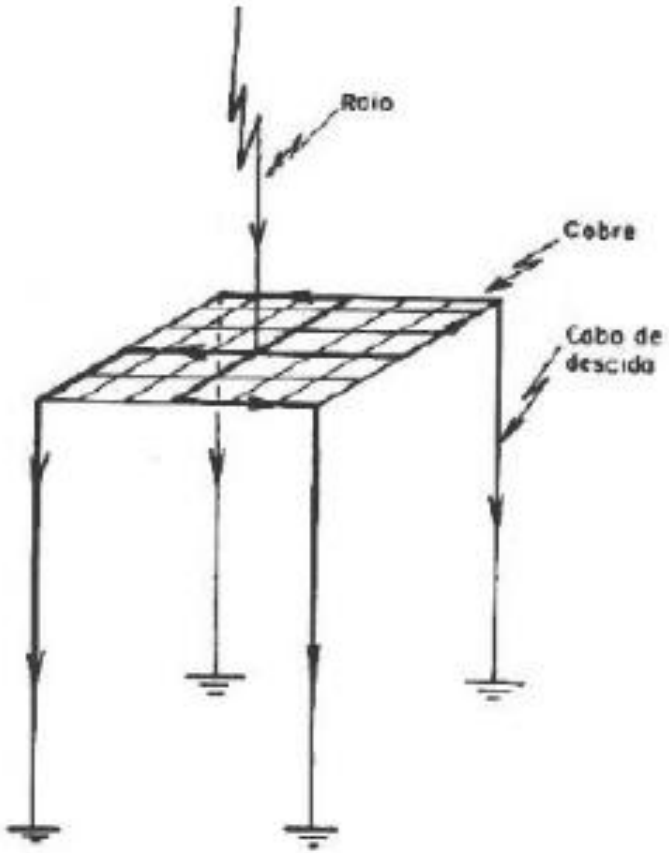
Solução para 6 captores H=7,0m, α=66,4º e Rp=16,0m:

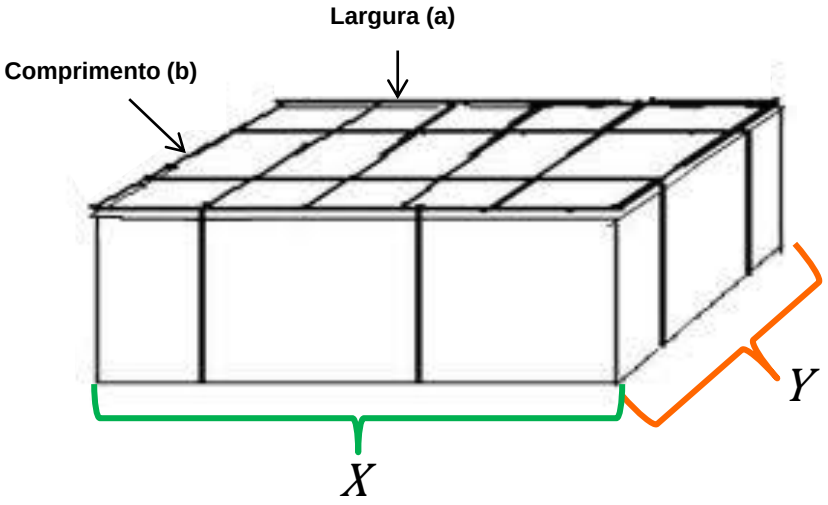


- 6 mastros de 7,0m
- 5 cabos na largura da edificação
- 4 cabos no comprimento da edificação

Proteção de borda ➔ Segundo item 5.3.2.1, os componentes do subsistema de captação devem ser instalados nas beiradas (principalmente no nível superior de qualquer fachada). Efetivamente, faz a transição entre a captação e o subsistema de descida (nota do professor)

- Método das Malhas





Nível de proteção do SPDA	Máx. afastamento dos condutores da malha (m)
I	5x5
II	10x10
III	15x15
IV	20x20

$$N_{cl} = \frac{X}{a} + 1$$

X => Dimensão da edificação em que ficará a largura da malha

$$N_{cc} = \frac{Y}{b} + 1$$

Y => Dimensão da edificação em que ficará o comprimento da malha

Fonte: www.google.com.br/imagens

Onde,
Ncl ➔ quantidade de cabos na ***largura da malha***
Ncc ➔ quantidade de cabos no ***comprimento da malha***

- Aplicação do Métodos das Malhas

  - ❖ Telhados horizontais e inclinados sem curvatura;
  - ❖ Proteção de superfícies laterais planas;

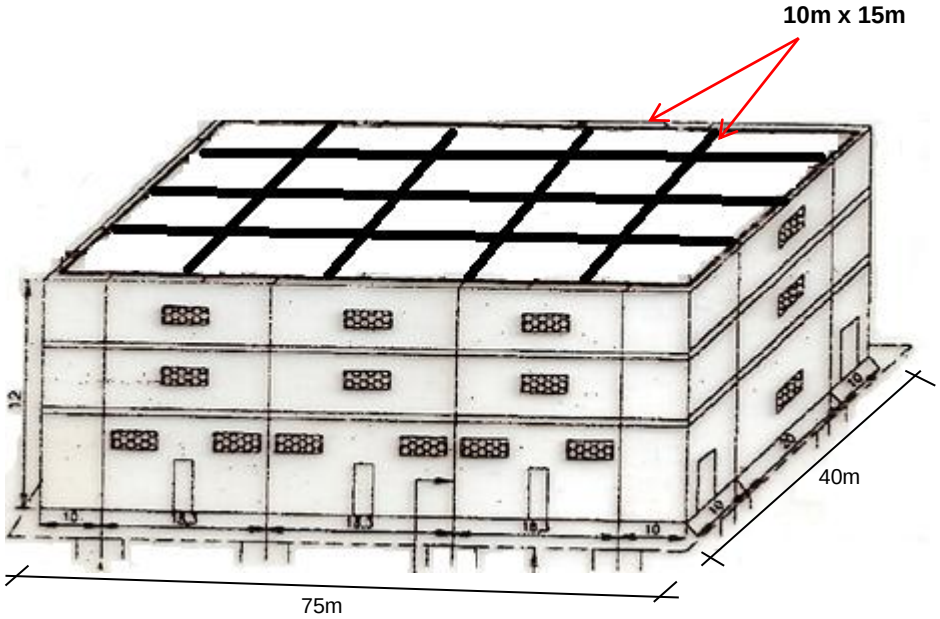
- Requisitos pala instalação da malha protetora (item A3 do Anexo A):

  - ➢ Os condutores devem ser instalados: na periferia da cobertura da estrutura (proteção de borda); nas saliências da cobertura; e, na cumeeira do telhado, se o declive exceder 1/10 (um de desnível por 10 de comprimento). Indica-se, SEMPRE, fazer a proteção da cumeeira (nota do professor)
  - ➢ As dimensões da malha têm os limites tabelados pela norma, contudo, uma das dimensões da malha pode ser aumentado em, no máximo, 25%, desde que o perímetro desse módulo não seja alterado. Exemplo:
  - ➢ Para um SPDA nível III a malha máxima seria 15x15, tendo perímetro de 60m. Se utilizar o fator 1,25 em uma das dimensões, esta poderia chegar até 18,75m. Assim, para manter o máximo perímetro de 60m, a outra dimensão deveria ser, no máximo, 11,25m (18,75x2+11,25x2=60m)
  - ➢ O subsistema captor deve estar conectado a, no mínimo, 2 pontos distintos do subsistema de descidas;
  - ➢ Instalações metálicas que não possam assumir condição de elemento captor devem estar dentro do volume protegido pelo subsistema captor;
  - ➢ Os condutores da malha devem seguir o caminho mais curto e retilíneo possível.
  - ➢ Instalação de mini captores nos vértices da malha pode ser uma prática eficaz para reduzir danos nos condutores que compõem o subsistema de captação e, consequentemente, reduzir a manutenção destes

- Projeto de Captação por Malha

Em virtude largura (40m) e comprimento (75m) da edificação serem, respectivamente, múltiplos de 10 e 15, se adotará:

Classe III ➔ 15mx15m **(máximo)**



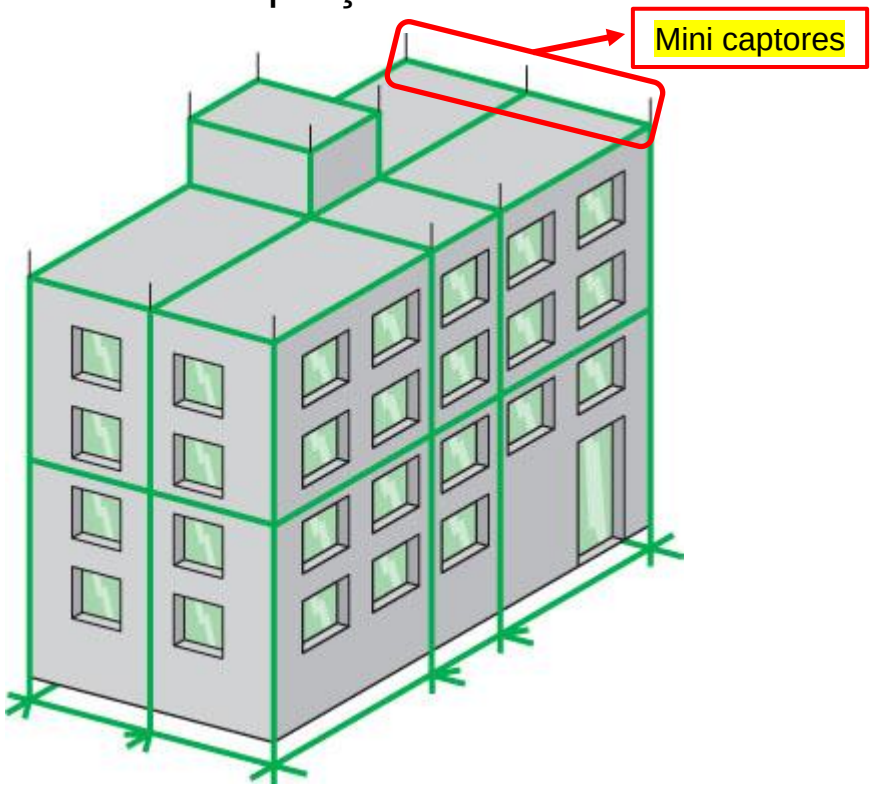
- Exemplo de proteção de estrutura com 12 m de altura e classe de proteção III

A quantidade de cabos em cada dimensão da malha, será:

$$N_{cl} = \frac{40}{10} + 1 = 5\ cabos$$

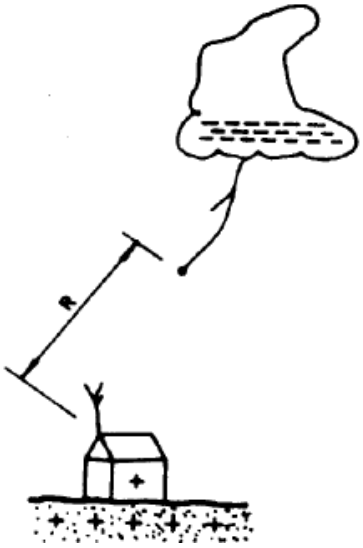
$$N_{cc} = \frac{75}{15} + 1 = 6\ cabos$$

Exemplo de Edificação com Captação em Malha



http://www.sipces.org.br/2016/04/para-raio-seguranca-para-todos/

- Método da Esfera Rolante (Eletrogeométrico)



Nível de proteção do SPDA	Raio da Esfera Rolante – R (m) (Imax- kA)
I	20 (3)
II	30 (5)
III	45 (10)
IV	60 (16)

O comprimento R mostrado na Figura , representa a distância entre o ponto de partida do líder ascendente e a extremidade do líder descendente, é o parâmetro utilizado para o projeto do posicionamento dos captores no método da esfera rolante, sendo que se pode calcular essa distância através do valor de crista máximo da primeira componente, em quilo amperes (kA) (Item A.4, Anexo A, NBR5419-1:2026).

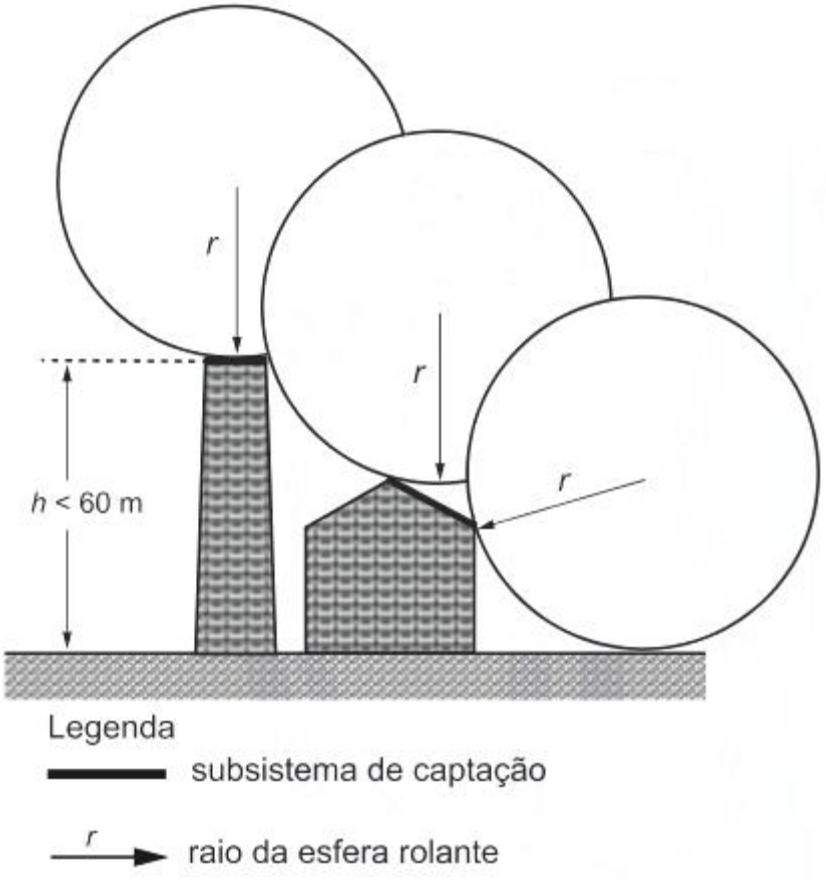
$$R = 10 \times I_{máx}^{\,0,65}$$

A equação demonstra que a distância de atração é função da intensidade de $I_{máx}$, de forma que durante a aproximação do líder descendente, a parte da estrutura ou o elemento que se encontrar com a distância menor que o raio tem a maior probabilidade de sofrer o impacto do raio.

Posicionamento do Subsistema Captor pelo Método da Esfera Rolante

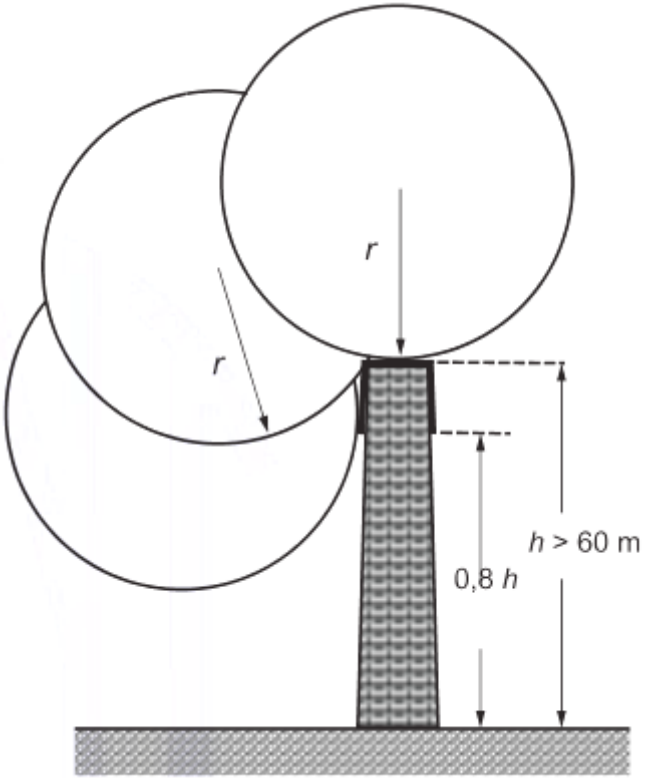
O adequado posicionamento do subsistema captor ocorre se algum ponto da estrutura a proteger entrar em contato com a esfera, a qual deve ser rolada no topo e ao redor da estrutura em todas as direções possíveis.

- Altura da Edificação ≤ 60m



Descargas laterais com probabilidade desprezível

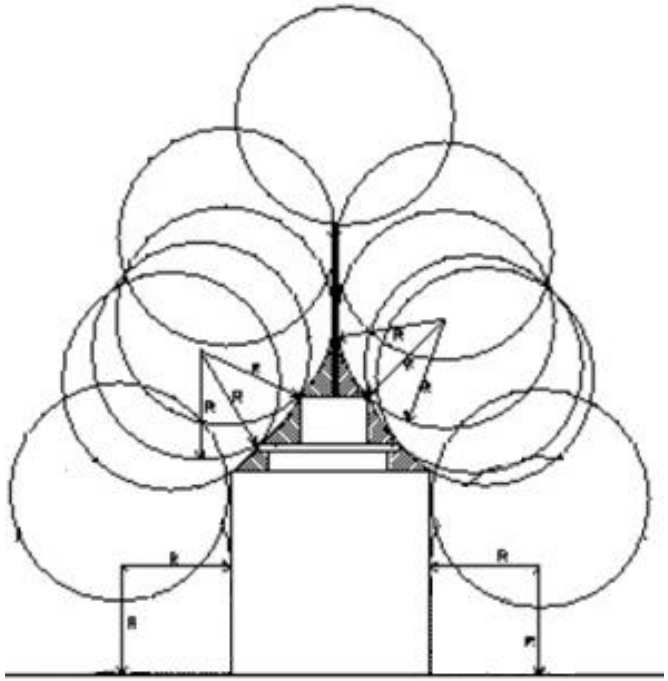
- Altura da Edificação > 60m



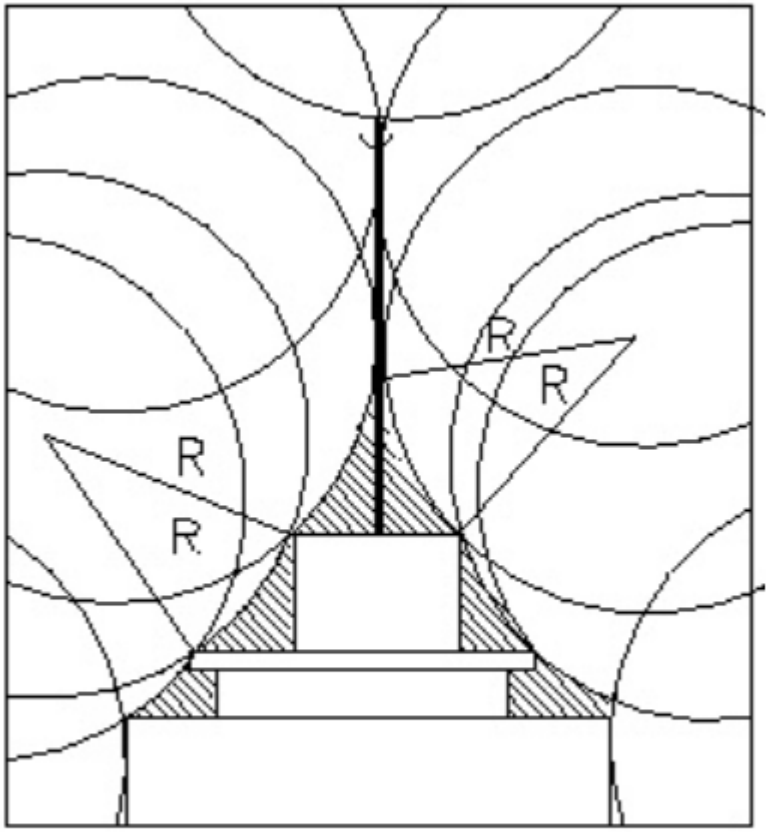
Aumento da probabilidade de descargas laterais, com a norma indicando 20% do topo da edificação.

Método da esfera rolante se aplica apenas para a parte superior da estrutura

Método da Esfera Rolante Aplicada a Edificações Altas



H > 60m

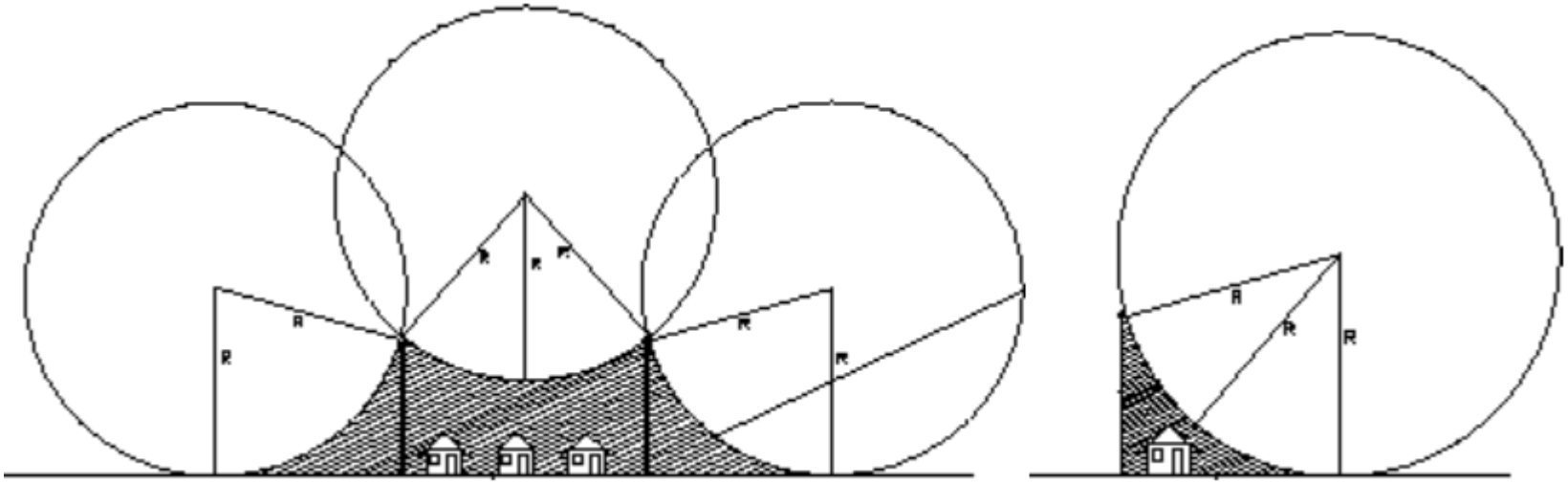


ZOOM DA CAPTAÇÃO

Presença de um captor Franklin para proteção da sinalização de altura

Fonte: Termotécnica Ind. e Com. Ltda.

Método da Esfera Rolante Aplicada a Edificações Baixas



Fonte: Termotécnica Ind. e Com. Ltda.

- **Descargas Laterais (Item 5.3.2.14)**

Para estruturas com menos de 60m de altura, a norma reconhece a baixa probabilidade e indica que medidas de proteção podem ser desconsideradas.

Para edificações com altura superior a 60m, aumenta consideravelmente a probabilidade de ocorrência de descargas, especialmente em pontas, cantos e saliências significativas (varandas, marquises...).

As medidas de proteção requer subsistema de captação que atenda ao menos aos requisitos do nível IV, havendo ênfase na localização dos elementos da captação em cantos, quinas, bordas e saliências.

A captação lateral pode ser satisfeita pela presença de elementos metálicos externos (revestimento de metal ou fachada metálica), desde que atendam os requisitos mínimos da Tabela 3. Este requisito pode incluir, também, a utilização de condutores não naturais localizados nas arestas verticais da estrutura quando não houver condutores naturais expostos.

A verificação deve ser realizada nos 20% da altura total da estrutura que excedam 60m.

A captação lateral deve ser interligada ao subsistema de descida (cabos, estrutura metálica da fachada ou às armaduras de aço dos pilares desde que atendam aos requisitos de 5.4.5 e do Anexo A)

- Detalhes construtivos do Subsistema Captor de SPDA não isolado

A instalação do subsistema captor podem ser da seguinte forma (Item 5.3.2.15)

❖ Os condutores podem ser posicionados na superfície da cobertura, desde que a mesma seja de material cerâmica/concreto/argila/metal, etc;

❖ Para materiais prontamente combustíveis deve ser observado:

- A distância dos condutores para a superfície da cobertura deve ser pelo menos de15cm, quando os materiais forem têxtil, fibra de celulose, palha, sapé etc. Estes materiais não podem ficar embaixo de qualquer componente metálico que possa a vir se fundir devido á uma descarga atmosférica;

- Observar uma distância mínima de 10cm da superfície da cobertura, quando envolver materiais composto por madeira, vidro, polímeros em geral etc.

❖Materiais captores, quando resultados do cálculo da elevação de temperatura devido à descarga atmosférica direta não apresentar risco para a superfície, podem ser posicionados na superfície da cobertura;

❖Em sendo permitido o acúmulo de água em cobertura plana, então, o subsistema captor deve ser instalado acima do nível máximo de água presumível.

❖ Os condutores, sejam cabos, cordoalhas, fitas ou barras, na horizontal devem ser fixados a espaçamentos de até 1m, se vertical/inclinados, à até 1,5m.

- Componentes naturais (item 5.3.2.16)
  - ✓ Chapas metálicas cobrindo a estrutura a ser protegida, desde que:
    - Tenha continuidade elétrica entre as partes de forma duradoura (solda, caldeamento, frisamento, costurado, aparafusado ou conectado com parafuso e porca);
    - Não sejam revestidas com camada de material isolante superior a 1mm;
    - Os pontos quentes ou problemas de ignição podem ser desconsiderados se a cobertura metálica estiver no interior de uma ZPR**0B** ou superior;
    - A espessura da chapa tenha espessura mínima segundo a tabela abaixo:

SPDA	**Componente principal do Material(*)**	**Espessura t (mm)** (prevenir perfuração)	**Espessura t' (mm)** (sem prevenir perfuração, ponto quente e ignição)
I a IV	Chumbo	-	2,0
	Aço (inoxidável ou galvanizado a quente)	4(**)	0,5
	Titânio	4	0,5
	Cobre	5	0,5
	Alumínio	7	0,65
	Zinco	-	0,7

Fonte: baseada na Tabela 3 da NBR5419-3:2026

* Para chapas/tubulações metálicas recobertas com ligas metálicas ou outro material condutor, considerar a espessura do material principal (exemplo: chapa de aço 0,5mm revestida por imersão a quente com liga alumínio/zinco/silício, considerar a espessura de 05mm para t');

** estruturas com áreas classificadas podem requere estudo específico para a definição da espessura mínima para evitar ponto quente e ignição;

*** Eventuais diminuição da espessura em partes das chapas, devido à corrosão do metal, devem ser consideradas.

- Se for necessário considerar ignição de qualquer material inflamável abaixo da cobertura, a espessura da chapa deve ser obtida através da tabela abaixo:

Tabela 4 – Elevações máximas de temperatura ΔT da superfície interna e tempo de duração t_{50} (s) para diferentes espessuras t'' (mm) e componente longa da descarga de acordo com *NP* I (Q = 200 °C)

Componente principal do material	Espessura t'' (mm)					t_{50} (s)
	3	4	5	6	7	
Cobre	1 050	890	670	520	430	0,65
Latão	860	730	550	400	290	0,80
Alumínio	640	630	590	520	440	0,95
Aço (St37)	1 430	1 080	830	660	520	3,6
Aço inoxidável (V2A)	1 360	940	620	410	290	8,0

NOTA Se os metais forem revestidos com um material isolante térmico na superfície interna (ou seja, onde está a mistura potencialmente explosiva), as temperaturas não excedem 200 °C para chapas com pelo menos 4 mm de espessura e 260 °C para chapas com 3 mm de espessura. O revestimento pode ser composto por politetrafluoretileno ou borracha com 2 mm de espessura.

t_{50} indica o tempo que o material leva para dissipar 50 % do máximo da temperatura alcançada.

- ✓ Componentes metálicos da cobertura (treliças, ganchos de ancoragem, armadura de aço da estrutura, dentre outras), posicionadas abaixo de cobertura não metálica, desde que esta possa ser excluída do volume de proteção;

- ✓ Partes metálicas como grades, tubulações cobertura de parapeitos, dentre outras, que estejam instaladas de forma permanente (retirada desconfigura a estrutura) e que tenha a seção transversal mínima exigida pela norma para componentes captores;

- ✓ Tubulações metálicas e tanques na cobertura, desde que atendam as especificações de espessura conforme Tabelas 3 e 4, desta norma;

- ✓ Tubulações metálicas e tanques contendo mistura explosivo ou prontamente combustível, desde que atendam à espessura t indicadas na Tabela 3 e que a elevação de temperatura da superfície interna no ponto de impacto (vide Tabela 4) não constitua risco (vide Anexo D, da norma). Se as condições não forem atendidas, as tubulações e tanques devem ficar dentro do volume de proteção.

- ✓ Tubulações contendo mistura explosiva ou prontamente combustível não podem ser considerados um componente captor se a gaxeta do acoplamento dos flanges não forem metálicos ou se os lados dos flanges não forem apropriadamente equipotencializados.

SUBSISTEMA DESCIDAS

- SPDA Não Isolado

$$ND = \frac{P}{d}$$

Onde,

ND ➔ Número de Descidas (MÍNIMO DUAS)
P➔ Perímetro da edificação
d ➔ Espaçamento médio entre descidas

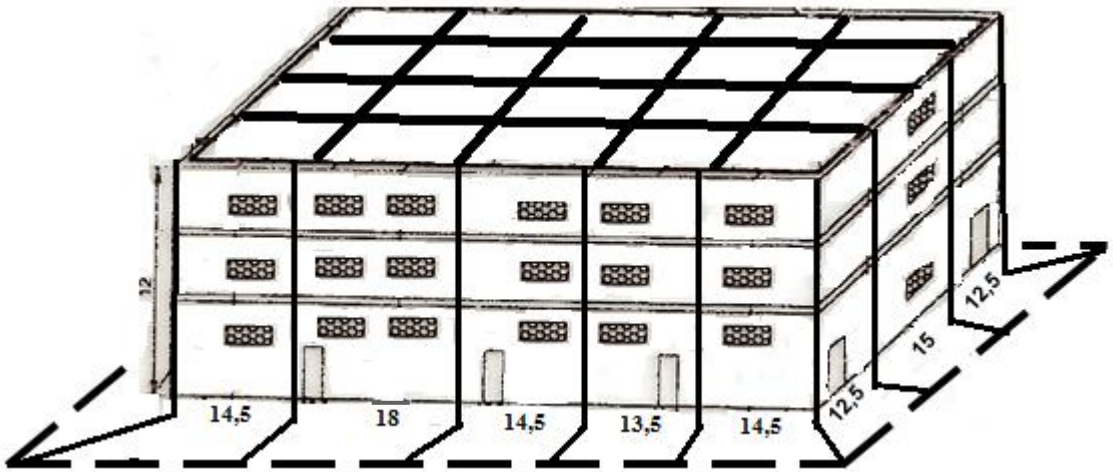
SPDA	Distâncias (m) **(descidas e anéis de equipotencialização)**
I e II	10
III	15
IV	20
É aceitável, para descidas, um acréscimo máximo de 20% sobre os espaçamentos definidos acima, sem diminuição do ND.	

- Posicionamento do subsistema de descida não isolado (itens 5.4.1 e 5.4.3):

1 Os condutores de descidas devem prover diversos caminhos paralelos para escoar a corrente de descarga, terem o menor comprimento possível e a equipotencialização com partes condutoras deve obedecer ao item 6.2, desta norma;

2 Um condutor de descida deve ser instalado, preferencialmente, em cada canto saliente da estrutura, espaçando os demais condutores o mais uniforme possível ao redor do perímetro.

3 Deverá haver uma equipotencialização (anéis horizontais) das descidas não naturais, ao nível do solo, e em intervalos de altura conforme a Tabela supra indicada. A equipotencialização é normalmente atendida quando da existência de estruturas metálicas e em estruturas de concreto armado, nas quais a interconexão do aço provem continuidade elétrica.



$$P = 2x75 + 2x40 = 230m$$

SPDA Classe III ➔ d=15m

$$ND = \frac{230}{15} = 15{,}3 \Rightarrow 16\ descidas$$

Para descida não natural deve haver um conector interligando a descida ao sistema de aterramento. Ver item 5.3.6 da norma.

- Forma de instalação das descidas não naturais (Item 5.4.4)

- A instalação deve ser de forma exequível e dando continuidade entre a captação e o aterramento;
- Devem ser instaladas em linha reta, verticalmente e constituindo o menor caminho para a terra. Ainda, não são permitidas emendas em cabos de descida (item5.6.3.2);
- Laços devem ser evitados, mas, onde não for possível, deve ser seguido o que preconiza o item 6.3.1, da norma;
- Descidas não devem ser instaladas dentro de calhas ou tubulações pluviais, porém, se for a única alternativa, há que considerar os riscos de par eletrolítico, além da possibilidade de entupimento por retenção de resíduos (folhas, gravetos etc.)
- Em superfícies da estrutura compostas por concreto, cerâmica, argila, metal etc., os condutores podem estar embutidos ou em contato direto com a superfície. Esta situação também se aplica para superfícies com outros materiais, desde que o cálculo da elevação de temperatura não apresentem risco;
- Em superfícies da estrutura compostas por madeira, vidro, polímeros em geral etc., os condutores devem estar instalados com espaçadores distando, pelo menos, 10 cm da superfície;
- quando a distância entre condutor e um material combustível não puder ser assegurada, a seção nominal para condutor proporcione equivalência térmica igual ou superior à do condutor de aço galvanizado de 100mm2

- Segundo o item 5.4.6, uma conexão de ensaio deve ser instalada entre cada condutor de descida e o condutor de aterramento, próximo ao solo (h=1,5, sugerida pela norma), sendo que o elemento de conexão só pode ser aberto com o uso de ferramentas.

- Os condutores, sejam cabos, cordoalhas, fitas ou barras, na horizontal devem ser fixados a espaçamentos de até 1m, se vertical/inclinados, à até 1,5m.

- Utilização de elementos naturais como descida (Item 5.4.5)

As seguintes partes da estrutura podem ser utilizadas como descidas naturais:

- ✓ Instalações metálicas, desde que a continuidade elétrica seja garantida entre as partes (vide item 5.6.2, desta norma) e, que as dimensões sejam, no mínimo, iguais ao especificado pela Tabela 7, da norma. Observando que tubulações contendo misturas inflamáveis/explosivas, somente poderão ser utilizadas se as gaxetas nos acoplamentos dos flanges forem metálico, e adequadamente conectados;
- ✓ Armaduras das construções novas de concreto armado eletricamente contínuas, ou seja, que atendam, simultaneamente: i) a existência de pelo menos uma linha de vergalhões de cada pilar firmemente conectada (solda, arame recozido ou grampo) desde a base até o topo; ii) pelo menos 50% das conexões entre barras horizontais e verticais devem estar firmemente conectadas (solda, arame recozido ou grampo); iii) o transpasse da conexão entre os vergalhões seja de, no mínimo, 20 vezes seu diâmetro;
- ✓ Sendo que para as estruturas pré-fabricadas, deve haver pontos de interconexão, para a ligação, no campo (obra), entre as partes individuais; Vigamento de aço interconectado da estrutura.
- ✓ Quando da utilização das armaduras horizontais de aço interconectadas da estrutura ou as vigas metálicas das estruturas de aço como parte do subsistema de descida, então, anéis intermediários de equipotencialização não são necessários. Contudo, para estrutura acima de 60m de altura deve-se considerar a necessidades dos anéis não naturais para assegurar a integridade da estrutura (Item 5.3.2.14.2.2);
- ✓ Elementos de fachada, perfis e subconstruções metálicas das fachadas, desde que atendam as dimensões mínima para condutores de descidas (Item 5.7.2), sendo que para folhas e/ou tubulações metálicas as espessuras não sejam inferiores a t’ (vide Tabela 4)

Subsistema de Aterramento

Uma única infraestrutura de aterramento deve ser utilizada envolvendo SPDA, sistemas de energia elétrica e de sinal.

- Arranjos para a infraestrutura de aterramento (item 5.5.2.1)

1- Armadura de aço das fundações com interligação horizontal, tal como viga baldrame ou piso de concreto;

2- Armadura da fundação sem interligação horizontal no nível do piso:

- interligada por condutor adicional enterrado, ou
- sem interligação, desde que sejam avaliadas as possíveis tensões perigosas decorrentes desta condição e implementadas medidas preventivas capazes de evitar situações relacionadas a tensões superficiais (vide Seção 8);

3- Condutor em anel fechado, com módulos internos (malhas) ou não.

Notas:

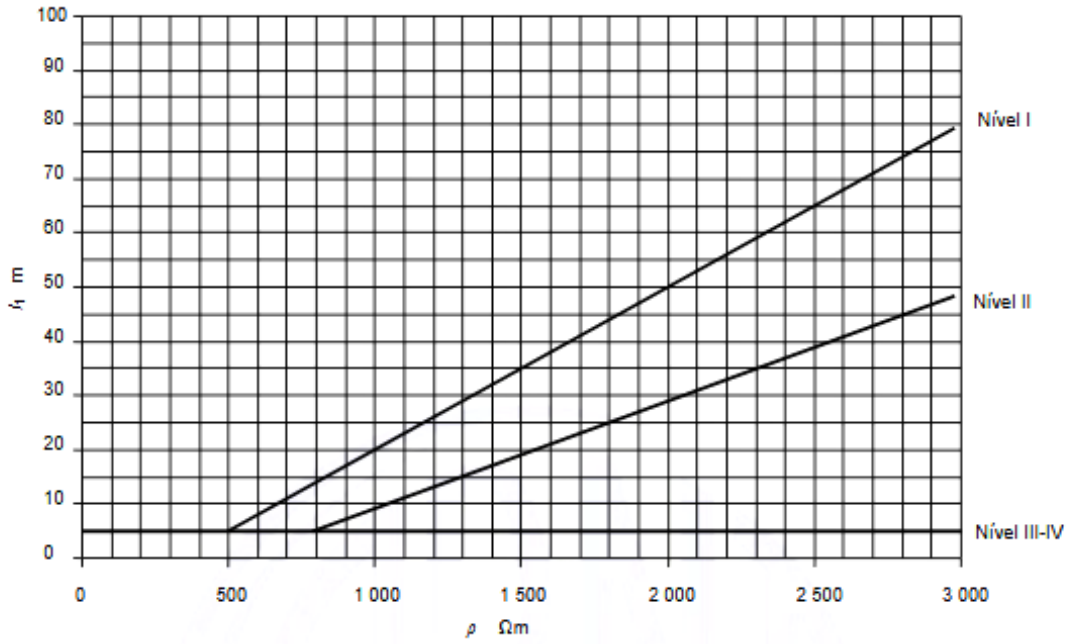
1- hastes de aterramento são consideradas um eletrodo complementar e são utilizadas, preferencialmente, com conhecimento da estratificação do solo;

2- Eletrodo em malha contribuí para implementação de medidas de proteção indicadas na NBR5419-4:2026.

Em edificações geminadas, quando for impossível um anel externo à edificação, então, o anel pode ser instalado, parcial ou integral, internamente à estrutura, desde que devidamente avaliadas e aplicadas as medidas preventivas contra tensões superficiais perigosas (vide seção 8). (Item 5.5.2.2)

Sendo o eletrodo de aterramento, natural ou não, pode haver a necessidade de complementação, se uma das duas situações abaixo, não ocorrer (item 5.5.2.3):

- Se o eletrodo for natural com armaduras da fundação com interligação horizontal ou viga baldrame ou piso de concreto armado ou condutor não natural, e o subsistema de descida consistir em pelo menos dez caminhos naturais de descida interconectados por meio de coberturas metálicas, lajes de concreto armado, vigas metálicas *etc.*, conforme 5.4.5;
- Se o raio médio ($\mathbf{r_e}$) da área abrangida pelo eletrodo de aterramento (natural ou não) for superior ao comprimento mínimo $\mathbf{l_1}$ de acordo com o nível de proteção do SPDA, obtido via Figura 3, desta norma.



Se as condições de 5.5.2.3 não forem atendidas, então, uma das seguintes opções deve ser adotada (item 5.5.2.4):

- adoção de medida de proteção contra tensão de passo e toque, seguindo a Seção 8 e avaliação da necessidade do aumento da corrente I_{imp} do DPS especificado, ou

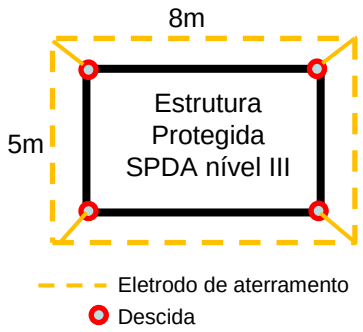
- complementação do eletrodo de aterramento por meio de eletrodos verticais [hastes] (l_V) ou radiais [cabos] (l_r), que devem ser instalados "próximos" aos pontos de interconexão do condutor de descida e o eletrodo de aterramento, sendo o comprimento individual por condutor de descida dado por:

$$l_r = l_1 - r_e \qquad ou \qquad l_V = (l_1 - r_e)/2$$

Uma forma prática para obtenção de r_e em eletrodos cuja área é irregular, e não facilita o acesso a esse parâmetro, é converter a área irregular formada pelo eletrodo num circulo de área equivalente (*Ae*), então:

$$r_e = \sqrt{Ae/\pi}$$

Exemplo:



SPDA nível III: $l_1 = 5m$

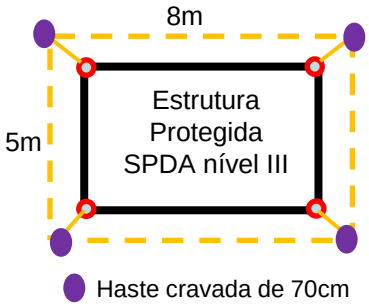
Área equivalente do eletrodo (Ae):

$$A_e = 5x8 = 40m$$

$$r_e = \sqrt{40/\pi} = 3{,}6m < 5m$$

Utilizando haste vertical, então:

$$l_V = \frac{(l_1 - r_e)}{2} = \frac{5 - 3{,}6}{2} = 0{,}7m = 70cm$$



O eletrodo em anel deve ser enterrado a, no mínimo, 0,5m de profundidade e ficar aproximadamente a 1,0m das paredes externas da edificação a ser protegida. Na impossibilidade do anel ser externo, o mesmo pode ser interno, conforme 5.5.2.2

As conexões, quando enterradas, devem estar instaladas em caixa de inspeção, permanentemente acessível e desobstruída. Exceção para as realizadas por compressão (esmagamento), solda exotérmica ou processo de fusão dos metais (a quente ou a frio), as quais podem, ou não, estar em caixa de inspeção (Item 5.6.3.3)

Conforme o item 5.5.4, as seguintes estruturas podem ser utilizadas como eletrodos naturais de aterramento:

1- Nas construções novas, a armadura do concreto armado das fundações, desde que eletricamente contínuas. Para isto deve haver pelo menos uma linha de vergalhões ao longo de cada trecho (horizontal ou vertical) que esteja firmemente conectada através de solda, arame recozido ou grampo e, o transpasse entre os vergalhões seja de, no mínimo, 20 vezes o diâmetro dos mesmos.

2- em construções existentes, a armadura do concreto armado das fundações, com estrutura de concreto vertical descontínua, pode ser utilizada, desde que a armadura no interior da estrutura das vigas enterradas seja considerada eletricamente contínua por ensaio, seguindo F.3;

3- em construções existentes, a armadura do concreto armado das fundações, com estrutura de concreto vertical contínua, pode ser utilizada, desde que a armadura (pilar mais fundações) no interior da estrutura seja considerada eletricamente contínua por ensaio, seguindo F.1.

As conexões das armaduras de aço do concreto devem estar conforme 5.4.5 e 5.5.4, devendo atender aos requisitos de ensaios de continuidade conforme Anexo F.

A Tabela 6, da norma, apresenta as condições em que se pode empregar os materiais disponíveis para implantar um SPDA.

Tabela 6 – Materiais para componentes não naturais para *SPDA* e condições de utilização (continua)

Material	Utilização				Corrosão		
	Ao ar livre	Na terra	No reboco	No concreto (armado ou não)	Resistência	Aumentada por	Podem ser destruídos por acoplamento galvânico
Cobre	Maciço Encordoado Como cobertura	Maciço Encordoado Como cobertura	Maciço Encordoado Como cobertura	Maciço Encordoado Como cobertura	Adequada em muitos ambientes	Compostos sulfurados Materiais orgânicos Altos conteúdos de cloretos	–
Aço zincado a quente	Maciço Encordoado	Maciço Encordoado Não permitido na transição entre o concreto e a terra	Maciço Encordoado	Maciço Encordoado	Aceitável no ar, em concreto e em solos salubres	Altos conteúdos de cloretos	Cobre ao ar livre ou enterrado

Tabela 6 (conclusão)

Material	Utilização				Corrosão		
	Ao ar livre	Na terra	No reboco	No concreto (armado ou não)	Resistência	Aumentada por	Podem ser destruídos por acoplamento galvânico
Aço inoxidável	Maciço Encordoado	Maciço Encordoado	Maciço Encordoado	Maciço Encordoado	Adequada em muitos ambientes	Altos conteúdos de cloretos	–
Aço cobreado	Maciço Encordoado	Maciço Encordoado	Maciço Encordoado	Maciço Encordoado	Adequada em muitos ambientes	Compostos sulfurados	–
Alumínio	Maciço Encordoado	Não permitido	Não permitido	Não permitido	Adequada em atmosferas com baixas concentrações de sulfurados e cloretos	Soluções alcalinas	Cobre

NOTA 1 Esta tabela fornece um guia geral. Em circunstâncias especiais, considerações de imunização de corrosão mais cuidadosas podem ser requeridas.

NOTA 2 Condutores encordoados são mais vulneráveis à corrosão do que condutores sólidos. Condutores encordoados são também vulneráveis quando eles entram ou saem nas posições do concreto para a terra.

NOTA 3 Aço zincado a quente pode ser oxidado em solo argiloso, úmido ou com solo salgado.

NOTA 4 A não utilização do aço zincado a quente na transição entre o concreto e a terra evita os efeitos de corrosão.

Dimensionamento dos Subsistemas Captor e Descida

A Tabela 7, da norma, estabelece as dimensões mínimas para os componentes dos subsistemas captor e descida.

Tabela 7 – Material, configuração e área de seção mínima dos condutores de captação, dos mastros e dos condutores de descidas não naturais (continua)

Material	Configuração	Valores mínimos [c]		Normas Aplicáveis [Sem título]
		Seção (mm^2)	Dimensão (mm)	
Cobre	Fita maciça	35	Espessura 1,75	ABNT NBR 16462
	Cilíndrico maciço	35	Diâmetro 6,7	ABNT NBR 16462
	Encordoado [h]	35	–	ABNT NBR 5349 ABNT NBR 6524
	Captores verticais maciços [a]	200	Diâmetro 16,0	ABNT NBR 16462
	Captores verticais tubulares [a]	100	Espessura 1,2	–
Alumínio	Fita maciça [d]	70	Espessura 3,0	ABNT NBR ISO 209
	Cilíndrico maciço [d]	70	Diâmetro 9,5	ABNT NBR ISO 209
	Encordoado [h]	70	–	ABNT NBR 7271
	Captores verticais maciços [a, d]	200	Diâmetro 16,0	ABNT NBR ISO 209
	Captores verticais tubulares [a, d]	100	Espessura 1,2	ABNT NBR ISO 209

Tabela 7 (conclusão)

Material	Configuração	Valores mínimos [c]		Normas Aplicáveis
		Seção (mm^2)	Dimensão (mm)	
Aço cobreado	Cilíndrico maciço	35	Diâmetro 6,7	ABNT NBR 8120
	Encordoado [f, h]	35	–	ABNT NBR 8121
	Captores verticais maciços [a]	200	Diâmetro 16,0	ABNT NBR 13571
Alumínio cobreado	Cilíndrico maciço	50	Diâmetro 8,0	ABNT NBR 16219
	Encordoado [e,h]	70	–	ABNT NBR 16362
Aço zincado a quente	Fita maciça	50	Espessura 2,5	ABNT NBR 7007 ABNT NBR 6323
	Cilíndrico maciço	50	Diâmetro 8,0	ABNT NBR 6323
	Encordoado [h]	50	–	ABNT NBR 16730
	Captores verticais maciços [a]	200	Diâmetro 16,0	ABNT NBR 6323
	Captores verticais tubulares [a]	100	Espessura 1,2	ABNT NBR 6323
Aço inox [b]	Fita maciça	50	Espessura 2,5	ABNT NBR 5601
	Cilíndrico maciço	50	Diâmetro 8,0	ABNT NBR 5601
	Encordoado [h]	50	–	ABNT NBR 5601
	Captores verticais maciços [a]	200	Diâmetro 16,0	ABNT NBR 5601
	Captores verticais tubulares [a]	100	Espessura 1,2	ABNT NBR 5601

[a] Para aplicações em que esforços mecânicos, por exemplo, força do vento, não forem críticos, é permitida a utilização de elementos com diâmetro mínimo de 9,5 mm e comprimento máximo de 1 m. Do contrário, realizar o dimensionamento mecânico conforme ABNT NBR 6123.

[b] Composição AISI 304 ou superior.

[c] As dimensões indicadas na tabela são valores de referência. Para efeito de fiscalização, a tolerância será verificada conforme as respectivas normas de produto pertinentes ou na ausência destas, estabelecer em 5% da seção nominal.

[d] Os condutores devem ser fabricados em ligas de alumínio com uma condutividade mínima de 50 % IACS (*International Annealed Copper Standard*).

[e] A cordoalha de alumínio cobreado deve ter uma condutividade mínima de 64 % IACS (*International Annealed Copper Standard*).

[f] A cordoalha de aço cobreado deve ter uma condutividade mínima de 30 % IACS (*International Annealed Copper Standard*).

[g] Se o aço inoxidável for instalado sobre ou muito próximo (distância menor que 10 cm) de material prontamente combustível, ver as recomendações descritas em 5.3.4.

[h] Aceito o encordoamento com 7 fios.

Dimensionamento do Subsistema de Aterramento – não natural

Tabela 8 – Material, configuração e dimensões mínimas de eletrodo de aterramento não naturais

Material	Configuração	Valores mínimos			Normas Aplicáveis
		Eletrodo cravado (seção ou diâmetro)	Eletrodo não cravado (seção mm²)	Espessura do material (mm)	
Cobre	Encordoado [d, e] (cabo)	–	50		ABNT NBR 5349 ABNT NBR 6524
	Cilíndrico maciço	–	50		ABNT NBR 5111
		15 mm			ABNT NBR 16462
	Fita maciça (ou barra chata)	–	50	2	ABNT NBR 16462
Aço zincado a quente	Cilíndrico maciço	14 mm	78		ABNT NBR 6323
	Perfil L (cantoneira)	290 mm²		3	ABNT NBR 6323
	Fita maciça [f]	–	90	3	ABNT NBR 7007 ABNT NBR 6323
	Encordoado	–	74		ABNT NBR 16730
Aço cobreado [b]	Cilíndrico maciço [a]	12,7 mm	50		ABNT NBR 13571
	Encordoado		50[d]		ABNT NBR 8121
Aço inoxidável [c]	Cilíndrico maciço	15 mm			ABNT NBR 5601
	Fita maciça		100	3	

[a] Eletrodo cravado – deve atender aos requisitos da ABNT NBR 13571.

[b] Eletrodos não cravados maciço e encordoados atendem aos requisitos da ABNT NBR 8120 e ABNT NBR 8121 condutividade mínima 30 % IACS

[c] Composição AISI 304 ou superior.

[d] Além das normas especificas mencionadas, consultar a ABNT NBR 16254.

[e] Aceito o encordoamento com 7 ou 19 fios

[f] Camada mínima de zinco 70 µm

Sistema Interno de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA Interno)

O SPDA Interno (item 6.1.1) deve evitar que a corrente de descarga gere centelhamentos perigosos dentro do volume de proteção e da estrutura a ser protegida.

O centelhamento (Item 6.1.2) pode ocorrer entre o SPDA externo e instalações metálicas (tubulações, escadas, dutos de ar condicionado, coifas, armadura de aço e peças metálicas estruturais), sistemas internos (equipamentos de comunicação, TI, instrumentação e controle), partes condutivas externas (eletrocalhas, suportes metálicos e dutos metálicos), ou, ainda, linhas elétricas.

O centelhamento perigoso pode ser evitado por meio de: i) Isolação elétrica entre as partes, vide 6.3, ou; ii) ligações equipotenciais, conforme 6.2.

O SPDA estará equipotencializado se estiver corretamente interligado com as instalações metálicas, os sistemas internos, partes condutivas externas e as linhas elétricas (item 6.2.1.1).

Quando não houver ligações equipotenciais naturais garantidas, a forma de interligação pode ser (Item 6.2.1.3):

- ✓ Direta: condutores de ligação equipotencial;
- ✓ Indireta: utilizando DPS classe I, onde a conexão direta não possa ser realizada;
- ✓ Indireto: com centelhadores, onde a conexão direta não seja permitida entre elementos inicialmente não energizados.

- Equipotencialização para instalações metálicas

SPDA externo isolado ➔ equipotencialização apenas ao nível do solo;

SPDA externo não isolado, equipotencialização em:

- Na base da estrutura ou próximo do nível do solo. Com os condutores de ligação conectados ao BEP ou, se necessário, a um barramento de equipotencialização local (BEL). Sendo que, para estruturas extensas, com mais de 20m de comprimento, deve haver tantos BELs quanto necessário, interligadas, ou instalar uma barra contínua em forma de anel para prover a equipotencialização.
- Onde os requisitos de isolação não são atendidos (vide item 6.3)

A Tabela 9, da norma, apresenta as bitolas mínimas dos condutores para interligação de barramentos e/ou ligação das barras ao aterramento.

Tabela 9 – Seções mínimas dos condutores não naturais que interligam as diferentes barras de equipotencialização ou que ligam as barras ao subsistema de aterramento

Nível de proteção do *SPDA*	Modo de instalação [a]	Material	Área da seção mm^2
I a IV	Não enterrado	Cobre Aço cobreado	16
		Alumínio	25
		Aço zincado a quente	50
	Enterrado	Conforme a Tabela 8	

[a] Quando esses condutores tiverem outras aplicações especificadas em outras normas, o dimensionamento deve ser realizado considerando as condições mais críticas.

Para aço inoxidável, há que ter a seção equivalente a do aço zincado a quente

Os condutores que ligam as instalações metálicas aos barramentos devem ter as seguintes seções mínimas (Tabela 10), independente da classe do SPDA:

- Cobre ➔ 6mm2
- Alumínio ➔ 10mm2
- Aço zincado a quente➔ 16mm2

Para aço inoxidável, há que ter a seção equivalente a do aço zincado a quente

As tubulações metálicas que tiverem material isolantes intercaladas em seus flanges, devem ser interligadas direta (condutores) ou indiretamente (DPS), dependendo das condições locais da instalação (Item 6.2.2.9).

Quando do uso de centelhador de isolação, o mesmo deve ter as seguintes características (Item 6.2.2.10):

$$I_{imp} \geq I_F$$

Onde, I_F é a parcela da corrente de descarga que flui do SPDA externo para a instalação metálica por meio da ligação equipotencial (Anexo E, NBR5419-1:2026)



www.phoenixcontact.com

$U_{R\,imp} \leq 1{,}25kV$

$I_n\ / I_{imp} \leq 100kA$

e

$$U_{RIMP} < tensão\ de\ impulso\ suportável\ da\ isolação\ entre\ as\ partes$$

$$onde, \quad U_{RIMP}\ é\ a\ tensão\ de\ impulso\ disruptiva\ nominal$$

- Equipotencialização para partes condutivas externas (Item 6.2.3)

- A ligação equipotencial deve ser realizada no ponto mais próximo de onde partes condutivas adentram na estrutura a ser protegida. Pode ser utilizada uma ligação equipotencial direta, através de condutores, os quais devem suportar a corrente I_F , a qual deve ser avaliada de acordo com Anexo E, NBR5419-1:2026, e atender às Tabelas 8 a 10.
- Se não for possível a utilização de condutores, então, deve-se usar um centelhador de isolação; com as seguintes características:

$$I_{imp} \geq I_F \qquad \text{e} \qquad U_{RIMP} < tensão\ de\ impulso\ suportável\ da\ isolação\ entre\ as\ partes$$

- Equipotencialização para linhas elétricas que entram/saem da estrutura (Item 6.2.3)

- ✓ A proteção via ligação equipotencial deve ser feita de acordo com 6.2.3;
- ✓ Condutores vivos devem ser ligados por DPS classe I. Já o PE ou PEN, no esquema TN, podem ser ligados direta ou indiretamente (DPS classe I), ao BEP ou BEL;
- ✓ Linhas blindadas ou em condutos fechados metálicos, devem ser equipotencializado. Não há necessidade de ligação equipotencial para condutores no interior das blindagens se as seções das blindagens ou condutos forem maior ou igual ao valor mínimo das seções , conforme Anexo B;
- ✓ As ligações equipotenciais de blindagens ou condutos devem ser realizadas no ponto mais próximo de onde adentram a estrutura;
- ✓ Os condutores de ligação equipotencial devem ter seção definida conforme Tabela 10 e suportar as mesmas correntes que os centelhadores de isolação indicadas em 6.2.3;
- ✓ Se for necessária a proteção contra surto de sistemas internos ligados às linhas elétricas, deve-se seguir os requisitos indicados na NBR5419-4:2026;
- ✓ DPS classe I devem atender: $I_{imp} \geq I'_F$ e *Up* conforme NBR5419-4:2026, Anexo C;
- ✓ Se não houver SPDA, então, a equipotencialização segue os requisitos da NBR5410.

- Equipotencialização para sistemas internos

- As ligações equipotenciais para fins de proteção contra descargas atmosféricas são obrigatórias e devem estar conforme 6.2.2.2.-a e 6.2.2.2-b;
- Se condutores dos sistemas internos forem blindados ou estiverem no interior de condutos fechados metálicos, pode ser suficiente equipotencializar as blindagens ou condutos. Para proteção dos sistemas internos aplicar NBR5419-4;
- Ligação equipotencial, via DPS, deve ser aplicada aos condutores vivos que não sejam blindados nem estejam em condutos fechados metálicos. Para o PE ou PEN, em esquema TN, a ligação pode ser direta (condutores) ou indireta (DPS);
- Os condutores da ligação equipotencial devem suportar as mesma correntes que centelhadores de isolação (6.2.2) e nas Tabelas 9 e 10;
- Os DPS para ligações indiretas devem ser classe I, estarem de acordo com NBR IEC61643-11 e 61643-21, atendendo a:

$$I_{imp} \geq I'_F$$

Onde, I'_F é a parcela da corrente de descarga que flui para cada condutor da linha do sistema interno, via ligação equipotencial, do SPDA externo (NBR5419-1:2026, E.2.1)

e

$$U_p < tensão\ de\ impulso\ suportável\ (U_w)\ da\ isolação\ do\ sistema\ interno$$

- Para a proteção dos sistemas internos contra surto, aplica-se NBR5419-4

Isolação elétrica do SPDA Externo (Item 6.3)

Os subsistemas de captação e descida devem estar isolados eletricamente das partes metálicas, instalações metálicas e sistemas internos (elementos-vítimas). Isto pode ser obtido pela observação de uma distância “d”, entre as partes, superior à distância de segurança “s”, dada pela fórmula (item 6.3.2 – Dimensionamento simplificado):

$$s = \frac{k_i}{k_m} . k_c . l$$, onde:

$k_i \Rightarrow depende\ do\ nível\ de\ proteção\ do\ SPDA\ (Tab. 11)$

$k_m \Rightarrow depende\ do\ \ isolante\ entre\ elemento - vítima\ e\ SPDA (Tab. 12)$

$k_c \Rightarrow depende\ \ da\ corrente\ que\ flui\ pelos\ captores\ ou\ descidas (Tab. 13)$

$l \Rightarrow$ *comprimento em metros (m), ao longo do subsistema captor ou de descida, desde o ponto onde a distância de segurança deve ser considerada até a equipotencialização mais próxima a jusante do ponto*

Se a captação é feita através do uso de telhado metálico, então, l pode ser desprezado.

Para a determinação de *Kc* deve-se observar o Anexo C, da norma, que permite calculo mais preciso de ***s***. Contudo, a norma indica uma simplificação através do uso da Tabela 13 (item 6.3.2).

Tabela 11 – Valor de k_i	
Nível do SPDA	**K_i**
I	**0,08**
II	**0,06**
III e IV	**0,04**

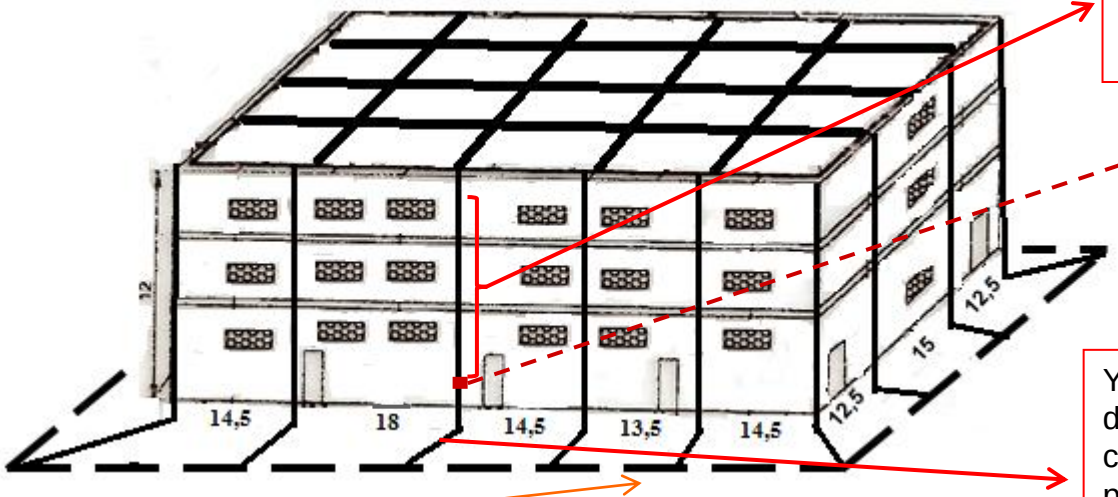
Tabela 12 – Valor de k_m	
Material	**K_m**
Ar	**1,0**
Sólido	**0,5**

Tabela 13– Valor de k_c	
Número de Descidas (n)	**K_c**
1 (somente SPDA isolado)	**1**
2	**0,66**
3 ou mais	**0,44**

Constantes

Exemplo de cálculo de distância de segurança

Supondo para a estrutura abaixo, que as janelas fosse de estrutura metálica, tipo alumínio. Então, sendo os condutores de descida de cobre, há que se calcular a distância de segurança para a isolação elétrica entre as partes. O pior caso será o das janelas do 3º. Piso, pois, são as mais distantes da equipotencialização provida pelo eletrodo de aterramento.



X = Comprimento do condutor de descida desde a parte superior da janela até o conector de ensaio situado a 1,5m do piso (Hc) (item 5.4.6.1)

Conector de ensaio (representado apenas um para simplificação do desenho)



Y = comprimento do condutor de aterramento da descida, desde o conector de ensaio até a conexão com o eletrodo de aterramento que, pela norma, deverá ter profundidade (P) mínima de 0,5m e afastamento (A) mínimo de 1,0m da edificação.

Para o exemplo, vamos supor: X=9,0m

Hc=1,5m, P= 0,8m e A=1,2m, assim Y=Hc+P+A=3,5m. Portanto: $l = X + Y = 9 + 3{,}5 = 12{,}5m$

Obtendo as constantes para SPDA nível III, isolamento Ar e mais de 3 descidas:

$k_i = 0{,}04$

$k_m = 1{,}0$

$k_c = 0{,}44$

Substituindo na fórmula, obtemos: $s = \frac{0{,}04}{1} . 0{,}44 . 12{,}5 = 0{,}22m = 22cm$

Assim, assumindo uma distância (d) de 25cm entre condutores e janelas, já se estará garantindo a isolação elétrica entre as partes.

INSPEÇÃO DO **SPDA**

O item 7 da NBR 5419-3:2015 trás as recomendações para a inspeção do SPDA e tem como objetivo que:

a) o SPDA esteja conforme projeto ,e este esteja pelo menos em conformidade com a sua norma de origem (edição vigente na sua elaboração);

b) todos os componentes do SPDA estejam em condições adequadas (as conexões e fixações estejam firmes e livres de corrosão, e os condutores tenham continuidade elétrica) e sejam capazes de cumprir com suas funções, atendam às respectivas normas;

c) Quaisquer ampliação, modificação ou reforma que altere as condições iniciais previstas em projeto, além de novas tubulações metálicas, sistemas internos, partes condutivas externas e linhas de energia e sinal que adentrem a estrutura, se enquadrem nesta parte da Norma;

d) A documentação esteja conforme 7.5.

As inspeções prescritas devem ser efetuadas na seguinte sequência (Item 7.3.2):

a) durante a construção da estrutura;

b) após o término da instalação do SPDA, no momento da emissão do documento "*as built*";

c) após alterações físicas ou de alteração da estrutura

d) Após alterações no SPDA em relação ao projeto;

e) quando houver suspeita de que o SPDA foi atingido ou o DPS classe I nas entradas das linhas elétricas foi solicitado por descarga atmosférica. A ocorrência pode ser verificada por meio de contadores de raios ou inspeção visual;

f) periodicamente, realizada por profissional capacitado e habilitado, com competência e experiência em inspeções, com emissão de documentação pertinente, em intervalos conforme segue:

- 1 ano, para estruturas contendo áreas classificadas 0, 1, 20 e 21, munição, explosivos, componentes tóxicos ou em locais expostos à corrosão atmosférica severa (regiões litorâneas, ambientes industriais com atmosfera agressiva etc.), ou ainda, estruturas pertencentes a fornecedores de serviços considerados essenciais (energia, água, sinais, apoio à vida etc.).
- Três anos, para as demais estruturas.

NOTAS:
1) Verificações visuais entre inspeções periódicas são úteis para constatação de eventuais danos;
2) Inspeção em sistemas coordenados de DPS, ver NBR5419-4.

Durante as inspeções periódicas (Item 7.3.3), deve-se verificar os seguintes itens:

- ✓ Documentação técnica (projeto ou *as built*) tendo referência a norma de origem ou esta parte da NBR5419;
- ✓ Relatório de inspeção vigente e, caso existam, relatórios anteriores;
- ✓ Deterioração e corrosão dos captores, condutores de descida aterramento e ligações equipotenciais;
- ✓ Atendimentos às distâncias de segurança;
- ✓ Adequação das seções e das dimensões dos condutores;
- ✓ Continuidade elétrica do eletrodo de aterramento, dos condutores da captação, de descida e das ligações equipotenciais quando forem não naturais. Quando possível, a continuidades dos condutores pode ser confirmada após inspeção visual;
- ✓ Condições dos centelhadores de isolação, dos DPS e dispositivo de sobrecorrente à montante;
- ✓ Caso existam contadores de raios, verificar sua integridade física e possíveis atuações.

Os ensaios de continuidade elétrica (item 7.3.4), conforme Anexo F, tem como objetivo verificar a integridade física dos diversos trecho compreendidos pelos condutores do SPDA onde a inspeção visual não se aplica.

Os centelhadores de isolação, dos DPS e dispositivo de sobrecorrente à montante, devem ser inspecionados conforme 7.3.2 ou as instruções dos fabricantes, o que for mais restritivos.

A manutenção (item 7.4) é condição essencial para a confiabilidade do SPDA. Sendo que o responsável pela estrutura deve estar ciente de toda a situação, através dos relatórios emitidos nas inspeções periódicas.

Cabe ao profissional emitente do relatório indicar/recomendar, baseado nos danos encontrados, o prazo para manutenção no sistema, com a indicação desde “imediato”, até “item de manutenção preventiva”.

O responsável pela estrutura deve assegurar que sejam realizadas as adequações de todas as não conformidades indicadas no relatório de inspeção

A seguinte documentação técnica (Item 7.5) deve ser mantida no local, e ser composta por:

- Identificação da estrutura e dos responsáveis técnicos por cada atividade, com nome, número do registro no conselho de classe e respectivo documento de responsabilidade técnica;
- verificação de necessidade do SPDA e DPS classe I e da seleção do respectivo nível de proteção, apresentando as premissas do estudo;
- Documentação da validação de elementos estruturais como componentes naturais do SPDA, quando aplicável;
- Quando aplicável, os dados sobre a natureza e a resistividade do solo; constando obrigatoriamente detalhes relativos às estratificações do solo, ou seja, o número de camadas, a espessura e o valor da resistividade de cada uma.
- Definição do SPDA isolado ou não isolado, método do posicionamentos e dimensionamento dos captores, condutores de decida e do eletrodo de aterramento;
- Desenhos em escala e detalhes, apresentando as dimensões, materiais e o posicionamento dos componentes do SPDA externo e interno;
- Registro de medidas adicionais para minimizar tensões superficiais (toque e passo), quando aplicável;
- Valores considerados das distâncias de segurança (s) e das parcelas de correntes da descarga atmosféricas utilizadas no dimensionamento do DPS e centelhadores de isolação;

No relatório técnico em cada inspeção, deve conter:

- ❑ Identificação da estrutura e do profissional , com nome e número do registro de classe e respectivo documento de responsabilidade técnica;
- ❑ Registro da verificação da conformidade da documentação do projeto existente com a norma vigente à época do projeto;
- ❑ Registro da verificação de conformidade de todos os itens aplicáveis em 7.3.3 a 7.3.5.

- Medidas de proteção contra tensões de toque (Item 8.1)

Sob certas condições, a proximidade dos condutores de descidas de um SPDA externo, pode trazer risco à vida mesmo que tenha sido projetado e executado conforme a norma.

Os riscos são reduzidos a níveis toleráveis se uma das condições for alcançada:

- A probabilidade da aproximação de pessoas, ou a duração da permanência delas fora da estrutura e próximas aos condutores de descida, for limitada;
- Se houve ao menos 10 caminhos naturais de descidas interconectados por meio de cobertura metálica, laje de concreto armado, pilares de aço etc, conforme 5.4.5;
- A resistividade da camada superficial do solo, até 3m de distância dos condutores for igual ou superior àquela fornecida por 5cm de espessura de asfalto.

Se nenhuma das condições acima for preenchida, então deve-se adotar uma das seguintes medidas:

- ✓ A isolação dos condutores de descidas expostos deve ser de material que suporte tensão de ensaio de 100kV (1,2/50μs). Tipicamente, 3mm de XLPE;
- ✓ Restrição física (barreiras) ou sinalização de alerta para os condutores de descida não serem tocados.

- Medidas de proteção contra tensões de passo (Item 8.2)

Basicamente, os riscos são reduzidos se uma das condições apresentadas para tensões de toque (Item 8.1.2) forem preenchidas.

Se nenhuma das condições for alcançada, então deve-se proceder:

- Imposição de barreiras físicas ou sinalização de alerta para minimizar a probabilidade de acesso à área perigosa, até 3m dos condutores;

- Construção de eletrodo de aterramento reticulado complementar no entorno do condutor de descida com raio mínimo de 3m.

❖ Ensaio de Continuidade Elétrica– Anexo F 5419-3:2026

Dado que a norma indica o uso preferencial das armaduras do concreto de pilares e fundações como parte integrante do subsistemas de descidas e subsistema de aterramento, respectivamente, então, abre a possibilidade de utilizar os dois subsistemas em conjunto (parte F.1) ou apenas o subsistema de descida (parte F.2) ou apenas o subsistema de aterramento (parte F.3). Para cada opção, há regras específicas a serem observadas

Ainda, o conceito de ensaio é divido em dois tipos:

- Primeira Verificação ➔ aplica-se, basicamente, para a verificação da continuidade elétrica em estruturas já existentes, conforme F.1, F.2 ou F.3, sendo que para estruturas em construção, não se aplica se a mesma for acompanhada e constatado o atendimento das condições previstas em 5.4.5 para o uso de armaduras de concreto e perfis metálicos. A verificação da construção deve estar registrada em relatório técnico com fotografias que identifiquem os pontos inspecionados;
- Verificação Comprobatória ➔ Há que se realizar a verificação de continuidade elétrica, após a conclusão da instalação do SPDA, conforme F.4

Tipos de construção

Concreto armado



Pré-moldado



Alvenaria estrutural



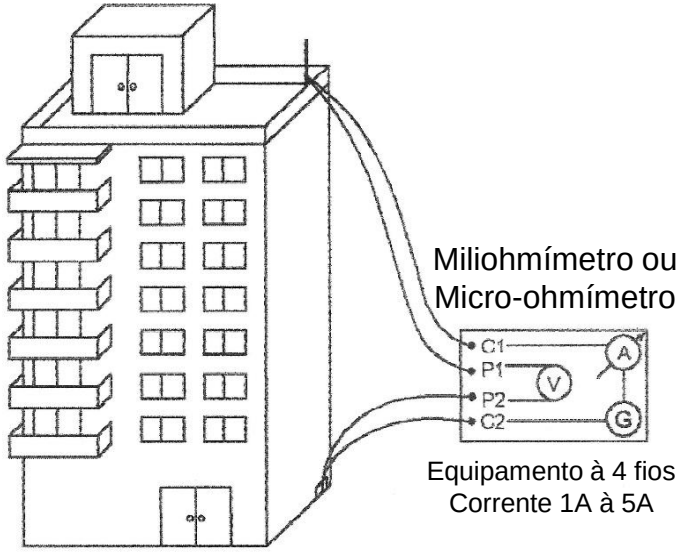


Fonte: Google

- F.1 Ensaio de continuidade elétrica das armaduras em conjunto como Subsistema de descida e subsistema de aterramento – Primeira Verificação

- Na primeira verificação, o objetivo é constatar a continuidade elétrica das armaduras do conjunto formado pelos elementos metálicos de pilares e fundação;
- Quando possível, deve-se avaliar o projeto estrutural com o objetivo de auxiliar no ensaio, bem como definir os pilares que forem utilizados como descidas naturais;
- Estruturas de concreto pré-moldado devem ser submetidas ao ensaio definido em F.2;
- Estruturas composta por alvenaria estrutural não podem ser utilizados como subsistemas de descidas, não se aplica F.1 e F.2;
- A determinação do número mínimo e localização dos pontos a serem ensaiados deve ser conforme segue:
    - No topo/cobertura: análoga à quantidade e à localização de descidas para um sistema não natural, conforme 5.4.3. Nenhum resultado válido pode ser maior que 1Ω. O ensaio deve incluir os pilares das quinas da estrutura. Constatada a continuidade elétrica ,os pontos devem ser conectados ao subsistema de captação;
    - Na base, próximo à interligação com a viga de fundação: no ponto onde se conecta o BEP e em, pelo menos, quatro pilares equidistantes no perímetro externo da estrutura (fachada). Há que se escolher os pontos na base de modo a promover medições cruzadas (topo de um pilar com a base de outro). Estruturas com fachadas internas, essas devem ter, pelo menos, quatro pontos de medição equidistantes no perímetro interno. Estruturas com juntas de dilatação, deve-se considerar, pelo menos, um ponto de medição por trecho separado pelas juntas;
    - Estruturas com perímetro igual ou superior a 200m, o ensaio deve envolver 50% dos pilares definidos em 5.4.3, sendo que os valores medidos estejam na mesma ordem de grandeza e nenhum resultado supere 1Ω. O ensaio deve incluir os pilares das quinas da estrutura.

Configuração do ensaio e Instrumento







Não é permitido utilizar multímetro na função de ohmímetro, tão pouco terrômetro-alicate

- F.2 Ensaio de continuidade elétrica das armaduras dos pilares como Subsistema de descida – Primeira Verificação

Nesta situação, aplicam-se as prescrições de F.1, com as seguintes adaptações:

- O ensaio da continuidade elétrica apenas na vertical valida os pilares como elementos naturais de decida, mas não isenta a necessidade de adotar as prescrições para minimizar efeitos causados por centelhamento, tensões de toque e passo;
- Para os pontos de ensaio deve-se observar:
  - No topo/cobertura: idem a F.1;
  - Na base, próximo à interligação com a viga de fundação: ensaiar todos os pilares definidos pela regar do topo. Em havendo continuidade, os pontos ensaiados devem ser ligados ao subsistema de aterramento;
- A continuidade elétrica é aceitável se os valores medidos não forem maiores que 1Ω.

- F.3 Ensaio de continuidade elétrica das armaduras das fundações como Subsistema de descida – Primeira Verificação

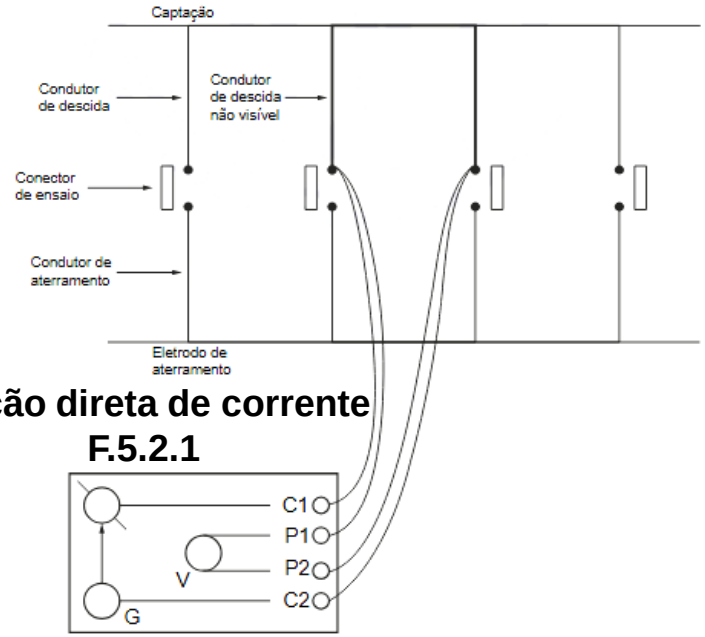
Nesta situação, aplicam-se as prescrições de F.1, com as seguintes adaptações:

- As medições devem ser realizadas entre os pontos determinados por F.3.2.3, de modo a contemplar o perímetro da fundação. A medição deve se dar entre o ponto qualquer e seu adjacente e deste para o seguinte, até completar o perímetro da estrutura;
- Para os pontos de ensaio deve-se observar:
  - Os pontos de ensaio devem ser determinados de modo equidistante ao longo do perímetro da estrutura;
  - No mínimo quatro pontos devem ser selecionados, sendo que, para estruturas extensas, uma quantidade maior de pontos deve ser utilizada;
  - Deve-se dar preferência às quinas de estruturas não circulares.
- A continuidade elétrica é aceitável se os valores medidos não forem maiores que 1Ω.

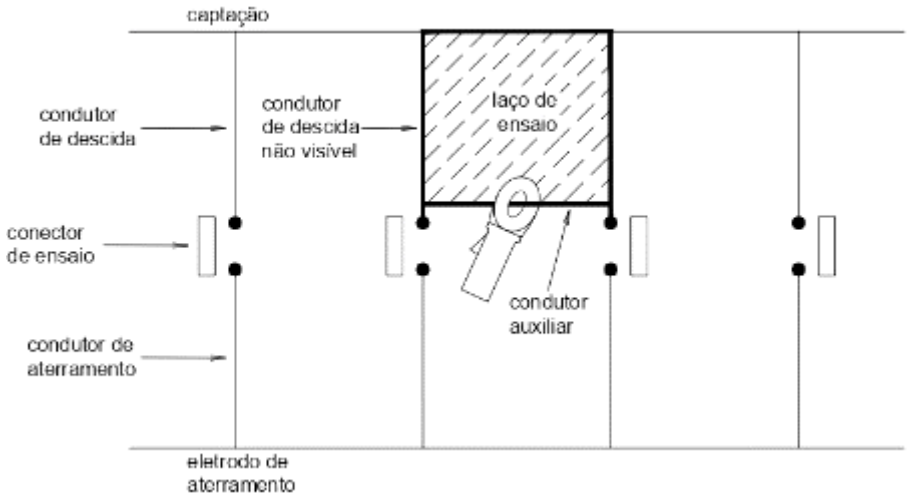
- F.4 Ensaio de continuidade elétrica para elementos naturais – Verificação Comprobatória

- Uma verificação de continuidade elétrica, seguindo F.4, deve ser realizada ao final da instalação do SPDA;
- Verificações comprobatórias periódicas, apenas devem ser realizadas nos períodos de inspeção definidos na Seção 7, se:
  - Nos SPDAs que utilizam componentes naturais não houver comprovação documentada, segundo F.1.2.2;
  - Não for possível atestar, visualmente, a continuidade elétrica;
  - No caso dos itens anteriores não serem atendido, há que se proceder com uma primeira verificação, conforme F.1, F.2 ou F.3.
- A verificação comprobatória deve ser realizada entre o subsistema captor e o BEP, com valores medidos não forem maiores que 0,2Ω.

F.5 Ensaio de continuidade de condutor de descida não natural

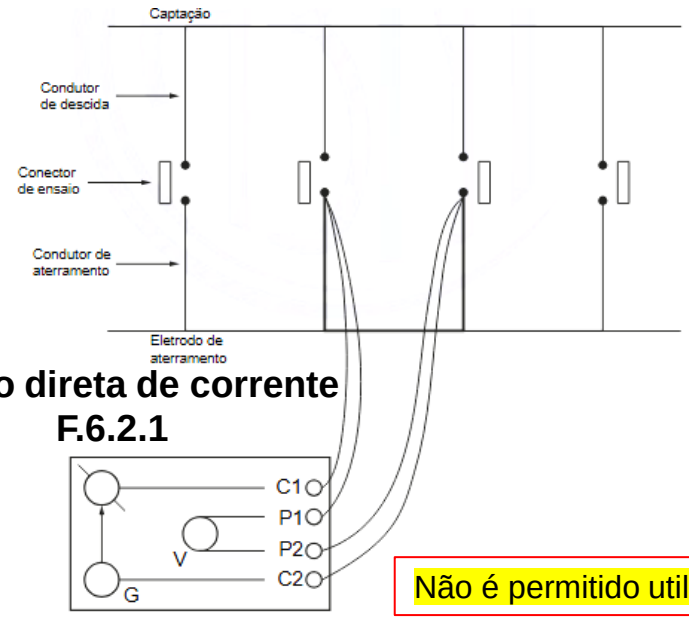


Injeção direta de corrente
F.5.2.1

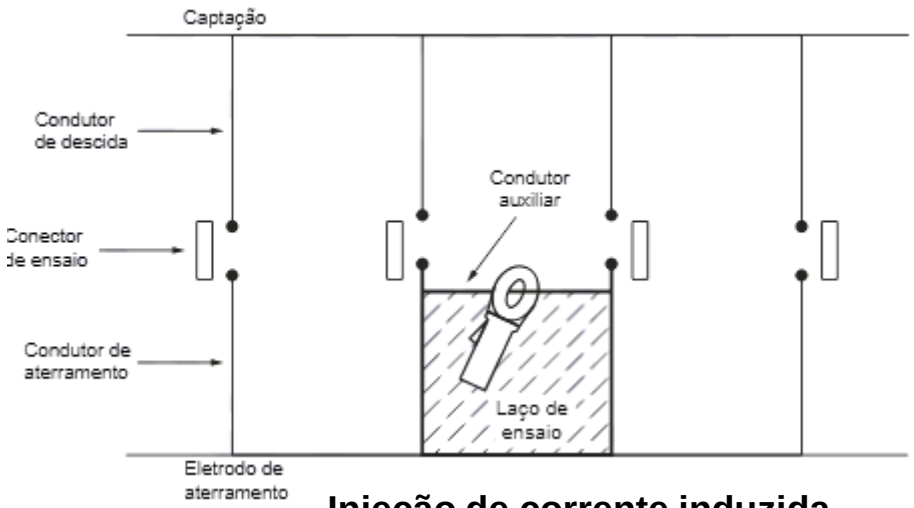


Injeção de corrente induzida
F.5.2.2

F.6 Ensaio de continuidade de eletrodo de aterramento não natural



Injeção direta de corrente
F.6.2.1



Injeção de corrente induzida
F.6.2.2

Não é permitido utilizar multímetro na função de ohmímetro para F.5 e F.6

F.7 Ensaio de continuidade de ligação equipotencial

- ✓ Este ensaio aplica-se às ligações equipotenciais cuja integridade e a continuidade elétrica não possam ser certificadas visualmente;
- ✓ Este ensaio não se aplica ao escopo da NBR5419-4;
- ✓ Devem ser ensaiados os seguintes trechos:

1) Condutor de aterramento entre o eletrodo e o BEP;
2) Entre BEP e BEL;
3) Entre BEP ou BEL e elementos a serem equipotencializado;
4) Entre o SPDA e um ou mais elementos metálicos;

- ✓ O procedimento de ensaio deve observar:
- ✓ Pra o trecho 1, desconectar todos os conectores de ensaio das descidas do SPDA e o condutor de aterramento do BEP, realizando a medição;
- ✓ Para os trechos 2, 3 e 4, deve-se desconectar o condutor de interligação em ambas as extremidade e efetuar a medição;
- ✓ Para validar a medição da continuidade, o valor medido deve ser compatível com os parâmetros relativos ao tipo do material do condutor (resistividade) e o comprimento do trecho ensaiado;
- ✓ O instrumento de medição pode ser realizado com mili ou Micro-ohmímetro, mas, também, pode ser com instrumento que apresente, em vazio, tensão entre 4V e 24V, em corrente contínua ou alternada, e com uma corrente de ensaio de, no mínimo, 200mA.

FIM



RETORNO



RETORNO

Sistema de Barra de Reforço (Reforcing Bar – Re-Bar)



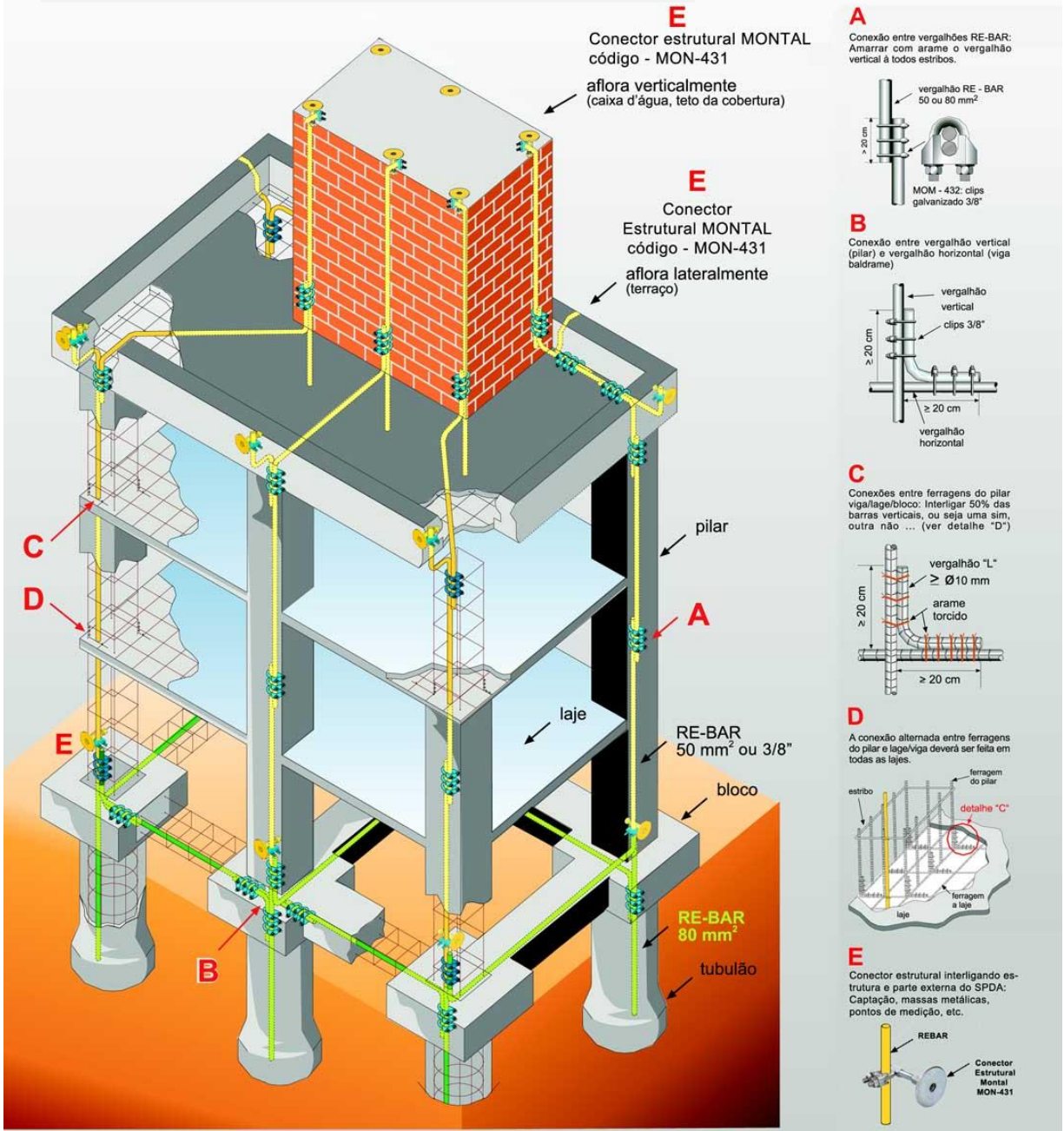



Interligação
barra vertical
c/ horizontal.
MONTAL


RE-BAR

SPDA ESTRUTURAL

MONTAL para-raios



A

Conexão entre vergalhões RE-BAR: Amarrar com arame o vergalhão vertical à todos estribos.

B

Conexão entre vergalhão vertical (pilar) e vergalhão horizontal (viga baldrame)

C

Conexões entre ferragens do pilar viga/lage/bloco: Interligar 50% das barras verticais, ou seja uma sim, outra não ... (ver detalhe "D")

D

A conexão alternada entre ferragens do pilar e lage/viga deverá ser feita em todas as lajes.

E

Conector estrutural interligando estrutura e parte externa do SPDA: Captação, massas metálicas, pontos de medição, etc.

RETORNO

FLANGES E ANEL/JUNTA DE VEDAÇÃO

TUBULAÇÃO METÁLICA





ANEL/JUNTA DE VEDAÇÃO



TUBULAÇÃO PLÁSTICA



TUBULAÇÃO PARA GÁS



RETORNO