
Instalações Elétricas Prediais e Industriais I – TE344

SPDA - Sistema de Proteção contra Descarga Atmosférica

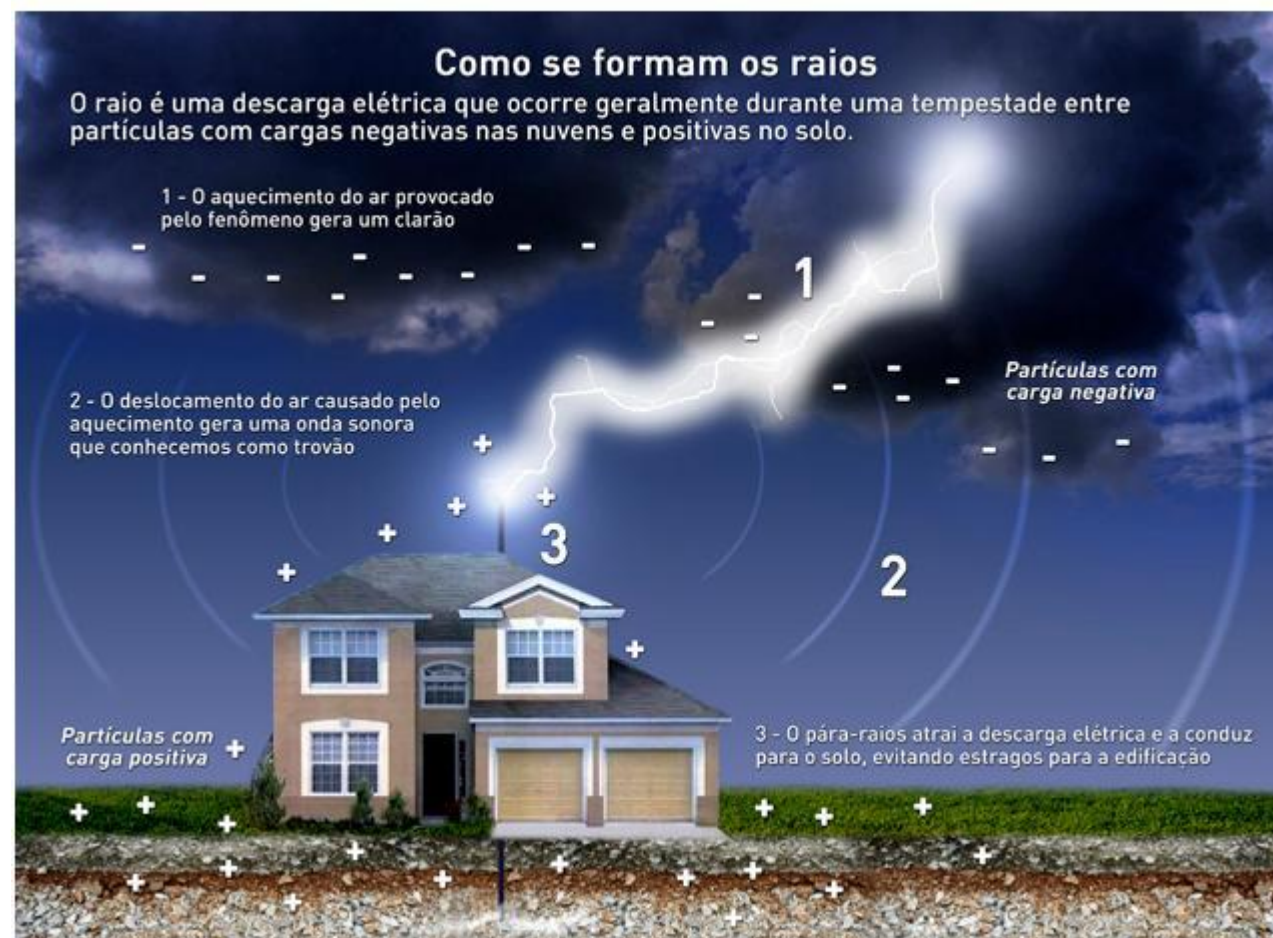
UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DELT – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

PROF. DR. CLEVERSON LUIZ DA SILVA PINTO

Formação DA

Como se formam os raios

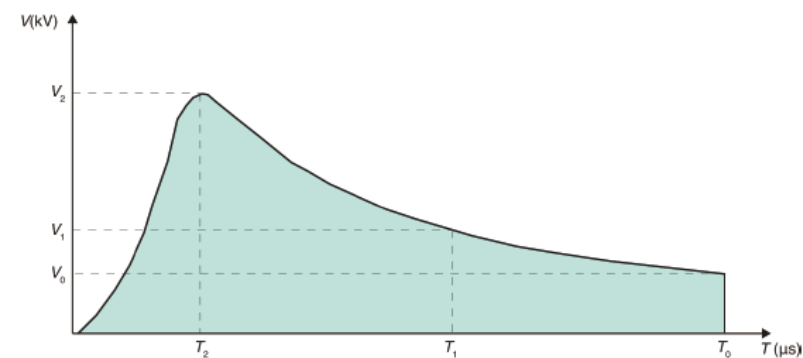


Formação DA



Quatro tipos de DA nuvem-solo

- Raio nuvem-solo de polaridade positiva
- Raio solo-nuvem de polaridade positiva
- Raio nuvem-solo de polaridade negativa
- Raio solo-nuvem de polaridade negativa



Formato característico de uma onda típica de descarga atmosférica

Dados de descarga atmosféricas

MEDIANA = 31,1kA

DESVIO PADRÃO = 0,48kA.

TABELA 1.1 (ADAPTADA DA NBR 5419-1) - DESCARGAS PRINCIPAIS NEGATIVAS NUVEM-SOLO

Valor de pico da corrente (kA)	% de descargas com valores acima dos valores da primeira coluna
3	99
5	95
20	80
30	60
35	50
50	30
60	20
80	10
100	5



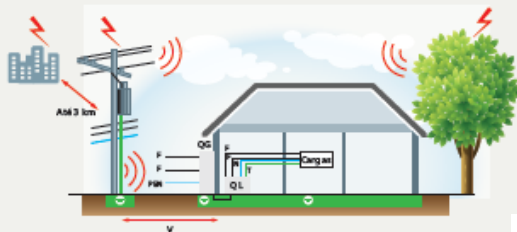
Descargas diretas e indiretas

a) Descargas diretas



Ocorre quando o raio cai diretamente sobre o imóvel ou em sua proximidade imediata, como na estrutura do prédio ou na própria rede elétrica. Embora seja naturalmente a situação de menor incidência estatística, é a mais violenta e que traz os maiores riscos, pois sua energia é muito grande, uma vez que 50% dos raios ultrapassam os 25kA de pico e 1% chegam a ultrapassar valores de 180kA.

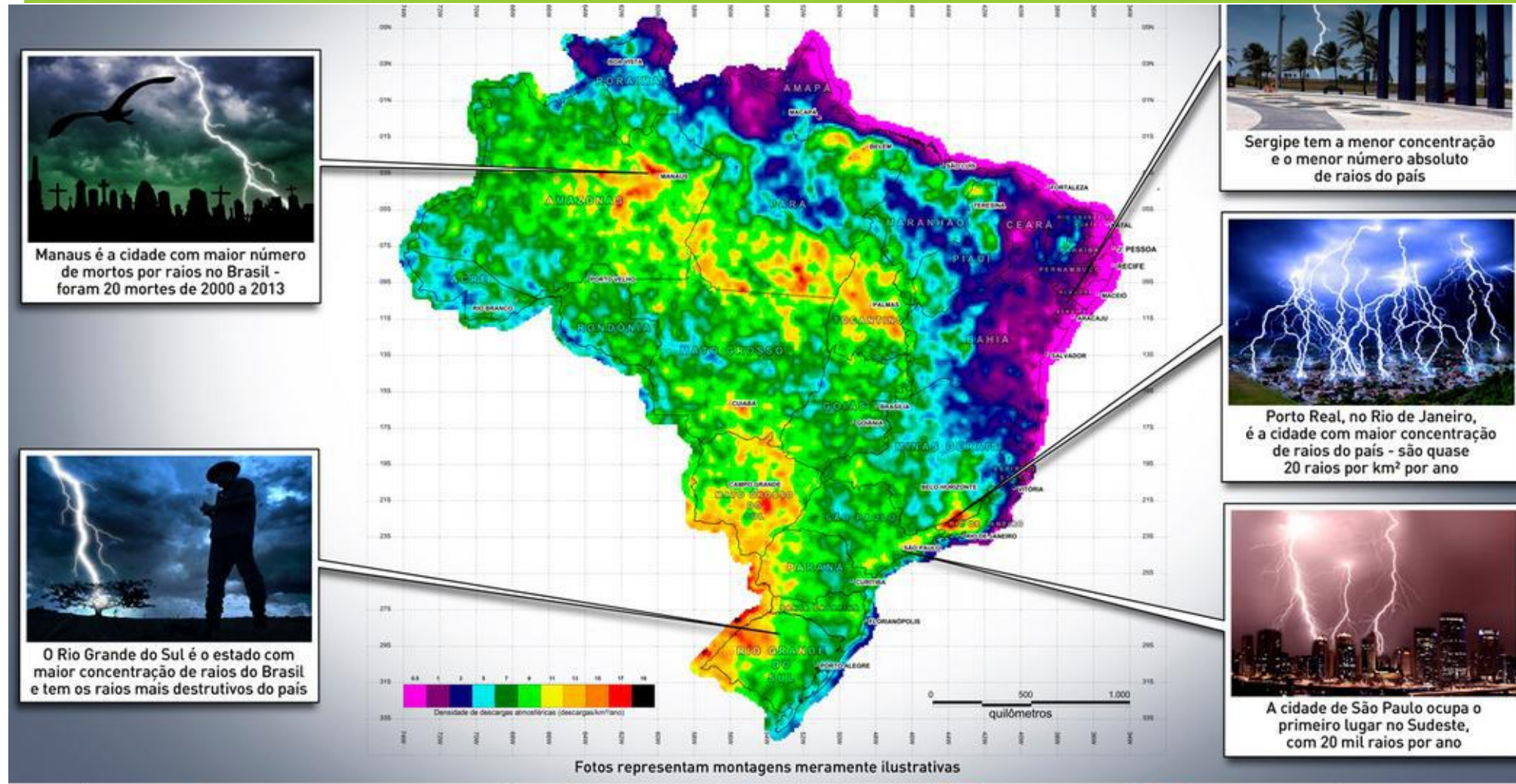
b) Descargas indiretas



Neste caso, o qual no setor residencial significa a grande maioria das ocorrências, o surto de tensão chega ao imóvel através da rede de alimentação elétrica, resultante de um raio que caiu em uma região distante. Em outras palavras, não é necessário que o raio caia sobre a sua casa para provocar danos. Do ponto da descarga elétrica direta até um raio de 3 km de distância, as instalações elétricas poderão sofrer influências nocivas por efeito eletromagnético o que pode levar à perda de equipamentos eletroeletrônicos.

As sobretensões de manobra têm características similares às descargas indiretas.

Mapa de densidade de raios no Brasil



Curvas isoceráúnicas no território brasileiro



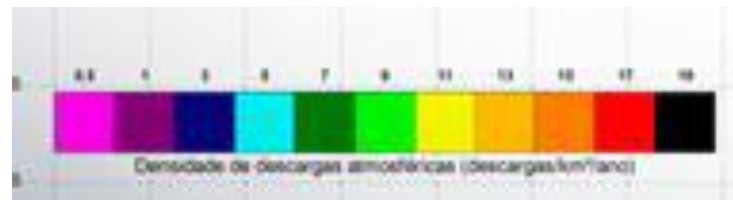
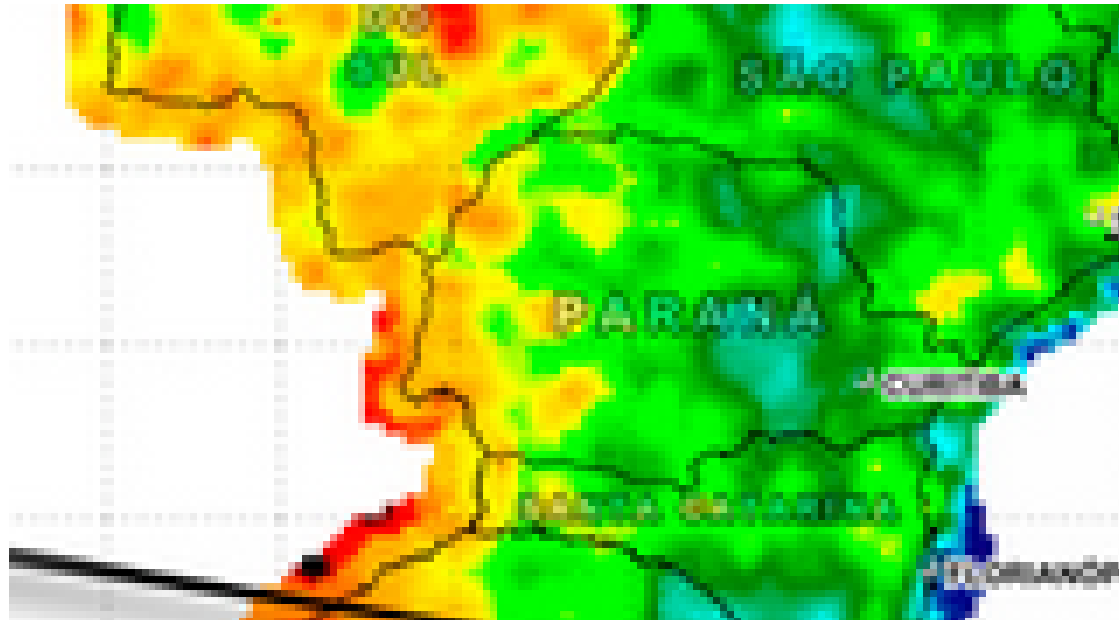
Fonte: Norma Brasileira NBR 5419:2005
Mapa Isoceráunico Brasileiro

Índice Ceráunico: número de dias que ocorrem trovoadas em uma dada localidade.

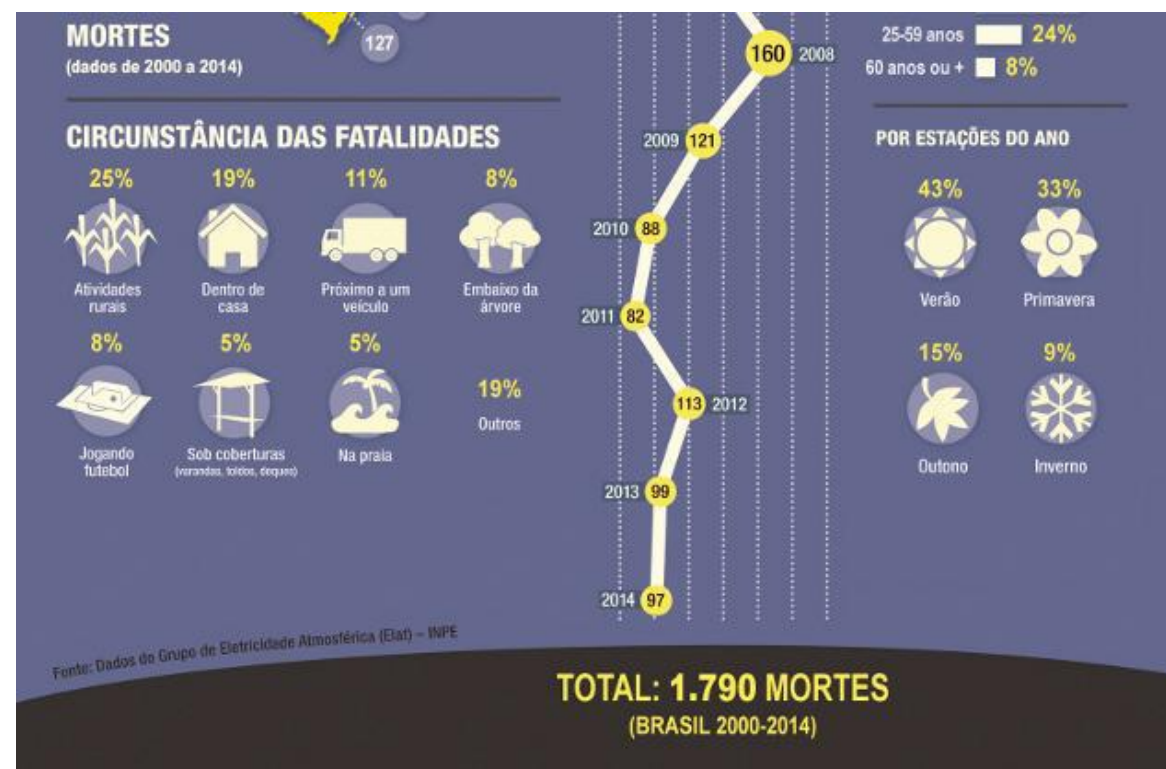
Mapa isoceráunico: mapa com a união das localidades com seus índices ceráunicos

Figura 13.5 Curvas isoceráúnicas do território brasileiro.

Raios no Paraná



Raios



Danos causados



SPDA

Funções:

- ❑ Um SPDA não impede a ocorrência de raios
- ❑ Um para-raios não atrai raios
- ❑ Um para-raios corretamente instalado reduz significativamente os perigos e riscos de danos, pois pode captar os raios que iriam cair nas proximidades de sua instalação, proporcionando um caminho seguro e de baixa resistência ao escoamento das correntes elétricas das descargas.
- ❑ É preferível não ter para-raios do que ter um mal instalado.
- ❑ Um SPDA tem basicamente duas funções:
 - 1 – Função preventiva: Com o permanente escoamento das cargas elétrica do meio ambiente para a terra, pelo poder das pontas, procura-se neutralizar o crescimento do gradiente de potencial entre o solo e as nuvens.
 - 2 – Função protetora: Por estar situado nos pontos mais altos das edificações, oferece um caminho preferencial às descargas elétricas que iriam atingir a edificação, reduzindo o risco de sua incidência sobre as estruturas.

NBR5419:2015 - Estrutura

Parte 1

- Princípios Gerais

Parte 2

- Gerenciamento de risco

Parte 3

- Danos físicos às estruturas e perigo às pessoas

Parte 4

- Sistemas elétricos e eletrônicos dentro das estruturas

Texto base: IEC 62305, ed 2 – 1 a 4: Protection against lightning

SPDA – Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas

- Avaliação da necessidade de proteção
- Avaliação do nível de proteção
- Avaliação do risco
- Determinação do nível de proteção /Eficiência de proteção
- Método de proteção
 - Feita a análise de necessidade de proteção de uma determinada estrutura, e determinado o nível de proteção necessária, o primeiro passo é se escolher o sistema de proteção (Gaiola de Faraday, Franklin, modelo eletromagnético) ou misto.

NBR5419:2015 – Proteção contra descargas atmosféricas

Três partes: Parte 1 – Princípios gerais

Parte 2 – Gerenciamento de risco

Parte 3 – Danos físicos a estruturas e perigos à vida

SPDA – Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas

As características do SPDA são determinadas pelas características da estrutura a ser protegida e pelo nível de proteção considerado.

NÍVEIS DE PROTEÇÃO E EFICIÊNCIA DE PROTEÇÃO

O nível de proteção não está relacionado com a probabilidade de queda do raio na edificação, mas com a eficiência que o sistema tem de captar e conduzir o raio à terra. Há quatro níveis de proteção que o projetista pode adotar, conforme a tabela:

PROTEÇÃO E EFICIÊNCIA CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS		
Nível de Proteção	Características da Proteção	Eficiência da Proteção
I	Nível máximo de proteção	98%
II	Nível médio de proteção	95%
III	Nível moderado de proteção	90%
IV	Nível normal de proteção	80%

Nível de proteção	Classe do SPDA
I	I
II	II
III	III
IV	IV

SPDA – Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas

Anexo 6 – Exemplos de classificação de estruturas.

Classificação.	Tipo de estrutura.	Efeitos das descargas	Nível de proteção.
Estruturas comuns	Residências.	Perfuração da isolamento de instalações elétricas, incêndios e danos materiais.	III
	Fazendas e estabelecimentos agropecuários.	Risco diretor de incêndio e tensões de passo elevadas. Risco indireto em função de interrupção de energia e risco de vida para animais.	Estrutura de madeira – III. Estrutura de alvenaria - IV
	Teatros, escolas, lojas, áreas esportivas e igrejas.	Danos às instalações elétricas e possibilidade de pânico. Falha no sistema de alarme contra incêndios.	II
	Bancos, companhias de seguro, estabelecimentos comerciais, etc.	Similar ao item anterior, além de efeitos indiretos com a perda de comunicações, falha dos computadores e perda de dados.	II
	Hospitais, casas de repouso e prisões.	Similar ao item de escolas, além de efeitos indiretos para pessoas em tratamento intensivo e dificuldade de resgate de pessoas imobilizadas.	II
	Indústrias.	Efeitos indiretos conforme o conteúdo das estruturas, variando de danos pequenos a grandes prejuízos e perda da produção.	III
	Museus e locais arqueológicos.	Perda de patrimônio cultura insubstituível.	II

Estrutura com risco confinado	Estações de telecomunicações, usinas elétricas, indústrias com riscos de incêndios	Interrupção inaceitável de serviço público por breve ou longo período de tempo. Risco indireto para as imediações em função de incêndios.	I
Estrutura com risco para os arredores.	Refinarias, postos de combustível, fábrica de fogos, fábrica de munição	Risco de incêndio e explosões para a instalação e seus arredores.	I
Estruturas com risco para o meio ambiente.	Indústrias químicas, usinas nucleares, laboratórios bioquímicos.	Riscos de incêndio e falhas de operação com consequências perigosas para o local e para o meio ambiente.	I

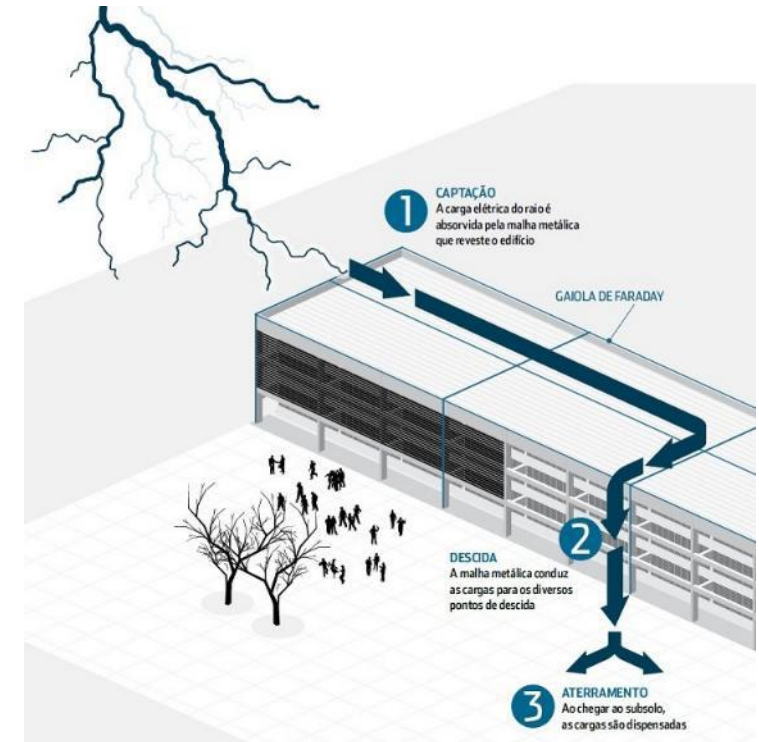
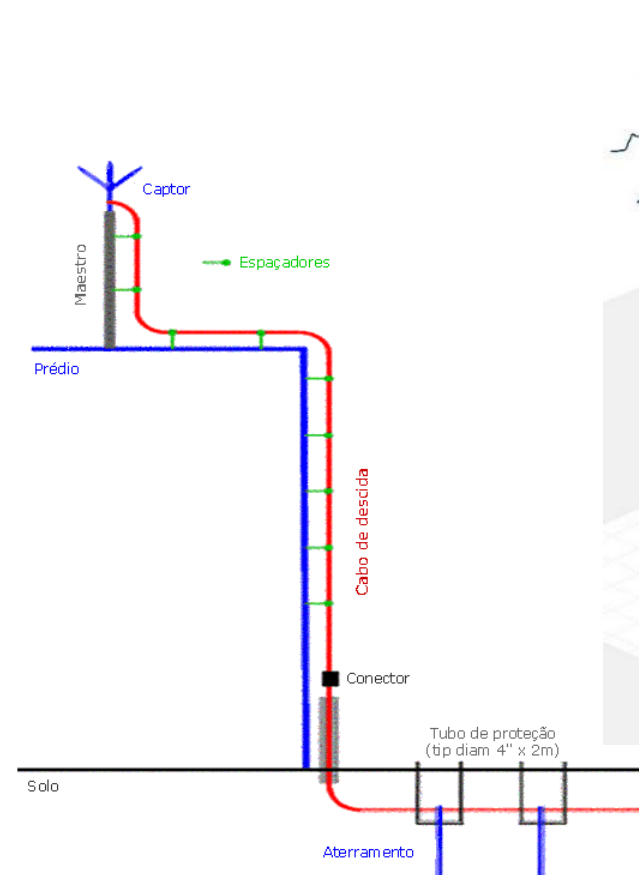
SPDA – Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas

Independente do tipo de sistema de proteção escolhido, sempre existirão os três componentes a seguir:

Sistema de captores

Sistema de descida

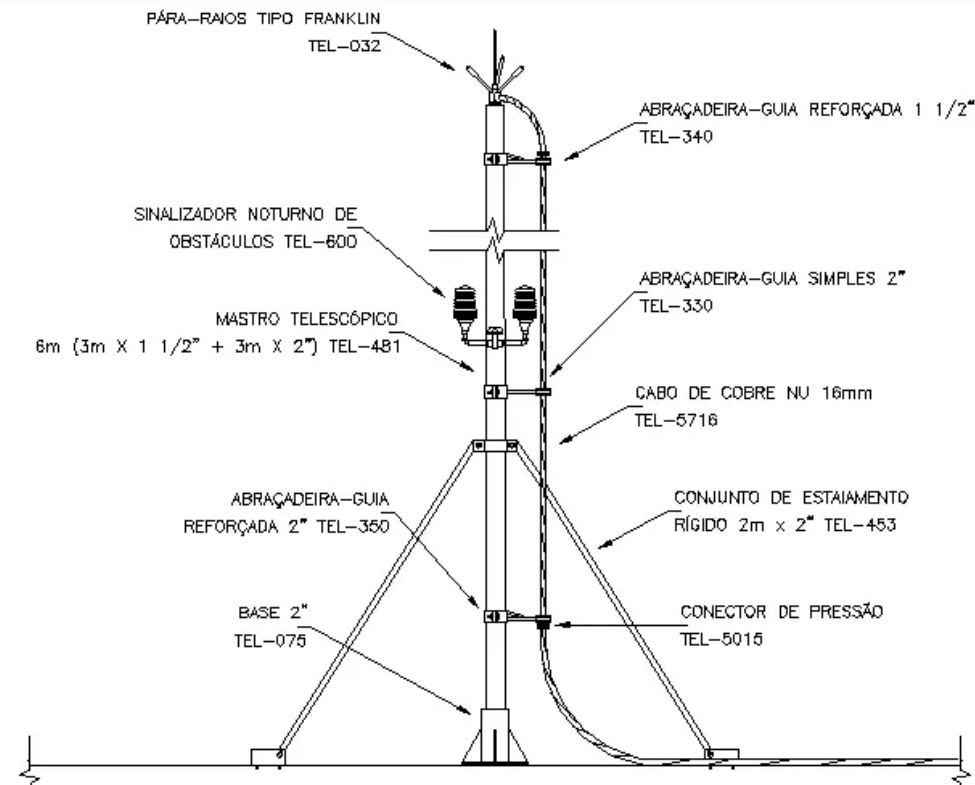
Sistema de aterramento



Partes principais de um SPDA

Sistema de captores

Tem como função receber os raios, reduzindo ao mínimo a probabilidade da estrutura receber diretamente o raio, deve ter a capacidade térmica e mecânica suficiente para suportar o calor gerado no ponto de impacto, bem como os esforços eletromecânicos resultantes, além disto, o ataque por poluentes deve ser levado em conta na hora de seu dimensionamento.



<https://www.sabereletrica.com.br/projeto-de-spda/>

Partes principais de um SPDA

Sistema de descida

Tem como função conduzir a corrente de descarga do raio recebido pelo captor até o sistema de aterramento, reduzindo ao máximo a incidência de descargas laterais e de campos eletromagnéticos no interior do volume protegido, deve ainda ter a capacidade térmica e mecânica suficiente para suportar o calor gerado pela passagem da corrente, e boa suportabilidade à corrosão.

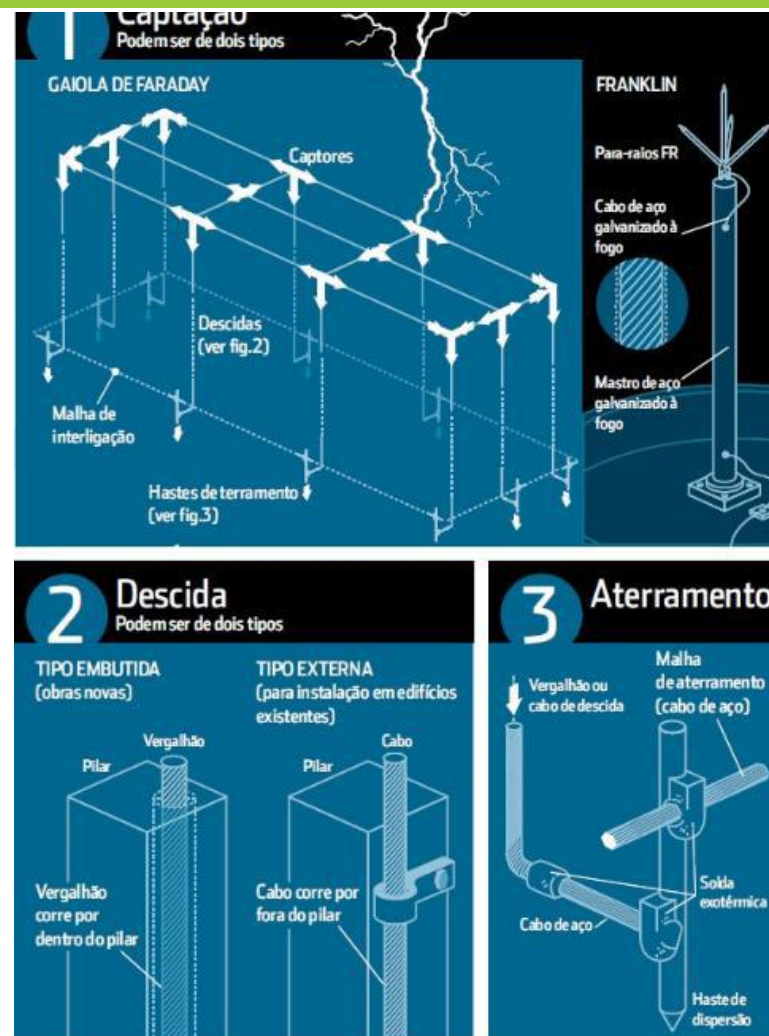
Isolador simples com chapa de encosto $h=50\text{ mm}$



Partes principais de um SPDA

Sistema de aterramento

Tem como função dispersar no solo a corrente recebida pelos captadores e conduzidas pelos condutores até o solo, reduzindo ao mínimo o risco de ocorrência de tensões de passo e de toque, deve resistir ao calor gerado e deve resistir ao ataque corrosivo dos diversos tipos de solos.



Partes principais de um SPDA

Estes componentes básicos podem ainda ser divididos em:

Componentes Naturais: São aqueles existentes na estrutura que não podem ser alterados. Eles não só podem como devem ser utilizados no sistema de proteção, não apenas para ser mais eficiente como também mais econômica. Deve ser prevista durante a fase de projeto e se não havia previsão na fase inicial deve-se evitá-los. Por ex., hastes e tanques metálicos acima da cobertura, postes metálicos e armaduras de aço interligadas dos pilares da estrutura e armação das fundações de concreto, estruturas de concreto armado enterradas.

Componentes especiais (não naturais): são aqueles colocados na estrutura com finalidade explícita de receber, conduzir ou dispersar a corrente provocada pela descarga atmosférica. Por exemplo, captores de haste, condutores de cobre nus instalados nas laterais dos edifícios e hastes de terra.

Partes principais de um SPDA

Proteção isolada: são aquelas onde o sistema de proteção é colocado acima e ao lado da estrutura sem contato com a mesma de forma isolada (mantendo uma distancia segura) evitando descargas captor – teto e descidas pela estrutura da parede do volume.

Proteção não isolada: é aquela onde não existe espaçamento entre o sistema de proteção e a estrutura do volume protegido, ou seja, colocado diretamente sobre a estrutura do volume protegido.

OBS: quanto maior o uso de componentes naturais, mais estético fica o projeto, além de mais econômico.

Proteção de Edificações

Tipos de proteção (NBR 5419 - Parte III)

Atualmente existem três métodos de dimensionamento:

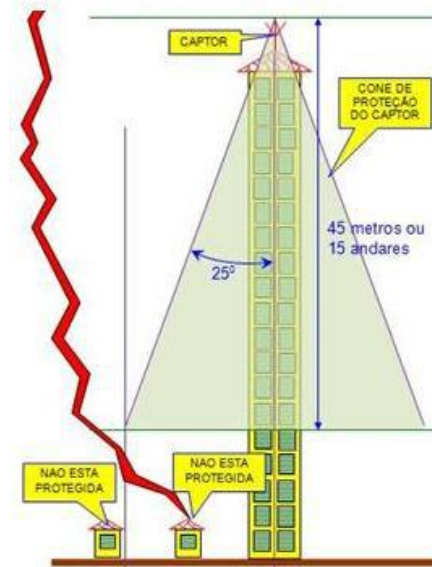
- 1) Método Franklin (porém com limitações em função da altura e do Nível de proteção)
- 2) Método Gaiola de Faraday ou Malha
- 3) Método Eletrogeométrico ou da Esfera Rolante

Obs.: Para-raios radioativos tem seu uso proibido no Brasil

Método Franklin

Também conhecido como método do ângulo de proteção, consiste em se determinar o volume de proteção propiciado por um cone, cujo ângulo da geratriz com a vertical varia segundo o nível de proteção desejado e para determinada altura.

As cargas elétricas, são conduzidas do solo até as pontas do para-raios (captor) por meio de um cabo, permitindo que as correntes decorrentes da DA sejam conduzidas à terra propiciando a proteção dentro de determinada área de atuação



Método Franklin

O para-raios deve oferecer uma proteção dada por um cone cujo vértice corresponde à extremidade superior do captor e cuja geratriz faz um ângulo α com a vertical propiciando um raio de base do cone, de valor

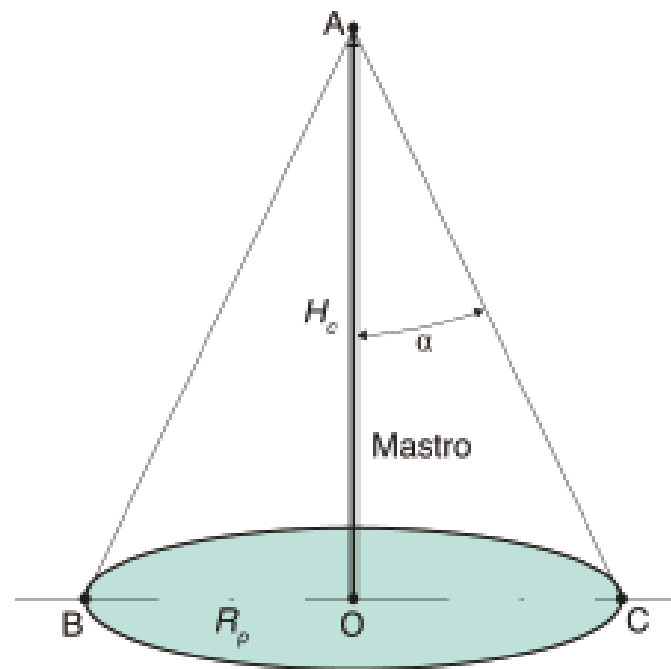
$$R_p = H_c \cdot \tan \alpha$$

R_p - Raio da base, em metros

H_c - altura do captor, em metros

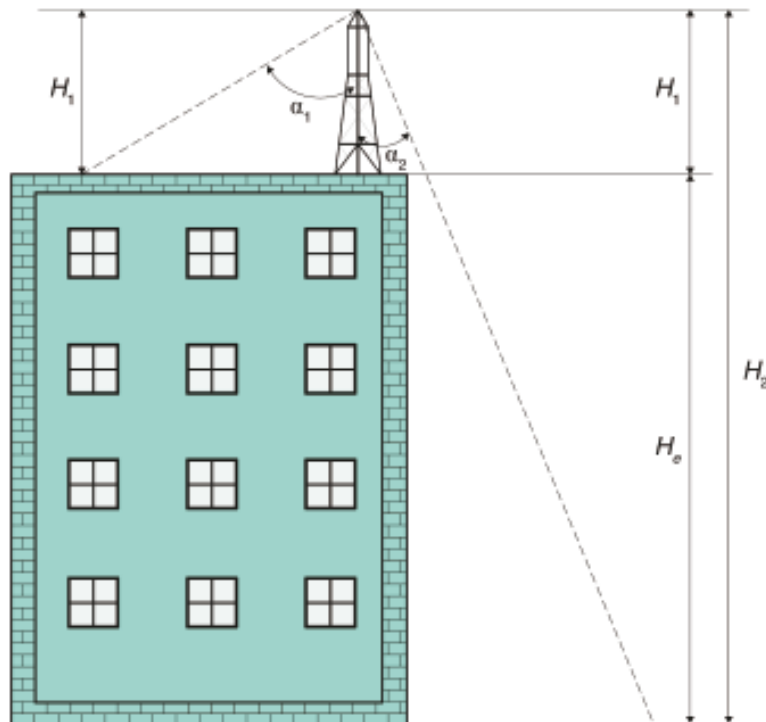
α – ângulo de proteção com a vertical, em graus

Volume de proteção provido pelo mastro do para-raios

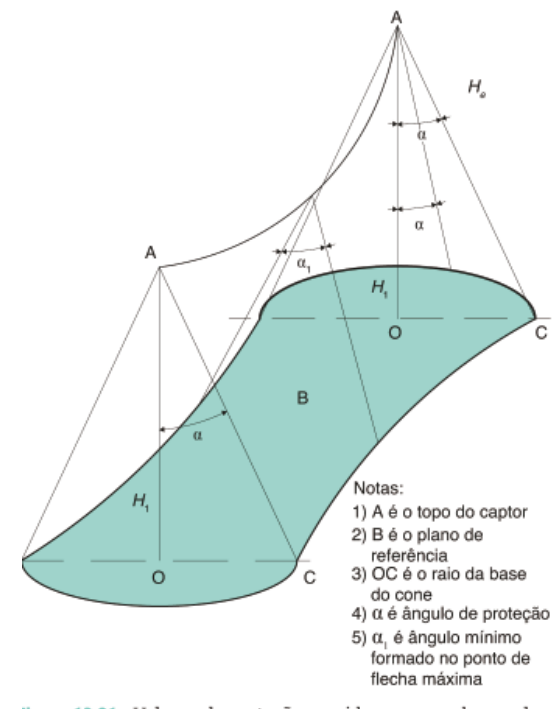


Método Franklin

Um único mastro pode oferecer dois volumes de proteção para dois planos de referência, com ângulos diferentes.



Pode-se utilizar um cabo condutor fixado em duas torres ou mastros, onde a proteção é delimitada por um volume prismático irregular.



Método Franklin

O gráfico abaixo mostra os valores do ângulo de proteção em função da altura da estrutura e da classe do SPDA

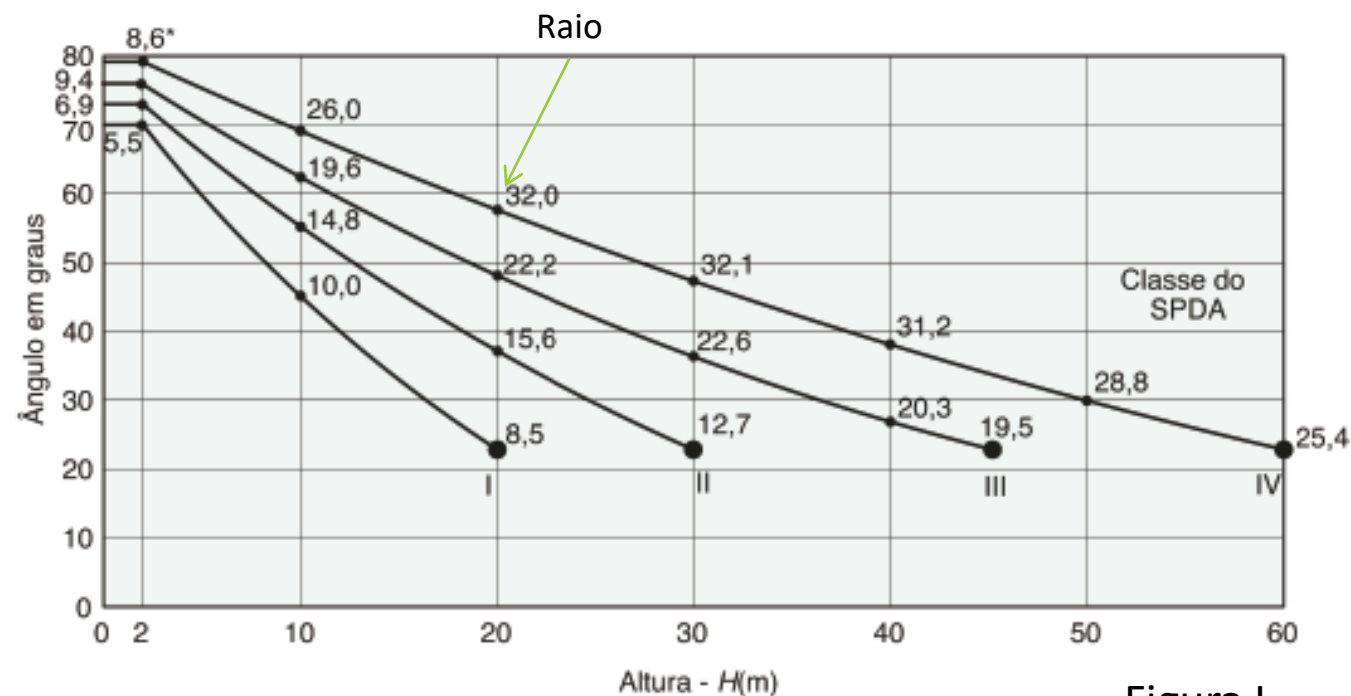


Figura I

(*) Raios das bases dos cones de proteção, em metros.

Notas:

- 1) H é a altura do captor acima do plano de referência da área a ser protegida.
- 2) O ângulo não será alterado para valores de H inferior a 2 m.
- 3) Para valores de H superiores aos valores de cada curva são aplicáveis somente ao Método da Esfera Rolante e ao Método das Malhas.

Ângulo de proteção correspondente à classe do SPDA.

Método Franklin

Número de condutores de descida

- Deve ser função do nível de proteção desejado e do afastamento entre os condutores de descida.
- Devem ser distribuídos ao longo de todo o perímetro da construção, podendo admitir um espaçamento de condutores 20% superior ao da tabela, mas não inferior a dois.

$$N_{cd} = \frac{P_{co}}{D_{cd}}$$

N_{cd} - Número de condutores de descida

P_{co} - Perímetro da construção

D_{cd} - Espaçamento entre os condutores, dado pela

Tabela I

Classe do SPDA	Espaçamento em metros
I	10
II	15
III	15
IV	20

Espaçamentos típicos entre os condutores de descida e entre os anéis condutores, de acordo com a classe do SPDA (NBR 5419-3:2015).

Método Franklin

Material para a descida do PR Seção dos condutores

A seção mínima dos condutores de descida, preferencialmente em cobre nu, é dada em função do material e altura da edificação.

Tabela II

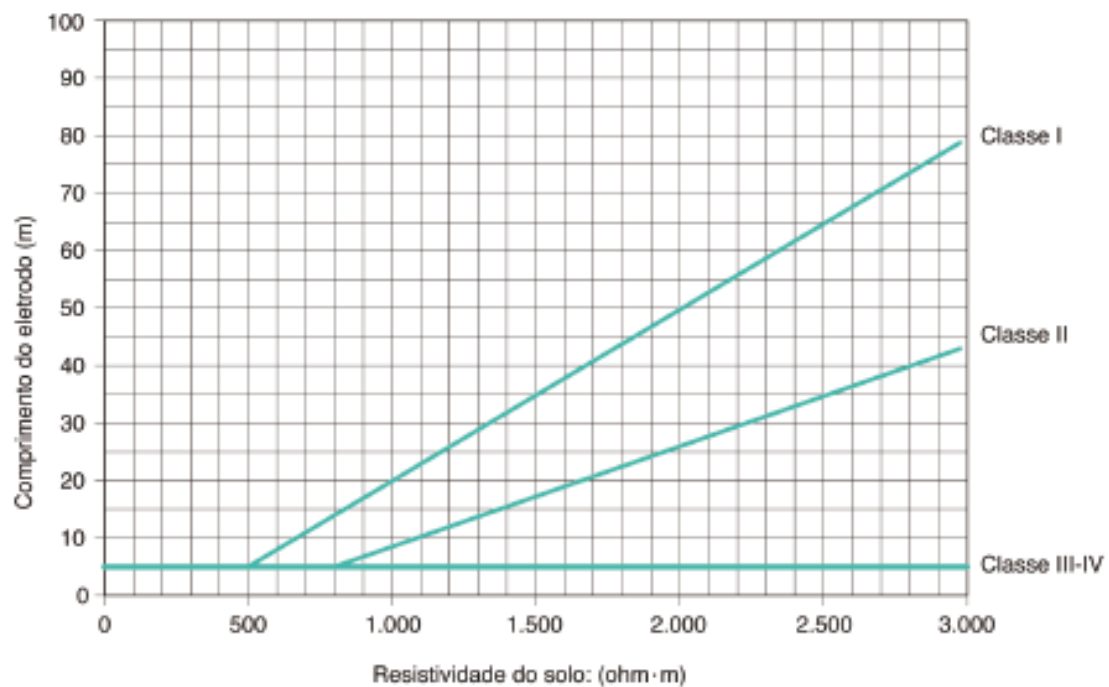
Material	Configuração	Área da seção mínima mm ²	Comentários ^d
Cobre	Fita maciça	35	Espessura 1,75 mm
	Arredondado maciço ^d	35	Diâmetro 6 mm
	Encordoado	35	Diâmetro de cada fio da cordoalha 2,5 mm
	Arredondado maciço ^b	200	Diâmetro 16 mm
Alumínio	Fita maciça	70	Espessura 3 mm
	Arredondado maciço	70	Diâmetro 9,5 mm
	Encordoado	70	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,5 mm
	Arredondado maciço ^b	200	Diâmetro 16 mm
Aço cobreado IACS 30 % ^e	Arredondado maciço	50	Diâmetro 8 mm
	Encordoado	50	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3 mm
Alumínio cobreado IACS 64 %	Arredondado maciço	50	Diâmetro 8 mm
	Encordoado	70	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,6 mm
Aço galvanizado a quente ^a	Fita maciça	50	Espessura mínima 2,5 mm
	Arredondado maciço	50	Diâmetro 8 mm
	Encordoado	50	Diâmetro de cada fio cordoalha 1,7 mm
	Arredondado maciço ^b	200	Diâmetro 16 mm
Aço inoxidável ^c	Fita maciça	50	Espessura 2 mm
	Arredondado maciço	50	Diâmetro 8 mm
	Encordoado	70	Diâmetro de cada fio cordoalha 1,7 mm
	Arredondado maciço ^b	200	Diâmetro 16 mm
^a O recobrimento a quente (fogo) deve ser conforme ANBT NBR 6323. ^b Aplicável somente a minicaptos. 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 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 A cordoalha cobreada deve ter uma condutividade mínima de 30 % IACS (International Annealed Copper Standard).			
NOTA 1 Esta tabela não se aplica aos materiais utilizados como elementos naturais de um SPDA.			

Método Franklin

Resistência da malha de terra

Não deve ser superior a $10\ \Omega$ em qualquer época do ano.

Comprimento mínimo do eletrodo de aterramento



Comprimento mínimo do eletrodo de aterramento (NBR 5419-3:2015).

Figura II

Método Franklin

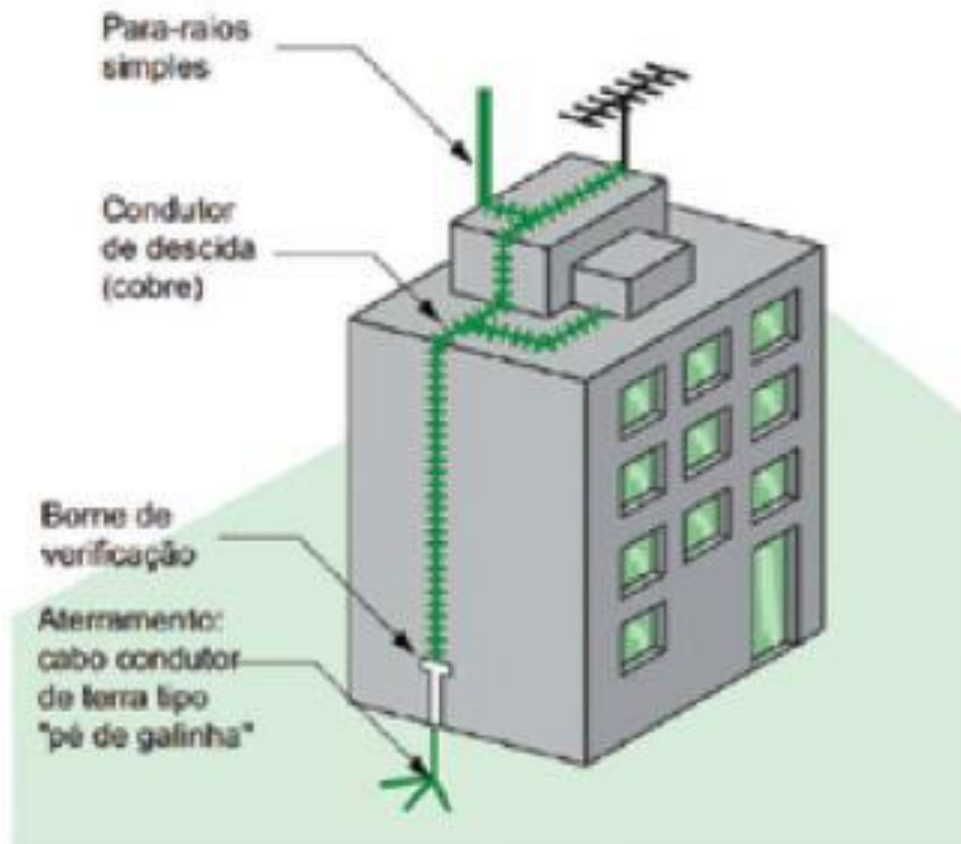
Tabela 7 – Material, configuração e dimensões mínimas de eletrodo de aterramento

Material	Configuração	Dimensões mínimas ^f		Comentários ^f
		Eletrodo cravado (Diâmetro)	Eletrodo não cravado	
Cobre	Encordado ^c	–	50 mm ²	Diâmetro de cada fio cordoalha 3 mm
	Arredondado maciço ^c	–	50 mm ²	Diâmetro 8 mm
	Fita maciça ^c	–	50 mm ²	Espessura 2 mm
	Arredondado maciço	15 mm	–	
	Tubo	20 mm	–	Espessura da parede 2 mm
Aço galvanizado à quente	Arredondado maciço ^{a, b}	16 mm	Diâmetro 10 mm	–
	Tubo ^{a b}	25 mm	–	Espessura da parede 2 mm
	Fita maciça ^a	–	90 mm ²	Espessura 3 mm
	Encordado	–	70 mm ²	–
Aço cobreado	Arredondado Maciço ^d	12,7 mm	70 mm ²	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,45 mm
	Encordado ^g			
Aço inoxidável ^e	Arredondado maciço	15 mm	Diâmetro 10 mm	Espessura mínima 2 mm
	Fita maciça		100 mm ²	

Tabela III

Método Franklin

Proteção de Edificações

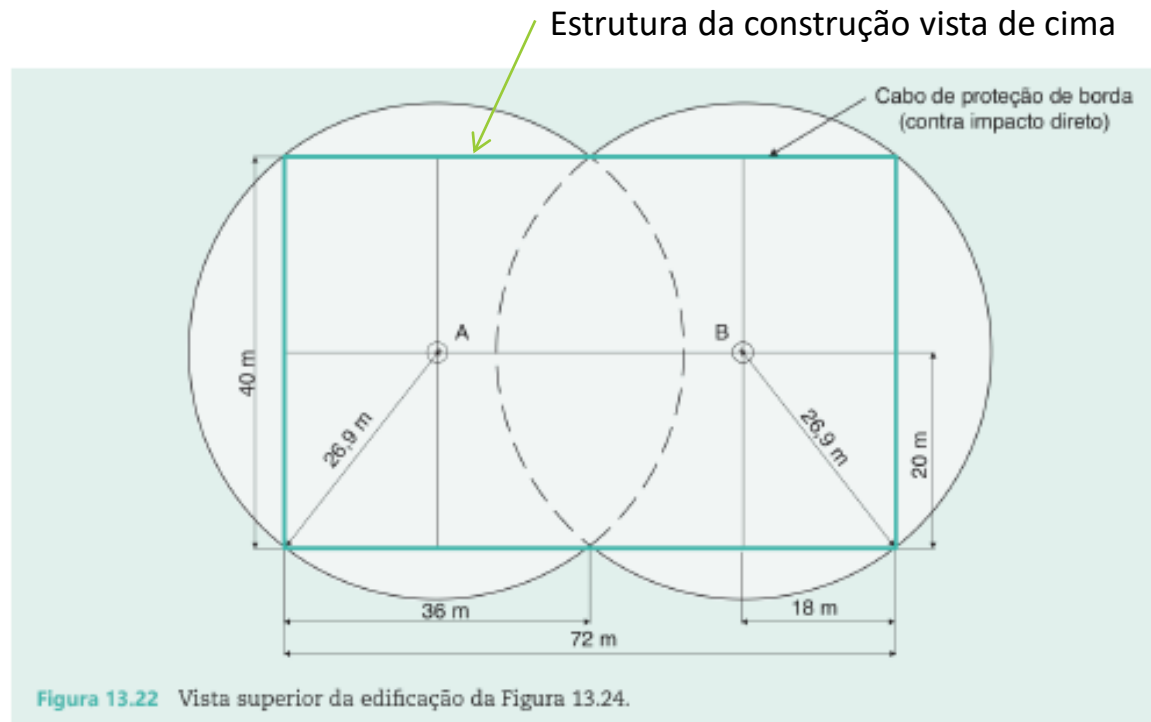


Exemplo 1

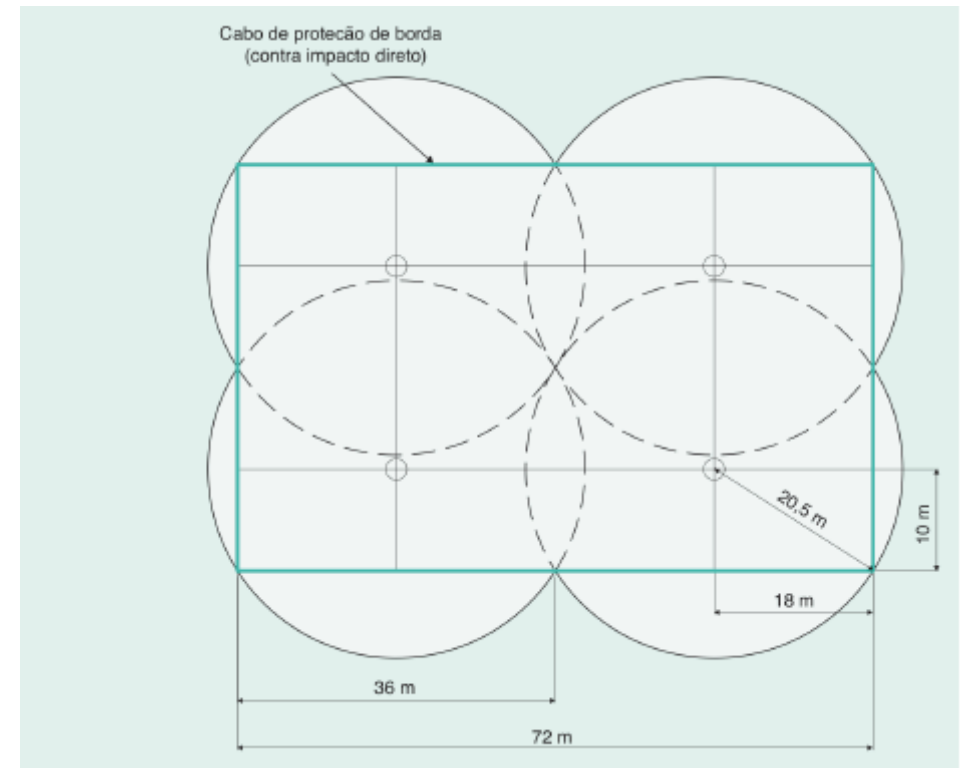
(Mamede, Instalações Elétricas Industriais)

Projetar um sistema de proteção contra descargas atmosféricas utilizando o método do ângulo de proteção (método de Franklin).

- Admitir que a proteção da estrutura é nível III ;
- Resistividade do solo ($1000\Omega/\text{m}$);
- Edifício com 3 andares. Dimensões (altura: 15m; Comprimento 72m; Largura: 40m)
- Analisar considerando 2 para-raios e 4 para-raios.



Utilizando 2 para-raios



Utilizando 4 para-raios

Método das malhas

Também conhecido como método da gaiola de Faraday.

Consiste em envolver a edificação com uma malha de cobre nu, cujas dimensões dependem do grau de proteção pretendido.

Na prática, é indicado para edificações com uma grande área horizontal, onde seriam necessários vários para-raios.

É fundamentado na teoria para o qual o campo eletromagnético é nulo no interior de uma estrutura envolvida por uma malha metálica.



Método das malhas

Prescrições gerais

- ❑ É indicado para telhados horizontais planos, sem curvaturas.
- ❑ Também pode ser utilizado para proteção de superfícies laterais planas.
- ❑ A malha captora deve ser instalada na parte superior da estrutura e nas saliências.
- ❑ A abertura da malha é função do nível de proteção e está na tabela seguinte.

Classe do SPDA	Métodos de proteção
	Máximo afastamento dos condutores da malha
I	5 x 5
II	10 x 10
III	15 x 15
IV	20 x 20

Tabela IV

Método das malhas

As dimensões da malha devem obedecer:

$$A_{rmc} \leq A_{mc}$$

Onde:

A_{rmc} – Área real do módulo da área captora, obtida da área de cobertura da edificação.

A_{mc} é a área mínima do módulo da malha captora, dada pela tabela anterior.

O número de condutores da malha captora (N_{cm}) é dado por:

$$N_{cm} = \left\lceil \frac{L_m}{D_{cm}} \right\rceil + 1$$

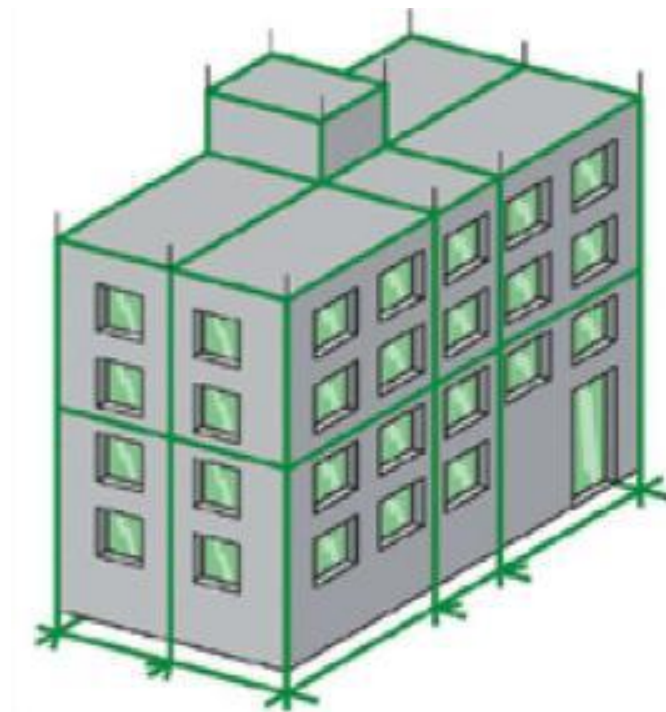
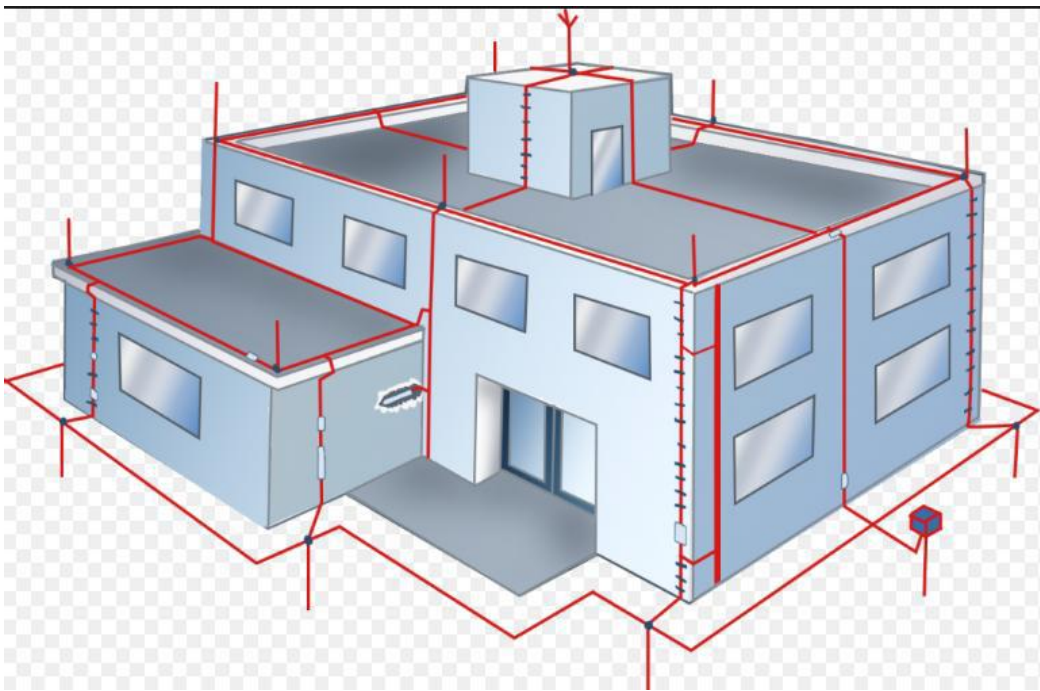
L_m - comprimento da lateral da edificação

D_{cm} – Comprimento da lateral de uma malha, conforme tabela anterior.

Método das malhas

Quanto menor a abertura da malha, melhor a proteção oferecida.

Recomenda-se a instalação de mini captosres verticais, com comprimento de 20 a 30 cm, ao longo dos condutores, para evitar centelhamento.



Método das malhas

Quando existir qualquer estrutura na cobertura que se projete a mais de 30 cm do plano da malha captora e constituída de material não condutor, como chaminé, exaustão de ar, etc, esta deve estar protegida por um dispositivo de captação conectado à malha captora.

Quando tiver uma estrutura metálica que não possa assumir a função de captor, deve estar contida no volume de proteção da malha captora.

Método das malhas

O número de descidas pode ser determinado pela tabela abaixo

Classe do SPDA	Espaçamento em metros
I	10
II	15
III	15
IV	20

Espaçamentos típicos entre os condutores de descida e entre os anéis condutores, de acordo com a classe do SPDA (NBR 5419-3:2015)

Quando existir qualquer estrutura na cobertura com mais de 30 cm de material não condutor (chaminés, sistema de exaustão de ar, etc.), deve ser envolvido pela estrutura.

Quando existir uma estrutura metálica, que não possa assumir a função de captora, deve se envolvida pela estrutura.

Exemplo 2 - Método das malhas

Considerar a mesma estrutura do exemplo anterior e dimensionar a proteção usando o método das malhas. Considerar um nível de proteção II.

A) Dimensão da malha captora (máximo 10x10)m

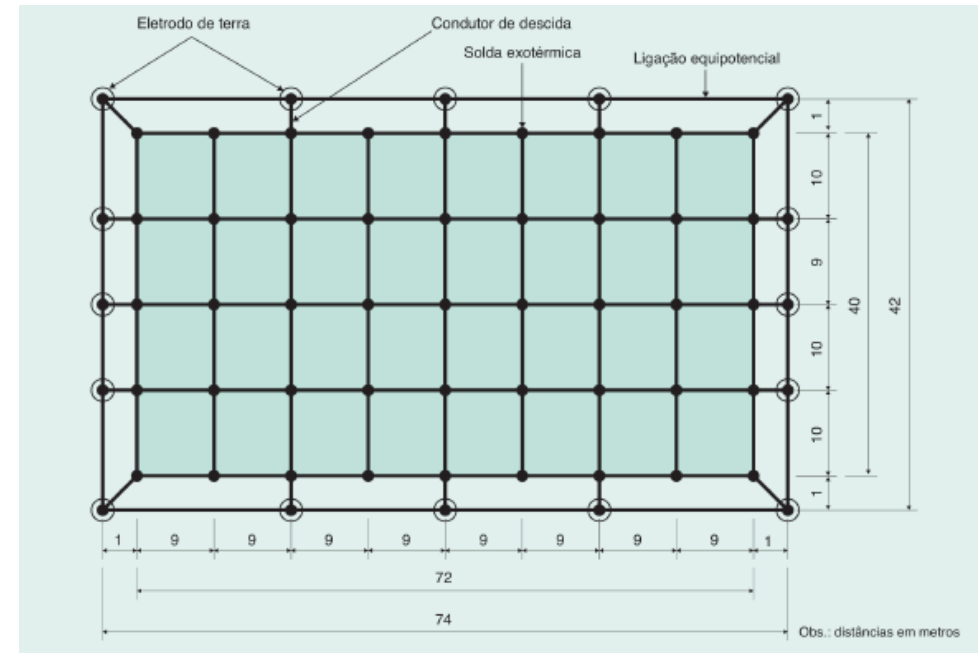
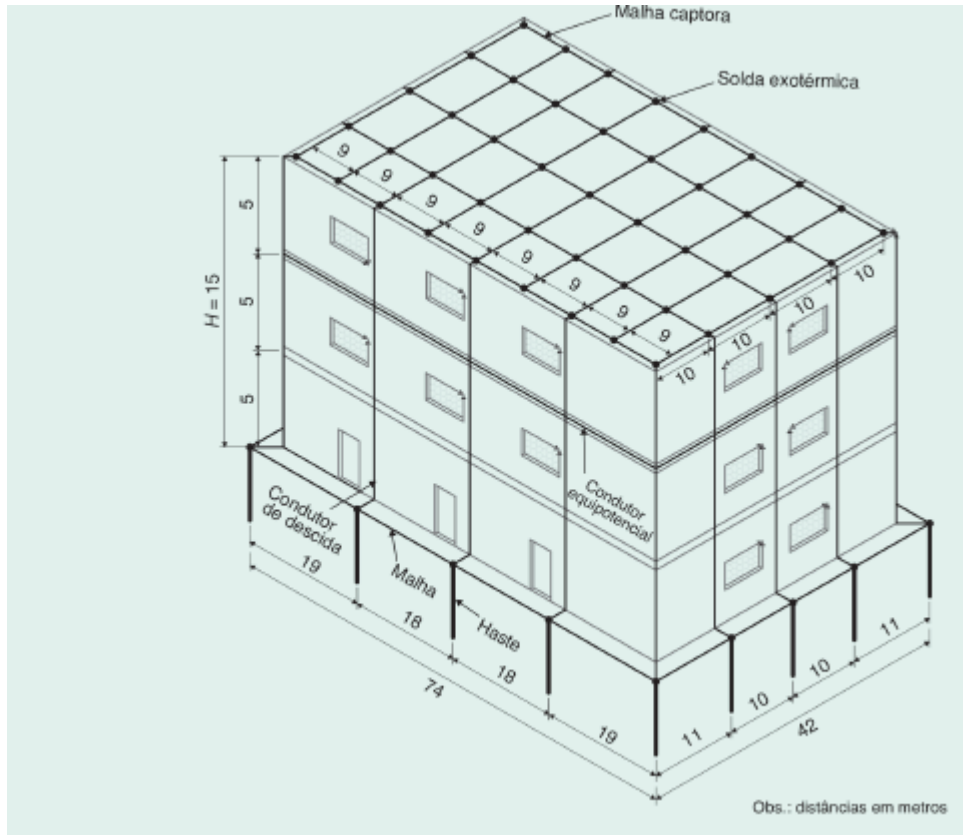
b) Número de descidas

Classe do SPDA	Métodos de proteção
	Máximo afastamento dos condutores da malha
I	5 x 5
II	10 x 10
III	15 x 15
IV	20 x 20

Tabela NBR 5419

Classe do SPDA	Espaçamento em metros
I	10
II	15
III	15
IV	20

Método das malhas



Método Eletrogeométrico

Também conhecido como método da esfera rolante.

Baseado na delimitação do volume de proteção dos captosres de um SPDA, podendo ser utilizados hastes, malhas ou ambos.

Eficiente para estruturas de formas arquitetônicas complexas.

Bastante aplicado para proteção de subestações exteriores.

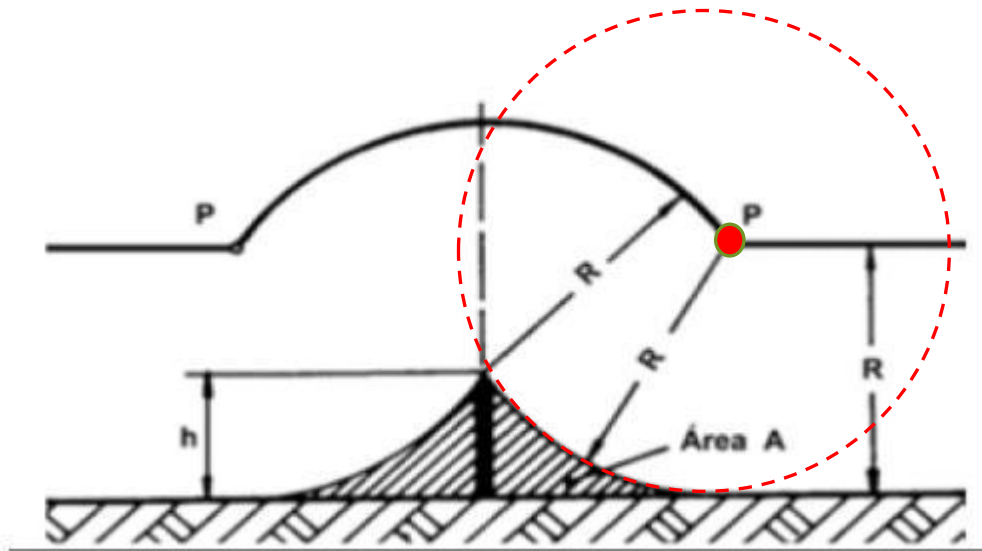
Fundamentado na premissa de uma esfera de raio R_e , com centro localizado na extremidade do líder antes do seu último salto.



Figura 13.27 Determinação da distância do raio da esfera do modelo eletrogeométrico.

Método Eletrogeométrico

Método Eletrogeométrico ou da esfera rolante



Método Eletrogeométrico

. A aplicação desse modelo às estruturas é feita admitindo-se as seguintes hipóteses simplificadoras:

- somente são consideradas as descargas nuvem-terra negativas;
- o "steppedleader" é vertical e não apresenta ramificações;
- o raio da esfera é igual à distância de atração;
- a descarga final se dá para o objeto aterrado mais próximo da extremidade do "steppedleader", independentemente da sua massa ou das condições de aterramento;
- as hastes verticais e os condutores horizontais têm o mesmo poder de atração;
- a probabilidade de ser atingida a terra ou uma estrutura aterrada é a mesma.

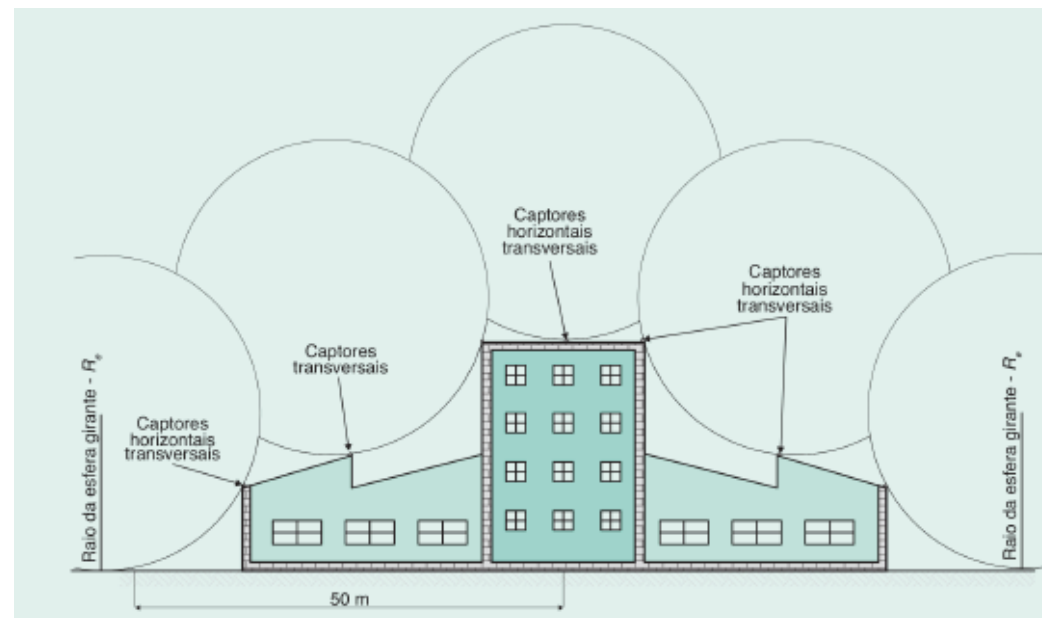
Método Eletrogeométrico

Ao rolar a esfera fictícia sobre o solo e sobre o sistema de proteção, delimita-se a região que ela não toca, formando a área protegida.

Os locais em que a esfera tangencia (toca) a estrutura tem maior probabilidade para o impacto direto das DA.

Resumindo, pode-se dizer que “os locais onde a esfera toca mostram onde provavelmente os raios irão impactar” e, portanto, devem ser protegidos.

Esta proteção deve ser obtida por meio da instalação de condutores de tal modo que eles apoiem a esfera rolante sem permitir que ela se apoie na estrutura a ser protegida.



Método Eletrogeométrico

A NBR 5419:2015-3 salienta que para edificações superiores a 60 metros de altura se faça uma proteção de 20% da altura total, por exemplo, se tivermos uma edificação de 100 metros de altura deveríamos fazer uma verificação através da esfera se há necessidade de fazer um anel de proteção a 80 metros de altura para evitar descargas laterais.

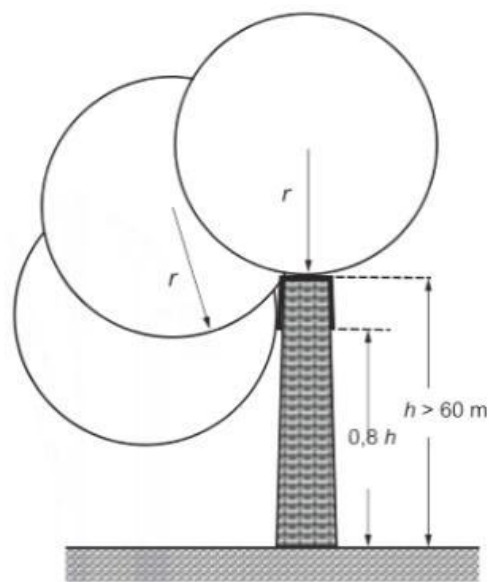
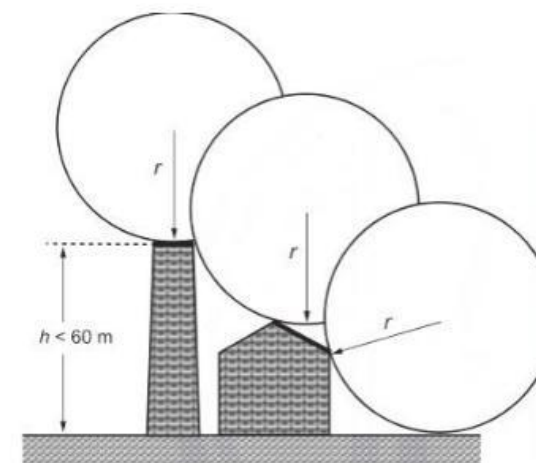


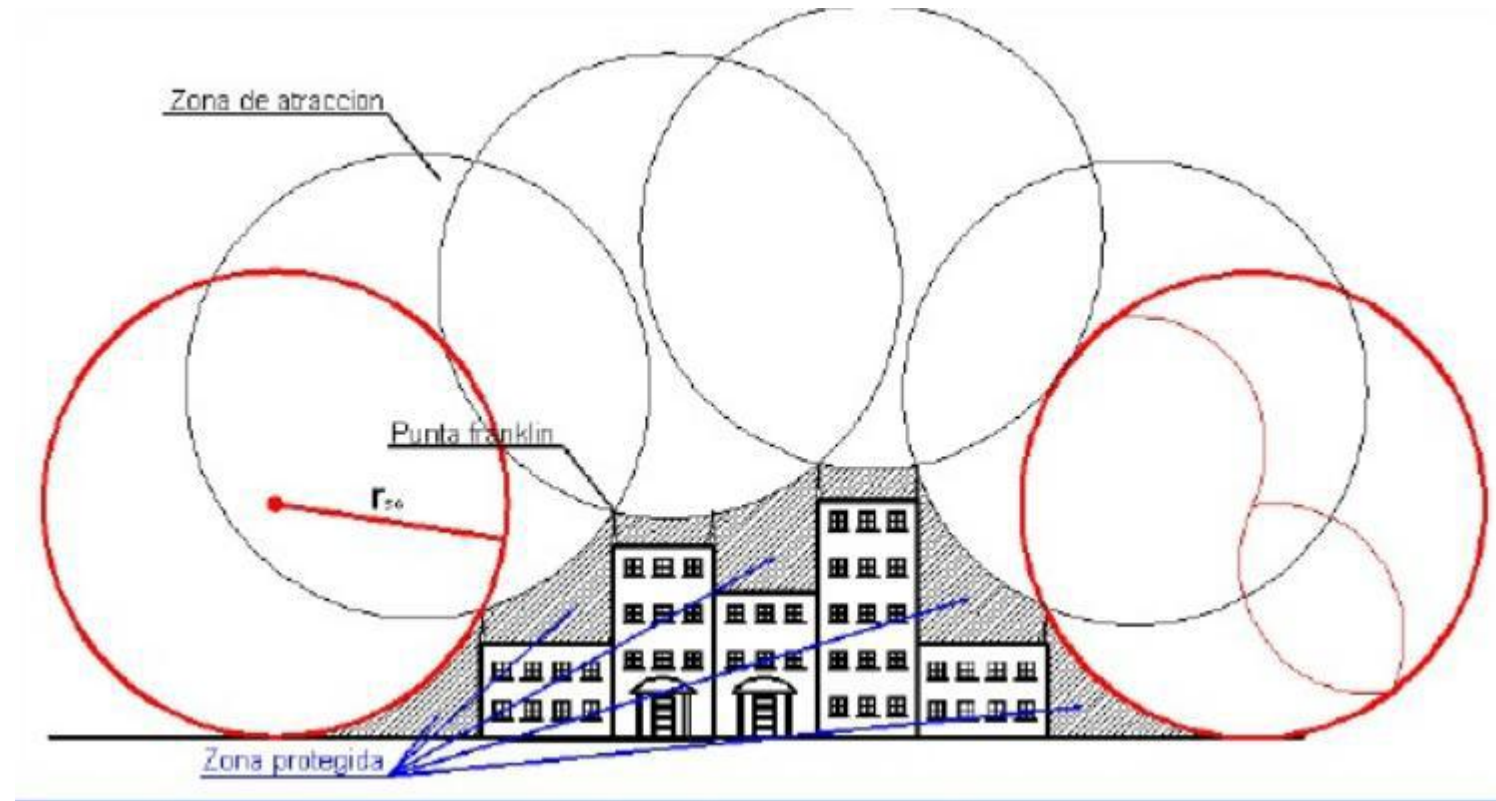
Figura 07 - Esfera Rolante com edificação maior que 60m



Legenda
— subsistema de captação
 r → raio da esfera rolante

Figura 06 - Esfera Rolante com edificação menor que 60m

Método Eletrogeométrico



Método Eletrogeométrico

O raio da esfera rolante pode ser calculado utilizando-se a seguinte equação:

$$R = 10 \times I_{max}^{0,65}$$

$$R = 10 \times I_{már}^{0,65}$$

Em que:

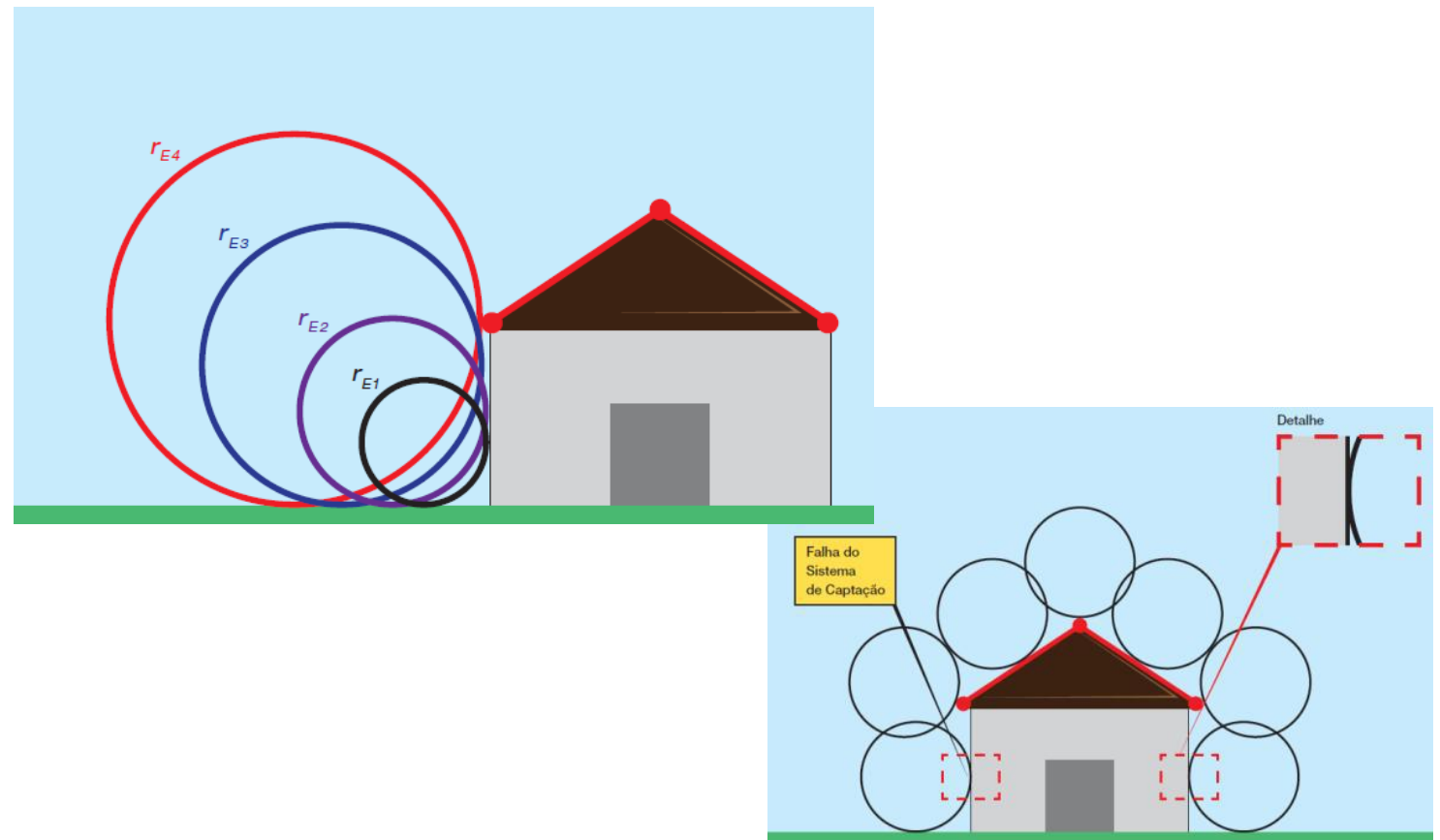
R – raio da esfera, em metros;

Imáx – valor de crista máximo do primeiro raio negativo, em quilo amperes.

Método Eletrogeométrico

A ABNT NBR 5419 define raios da esfera fictícia (R) padronizados em função da corrente elétrica pré-definida para as quatro classes de proteção normalizadas em um SPDA conforme mostra a tabela abaixo.

Classe do SPDA	Métodos de proteção
	Raio da esfera rolante
	(3)
I	20
II	30
III	45
IV	60



Método Eletrogeométrico

Equalização de Potencial

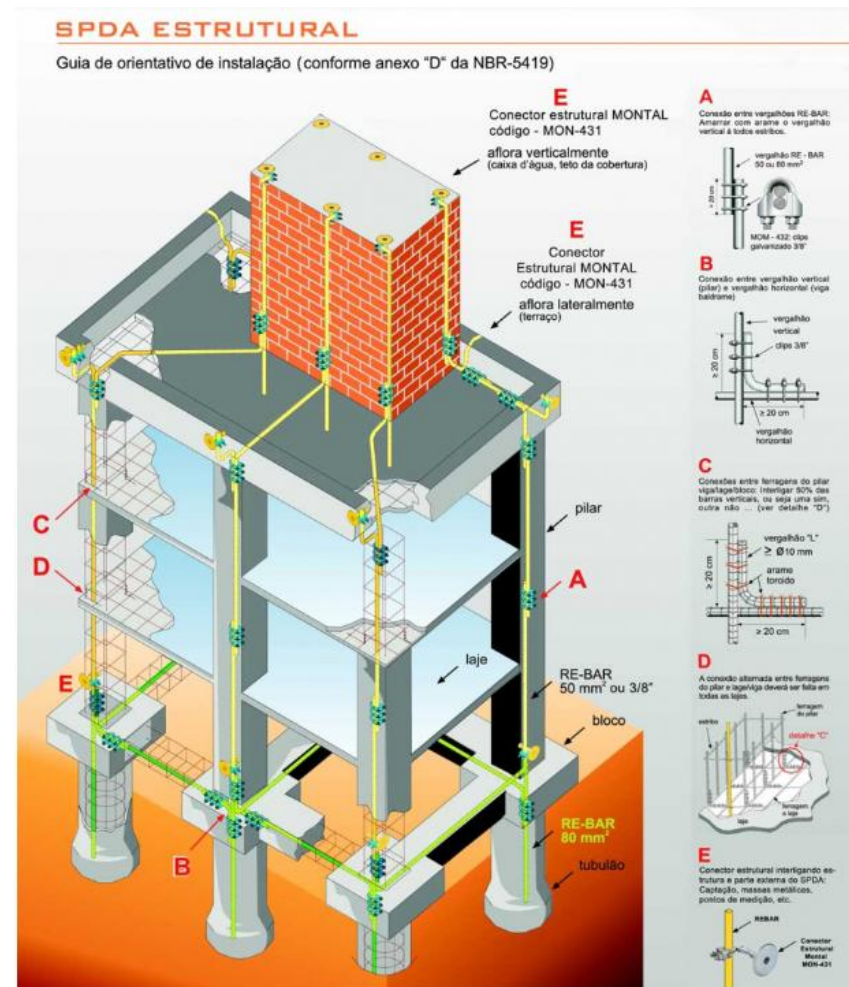
- Medida necessária para a redução de riscos de incêndios, explosões e choques elétricos, dentro do volume a ser protegido.

Valores máximos do raio da esfera rolante

Tabela 2 – Valores máximos dos raios da esfera rolante, tamanho da malha e ângulo de proteção correspondentes a classe do SPDA

—	Método de proteção		
Classe do SPDA	Raio da esfera rolante - R m	Máximo afastamento dos condutores da malha m	Ângulo de proteção α°
I	20	5 × 5	Ver Figura 1
II	30	10 × 10	
III	45	15 × 15	
IV	60	20 × 20	

SPDA



<https://www.wbeckereletrica.com.br/spda/>

Observações

Esta aula procurou demonstrar a importância de se proteger as estruturas contra descargas atmosféricas, bem como as pessoas e instalações dentro do volume considerado.

Nenhum Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas oferece 100% de eficiência, pois esse fenômeno possui fatores muitas vezes imprevisíveis.

A aplicação da NBR 5419 é essencial para reduzir de forma significativa os riscos de danos nas estruturas, devendo ser seguida corretamente, de forma a se obter o máximo de sua eficiência.

Bibliografia

Instalações Elétricas Industriais, de João Mamede Filho, 9 edição.

ELAT – Grupo de Eletricidade Atmosférica – <http://www.inpe.br/webelat/homepage/>
Termotécnica Para-Raios – www.tel.com.br

http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialspda/pagina_4.asp

Proteção contra sobretensão de origem atmosférica, *Por Andrea Maria de Lima, O setor Elétrico, edição 101, junho 2014.*

Clamper

Apresentação CINASE

NBR 5419 - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas