

## **NBR-5419:2015**

### **SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas)**

#### **Projeto: SPDA Hospital**

#### **1) Densidade e descargas atmosféricas para a terra [Ng]**

$$Ng = 9 \text{ [Descargas / km}^2\text{/ano]}$$

Fonte = Mapa - Norte

#### **2) Geometria da Estrutura**

$$\text{Comprimento [L]} = 76 \text{ m}$$

$$\text{Largura [W]} = 11 \text{ m}$$

$$\text{Altura [H]} = 5 \text{ m}$$

#### **3) Ad - Área de exposição equivalente [em m<sup>2</sup>]**

$$Ad = L * W + 2 * (3 * H) * (L + W) + PI * (3 * H)^2$$

$$Ad = 76 * 11 + 2 * (3 * 5) * (76 + 11) + 3.14159 * (3 * 5)^2$$

$$Ad = 4152.86 \text{ m}^2$$

#### **4) Geometria da Estrutura Adjacente [ENERGIA]**

$$\text{Comprimento [Lj]} = 10 \text{ m}$$

$$\text{Largura [Wj]} = 10 \text{ m}$$

$$\text{Altura [Hj]} = 10 \text{ m}$$

#### **5) Adj - Área de exposição equivalente [em m<sup>2</sup>]**

$$Adj = Lj * Wj + 2 * (3 * Hj) * (Lj + Wj) + PI * (3 * Hj)^2$$

$$Adj = 10 * 10 + 2 * (3 * 10) * (10 + 10) + 3.14159 * (3 * 10)^2$$

$$Adj = 4127.43 \text{ m}^2$$

#### **6) Fatores de Ponderação**

##### **6.1) Fator de Localização da Estrutura PRINCIPAL - Cd (Tabela A.1)**

Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos

$$Cd = 0.5$$

##### **6.2) Fator de Localização da Estrutura ADJACENTE [Energia] - Cdj (Tabela A.1)**

Estrutura ADJACENTE cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos

$$Cdj = 0.5$$

##### **6.3) Comprimento da Linha de Energia**

$$Ll = 25 \text{ [m]}$$

##### **6.4) Fator de Instalação da Linha ENERGIA - Ci (Tabela A.2)**

Aéreo

$$Ci = 1.0$$

### **6.5) Fator do Tipo de Linha ENERGIA - Ct (Tabela A.3)**

Linha de Energia em AT (com transformador AT/BT)  
Ct = 0.2

### **6.6) Fator Ambiental da Linha ENERGIA - Ce (Tabela A.4)**

Urbano  
Ce = 0.1

### **6.7) Comprimento da Linha de Sinal**

Llt = 0 [m]

### **6.8) Fator de Instalação da Linha SINAL - Cit (Tabela A.2)**

Aéreo  
Cit = 1.0

### **6.9) Fator do Tipo de Linha SINAL - Ctt (Tabela A.3)**

Linha de Energia ou Sinal  
Ctt = 1.0

### **6.10) Fator Ambiental da Linha SINAL - Cet (Tabela A.4)**

Urbano  
Cet = 0.1

### **6.11) Nd - Número de Eventos Perigosos para a Estrutura [por ano]**

$Nd = Ng * Ad * Cd * 10^{-6}$   
Nd = 0.01869

### **6.12) Ndj - Número de Eventos Perigosos pela Estrutura Adjacente Energia [por ano]**

$Ndj = Ng * Adj * Cdj * 10^{-6}$   
Ndj = 0.01857

### **6.13) Nm - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da estrutura [por ano]**

$Nm = Ng * Am * 10^{-6}$   
 $Am = 2 * 500 * (L + W) + Pi * 500^2$   
Am = 872398.16  
Nm = 7.85158

### **6.14) NI - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha de Energia [por ano]**

$Nl = Ng * Al * Ci * Ce * Ct * 10^{-6}$   
Al = 40 \* Ll  
Al = 1000  
Nl = 0.00018

### **6.15) Ni - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha de Energia [por ano]**

$Ni = Ng * Ai * Ci * Ce * Ct * 10^{-6}$   
 $Ai = 4000 * Ll$   
 $Ai = 100000$   
 $Ni = 0.018$

#### **6.16) Nit - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha SINAL [por ano]**

$Nlt = Ng * Al * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6}$   
 $Alt = 40 * Llt$   
 $Alt = 0$   
 $Nlt = 0$

#### **6.17) Nit - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha SINAL [por ano]**

$Nit = Ng * Ait * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6}$   
 $Ait = 4000 * Llt$   
 $Ait = 0$   
 $Nit = 0$

#### **6.18) Proteção da Estrutura - Pb (Tabela B.2)**

Estrutura protegida por SPDA - Classe II  
 $Pb = 0.05$

#### **6.19) Tipo de linha externa Energia - Cld e Cli (Tabela B.4)**

Linha aérea não blindada  
 $Cld = 1$   
 $Cli = 1$

#### **6.20) Tipo de linha externa SINAL - Cldt e Clit (Tabela B.4)**

Linha aérea não blindada  
 $Cldt = 1$   
 $Clit = 1$

#### **6.21) Ks1**

Ks1: leva em consideração a eficiência da blindagem por malha da estrutura, SPDA ou outra blindagem na interface ZPR 0/1;  
Dentro de uma ZPR, em uma distância de segurança do limite da malha no mínimo igual à largura da malha  $Wm$ ,  
fatores Ks1 e Ks2 para SPDA ou blindagem tipo malha espacial podem ser avaliados como:  $Ks1 = 0,12 * Wm1$   
 $Ks1 = 1$

#### **6.22) Uw Energia**

Uw: é a tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido, expressa em quilovolts (kV).  
 $Uw = 1$

#### **6.23) Ks4 Energia**

Ks4: leva em consideração a tensão suportável de impulso do sistema a ser protegido.  $Ks4 = 1 / Uw$   
 $Ks4 = 1$

## **6.24) Uwt Sinal**

$$Uwt = 1$$

## **6.25) Ks4t Sinal**

$$Ks4t = 1$$

## **6.26) Nível de Proteção NP - Peb (Tabela B.7)**

$$\begin{aligned} \text{DPS Classe II} \\ \text{Peb} = 0.02 \end{aligned}$$

## **6.27) Roteamento, blindagem e interligação ENERGIA - Pld (Tabela B.8)**

Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento ( $Uw=1$ )  
 $Pld = 1$

## **6.28) Roteamento, blindagem e interligação SINAL - Pldt (Tabela B.8)**

Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento ( $Uw=1$ )  
 $Pldt = 1$

## **6.29) Pv - Probabilidade de Descarga na linha de Energia Causar danos físicos**

$$\begin{aligned} Pv &= Peb * Pld * Cld \\ Pv &= 0.02 \end{aligned}$$

## **6.30) Pvt - Probabilidade de Descarga na linha de Sinal Causar danos físicos**

$$\begin{aligned} Pvt &= Peb * Pldt * ClDt \\ Pvt &= 0.02 \end{aligned}$$

## **7) Zonas da Edificação**

### **7.1) Zona: Ala 01 Hospital**

#### **7.1.1) Número de pessoas na Zona**

$$nz = 50$$

#### **7.1.2) Número total de pessoas na Estrutura**

$$nt = 50$$

#### **7.1.3) Tempo de presença das pessoas na Zona (h/ano)**

$$tz = 2112$$

#### **7.1.4) Tempo de presença das pessoas em locais perigosos fora da estrutura (h/ano)**

$$te = 0$$

#### **7.1.5) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente**

Considerar

#### **7.1.6) L2 - Perda inaceitável de serviço ao público**

Considerar

#### **7.1.7) L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural**

Desprezar

#### **7.1.8) L4 - Perda econômica**

Desprezar

#### **7.1.9) Risco de Explosão / Hospitais**

Sim

#### **7.1.10) Medidas de Proteção (descargas na linha) - Ptu (Tabela B.6)**

Nenhuma medida de proteção

Ptu = 1

#### **7.1.11) Ks2**

Ks2 = 1

#### **7.1.12) Nível de Proteção NP ENERGIA - Pspd (Tabela B.3)**

DPS Classe II

Pspd = 0.02

#### **7.1.13) Fiação Interna ENERGIA - Ks3 (Tabela B.5)**

Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços  
Condutores em laço com diferentes roteamentos em grandes edifícios  
(área do laço da ordem de 50 m<sup>2</sup>)

Ks3 = 1

#### **7.1.14) Nível de Proteção NP SINAL - Pspdt (Tabela B.3)**

DPS Classe II

Pspdt = 0.02

#### **7.1.15) Fiação Interna SINAL - Ks3t (Tabela B.5)**

Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços  
Condutores em laço com diferentes roteamentos em grandes edifícios  
(área do laço da ordem de 50 m<sup>2</sup>)

Ks3t = 1

#### **7.1.16) Pc - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos**

$P_c = P_{spd} * C_{ld}$

Pc = 0.02

**7.1.17) Pct - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL**

$$\begin{aligned} Pct &= Pspdt * Cldt \\ Pct &= 0.02 \end{aligned}$$

**7.1.18) Pms**

$$\begin{aligned} Pms &= (Ks1 * Ks2 * Ks3 * Ks4)^2 \\ Pms &= 1 \end{aligned}$$

**7.1.19) Pmst**

$$\begin{aligned} Pmst &= (Ks1 * Ks2 * Ks3t * Ks4t)^2 \\ Pmst &= 1 \end{aligned}$$

**7.1.20) Pm - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos**

$$\begin{aligned} Pm &= Pspdt * Pms \\ Pm &= 0.02 \end{aligned}$$

**7.1.21) Pmt - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL**

$$\begin{aligned} Pmt &= Pspdt * Pmst \\ Pm &= 0.02 \end{aligned}$$

**7.1.22) Pu - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque**

$$\begin{aligned} Pu &= PtU * Peb * Pld * Cld \\ Pu &= 0.02 \end{aligned}$$

**7.1.23) Put - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque SINAL**

$$\begin{aligned} Put &= PtU * Peb * Pldt * Cldt \\ Put &= 0.02 \end{aligned}$$

**7.1.24) Pw - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos**

$$\begin{aligned} Pw &= Pspdt * Pld * Cld \\ Pw &= 0.02 \end{aligned}$$

**7.1.25) Pwt - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos SINAL**

$$\begin{aligned} Pwt &= Pspdt * Pldt * Cldt \\ Pwt &= 0.02 \end{aligned}$$

**7.1.26) Pli**

$$\begin{aligned} Pli \text{ para } U_w &= 1 \text{ kV} \\ Pli &= 1 \end{aligned}$$

**7.1.27) Plit**

$$\begin{aligned} Plit \text{ para } U_{wt} &= 1 \text{ kV} \\ Plit &= 1 \end{aligned}$$

### **7.1.28) Pz - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos**

$$Pz = Pspd * Pli * Cli$$
$$Pz = 0.02$$

### **7.1.29) Pzt - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos SINAL**

$$Pzt = Pspdt * Plit * Clit$$
$$Pzt = 0.02$$

### **7.1.30) Medidas de Proteção (descargas na estrutura) - Pta (Tabela B.1)**

Nenhuma medida de Proteção

$$Pta = 1$$

### **7.1.31) Tipo de superfície do solo ou piso - Fator de redução rt (Tabela C.3)**

Mármore, cerâmica (Resistência de contato entre 1 e 10 ohms)

$$rt = 0.001$$

### **7.1.32) Providências para reduzir consequências de incêndio - Fator de redução rp (Tabela C.4)**

Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes. compartimentos à prova de fogo, rotas de escape

$$rp = 0.5$$

### **7.1.33) Risco de incêndio ou explosão na estrutura - Fator de redução rf (Tabela C.5)**

Incêndio: Risco Normal

$$rf = 0.01$$

### **7.1.34) Perigo Especial - Fator hz (Tabela C.6)**

Dificuldade de evacuação (por exemplo, estrutura com pessoas imobilizadas, hospitais)

$$hz = 5$$

### **7.1.35) Pa - Probabilidade de Descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque**

$$Pa = Pta * Pb$$
$$Pa = 0.05$$

### **7.1.36) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente**

#### **7.1.36.1) Lt**

$$Lt = 0.01$$

#### **7.1.36.2) D2 - Danos Físicos - Lf (Tabela C.2)**

Hospital, hotel, escola, edifício cívico

$$L_f = 0.1$$

### **7.1.36.3) D3 - Falhas de sistemas internos - Lo (Tabela C.2)**

Outras partes de hospital  
 $L_o = 0.001$

### **7.1.36.4) La**

$$L_a = r_t * L_t * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$$
$$L_a = 0.02411 * 10^{-4}$$

### **7.1.36.5) Lu**

$$L_u = L_a = 0.02411 * 10^{-4}$$

### **7.1.36.6) Lb**

$$L_b = r_p * r_f * h_z * L_f * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$$
$$L_b = 0.0006$$

### **7.1.36.7) Lv**

$$L_v = L_b = 0.0006$$

### **7.1.36.8) Lc**

$$L_c = L_o * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$$
$$L_c = 0.00024$$

### **7.1.36.9) Lm Lw Lz**

$$L_m = L_w = L_z = L_c = 0.00024$$

## **7.1.37) L2 - Perda inaceitável de serviço ao público**

### **7.1.37.1) D2 - Danos Físicos - Lf (Tabela C.8)**

Gás, água, fornecimento de energia  
 $L_{f2} = 0.1$

### **7.1.37.2) D3 - Falhas de sistemas internos - Lo (Tabela C.8)**

Gás, água, fornecimento de energia  
 $L_{o2} = 0.01$

### **7.1.37.3) Lb2**

$$L_{b2} = r_p * r_f * L_{f2} * (n_z / n_t)$$
$$L_{b2} = 0.0005$$

### **7.1.37.4) Lv2**

$$L_{v2} = L_{b2} = 0.0005$$

### **7.1.37.5) Lc2**

$$Lc2 = Lo2 * (nz / nt)$$
$$Lc2 = 0.01$$

### **7.1.37.6) Lm2 Lw2 Lz2**

$$Lm2 = Lw2 = Lz2 = Lc2 = 0.01$$

## **7.1.38) Riscos [R1] da Zona [Ala 01 Hospital]**

### **7.1.38.1) Ra**

$$Ra = Nd * Pa * La$$
$$Ra = 0.01869 * 0.05 * 0.02411 * 10^{-4}$$
$$Ra = 0.02253 * 10^{-7}$$

### **7.1.38.2) Rb**

$$Rb = Nd * Pb * Lb$$
$$Rb = 0.01869 * 0.05 * 0.0006$$
$$Rb = 0.00563 * 10^{-4}$$

### **7.1.38.3) Rc**

$$Rc = Nd * Pc * Lc$$
$$Rc = 0.01869 * 0.02 * 0.00024$$
$$Rc = 0.00901 * 10^{-5}$$

### **7.1.38.4) Rm**

$$Rm = Nm * Pm * Lm$$
$$Rm = 7.85158 * 0.02 * 0.00024$$
$$Rm = 0.03786 * 10^{-3}$$

### **7.1.38.5) Ru**

$$Ru = (Nl + Ndj) * Pu * Lu$$
$$Ru = (0.00018 + 0.01857) * 0.02 * 0.02411 * 10^{-4}$$
$$Ru = 0.00904 * 10^{-7}$$

### **7.1.38.6) Rut**

$$Rut = (Nlt + Ndj1) * Put * Lu$$
$$Rut = (0 + 0) * 0.02 * 0.02411 * 10^{-4}$$
$$Rut = 0$$

### **7.1.38.7) Rv**

$$Rv = (Nl + Ndj) * Pv * Lv$$
$$Rv = (0.00018 + 0.01857) * 0.02 * 0.0006$$
$$Rv = 0.02261 * 10^{-5}$$

### **7.1.38.8) Rvt**

$$Rvt = (Nlt + Ndj1) * Pvt * Lv$$
$$Rvt = (0 + 0) * 0.02 * 0.0006$$
$$Rvt = 0$$

### **7.1.38.9) Rw**

$$\begin{aligned} R_w &= (N_l + N_{d_j}) * P_w * L_w \\ R_w &= (0.00018 + 0.01857) * 0.02 * 0.00024 \\ R_w &= 0.00904 * 10^{-5} \end{aligned}$$

### 7.1.38.10) Rwt

$$\begin{aligned} R_{wt} &= (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{wt} * L_w \\ R_{wt} &= (0 + 0) * 0.02 * 0.00024 \\ R_{wt} &= 0 \end{aligned}$$

### 7.1.38.11) Rz

$$\begin{aligned} R_z &= N_i * P_z * L_z \\ R_z &= 0.018 * 0.02 * 0.00024 \\ R_z &= 0.00868 * 10^{-5} \end{aligned}$$

### 7.1.38.12) R1z

$$\begin{aligned} R_{1z} &= R_a + R_b + R_u + R_v + R_{ut} + R_{vt} + R_c + R_m + R_w + R_{wt} + R_z + R_{zt} \\ R_{1z} &= 0.02253 * 10^{-7} + 0.00563 * 10^{-4} + 0.00904 * 10^{-7} + 0.02261 * 10^{-5} + 0 + 0 + \\ &0.00901 * 10^{-5} + 0.03786 * 10^{-3} + 0.00904 * 10^{-5} + 0 + 0.00868 * 10^{-5} + 0 \\ R_{1z} &= 3.89 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

## 7.1.39) Riscos [R2] da Zona [Ala 01 Hospital]

### 7.1.39.1) Rb2

$$\begin{aligned} R_{b2} &= N_d * P_b * L_{b2} \\ R_{b2} &= 0.01869 * 0.05 * 0.0005 \\ R_{b2} &= 0.04672 * 10^{-5} \end{aligned}$$

### 7.1.39.2) Rc2

$$\begin{aligned} R_{c2} &= N_d * P_c * L_{c2} \\ R_{c2} &= 0.01869 * 0.02 * 0.01 \\ R_{c2} &= 0.03738 * 10^{-4} \end{aligned}$$

### 7.1.39.3) Rm2

$$\begin{aligned} R_{m2} &= N_m * P_m * L_{m2} \\ R_{m2} &= 7.85158 * 0.02 * 0.01 \\ R_{m2} &= 0.00157 \end{aligned}$$

### 7.1.39.4) Rv2

$$\begin{aligned} R_{v2} &= (N_l + N_{d_j}) * P_v * L_{v2} \\ R_{v2} &= (0.00018 + 0.01857) * 0.02 * 0.0005 \\ R_{v2} &= 0.01875 * 10^{-5} \end{aligned}$$

### 7.1.39.5) Rvt2

$$\begin{aligned} R_{vt2} &= (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{vt} * L_{v2} \\ R_{vt2} &= (0 + 0) * 0.02 * 0.0005 \\ R_{vt2} &= 0 \end{aligned}$$

### 7.1.39.6) Rw2

$$\begin{aligned} R_{w2} &= (N_{l1} + N_{dj}) * P_w * L_{w2} \\ R_{w2} &= (0.00018 + 0.01857) * 0.02 * 0.01 \\ R_{w2} &= 0.03751 * 10^{-4} \end{aligned}$$

### 7.1.39.7) Rwt2

$$\begin{aligned} R_{wt2} &= (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{wt} * L_{w2} \\ R_{wt2} &= (0 + 0) * 0.02 * 0.01 \\ R_{wt2} &= 0 \end{aligned}$$

### 7.1.39.8) Rz2

$$\begin{aligned} R_{z2} &= N_i * P_z * L_{z2} \\ R_{z2} &= 0.018 * 0.02 * 0.01 \\ R_{z2} &= 0.036 * 10^{-4} \end{aligned}$$

### 7.1.39.9) R2z

$$\begin{aligned} R_{2z} &= R_{b2} + R_{c2} + R_{m2} + R_{v2} + R_{w2} + R_{z2} + R_{vt2} + R_{wt2} + R_{zt2} \\ R_{2z} &= 0.04672 * 10^{-5} + 0.03738 * 10^{-4} + 0.00157 + 0.01875 * 10^{-5} + 0.03751 * 10^{-4} \\ &+ 0.036 * 10^{-4} + 0 + 0 + 0 \\ R_{2z} &= 1.58 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

## 8) Risco Total

### 8.1) R1

$$\begin{aligned} R_a + R_b &= 0.0565 \times 10^{-5} \\ R_1 &= 3.89 \times 10^{-5} \\ R_{t1} &= 1 \times 10^{-5} \\ R_1 &> R_{t1} \\ (R_a + R_b) &\leq R_{t1} \\ &[\text{Requer outra Classe de SPDA ou MPS}] \end{aligned}$$

### 8.2) R2

$$\begin{aligned} R_a + R_b &= 0.000467 \times 10^{-3} \\ R_2 &= 1.58 \times 10^{-3} \\ R_{t2} &= 1 \times 10^{-3} \\ R_2 &> R_{t2} \\ (R_a + R_b) &\leq R_{t2} \\ &[\text{Requer outra Classe de SPDA ou MPS}] \end{aligned}$$

### 8.3) Estrutura Desprotegida: Talvez a instalação de DPS ou outros MPSs evitem a necessidade de outra classe de SPDA.

$$\begin{aligned} R_{ab1} &\leq R_{t1} \\ R_{ab2} &\leq R_{t2} \end{aligned}$$

## 9) Nível de Proteção adotada: II

## 10) Método Utilizado

### 10.1) Método Eletrogeométrico

Raio da Esfera Rolante [Nível de Proteção II]

$$R = 30 \text{ m}$$

## 11) Cálculo do Número de descidas [N]

Area = 836 m<sup>2</sup>.  
Altura = 5 m.  
Perímetro = 174 m.  
Cantos Salientes da Estrutura = 9

Nível de Proteção II: Espaçamento médio = 10m

$N = \text{Perímetro} / 10\text{m} + (\text{número de cantos salientes})$  [N = 22] para Nível de Proteção: II

$N = \text{Altura} / 10\text{m} + (\text{número de cantos salientes})$  |  $N = 5 / 10 + 9$  |  $N = 14$   
 $N \geq 2$  (Para descidas não naturais)

N = 22 descidas.

## 12) Cálculo do Comprimento do Condutor enterrado horizontalmente

Condutor enterrado horizontalmente

$r = 10 \text{ ohms.m}$  [resistividade do solo]  
 $R = 1.21 \text{ ohms}$  [Resistência de aterramento]  
 $L = \text{Comprimento do Condutor Horizontal enterrado em (m)}$

$L = (2 * r) / R$   
 $L = (2 * 10) / 1.21$   
 $L = 16.53 \text{ m}$

$l_1(\text{min}) = 5 \text{ m}$

$L = 16.53 \text{ m}$

$R_e = 27.69 \text{ m}$  [Raio médio da área abrangida pelos eletrodos]

Comprimento Adicional [ $R_e \geq l_1$ ] [OK]

## 13) Anéis horizontais de interligação das descidas

Instalação de 1 Anél horizontal de aterramento enterrado  
Altura: 5m  $\leq$  10m (Não é necessário anél horizontal intermediário)

## 14) Seções mínimas

### 14.1) Condutores de Captação, Hastes Captoras e Condutores de Descidas

Cobre - Fita maciça	35mm <sup>2</sup>	Espessura 1.75 mm
Cobre - Arredondado maciço	35mm <sup>2</sup>	Diâmetro 6 mm
Cobre - Encordoado	35mm <sup>2</sup>	Diâmetro de cada fio da oordalha 2.5mm
Cobre - Arredondado maciço (b)	200mm <sup>2</sup>	Diâmetro 16 mm
Alumínio - Fita maciça	70mm <sup>2</sup>	Espessura 3 mm
Alumínio - Arredondado maciço	70mm <sup>2</sup>	Diâmetro 9.5mm
Alumínio - Encordoado	70mm <sup>2</sup>	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3.5mm
Alumínio - Arredondado maciço (b)	200mm <sup>2</sup>	Diâmetro 16 mm
Aço Cobreado IACS 30% - Arredondado maciço	50mm <sup>2</sup>	Diâmetro 8 mm
Aço Cobreado IACS 30% - Encordoado	50mm <sup>2</sup>	Diâmetro de cada fio da cordosilha 3 mm
Alumínio Cobreado IACS 64% - Arredondado maciço	50mm <sup>2</sup>	Diâmetro 8 mm

Alumínio Cobreado IACS 64% - Encordoado	70mm <sup>2</sup>	Diâmetro de cada
frio da axdoeêia 3.6 nwn		
Aço Galv.a quente - Fita maciça	50mm <sup>2</sup>	Espessura mínima 2.5mm
Aço Galv.a quente - Arredondado maciço	50mm <sup>2</sup>	Diâmetro 8 mm
Aço Galv.a quente - Encordoado	50mm <sup>2</sup>	Diâmetro de cada fio
cordoalha 1.7 mm		
Aço Galv.a quente - Arredondado maciço (b) 200mm <sup>2</sup>		Diâmetro 16 mm
Aço Inoxidável - Fita maciça	50mm <sup>2</sup>	Espessura 2 mm
Aço Inoxidável - Arredondado maciço	50mm <sup>2</sup>	Diâmetro 8 mm
Aço Inoxidável - Encordoado	70mm <sup>2</sup>	Diâmetro de cada fio cordoalha
1.7 mm		
Aço Inoxidável - Arredondado maciço (b) 200mm <sup>2</sup>		Diâmetro 16 mm

(b) - Aplicável somente a minicaptadores. Para aplicações onde esforços mecânicos, por exemplo, força do vento, não forem críticos, é permitida a utilização de elementos com diâmetro mínimo de 10mm e comprimento máximo de 1m.

## 14.2) Eletrodo de Aterramento

Cobre - Encordoado - 50 mm<sup>2</sup> - Diâmetro de cada fio - cordoalha 3 mm  
Cobre - Arredondado maciço - 50mm<sup>2</sup> - Diâmetro 8 mm  
Cobre - Fita maciça - 50 mm<sup>2</sup> - Espessura 2mm  
Cobre - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 15mm  
Cobre - Tubo - Eletrodo cravado 20mm - Espessura da parede 2 mm  
Aço Galv.a quente - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 16mm  
Aço Galv.a quente - Arredondado maciço - Eletrodo não cravado 10mm  
Aço Galv.a quente - Tubo - Eletrodo cravado 25mm - Espessura da parede 2 mm  
Aço Galv.a quente - Fita maciça - 90 mm<sup>2</sup> - Espessura 3 mm  
Aço Galv.a quente - Encordoado - 70 mm<sup>2</sup>  
Aço Cobreado - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 12.7mm  
Aço Cobreado - Encordoado 70 mm<sup>2</sup> - Diâmetro de cada fio da cordoalha 3.45 mm  
Aço Inoxidável - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 15mm  
Aço Inoxidável - Arredondado maciço - Eletrodo não cravado 10mm  
Aço Inoxidável - Fita maciça - 100mm<sup>2</sup> - Espessa mínima 2 mm