

CAPÍTULO

CINCO**ORIENTAÇÕES PARA A "PROTEÇÃO DE EDIFICAÇÕES
CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS" DE ACORDO
COM A NBR 5419 - JUN/93****Objetivo**

Esta norma fixa as condições exigíveis ao projeto, instalação e manutenção de Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA) das estruturas comuns, utilizadas para fins comerciais, industriais, agrícolas, administrativas ou residenciais e também para as estruturas especiais tais como charminés de grande porte, estruturas contendo líquidos ou gases inflamáveis e antenas externas de televisão.

A norma não se aplica a sistemas ferroviários, sistemas de geração, transmissão, distribuição e de telecomunicações, navios e plataformas marítimas.

Condições Gerais

- Um SPDA não impede a ocorrência das descargas atmosféricas.
- Um SPDA projetado e instalado conforme norma não pode assegurar a proteção absoluta de uma estrutura, pessoas e objetos. Entretanto, a aplicação da norma reduz de forma significativa os riscos de danos devidos a descarga atmosférica.
- O tipo e o posicionamento do SPDA devem ser estudados cuidadosamente no estágio de projeto da edificação, para se tirar o máximo proveito dos elementos condutores da própria estrutura.
- O acesso à terra e a utilização adequada das armações metálicas das fundações como eletrodo de aterramento, podem não ser possíveis após o início dos trabalhos de construção.
- Não são admitidos recursos artificiais destinados a aumentar o raio de proteção dos capttores, tais como capttores com formatos especiais, ou de metais de alta condutividade ou ainda ionizantes, radioativos ou não.

Avaliação do Risco de Exposição de uma Edificação

A probabilidade de uma edificação ser atingida por um raio em um ano, é dada pelo produto da densidade de descargas atmosféricas para a terra pela área de exposição equivalente da edificação.

Densidade de Descargas para a Terra (N_g)

A densidade de descargas atmosféricas para a terra (N_g) é o número de raios para a terra por km^2 por ano. O valor N_g para uma determinada região pode ser estimado como segue:

$$N_g = 0,04 \times T^{1,25}$$

Introdução

A recente Norma Brasileira NBR 5419 - "Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas", emitida em junho de 93, substitui a NB -165, introduzindo importantes alterações como segue:

- A necessidade do cálculo da avaliação do risco da edificação ser atingida por uma descarga atmosférica.
- O estabelecimento de quatro níveis de proteção, conforme o risco e o tipo de estrutura.
- A permissão para o cálculo dos capttores pelos métodos Faraday (gaiola), e eletrogeométrico (esfera fictícia), além do método Franklin (hastes) que era o único previsto na NB -165.
- A possibilidade da utilização de calhas ou rufos como capttores naturais.
- A permissão para a fixação dos capttores e condutores de descida, diretamente no teto e nas paredes.

Os aspectos principais da NBR 5419, emitida em junho de 1993 são descritos a seguir.

O valor Td - n° de dias de trovoadas ouvidas por ano, também conhecido como nível cerâmico, constitui um bom indicativo da atividade elétrica da atmosfera, sendo muito utilizado para a determinação das densidades de descargas, através da aplicação de fórmulas empíricas. O Td pode ser obtido:

- Em mapas isocerâmicos (conforme a figura 7 da NBR 5419/1993) Anexo 1.
- Consultando as administrações dos aeroportos da região.
- Consultando os distritos de meteorologia do Ministério de Agricultura.
- Consultando as empresas concessionárias de eletricidade que atendem a região.

Convém esclarecer que o valor Td é o n° de dias que ocorrem trovoadas em um ano e não o número de descargas para terra que atingem a região em um ano. São apresentados a seguir alguns valores médios do Td - nível cerâmico em diversos países:

| País | Nível Cerâmico | País | Nível Cerâmico |
|---------------|----------------|-----------|----------------|
| África do Sul | 5 a 100 | Austrália | 5 a 107 |
| Itália | 11 a 60 | Finlândia | 17 |
| França | 20 a 30 | Alemanha | 15 a 35 |

As atividades elétricas no território brasileiro são geralmente mais severas, conforme o quadro a seguir:

| Região | Td - Nível cerâmico (n° de dias de trovoadas por ano) | Ng (Densidade de Descargas Atmosféricas para terra desc/km ² ano) |
|------------------------|---|--|
| Estado de São Paulo | 40 a 100 | 4,02 a 12,65 |
| Estado de Minas Gerais | 40 a 120 | 4,02 a 15,88 |
| Centro-Oeste | 80 a 120 | 9,57 a 15,88 |
| Amazônia | 40 a 140 | 4,02 a 19,26 |
| Nordeste (Litoral) | 5 a 10 | 0,30 a 0,71 |
| Nordeste (Sertão) | 20 a 60 | 1,69 a 6,68 |
| Sul | 30 a 80 | 2,81 a 9,57 |

Área de Exposição Equivalente (Ae)

A área de exposição equivalente (Ae) é a área do plano da edificação prolongada em todas as direções, de modo a levar em conta sua altura.

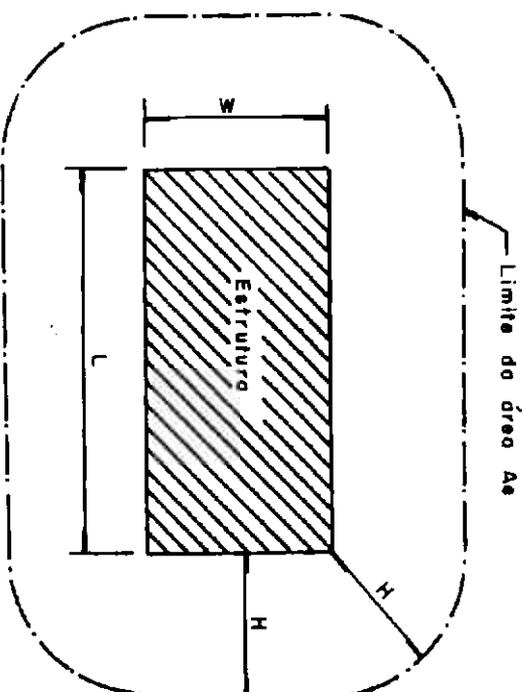


Figura 5.1
Nota: A distância H é igual à altura da estrutura

$$Ae = LW + 2LH + 2WH + \pi H^2 \text{ (em m}^2\text{)}$$

Frequência Média Anual Previsível (N)

A frequência média anual previsível (N) de descargas atmosféricas sobre a edificação é dada por:

$$N = Ng \cdot Ae \cdot 10^{-6} \text{ (por ano)}$$

Frequência Média Anual Admissível (Nc)

A frequência média anual admissível de danos (Nc) é a seguinte:

- Riscos maiores que 10^{-3} (isto é, 1 em 1000) por ano são considerados inaceitáveis.
- Riscos menores que 10^{-5} (isto é, 1 em 100.000) por ano são, em geral, considerados aceitáveis.

Avaliação Geral do Risco

Após a determinação de (N), que é o número provável de raios que anualmente atingem uma edificação, deve-se multiplicá-lo pelos seguintes fatores de ponderação:

- Fator A - Tipo de ocupação da estrutura (Anexo 2)
- Fator B - Tipo de construção da estrutura (Anexo 2)
- Fator C - Conteúdo da estrutura e efeitos indiretos das descargas atmosféricas (Anexo 3)
- Fator D - Localização da estrutura (Anexo 3)
- Fator E - Topografia da região (Anexo 3)

$$N = N_A \times (Fator A) \times (Fator B) \times (Fator C) \times (Fator D) \times (Fator E)$$

Verificação da Necessidade de Proteção Contra Descargas Atmosféricas

A necessidade de um SPDA é determinada da seguinte maneira:

- Se $N \geq 10^{-3}$ a edificação requer um SPDA
- Se $10^{-5} < N < 10^{-3}$, a conveniência ou não de um SPDA deve passar pela análise crítica do projetista e do usuário.
- Se $N \leq 10^{-5}$ a edificação dispensa um SPDA.

Nota: Independente do valor de N é obrigatória a instalação de um SPDA nos seguintes casos:

- Estruturas com riscos de explosão, contendo gases ou líquidos inflamáveis
- Locais de grande afluência de público
- Áreas com alta densidade de descargas atmosféricas
- Locais que prestam serviços públicos essenciais
- Estruturas isoladas, ou com altura superior a 25 m
- Em estruturas de valor histórico e cultural

Obs: as estruturas com riscos inerentes de explosão requerem prescrições complementares que são descritas no anexo A da norma.

Níveis de Proteção

Os níveis de proteção estabelecidos na norma são:

| Nível de Proteção | Risco | Eficiência do Sist. de Proteção |
|-------------------|---------------------|---------------------------------|
| Nível I | Risco muito elevado | 98% |
| Nível II | Risco elevado | 95% |
| Nível III | Risco normal | 90% |
| Nível IV | Baixo Risco | 80% |

Obs: O Anexo 4 mostra a classificação de diversos tipos de estruturas comuns e especiais com os respectivos níveis mínimos de proteção recomendados.

Eficiência de um Sistema de Proteção

A determinação da eficiência mínima de um SPDA pode ser estimada conforme segue:

$$E = 1 - \frac{N_c}{\bar{N}}$$

5

Sendo E a relação entre a frequência média anual de descargas atmosféricas que não causam danos ($\bar{N}-N_c$) interceptadas ou não pelo SPDA, e a frequência \bar{N} sobre a estrutura.

Nota: A figura 9 do anexo D da norma permite também determinar o fator de risco resultante a partir do N_c estabelecido como máximo aceitável e do \bar{N} calculado (Anexo 5).

Exemplo de avaliação do risco de uma edificação

Seja um edifício de apartamentos com 21 metros de altura, com andares retangulares de 20x30 metros, localizado em uma região de elevação moderada e com nível cerâmico 60, tendo como construções vizinhas casas térreas.

- Cálculo de N_g

Densidade de descargas atmosféricas para a terra.

$$N_g = 0,04 \cdot T_d^{1,25}$$

$$N_g = 0,04 \cdot 60^{1,25}$$

$$N_g = 6,68 \frac{\text{desc}}{\text{km}^2 \cdot \text{ano}}$$

- Área de exposição

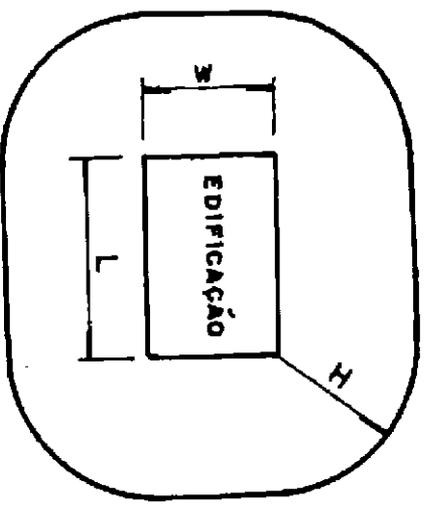


Figura 5.2

$$Ae = LW + 2LH + 2WH + \pi H^2 \text{ (em m}^2\text{)}$$

$$Ae = 20.30 + 2.30.21 + 2.30.21 + \pi 21^2$$

$$Ae = 600 + 1260 + 840 + 1385$$

$$Ae = 4085 \text{ m}^2$$

• Cálculo de N - Frequência média anual previsível de descargas

$$N = Ng.Ae.10^{-6} \text{ (por ano)}$$

$$N = 6,68 \times 4085 \times 10^{-6}$$

$$N = 27288 \times 10^{-6}$$

$$N = 2,73 \times 10^{-2}$$

Nota: Indica que o edifício será atingido por uma descarga atmosférica a cada

37 anos $\left(\frac{1}{0,0273}\right)$

• Frequência média anual admissível de danos - Nc

Nc = 10⁻³ (1 em 1000) trata-se de um valor reconhecido internacionalmente.

• Cálculo de N - n^o provável de raios que atingem anualmente a estrutura e podem provocar danos.

$$N = N \times (\text{Fator A}) \times (\text{Fator B}) \times (\text{Fator C}) \times (\text{Fator D}) \times (\text{Fator E})$$

No caso:

$$N = 2,73 \times 10^{-2}$$

Fator A = 1,2 (edifício de apartamento)

Fator B = 0,4 (estrutura de concreto armado com cobertura não metálica)

Fator C = 0,3 (residências comuns)

Fator D = 2,0 (estrutura que ultrapassa 2x a altura das estruturas próximas)

Fator E = 1,0 (elevação moderada)

$$N = 2,73 \times 10^{-2} \times 1,2 \times 0,4 \times 0,3 \times 2,0 \times 1,0$$

$$= 0,786 \times 10^{-2}$$

Verificação da necessidade de um SPDA

Como N = 7,86 x 10⁻³, portanto maior que Nc = 10⁻³, é necessária a instalação de um SPDA

Nível de proteção exigido

Conforme anexo 4, o edifício é de apartamentos residenciais e portanto o nível mínimo de proteção exigido é o III (risco normal)

Determinação da eficiência mínima

$$E = 1 - \frac{Nc}{N}$$

$$E = 1 - \frac{10^{-3}}{7,86 \times 10^{-3}}$$

$$E = 0,87 = 87\%$$

Verifica-se que o nível III está adequado pois dará uma eficiência de proteção da ordem de 90%.

Nota: Se o valor calculado de E estivesse entre 90 e 95%, o nível de proteção recomendado passaria a ser nível II.

Comentários:

Caso não se coloque SPDA, estima-se que ocorrerão em 1000 anos 7,86 descargas que poderão acarretar problemas (1 a cada 127 anos)

Se ocorrer a instalação de um SPDA - nível III, estima-se que a expectativa que ocorrerá 1 problema a cada 1273 anos, conforme segue:

$$(0,9 = 1 - \frac{N_c}{7,86 \cdot 10^{-3}} \rightarrow N_c = 0,786 \cdot 10^{-3} \rightarrow \frac{1}{N_c} = 1273 \text{ anos})$$

Condições Específicas do Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas

Captore

A probabilidade de penetração de uma descarga atmosférica no volume a proteger é consideravelmente reduzida pela presença de um captor.

Os captore podem ser constituídos por uma combinação dos seguintes elementos:

- hastes
 - cabos esticados
 - condutores em malha
- No projeto dos captore pode-se utilizar os seguintes métodos:
- ângulo de proteção (método Franklin), e/ou
 - esfera rolante ou fictícia (modelo eletrogeométrico), e/ou
 - Condutores em malha ou gaiola (método Faraday)

Informações quanto ao Método Franklin

Consiste na proteção proporcionada por um haste (aterrada) instalada a uma altura h . O volume de proteção é dado pelo cone de altura h e ângulo α , fixado na norma, conforme segue:

| | Ângulo de Proteção | | | |
|-------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|
| | h(m) | | | |
| Nível de proteção | $\leq 20m$ | $20 < h \leq 30$ | $30 < h \leq 45$ | $45 < h \leq 60$ |
| Nível I | 25° | - | - | - |
| Nível II | 35° | 25° | - | - |
| Nível III | 45° | 35° | 25° | - |
| Nível IV | 55° | 45° | 35° | 25° |

h = Altura da edificação

Nota : O método Franklin não se aplica onde não existe o valor do ângulo estabelecido (Ex. 60 m - nível III)

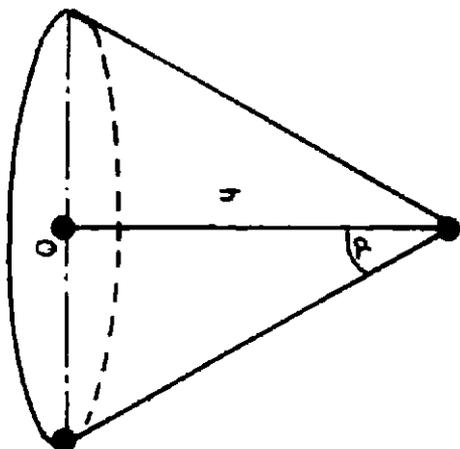


Figura 5.3

52

Onde:

h altura da haste aterrada em relação ao plano que se quer proteger

α ângulo de proteção (função do nível de proteção e altura do edifício).

r raio do círculo que consiste a base do cone.

$$r = h \operatorname{tg} \alpha$$

Valores de α - $\operatorname{tg} \alpha$

| α | $\operatorname{tg} \alpha$ |
|----------|----------------------------|
| 25° | 0,46 |
| 35° | 0,70 |
| 45° | 1,00 |
| 55° | 1,43 |

Para o dimensionamento do n° de captore de um edifício que tem um telhado plano, após definido o ângulo de proteção adequado para o caso e escolhida

altura do mastro, é necessário traçar círculos com raios ($h \cdot \text{tg} \alpha$) no plano do telhado, de modo a cobrir toda a área.

Exemplos de Proteção pelo método Franklin

Dimensionar o nº de hastes de 4,0 metros para proteger contra descargas atmosféricas um edifício de 17 metros de altura (já incluída a caixa d'água de 4,5 metros) nível de proteção III, conforme a planta a seguir.

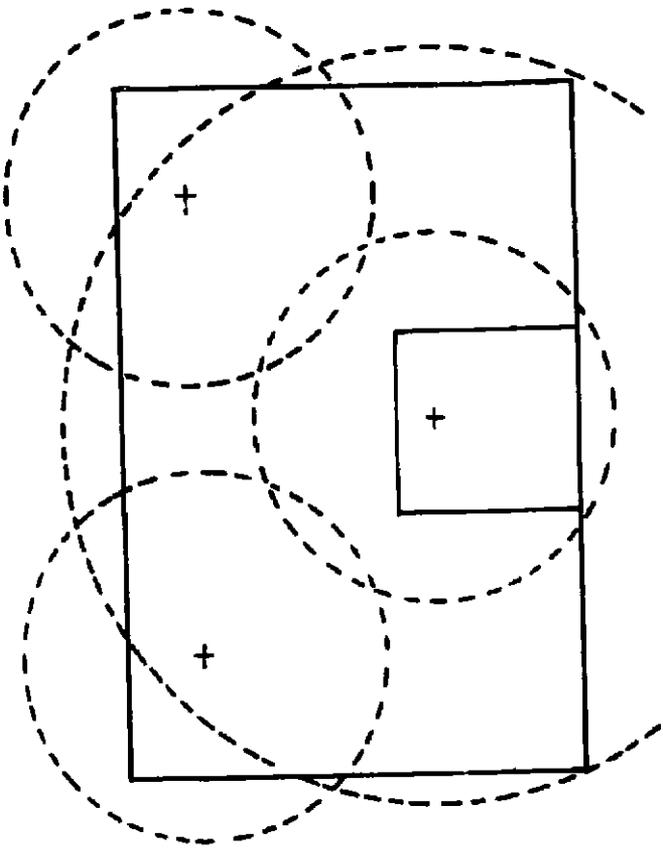


Figura 5.4
Prédio de 10x16m, 17 m de altura.

Nível de proteção III $\Rightarrow \alpha = 45^\circ$ (prédio < 20 metros de altura)

Haste em cima da caixa d'água $\Rightarrow r = h \cdot \text{tg} \alpha = r = (4,5 + 4,0) \cdot \text{tg} 45^\circ = 8,5 \text{ m}$

Haste no telhado $\Rightarrow r = h \cdot \text{tg} \alpha = 4,0 \cdot \text{tg} 45^\circ = 4,0 \text{ m}$

Serão necessárias 3 hastes aterradas sendo 1 instalada na caixa d'água e 2 no próprio telhado nas laterais.

Nota: Verifica-se que o método Franklin é adequado para os casos onde a estrutura possui pontos elevados, resultando em um bom campo de proteção no plano do telhado (ex: caixa d'água alta). No entanto, quando a área do telhado é grande,

há necessidade de um número elevado de hastes, tomando de maior interesse a aplicação do método Faraday (das malhas)

O método Franklin também é aplicado com a utilização de um fio captor. Neste caso o campo de proteção (tenda) é obtido por um prisma cuja aresta superior é o fio e cujas faces adjacentes formam com o plano vertical os ângulos α . Nas extremidades do fio, o campo de proteção é oferecido por semicírculos. A base do prisma é retangular com dois semicírculos nas extremidades.

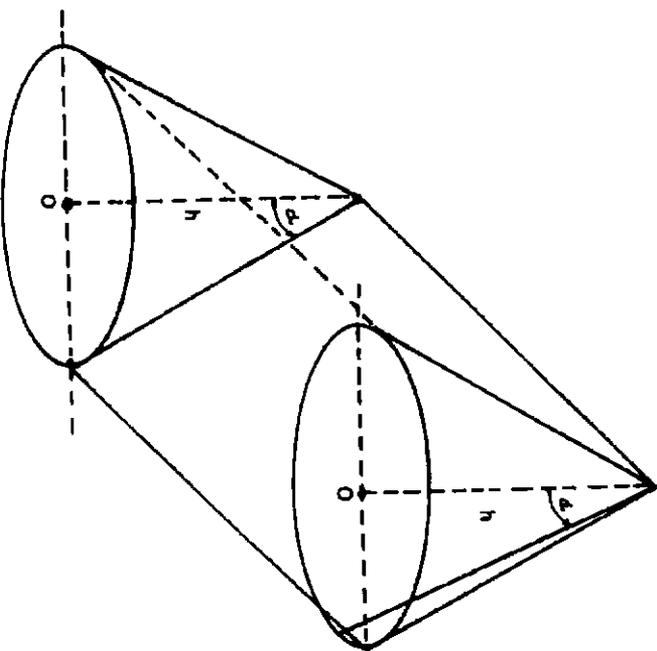


Figura 5.5

A instalação de hastes aterradas em postes ou torres próximas da edificação geralmente não apresenta bons resultados, quando comparada com a instalação de hastes na própria estrutura que se quer proteger.

Informações quanto ao Método Faraday

O método Faraday é também conhecido como método da utilização dos condutores em malha ou gaiola.

Captadores em malha consistem em uma rede de condutores dispostos no plano horizontal ou inclinado sobre o volume a proteger. As gaiolas de Faraday são

formadas por uma rede de condutores envolvendo todos os lados do volume a proteger.

Quanto menor forem as distâncias dos condutores das malhas, maior será o nível de proteção. A proteção máxima utópica seria conseguida com o envolvimento do edifício em uma caixa metálica devidamente aterrada.

Este método já é o mais utilizado em várias partes do mundo e provavelmente, a médio prazo, será o mais aplicado também no Brasil. A permissão em norma brasileira para a sua utilização é recente (1993) e acrescida das facilidades para a fixação dos condutores, são fatores que estimularão a maior aplicação deste método.

O método Faraday pode ser recomendado para edifícios com grandes áreas, especialmente os de altura não elevada, onde a proteção Franklin implicará em problemas estéticos.

Cabe acrescentar que o método Faraday é obrigatório para a proteção de edifícios com mais de 60 metros de altura.

Os módulos das malhas estabelecidos na NBR 5419 são os seguintes:

| Método Faraday - (Malha ou Galoia) | Módulo da Malha (m) |
|------------------------------------|---------------------|
| Nível de Proteção I | 5 x 10 |
| Nível II | 10 x 15 |
| Nível III | 10 x 15 |
| Nível IV | 10 x 30 |

Notas:

- O módulo da malha supra é referente ao ser instalado no teto da edificação.
- A malha mais importante a ser instalada é a que percorre toda a periferia do teto e a periferia da casa de máquinas e da caixa d'água, formando um anel
- As paredes laterais dos prédios deverão ser protegidas por malhas formadas pelas interligações dos condutores das descidas (Tabela 3 - do anexo C da norma) com os condutores horizontais de equipotencialização, sendo o primeiro a nível do solo e os demais a cada 20 metros de altura.

Exemplos de Proteção pelo método Faraday

A - Prédio de 12x20m, 15m de altura - Nível de Proteção III

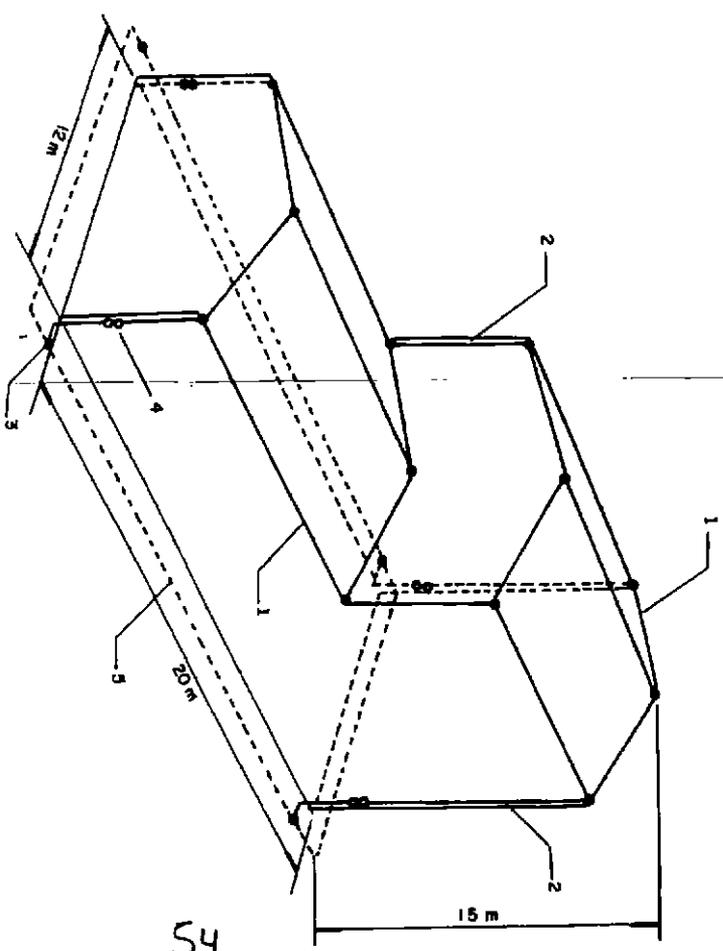


Figura 5.6

- 1 - Conductor horizontal
- 2 - Conductor de descida
- 3 - Conector tipo T
- 4 - Conector para medição
- 5 - Eletrodo de aterramento

B - Prédio de 20x40m, 60m de altura - Nível de Proteção III

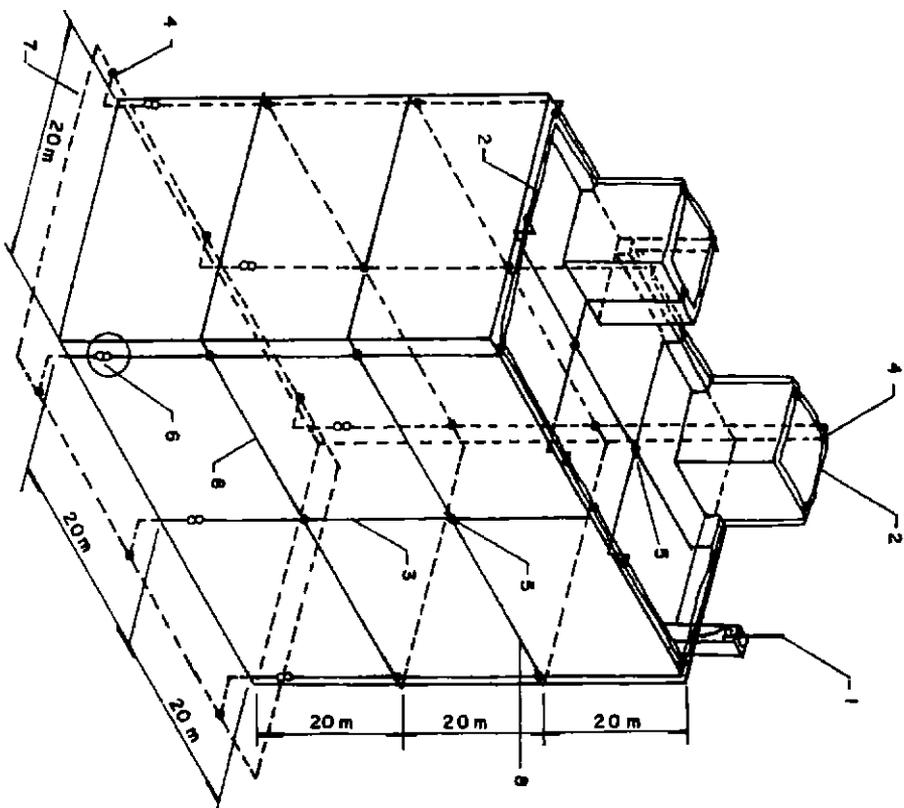


Figura 5.7

- 1 - Haste
- 2 - Conductor horizontal
- 3 - Conductor de descida
- 4 - Conector tipo T
- 5 - Conector de cruzamento
- 6 - Conector para medição
- 7 - Eletrodo de aterramento
- 8 - Conductor do anel de equipotencialização

As malhas instaladas no teto podem ser complementadas com hastes verticais, aproveitando pontos estratégicos como chaminés, antenas etc.

Informações quanto ao Modelo Eletrogeométrico

O modelo eletrogeométrico é também conhecido como o da esfera rolante ou fictícia. É um método recomendado para estrutura de grande altura ou de forma arquitetônica complexa.

Este modelo baseia-se no mecanismo de formação das descargas atmosféricas, conforme segue:

- Nas descargas nuvem-terra, o raio é precedido de uma onda líder descendente, que se desloca em saltos até chegar próxima do solo ou de uma estrutura.
- No solo ou na estrutura origina-se uma onda líder ascendente que parte em direção da onda líder descendente (o ponto onde vai cair o raio é aquele onde se origina a onda ascendente).
- O raio R da esfera rolante é a distância do último salto da onda líder.

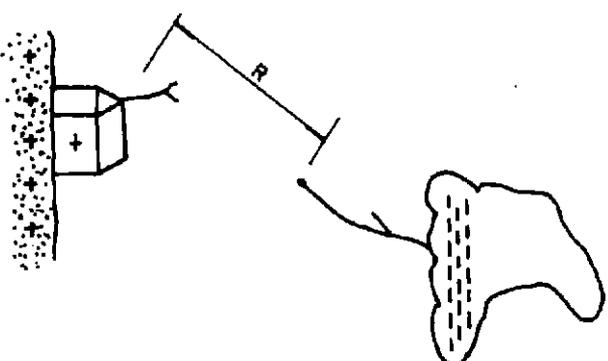


Figura 5.8
O Conceito da distância R

A superfície da esfera com centro na extremidade da onda líder antes do último salto e raio R, é o lugar geométrico dos pontos prováveis de serem atingidos pela descarga.

A figura abaixo ilustra o princípio de utilização do modelo.

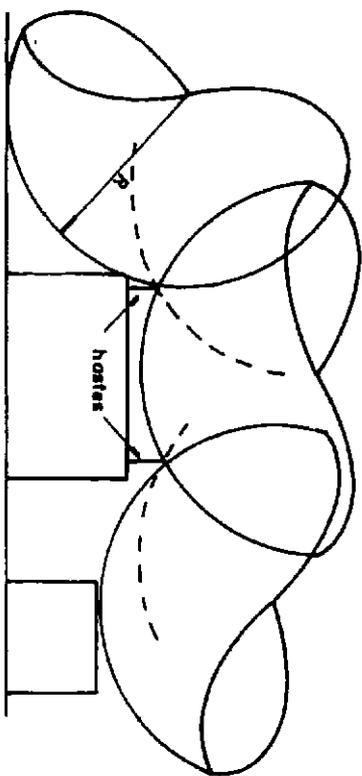


Figura 5.9

Captorez (hastes ou condutores da malha) devem ser instalados em todos os pontos da estrutura que façam contato com a esfera fictícia.

A seguir é mostrada a aplicação do modelo em um edifício com a arquitetura complexa. As áreas hachuradas e a haste precisam ser analisadas para receberem captorez (hastes ou condutores). Desde que as áreas hachuradas sejam protegidas, o modelo eletrogeométrico mostra que as restantes também estarão protegidas.

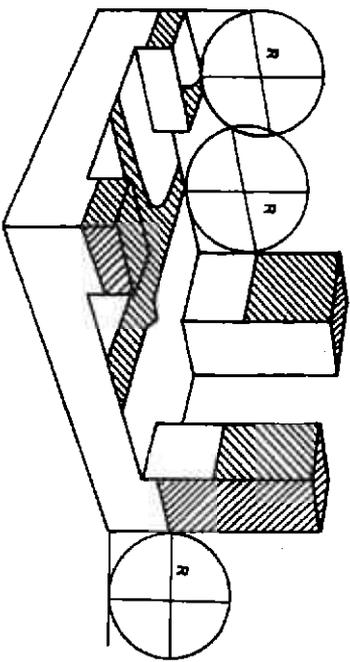


Figura 5.10

O raio da esfera rolante é função do nível de proteção que se quer dar à estrutura, e a NBR 5419 estabelece o seguinte:

| Nível de Proteção | Raio da Esfera Rolante Fictícia(m) | Valor da Cresta da Corrente (kA) |
|-------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Nível I | 20 | 3,7 |
| Nível II | 30 | 6,1 |
| Nível III | 45 | 10,6 |
| Nível IV | 60 | 16,5 |

Volume de proteção proporcionado por um captor vertical com $h < R$

Com a distância R, traçam-se uma horizontal paralela ao plano do solo e um segmento de círculo com centro no topo do captor. Em seguida, com centro no ponto de interseção P e raio R, traça-se um segmento de círculo que tangencia o topo do captor e o plano do solo. O volume de proteção é delimitado pela rotação simétrica da área A em torno do captor.

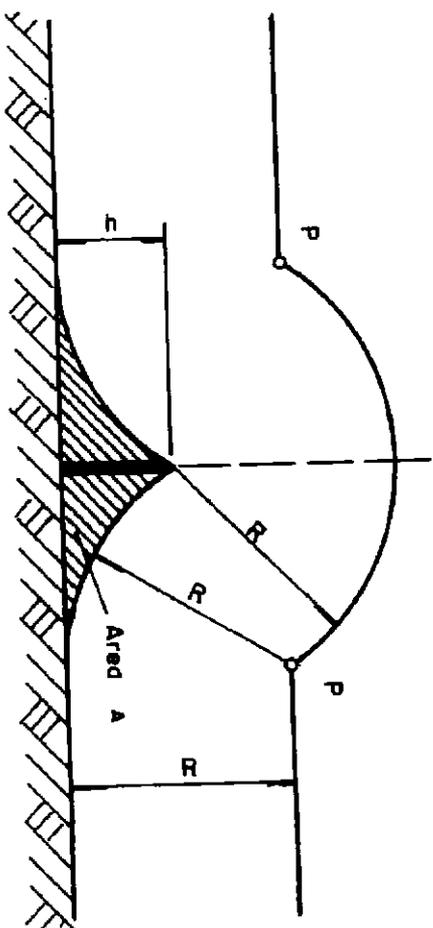


Figura 5.11

Volume de proteção do captor com $h < R$

* O raio do círculo no plano do solo é dado por $C = \sqrt{2Rh - h^2}$.

Volume de proteção proporcionado por um captor vertical com $h > R$

Proceder conforme fig. 12 do anexo E da norma. Verifica-se que a partir de uma certa altura ($h = R$) não ocorre ganho de volume de proteção com o aumento do comprimento da haste.

33

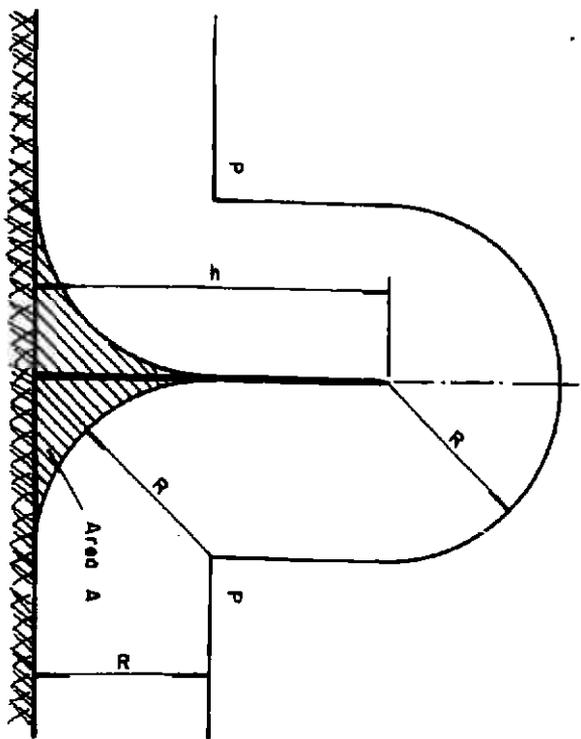


Figura 5.12
Volume de proteção do captor com $h > R$

Aplicação

Determinar a altura H de uma haste para proteger o barracão circular, pelo método eletrogeométrico. O beiral não contém condutor aterrado.

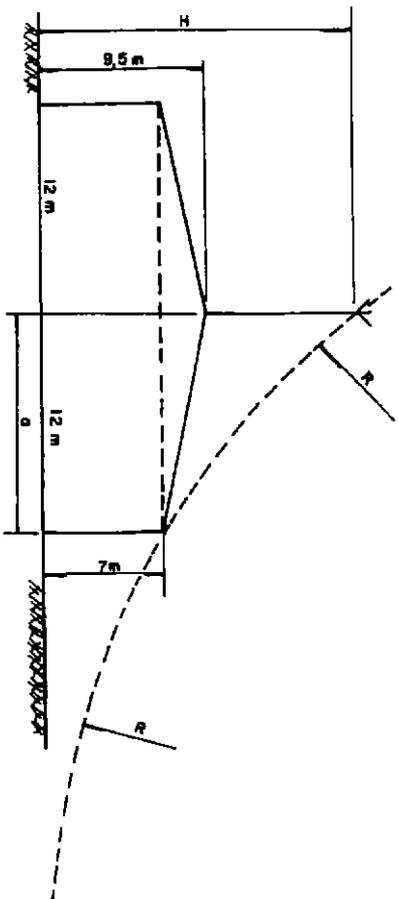


Figura 5.13

No caso, para nível de proteção III:

$$H = 45 \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left\{ \frac{a}{R} + \frac{\sqrt{h}}{R} \left[2 - \frac{h}{R} \right] \right\}^2} \right\}$$

$$H = 45 \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left\{ \frac{12}{45} + \frac{\sqrt{7}}{45} \left[2 - \frac{7}{45} \right] \right\}^2} \right\}$$

$$H = 45 \left\{ 1 - \sqrt{1 - [0,266 + \sqrt{0,155} [2 - 0,155]]^2} \right\}$$

$$H = 45 \left\{ 1 - \sqrt{1 - [0,266 + \sqrt{0,286}]^2} \right\}$$

ts

$$H = 45 \left\{ 1 - \sqrt{1 - [0,801]^2} \right\}$$

$$H = 45 \left\{ 1 - \sqrt{0,36} \right\}$$

$$H = 45 \left\{ 1 - 0,6 \right\}$$

$$H = 45 \times 0,4$$

$$H = 18m$$

Altura da haste = $18 - 9,5 = 8,5$ metros

Informações Quanto aos Captadores Naturais

As seguintes partes da estrutura podem ser consideradas captadores naturais (dispensam outros captadores, porém precisam dos demais itens do SPDA).

- a) Cobertura metálica sobre o volume a proteger, desde que:
 - Tenha continuidade elétrica entre as partes
 - A espessura da cobertura metálica não seja inferior a 0,5mm (casos comuns)
 - A espessura da cobertura metálica não seja inferior a tabela a seguir, para os casos onde for necessário prevenir contra perfurações ou ignições de materiais combustíveis.

| Material | Espessura mínima (mm) |
|----------|-----------------------|
| Aço | 4 |
| Cobre | 5 |
| Alumínio | 7 |

- b) Elementos metálicos da construção do teto (Treliças, armações de aço interligadas etc)

Obs: Em telhas de fibrocimento, o impacto do raio ocorre habitualmente sobre os elementos metálicos de fixação.

- c) Calhas, rufos e parapeitos metálicos
- d) Tubos e tanques metálicos, construídos com material de no mínimo 2,5 mm de espessura e se sua perfuração não implicar situação perigosa.
- e) Tubos e tanques metálicos em geral, construído com espessura mínima citada no item a.

Secções mínimas dos captadores (hastes, cabos ou condutores) conforme anexo C - Tabela 5 da norma:

| Nível de Proteção | Material | Captor (mm ²) |
|-------------------|-----------------|---------------------------|
| I - IV | Cobre | 35 |
| | Alumínio | 70 |
| | Aço Galvanizado | 50 |

Descidas**Generalidades**

Para diminuir o risco de centelhamento perigoso, os condutores de descida devem ser dispostos de modo que:

- a corrente percorra diversos trajetos paralelos
- o comprimento destes trajetos seja o menor possível

Quantidade de descidas

- Os condutores de descida devem ser distribuídos ao longo do perímetro do volume a proteger.
- Ao longo do perímetro, os espaçamentos médios não podem ser superiores aos valores especificados na tabela a seguir:

| Nível de Proteção | Espaçamento Médio (m) |
|-------------------|-----------------------|
| Nível I | 10 |
| Nível II | 15 |
| Nível III | 20 |
| Nível IV | 25 |

58

- No mínimo são necessários dois condutores de descida em qualquer caso
- Os condutores de descida, devem ser espaçados regularmente em todo o perímetro. Sempre que possível, instalar descidas em cada canto da estrutura.

Interligação das Descidas

Os condutores de descida externos à estrutura devem ser interligados por meio de condutores horizontais, formando anéis, sendo o primeiro a nível do solo e os outros a cada 20m de altura.

Condutores das Descidas

Os condutores de descida podem ser instalados como segue:

- Se a parede for de material não combustível, os condutores de descida podem ser instalados na superfície ou embutidos na parede (casos especiais).
- Os condutores de descida devem ser retilíneos e verticais, de modo a prover o trajeto mais curto e direto para a terra. Curvas fechadas devem ser evitadas.

- Os condutores de descida devem ser instalados a uma distância mínima de 0,5m de portas, janelas e outras aberturas.
- Os condutores de descida não devem ser instalados dentro de calhas ou tubos de águas pluviais, para evitar corrosão.
- Se a parede for de material combustível e a elevação de temperatura dos condutores de descida implicar risco, a distância entre estes e o volume a proteger deve ser, de no mínimo, 10cm. Mesmo neste caso, suportes metálicos dos condutores de descida podem estar em contato com a parede.
- Os condutores de descida devem ser protegidos contra danos mecânicos até, no mínimo 2,5m acima do solo. Utilizar eletroduto rígido de PVC ou eletroduto rígido metálico. Neste último caso o condutor de descida deve ser conectado às extremidades superior e inferior do eletroduto.
- Evitar a proximidade e o paralelismo das descidas do SPDA com os circuitos das instalações elétricas ou de comunicações (risco de tensões induzidas).

Seções mínimas dos condutores de descida e Interligações

Conforme tabelas 5 e 6 do anexo C da norma:

| Nível de Proteção | Material | Seção (mm ²) |
|-------------------|-----------------|--------------------------|
| I - IV | Cobre | 16 |
| | Alumínio | 25 |
| | Aço galvanizado | 50 |

Nota: Quanto à forma os condutores podem ser cabos, barras chatas, cantoneiras etc. A fixação de barras chatas diretamente na superfície das paredes do edifício, melhorará sensivelmente a estética do SPDA.

Conexão de Medição

Cada condutor de descida deve ser provido de uma conexão de medição, instalada próxima do ponto de ligação ao eletrodo de aterramento. A conexão deve ser desmontável por meio de ferramenta para possibilitar medições, mas deve permanecer normalmente fechada.

Condutores de Descida Naturais

Elementos da estrutura só podem ser considerados como condutores de descida naturais, após atender vários requisitos previstos na norma, principalmente quanto à continuidade elétrica ao longo do tempo.

Podem ser considerados condutores de descida naturais:

- As instalações metálicas
- Os pilares metálicos da estrutura
- As armações de aço interligadas das estruturas de concreto armado.
- Os elementos da fachada, tais como perfis e suportes de fachadas metálicas

Aterramento

Generalidades

- A finalidade do aterramento é a de dispersar a corrente da descarga atmosférica na terra, sem causar sobretensões perigosas.
- O arranjo e as dimensões do sistema de aterramento são muito importantes para evitar as sobretensões perigosas.
- Recomenda-se uma resistência da ordem de 10Ω como forma de reduzir os gradientes de potencial no solo e a probabilidade de centelhamento perigoso.
- O sistema de aterramento para proteger a edificação, as instalações elétricas e os sistemas eletrônicos e de telecomunicações contra descargas atmosféricas, deve ser único e integrado à estrutura.
- A interligação dos aterramentos deve ser realizada pelos condutores de ligação equipotencial ou supressores de surto, conectando o SPDA à armação metálica da estrutura, às instalações metálicas, às massas e aos "terras" dos sistemas elétricos, eletrônicos e de telecomunicações, dentro do espaço a proteger.

Tipos e Seções dos Eletrodos de Aterramento

Os tipos de eletrodos de aterramento são:

- Condutores em anel
- Hastes verticais ou inclinadas
- Condutores horizontais radiais
- Armações de aço das fundações

| Seções Mínimas dos Eletrodos de Aterramento | | |
|---|----------|--------------------------|
| Nível de Proteção | Material | Seção (mm ²) |
| I - IV | Cobre | 50 |
| | Aço | 80 |

Nota: Não é permitida a utilização do alumínio

Arranjos dos Sistemas de Aterramento

Aplicam-se dois arranjos de sistemas de aterramento:

Arranjo A

- Composto de eletrodos radiais ou verticais (hastes), sendo indicado para solos de baixa resistividade e pequenas estruturas.
- Cada condutor de descida deve ser conectado, no mínimo, a um eletrodo distinto (radial ou vertical).
- Pode ser utilizada uma combinação dos eletrodos horizontais e verticais.

Arranjo B

- Composto de eletrodos em anel ou embutidos nas fundações da estrutura.
- Pode ser complementado por eletrodos verticais (hastes) ou eletrodos radiais (horizontais)

Instalação dos Eletrodos de Aterramento

- Os eletrodos de aterramento não naturais devem ser instalados externamente ao volume a proteger, a uma distância de 1m das fundações da estrutura.
- Os eletrodos de aterramento horizontais devem ser instalados a uma profundidade mínima de 0,5m.
- As hastes verticais instaladas em paralelo devem ser distribuídas uniformemente entre si por uma distância não inferior à sua profundidade de cravação.

Eletrodos de Aterramento Naturais

As armações de aço embutidas nas fundações das estruturas, podem ser consideradas eletrodos de aterramento naturais, desde que atendam várias condições previstas na norma.

Nota: no capítulo 7 são apresentadas informações adicionais quanto ao aterramento.

Fixações e Conexões do SPDA

Fixações

- Os captores e os condutores de descida devem ser firmemente fixados, evitando que esforços eletrodinâmicos ou mecânicos (ex. vibrações) possam causar sua ruptura ou desconexão.
- No caso de teto e parede não inflamável, é permitida a fixação dos condutores diretamente na superfície.

- Com a permissão da instalação dos condutores diretamente na superfície das paredes, é interessante a utilização de barras chatas como condutores de descida.

Obs: O "isolador" de porcelana ou de plástico tradicionalmente usado, passou a ser dispensável a partir da emissão da norma NBR 5419/1993, para o caso das paredes e tetos não inflamáveis.

Conexões

- O número de conexões nos condutores do SPDA deve ser reduzido ao mínimo. As conexões devem ser asseguradas por meio de brasagem (solda com base em liga de cobre e zinco), soldagem, conectores ou parafusos com porcas.
- Para a conexão de condutores chatos à estrutura de aço, devem ser utilizados dois parafusos M8 ou um M10, com porcas.
- Para conexão de condutores chatos e chapas metálicas acessíveis somente de um lado, utilizar rebites. No caso de chapas com espessura mínima de 2mm, utilizar parafusos auto-atarraxantes de aço inoxidável.
- Nas conexões em baixo do solo, utilizar massa calafetadora. Esta exigência não se aplica às conexões em cobre com solda exotérmica.

Inspeção

Objetivo da inspeção

- SPDA está conforme o projeto
- Estado dos componentes do SPDA
- Valor da resistência de aterramento
- As instalações novas acrescentadas ao projeto original estão dentro do volti protegido.

Periodicidade das inspeções

- Anual: inspeção visual
- 5 anos: inspeção completa para instalações comuns
- 3 anos: inspeção completa para edifícios destinados a grandes concentrações públicas e industriais ou depósitos com risco de explosão ou incêndio.
- 1 ano: inspeção completa - para estruturas contendo munição com explosivos.

Documentação Técnica

A norma exige que deve ser mantida pelos responsáveis pelo edifício a seguinte documentação:

- Relatório da verificação da necessidade do SPDA
- Desenhos completos do SPDA
- Dados sobre a resistividade do solo
- Registro das inspeções periódicas realizadas, anotando as manutenções realizadas e as medições da resistência de aterramento.

Sistema Interno de Proteção Contra Descargas Atmosféricas

Para reduzir os riscos de incêndio, explosão, choques e queimas de aparelhos dentro do volume a proteger, a norma estabelece várias providências que devem ser atendidas nas instalações internas; referentes a:

- equalização de potencial
- proximidade do SPDA com outras instalações

Proteção de Estruturas Especiais

Além das exigências já mencionadas, a norma estabelece requisitos complementares para as seguintes estruturas especiais:

- Chaminés de grande porte
- Estruturas contendo líquidos ou gases inflamáveis.

Antenas Externas de Televisão

A NBR 5419 - Proteção de Edificações Contra Descargas Elétricas Atmosféricas e a NBR 5410 - NB3 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão, estabelecem o seguinte:

- Os pára-raios prediais e antenas externas devem ser aterrados;
- O mastro metálico da antena deve ser conectado ao condutor de descida do pára-raios (vide desenhos a seguir).

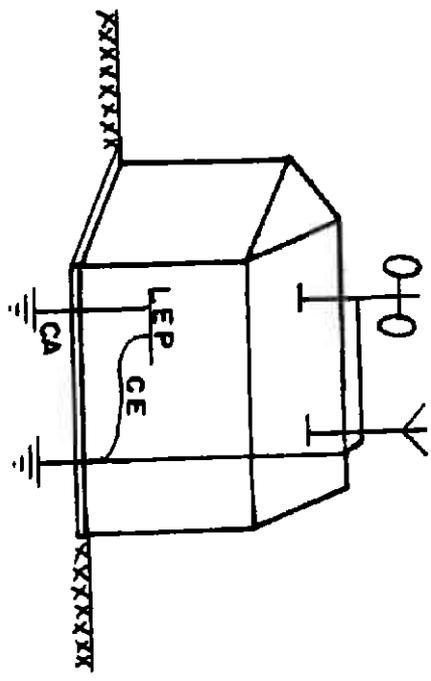


Figura 5.14
Aterramento da Antena utilizando a Descida do Pára-raios.

LEP - Ligação Equipotencial Principal

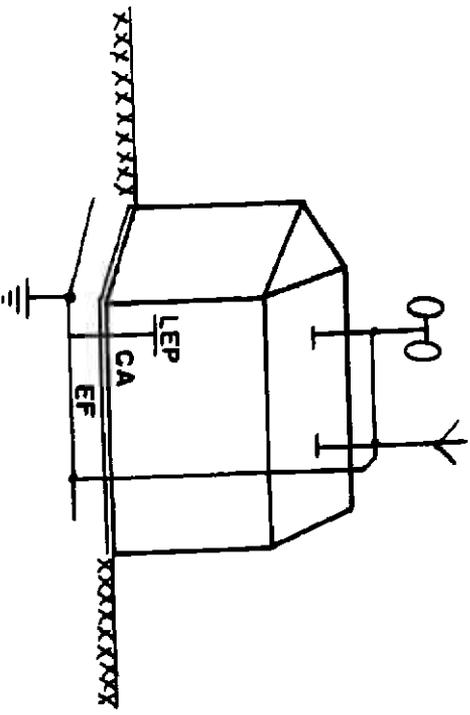


Figura 5.15
Aterramento da Antena, do Pára-raios e da Instalação Elétrica utilizando um Eletrodo Comum.

- CE - Condutor de Equipotencialidade
- CA - Condutor de Aterramento Principal
- EF - Eletrodo Embutido na Fundação

- Se não houver pára-raios, deve ser instalado um condutor de aterramento exclusivo para a haste da antena, com seção não inferior a 16mm^2 em cobre, ligando a haste a um eletrodo de aterramento (vide diagrama a seguir);

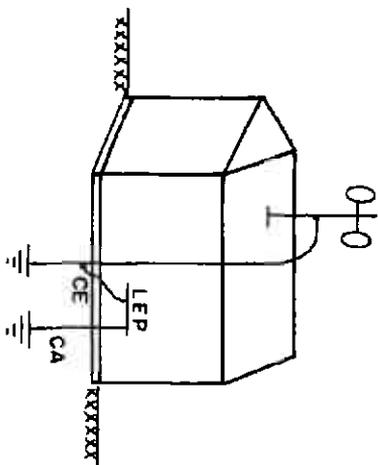
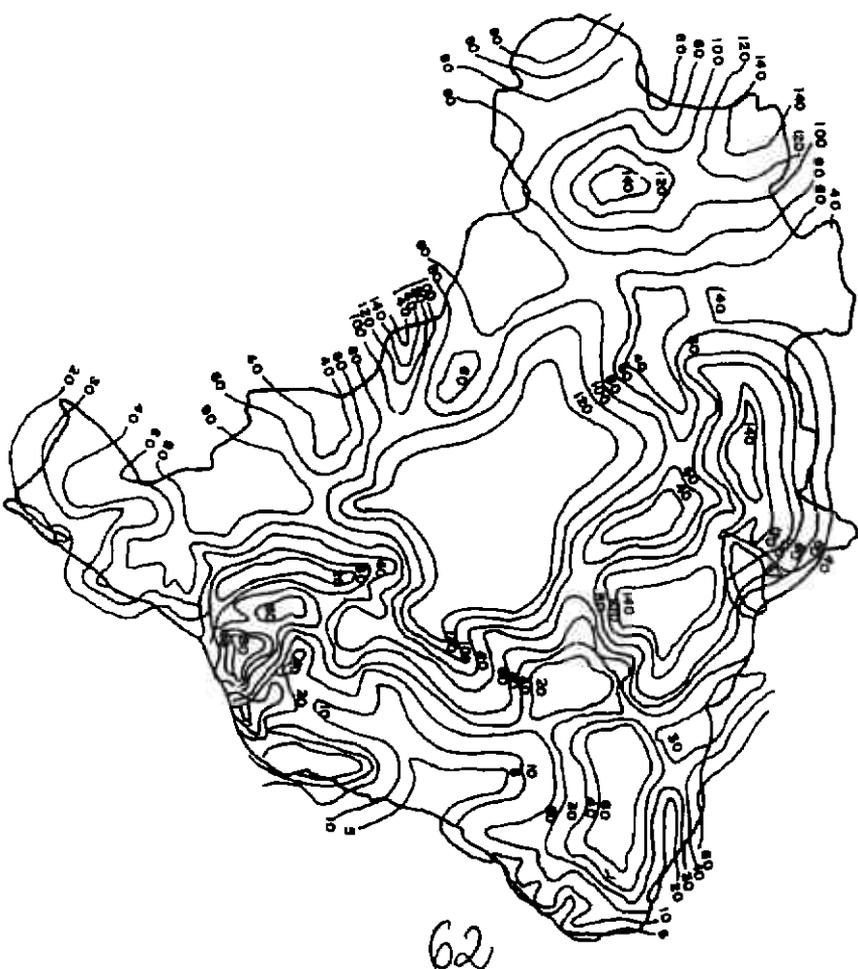


Figura 5.16
Aterramento exclusivo da Antena, sem Pára-raios.

- Os aterramentos dos pára-raios, da antena externa e da instalação elétrica (massas, ou massas e neutro) devem ser interligados. Preferencialmente deve ser utilizado um único eletrodo de aterramento, comum a todos, conforme a figura 5.15. Por exemplo, pode ser instalada uma fita de aço embutida nas fundações, em todo o perímetro da edificação. Esta fita deve constituir um anel no fundo da escavação e as armações de concreto armado devem ser interligadas ao anel, assegurando equipotencialidade ao conjunto.
- Se o eletrodo de aterramento do pára-raios e/ou da antena for distinto do eletrodo de aterramento da instalação elétrica figuras 5.14 e 5.16, a interligação entre ambos deve ser pelo condutor de equipotencialidade - CE. A seção mínima do condutor CE será $2,5\text{mm}^2$ se possuir proteção mecânica e 4mm^2 se não possuir.
- A resistência de aterramento não deve ser superior a 10Ω , em qualquer estação do ano;
- Em qualquer caso, o escoamento da corrente de descarga atmosférica para a terra deve ser externa à edificação, diretamente em um eletrodo, e não através dos condutores de ligação equipotencial.



62

Anexo 1

Mapa Isocerâmico do Brasil

Número médio de dias de trovoadas por ano - Fonte NBR 5419

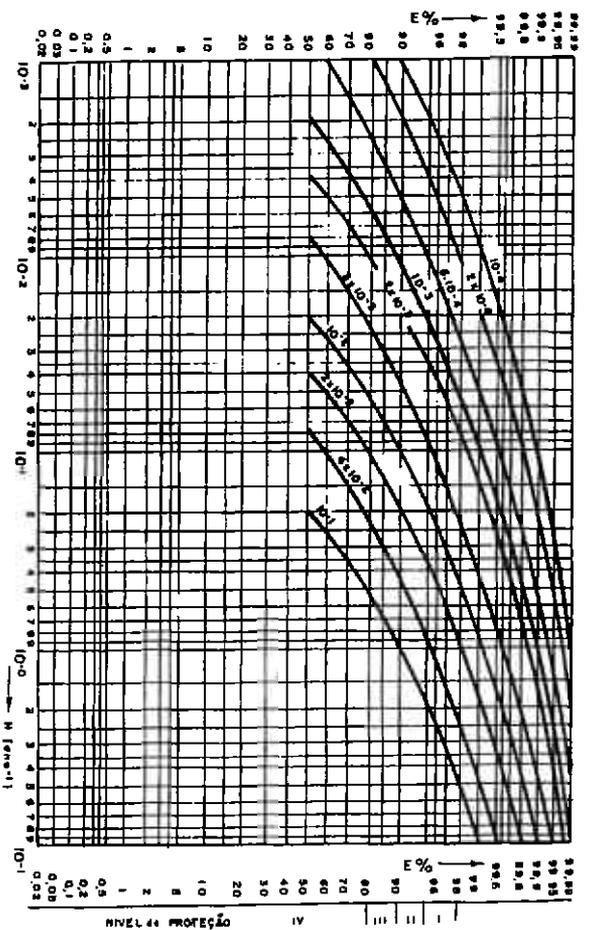
Exemplos de Classificação de Estruturas

| Classificação da Estrutura | Tipo de estrutura | Efeitos das descargas atmosféricas | Nível de proteção |
|------------------------------|--|--|--------------------|
| Estruturas comuns (Nota "a") | Residências | Perfuração da isolação de instalações elétricas, incêndio e danos materiais. Danos normalmente limitados a objetos no ponto de impacto ou no caminho do raio | III |
| | Fazendas e estabelecimentos agropecuários | Risco direto de incêndio e tensões de passo perigosas. Risco indireto devido a interrupção de energia e risco de vida para animais devido à perda de controles eletrônicos, ventilação, suprimento de alimentação e outros | III ou IV (nota b) |
| | Teatros, escolas, lojas de depart., áreas esportivas e igrejas | Danos às instalações elétricas (ex: iluminação) e possibilidade de pânico. Falha no sistema de alarme contra incêndio, causando atraso no socorro | II |
| | Bancos, companhias de seguro, comp. comerciais e outros | Como acima além de efeitos indiretos com a perda de comunicações, falha dos computadores e perdas de dados | II |
| | Hospitais, casas de repouso e prisões | Como para 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 prejuízos inaceitáveis e perda de produção | III |
| | Museus e locais arqueológicos | Perda de patrimônio cultural insubstituível | II |
| | Estrutura com risco confinado | Est. de telecomunicações, usinas elétricas, indústrias com risco de incêndio | I |
| | Estrutura com risco para os arredores | Refinarias, postos de combustível, fábrica de fogos, fábricas de munição | I |
| | Estruturas com risco para o meio ambiente | Indústrias químicas, usinas nucleares, lab. bioquímicos | I |

Anexo 4
(Vide notas na página seguinte)

Notas:

- a- Equipamentos eletrônicos sensíveis podem ser instalados em todos os tipos de estruturas, inclusive estruturas comuns. É impraticável a proteção contra danos causados pelos raios dentro destas estruturas. Não obstante devem ser tomadas medidas de modo a limitar as consequências e as perdas de dados a um nível aceitável.
- b- Estruturas de madeira: nível III; estrutura de alvenaria: nível IV. Estruturas contendo produtos agrícolas (grãos) combustíveis sujeitos à explosão são consideradas com risco para os arredores.



Anexo 5
Eficiência (E%) do SPDA em função de N e Nc.

3

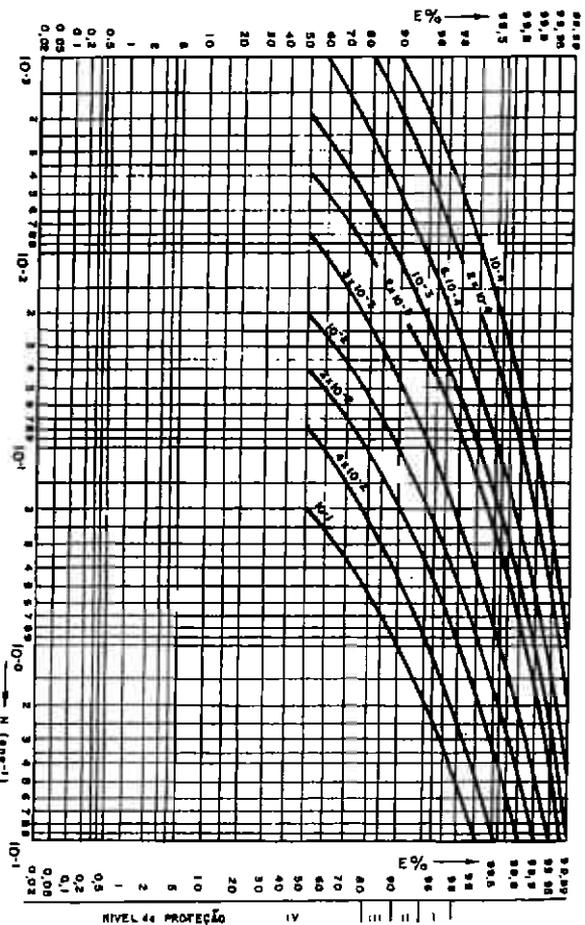
Exemplos de Classificação de Estruturas

| Classificação da Estrutura | Tipo de estrutura | Efeitos das descargas atmosféricas | Nível de proteção |
|------------------------------|--|--|--------------------|
| Estruturas comuns (Nota "a") | Residências | Perfuração da isolamento de instalações elétricas, incêndio e danos materiais. Danos normalmente limitados a objetos no ponto de impacto ou no caminho do raio | III |
| | Fazendas e estabelecimentos agropecuários | Risco direto de incêndio e tensões de passo perigosas. Risco indireto devido a interrupção de energia e risco de vida para animais devido à perda de controles eletrônicos, ventilação, suprimento de alimentação e outros | III ou IV (nota b) |
| | Teatros, escolas, lojas de depart., áreas esportivas e igrejas | Danos às instalações elétricas (ex: iluminação) e possibilidade de pânico. Falha no sistema de alarme contra incêndio, causando atraso no socorro | II |
| | Bancos, companhias de seguro, comp. comerciais e outros | Como acima além de efeitos indiretos com a perda de comunicações, falha dos computadores e perdas de dados | II |
| | Hospitais, casas de repouso e prisões | Como para 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 pequeno a prejuízos inaceitáveis e perda de produção | III |
| | Museus e locais arqueológicos | Perda de patrimônio cultural insubstituível | II |
| | Estrutura com risco confinado | Est. de telecomunicações, usinas elétricas, indústrias com risco de incêndio | I |
| | Estrutura com risco para os arredores | Refinarias, postos de combustível, fábrica de fogos, fábricas de munição | I |
| | Estruturas com risco para o meio ambiente | Indústrias químicas, usinas nucleares, lab, bioquímicos | I |

Anexo 4
(Vide notas na página seguinte)

Notas:

- a- Equipamentos eletrônicos sensíveis podem ser instalados em todos os tipos de estruturas, inclusive estruturas comuns. É impraticável a proteção contra danos causados pelos raios dentro destas estruturas. Não obstante devem ser tomadas medidas de modo a limitar as consequências e as perdas de dados a um nível aceitável.
- b- Estruturas de madeira: nível III; estrutura de alvenaria: nível IV. Estruturas contendo produtos agrícolas (grãos) combustíveis sujeitos à explosão são consideradas com risco para os arredores.



Anexo 5
Eficiência (Em) do SPD em função de N e Nc.

| Fator A: Tipo de Ocupação da Estrutura | |
|---|---------|
| Tipo de ocupação | Fator A |
| Casas e outras estruturas de porte equivalente | 0,3 |
| Casas e outras estruturas de porte equivalente com antena externa de televisão | 0,7 |
| Fábricas, oficinas e laboratórios | 1,0 |
| Edifícios de escritórios, hotéis e apartamentos, e outros edifícios residenciais não incluídos abaixo | 1,2 |
| Locais de influência de público (ex: Igrejas, pavilhões, teatros, museus, exposições, lojas de departamento, correios, estações, aeroportos e estádios de esportes) | 1,3 |
| Escolas, hospitais, creches e outras instituições, estruturas de múltiplas atividades | 1,7 |

| Fator B: Tipo de Construção da Estrutura | |
|--|---------|
| Tipo de construção | Fator B |
| Estrutura de aço revestida com cobertura não-metálica | 0,2 |
| Estrutura de concreto armado com estrutura não-metálica | 0,4 |
| Estrutura de aço revestida ou de concreto armado com cobertura metálica | 0,8 |
| Estrutura de alvenaria ou concreto simples com qualquer cobertura exceto metálica ou de palha | 1,0 |
| Estrutura de madeira ou revestida de madeira, com qualquer cobertura exceto metálica ou de palha | 1,4 |
| Estrutura de madeira, alvenaria ou concreto simples, com cobertura metálica | 1,7 |
| Qualquer estrutura com telo de palha | 2,0 |

(A) Estruturas de metal aparente que sejam contínuas até o nível do solo estão excluídas desta Tabela, porque requerem apenas um sistema de aterramento.

Anexo 2

| Fator C: Conteúdo da Estrutura e Efeitos Indiretos das Descargas Atmosféricas | |
|--|---------|
| Conteúdo da estrutura ou efeitos indiretos | Fator C |
| Residências comuns, edifícios de escritórios, fábricas e oficinas que não contenham objetos de valor ou particularmente suscetíveis a danos | 0,3 |
| Estruturas industriais e agrícolas contendo objetos particularmente suscetíveis a danos (A) | 0,8 |
| Subestações de energia elétrica, usinas de gás, centrais telefônicas, estações de rádio | 1,0 |
| Indústrias estratégicas, monumentos antigos e prédios históricos, museus, galerias de arte e outras estruturas com objetos de valor especial | 1,3 |
| Escolas, hospitais, creches e outras instituições, locais de influência de público | 1,7 |

(A) Instalação de alto valor ou materiais vulneráveis a incêndios e às suas consequências.

| Fator D: Localização da Estrutura | |
|--|---------|
| Localização | Fator D |
| Estrutura localizada em uma grande área contendo estruturas ou árvores de mesma altura ou mais altas (ex: em grandes cidades ou florestas) | 0,4 |
| Estruturas localizadas em uma área contendo poucas estruturas ou árvores de altura similar | 1,0 |
| Estrutura completamente isolada ou que ultrapasse, no mínimo, duas vezes a altura de estruturas ou árvores próximas | 2,0 |

| Fator E: Topografia da Região | |
|-------------------------------|---------|
| Topografia | Fator E |
| Planície | 0,3 |
| Elevações moderadas e colinas | 1,0 |
| Montanhas entre 300 e 900m | 1,3 |
| Montanhas acima de 900m | 1,7 |

Anexo 3

CAPÍTULO

SEIS**EXEMPLO DE PROTEÇÃO DE UM EDIFÍCIO
CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS**

Proteger contra descargas atmosféricas um edifício de 7 andares com 56 apartamentos (vide figura da página seguinte).

Avaliação do Risco de Exposição da Edificação

Cálculo de densidade de descargas atmosféricas para a terra - Ng

$$Ng = 0,04 \cdot Td^{1,25}$$

Onde Td é o número de dias de trovoadas ouvidas por um ano na região onde será construído o prédio.

Para a cidade de Campinas o Td é da ordem de 55.

Assim:

$$Ng = 0,04 \cdot 55^{1,25} = 0,04 \cdot 150$$

$$Ng = 6 \frac{\text{desc}}{\text{km}^2 \cdot \text{ano}}$$

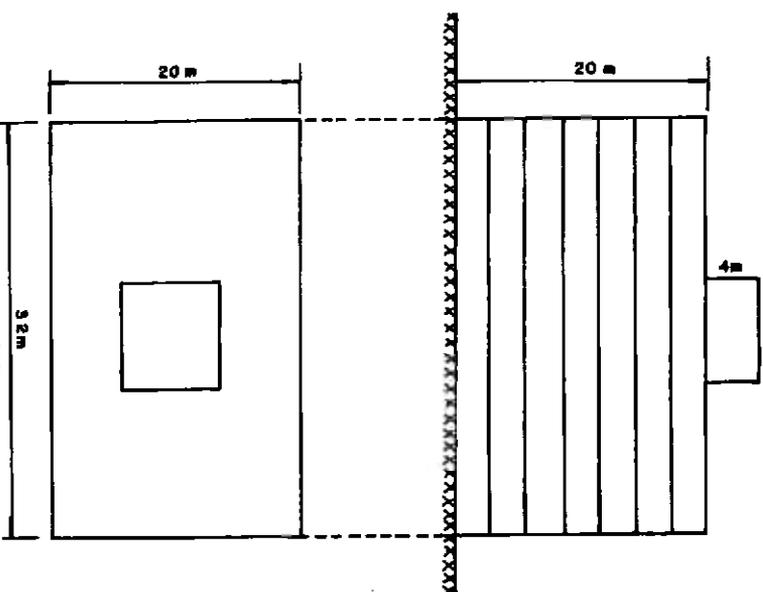


Figura 6.1

Cálculo da área de exposição equivalente da edificação.

$$Ae = LW + 2LH + 2WH + \pi H^2$$

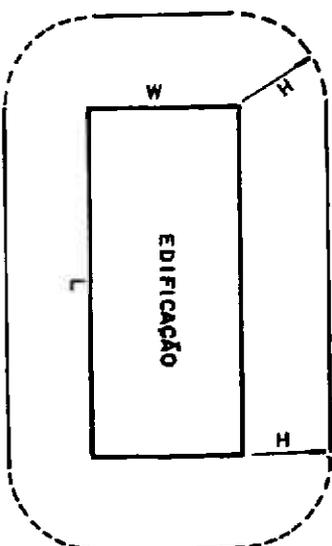


Figura 6.2

$$Ae = 32 \times 20 + 2 \times 32 \times 20 + 2 \times 20 \times 20 + 3,14 \times 20^2$$

$$Ae = 640 + 1280 + 800 + 1256$$

$$Ae = 3976 \text{ m}^2$$

Freqüência média anual previsível de descargas atmosféricas sobre o edifício - N

$$N = N_g \cdot Ae \cdot 10^{-6} = 6 \times 3976 \times 10^{-6}$$

$$N = 23,86 \times 10^{-3} \text{ descargas/ano}$$

Obs: A probabilidade é que ocorra uma descarga a cada 42 anos atingindo o edifício ($\frac{1}{0,02386}$)

Freqüência média anual admissível de danos - NC

Riscos maiores que 1×10^{-3} são considerados inaceitáveis.

Cálculo do número provável de raios que atingem anualmente a estrutura e podem provocar danos

$$N = N_x (Fator A) \times (Fator B) \times (Fator C) \times (Fator D) \times (Fator E)$$

$$N = 23,86 \times 10^{-3}$$

Fator A = 1,2 (edifício de apartamento)

Fator B = 0,4 (estrutura de concreto armado com cobertura não metálica)

Fator C = 0,3 (residências comuns)

Fator D = 2,0 (estr. que ultrapassa duas vezes a altura das estruturas próximas)

Fator E = 1,0 (elevação moderada)

$$N = 23,86 \times 1,2 \times 0,4 \times 0,3 \times 2,0 \times 1,0 \times 10^{-3}$$

$$N = 6,87 \times 10^{-3} \text{ descargas/ano}$$

Verificação da necessidade de instalação de um Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas - SPDA

Como $N = 6,87 \times 10^{-3}$ descargas/ano e portanto maior que 1×10^{-3} descargas/ano (N_c) é necessária a instalação de um SPDA

Determinação da eficiência mínima do SPDA a ser instalado

$$E = 1 - \frac{N_c}{N}$$

$$E = 1 - \frac{1 \times 10^{-3}}{6,87 \times 10^{-3}}$$

$$E = 0,85 = 85\%$$

Verificação do nível de Proteção

Pelas características do edifício, o nível de proteção recomendado para o projeto do SPDA é o III (risco normal), que proporcionará uma eficiência do sistema de proteção da ordem de 90% e portanto superior à mínima calculada anteriormente.

Dimensionamento dos Captadores

Método Franklin (hastes)

Campo de proteção de cada haste

- Serão utilizados captadores instalados em hastes de tubo de ferro zincado de 5,0m
- O campo de proteção será um cone tendo por vértice o ponto mais alto do pára-raios e cuja geratriz forma um ângulo α com o eixo vertical.

No caso o ângulo é de 35 graus, pois o nível de proteção é III e o prédio tem mais de 20m e menos de 30m (vide tabela na página 24)

A base do cone no teto do edifício será um círculo de raio $r = h \cdot \text{tg}35^\circ$

TS

Assim:

Haste instalada no teto do edifício

$$r = 5 \times 0,7 = 3,5m$$

Haste instalada no teto da caixa d'água e casa de máquinas

$$r = (5+4) \times 0,7 = 6,3m(\text{nível do teto do edifício})$$

$$r = 5 \times 0,7 = 3,5m(\text{nível do teto da caixa d'água})$$

- Dimensionamento do número de hastes

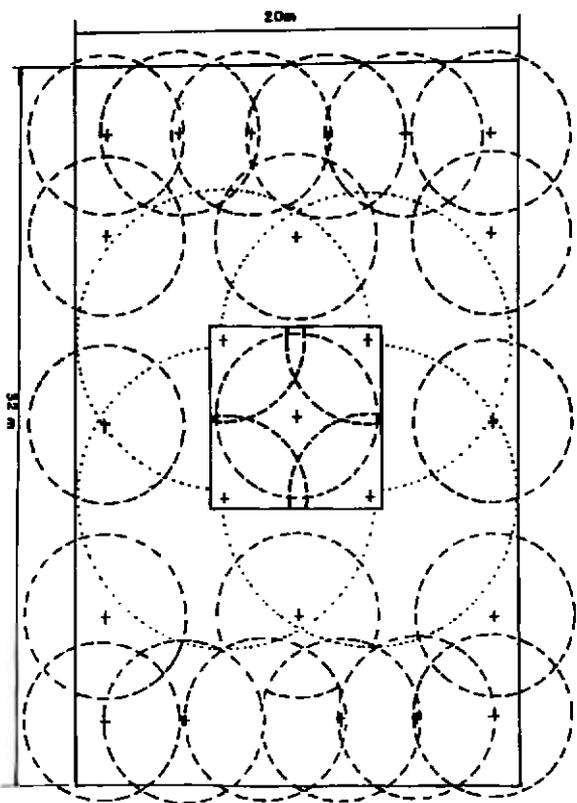


Figura 6.3

Serão necessárias 25 hastes de 5,0m, sendo 20 no teto do edifício e 5 no teto da caixa d'água.

Método Faraday (Gaiola)

Módulo da malha

As gaiolas de Faraday são formadas por uma rede de condutores envolvendo todos os lados do volume a proteger.

Para o nível de proteção III, o módulo da malha máxima pela NBR 5419 é o 10x15m (vide tabela da página 28).

Dimensionamento das malhas

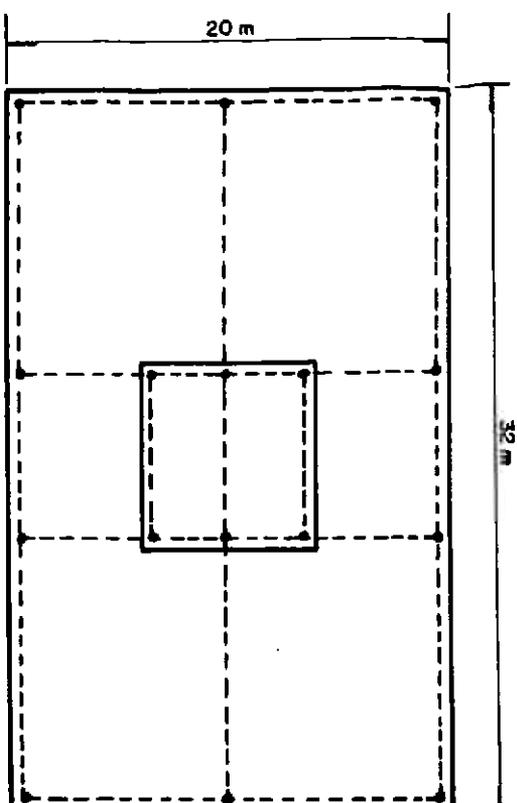


Figura 6.4

Notas:

- A malha mais importante é a que percorre toda a periferia do teto e a periferia da casa de máquinas e da caixa d'água.
- Verifica-se que a maior malha do projeto acima será de 10x12m e portanto atende a NBR 5419.
- O condutor de cobre recomendado é o 35mm² (vide tabela da página 36)

Dimensionamento das Descidas

Considerações gerais

- Os condutores de descida devem ser distribuídos ao longo do perímetro do volume a proteger

- Para o nível de proteção III o espaçamento médio das descidas é de 20m (vide página 37)
- Preferencialmente, instalar descidas em cada canto da estrutura.

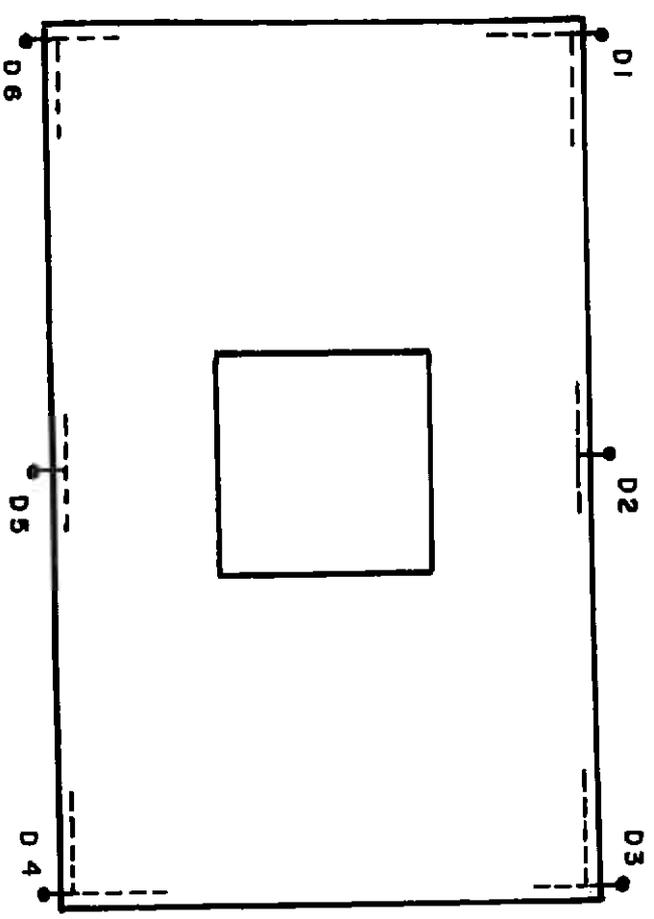


Figura 6.5
Dimensionamento das descidas.

- Obs:
- Serão necessárias 6 descidas
 - O condutor de cobre recomendado é o 16 mm² (Vide tabela da página 38)
 - Cada condutor de descida deverá ser provido de uma conexão de medição.

Dimensionamento do Aterramento

- A uma distância não inferior a 1m da estrutura e a uma profundidade mínima de 0,5m, prever um anel com cabo de cobre de 50mm² envolvendo todo o edifício.
- Interligar as descidas neste anel e em cada ponto de descida prever uma haste vertical copperweld de 2,40m, além de uma caixa de inspeção.
- Após a construção dos itens anteriores, medir a resistência de aterramento do conjunto, que deverá ser inferior a 10Ω

Caso seja superior, será necessário cravar outras hastes verticais em paralelo, ou ainda, tratar a terra que envolve as hastes com material que melhore a resistividade do solo (ex: Bentonita).

Note que novas hastes cravadas devem distar mais que 3m da outra haste.

Obs: É recomendável, antes do dimensionamento, efetuar a medição da resistividade do solo, visando a escolha do tipo de aterramento adequado para o local, conforme orientações apresentadas no próximo capítulo.

Estimativa do Material

A seguir são apresentadas duas opções para a estimativa do material, sendo uma pelo método Franklin e outra pelo método Faraday. Verifica-se que, no presente caso, a opção pelo método Faraday é a preferencial.

Método Franklin

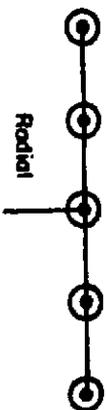
| Item | Descrição | Qtde | Observação |
|------|----------------------------------|-------|---|
| 01 | Captores | 25 un | Pára-raios Franklin (laço maciço 350mm) |
| 02 | Hastes metálicas de tubo zincado | 25 un | Cada uma de 5m, 1 1/2" |
| 03 | Base para hastes | 25 un | Para hastes de 1 1/2" |
| 04 | Conjunto de contraventagem | 25 un | Para hastes de 1 1/2" |
| 05 | Sinalizador de obstáculo simples | 1 un | Com célula foto-elétrica |

| | | | |
|----|---|--------|---|
| 06 | Conectores cabo haste (na base) | 25 un | Para haste de tubo galvanizado de 1 1/2" e cabo de cobre de 16mm ² |
| 07 | Cabo de cobre de 16 mm ² | 160 m | Para interligações das hastas às descidas |
| 08 | Cabo de cobre de 16 mm ² | 132 m | Para as descidas |
| 09 | Conectores para cabos de cobre de 16mm ² | 33 un | Rabichos para as hastas (25) interligações (8) |
| 10 | Conectores para medição | 6 un | Para cabos de 16mm ² |
| 11 | Tubo de proteção da descida | 6 un | Plástico - 3m - 2" |
| 12 | Braçadeira para tubo de plástico | 24 un | Para fixar tubo de plástico de 3m na parede a cada 1m |
| 13 | cabo de cobre de 50mm ² | 112 m | Para anel de aterramento envolvendo o prédio |
| 14 | Conectores para 16mm ² e 50mm ² | 6 un | Para conectar as descidas ao anel de aterramento |
| 15 | Hastes de aterramento | 6 un | Copperweld de 5/8" - 2,40m com conector |
| 16 | Caixa de inspeção | 6 un | Nos pontos com hastas cravadas |
| 17 | Massa calafetadora | 6 kg | Em todas as conexões enterradas e conexões haste - cobre |
| 18 | Fixadores e complementos | 195 un | Para fixar os condutores de cobre diretamente no teto e nas paredes a cada 1,5m |

Método Faraday

| Item | Descrição | Qtde | Observação |
|------|---|--------|--|
| 01 | Cabo de cobre de 35mm ² | 216 m | Para as malhas captoras instaladas no teto |
| 02 | Conectores para cabos de cobre de 35mm ² | 16 un | Para interligação das malhas no teto |
| 03 | Conectores para cabos de cobre de 16mm ² - 35mm ² | 6 un | Para a interligação das descidas às malhas captoras |
| 04 | Cabo de cobre de 16mm ² | 132 m | Para as descidas |
| 05 | Conectores para medição | 6 un | Para cabos de 16mm ² |
| 06 | Tubo de proteção de descida | 6 un | Plástico - 3m - 2" |
| 07 | Braçadeira para tubo de plástico | 24 un | Para fixar tubo de plástico de 2" na parede a cada 1 m |
| 08 | Cabo de cobre de 50mm ² | 112 m | Para anel de aterramento envolvendo o prédio |
| 09 | Conector para cabos de cobre de 16mm ² e 50mm ² | 6 un | Para conectar as descidas ao anel de aterramento |
| 10 | Haste de aterramento | 6 un | Copperweld de 5/8" - 2,40m com conector |
| 11 | Caixa de inspeção | 6 un | Nos pontos com hastas cravadas |
| 12 | Massa calafetadora | 6 kg | Em todas as conexões enterradas |
| 13 | Fixadores e complementos | 232 un | Para fixar os condutores de cobre diretamente no teto e nas paredes a cada 1,5 m |

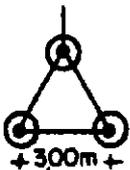
Hastes de Aterramento e Conectores



Radial



Em linha



Em triângulo

Figura 8.19
Aterramento

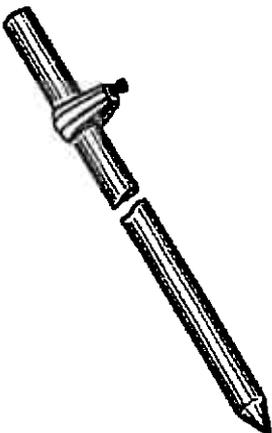


Figura 8.20
Haste de Aterramento

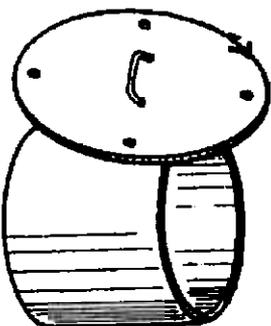


Figura 8.23
Caixa de Inspeção



Figura 8.21
Conector olhal cabo/haste

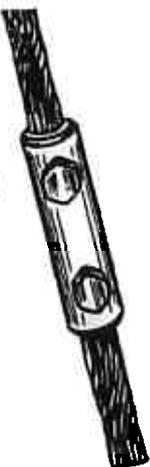


Figura 8.24
Conector de emenda para cabo, latão

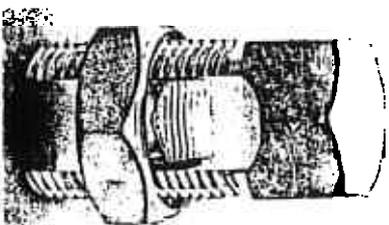


Figura 8.22
Para 2 cabos de cobre

Dispositivos para Proteção de Circuitos Elétricos de Baixa Tensão

Dispositivo do Fornecedor A

- Funcionamento: Ao chegar um pico de tensão no pára-raios, ocorre um arco no centelhador, desviando o surto para a terra. O arco é extinto por um disco de fibra especial (em combinação com uma câmara de extinção).
- Características: tensão disruptiva média - 3,7 kV corrente de descarga (2m - 5000A (nominal) e 10.000A (max)).
- Aplicação: Para chácaras e fazendas e também em residências e indústrias c periféricas.
- Local de instalação: Não podem ser usados em locais com risco de explosão. Podem ser instalados dentro ou fora do quadro de comando, e quando instalados ao tempo atentar para deixar a tela virada para baixo.

Esquemas de Ligação

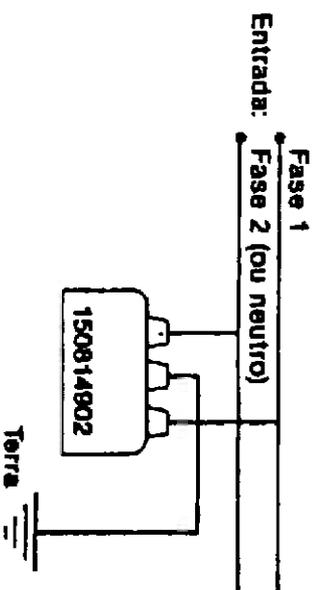


Figura 8.25
Monofásico

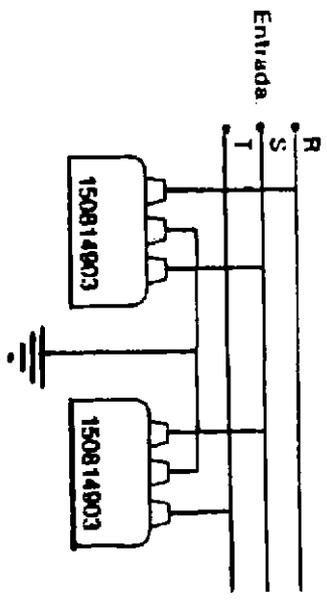


Figura 8.26
Trifásico II (para tensões de 220V)

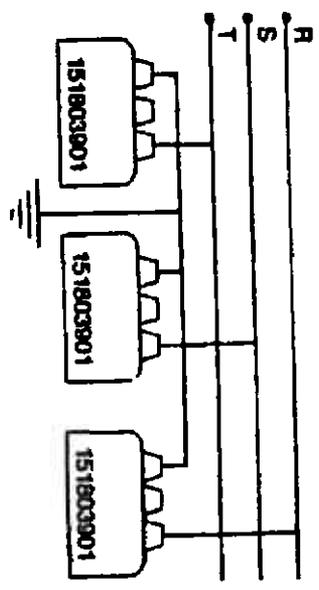


Figura 8.27
Trifásico III (para tensões de 380V e 440V)

Dispositivos do Fornecedor B

Dispositivo 1 - Tensão Nominal de 175 a 660 v, Corrente 1,5 KA

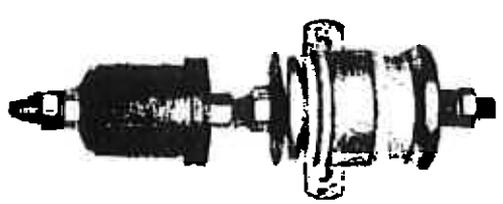


Figura 8.28

Pára-raios monofásico para uso interno ou externo, podendo ser usado com desligador automático que opera em caso de defeito interno do pára-raios.

O pára-raios é constituído de um centelhador com um bloco de resistor não linear em série.

72

Dispositivo 2 - Tensão Nominal de 175 a 280V, Corrente 1,5 KA



Figura 8.29

Pára-raios monofásico para uso interno, de tamanho reduzido. O pára-raios é constituído de um centelhador com um bloco de resistor não linear em série.

Dispositivo do Fornecedor C

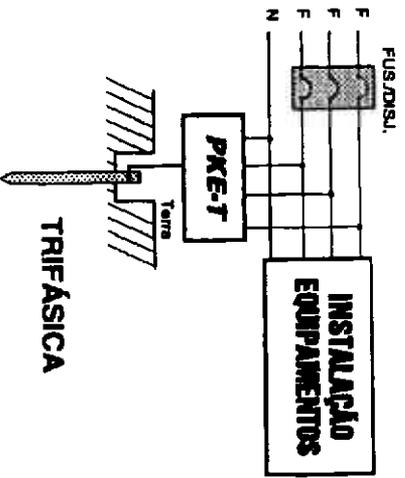


Figura 8.30

Características técnicas:

- vida útil - 1000 aplicações para ondas de 500A de pico, com duração de 8 x 20µs.
- 1 aplicação para corrente de pico de 10000 A, com duração de 8 x 20ms.
- disponível para circuitos monofásicos, bifásicos e trifásicos.

Dispositivos para Proteção de Equipamentos de Comunicação

Dispositivo do Fornecedor A

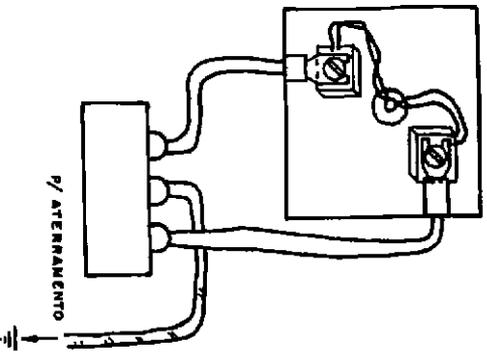


Figura 8.31

- Para-raios dotado de varistores de 60 ou 130v embutidos.
- Os dois fios laterais do para-raios devem ser ligados nos mesmos bornes que são usados para conectar a linha telefônica. O fio central deve ser aterrado.

Dispositivo do Fornecedor B

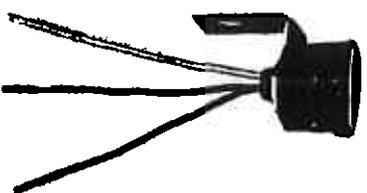


Figura 8.32

Para-raios com invólucro em material termoplástico, composto de dois centelhadores não contendo blocos de resistor não linear e série.

Dispositivo do Fornecedor C

Características

- Para-raios com capacidade para duas linhas
- Tensão de disparo de 200 a 300Vcc
- Tempo de resposta de 60 nanosegundos
- Vida útil para 400 aplicações.

Esquema de ligação

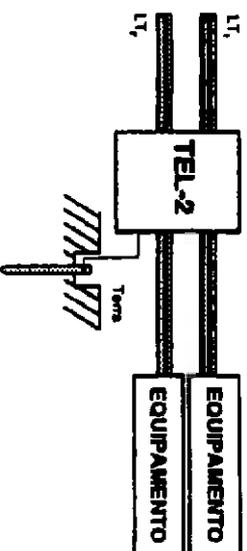


Figura 8.33