



**CONSÓRCIO
SAÚDE**

CONCREMAT | MEP

**SPDA - Cálculos de Gestão
de Risco de Proteção
Para NBR 5419/2015 Estudo de caso
PROJETO DE SPDA**

**CENTRO DE ATENÇÃO PSICOSSOCIAL I
INFANTO JUVENIL
(CAPS 1)**

**JANEIRO/2026
VERSÃO R01**

CONSÓRCIO SAÚDE CONCREMAT-MEP – CNPJ 60.255.454/0001-35
Rua Joaquim Palhares, nº 40, Andar 5 – Rio de Janeiro/RJ
CEP: 20.260-080 – Fone: (21) 35354131
0011-PP-CAPS1-SPD-MD-MC-PE-DOC-001-01

ASSUNTO:	MEMORIAL DESCRITIVO – PROJETO EXECUTIVO – SPDA	
OBRA:	CENTRO DE ATENÇÃO PSICOSSOCIAL I INFANTO JUVENIL (CAPS 1)	
LOCAL:	LOCALIDADES VARIADAS	
CONTRATANTE:	SECRETARIA DE SAÚDE DO ESTADO DA BAHIA - SESAB	CNPJ: 13.937.131/0001-41
CONTRATADA:	CONSÓRCIO SAÚDE CONCREMAT-MEP	CNPJ: 60.255.454/0001-35

ÍNDICE

1. DESCRITIVO	4
2. SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO.....	4
3. SUBSISTEMA DE DESCIDAS	4
4. SUBSISTEMA DE EQUIPOTENCIALIZAÇÃO E CAPTAÇÃO.....	5
5. CAPTAÇÃO	5
6. DESCIDAS.....	6
7. ATERRAMENTO	6
8. CÁLCULO DE RISCO.....	7

1. DESCRITIVO

O sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) adotado para a edificação será do Tipo 3 – Modelo Híbrido, conforme estabelecido na NBR 5419:2015.

O sistema não utiliza a estrutura metálica como condutora natural. Em vez disso, adota-se um conjunto de condutores externos formando gaiola de Faraday, com descidas externas dedicadas e aterramento independente.

2. SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

O subsistema de aterramento será constituído por uma malha de terra perimetral instalada ao redor de toda a edificação, formada por cabo de cobre nu de 50 mm² enterrado a aproximadamente cinquenta centímetros de profundidade. Esta malha será interligada a hastes galvanizadas a fogo, maciças, com dez milímetros de diâmetro e três metros de comprimento, conforme recomenda a Tabela 7 da NBR 5419-3/2015. As conexões entre malha e hastes serão feitas por conectores apropriados, garantindo continuidade elétrica e baixa impedância do sistema. Sempre que houver massas metálicas enterradas, tubulações ou estruturas que possam contribuir para o desempenho do aterramento, estas poderão ser integradas ao sistema, desde que avaliadas previamente, com o objetivo de melhorar a dissipação de corrente elétrica no solo.

3. SUBSISTEMA DE DESCIDAS

O sistema utilizará descidas totalmente externas distribuídas de forma uniforme ao longo de todo o perímetro da edificação, respeitando o espaçamento definido para sistemas de nível de proteção III. As descidas serão feitas em barra chata de alumínio, instalada externamente, fixada à fachada por meio de suportes apropriados e mantida em toda a altura da edificação de forma visível e acessível. Cada barra chata será conectada diretamente ao subsistema de captação no topo da cobertura e ao subsistema de aterramento na base, garantindo a continuidade elétrica e mantendo o fluxo da corrente completamente externo ao corpo da edificação. Esse arranjo elimina

a necessidade de utilização de armaduras internas ou interligações estruturais, mantendo o SPDA totalmente desvinculado da estrutura de concreto.

4. SUBSISTEMA DE EQUIPOTENCIALIZAÇÃO E CAPTAÇÃO

A equipotencialização será executada conforme as exigências da NBR 5419, de modo a interligar todas as massas metálicas expostas ou capazes de conduzir tensões perigosas decorrentes de descargas atmosféricas. Serão equipotencializados elementos como escadas metálicas, antenas, guarda-corpos, estruturas metálicas expostas, suportes de painéis solares e demais componentes condutores presentes na edificação. O BEP — Barramento de Equipotencialização Principal — será utilizado como ponto central de referência para a conexão do SPDA ao sistema de aterramento e aos demais elementos metálicos relevantes. As conexões deverão garantir continuidade elétrica e permitir inspeções futuras.

A verificação final de continuidade é feita após a conclusão da instalação do SPDA. A medição da resistência deve ser realizada entre a parte mais alta do subsistema de captação e o aterramento, preferencialmente no BEP. O valor máximo permitido para o ensaio de resistência nesse trecho é de $0,2\Omega$. Os ensaios deverão ser acompanhados de certificado de conformidade e ART junto ao CREA.

5. CAPTAÇÃO

O subsistema de captação será constituído por condutores instalados no perímetro superior da edificação, formando uma gaiola de Faraday que assegura cobertura total da projeção horizontal da construção. O dimensionamento da captação adotou o método Eletrogeométrico, considerando nível de proteção III e raio de esfera de 45 metros, o que definiu a altura, quantidade e posicionamento dos mastros e condutores necessários para garantir o volume de proteção adequado. Por se tratar de uma edificação com altura inferior a sessenta metros, não foram consideradas faíscas laterais nem se fez necessária a execução de anéis de cintamento, conforme disposto

no item 5.2.3.1 da NBR 5419-3/2015. Toda a captação será interligada diretamente às descidas em barra chata de alumínio.

6. DESCIDAS

As descidas do SPDA serão totalmente externas, executadas em barra chata de alumínio, instaladas ao longo do perímetro do prédio principal (Arquivo) e distribuídas conforme espaçamento previsto para sistemas de nível de proteção III da NBR 5419. Diferentemente de sistemas estruturais, não serão utilizadas descidas naturais embutidas em pilares, como barras galvanizadas de 3/8". Todo o sistema de condução será realizado externamente, com as barras chatas fixadas em suportes apropriados, garantindo continuidade elétrica em toda a altura da edificação. As descidas serão conectadas diretamente ao subsistema de captação na cobertura e ao subsistema de aterramento na base, assegurando um caminho seguro e visível para o escoamento das correntes de descargas atmosféricas, mantendo o SPDA totalmente independente da estrutura de concreto.

7. ATERRAMENTO

O aterramento será executado por meio de hastes galvanizadas a fogo maciças, com diâmetro de 10 mm e comprimento de 3 metros, em conformidade com a Tabela 7 da NBR 5419-3/2015. Estas hastes serão distribuídas ao redor da edificação e interligadas à malha de terra perimetral, composta por cabo de cobre nu de 50 mm² enterrado a aproximadamente 50 cm do piso. A malha e as hastes formarão um único sistema equipotencial, garantindo baixa impedância para a dissipação de correntes atmosféricas. As descidas em barra chata de alumínio serão conectadas diretamente aos pontos da malha, assegurando continuidade e uniformidade do sistema de aterramento.

8. CÁLCULO DE RISCO

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

$$Ng = 3.57 \text{ [Descargas / km}^2\text{/ano]}$$

Fonte = Mapa - Nordeste

2) Geometria da Estrutura

$$\text{Comprimento [L]} = 27.5 \text{ m}$$

$$\text{Largura [W]} = 36.4 \text{ m}$$

$$\text{Altura [H]} = 5.5 \text{ m}$$

3) Ad - Área de exposição equivalente [em m²]

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

$$Ad = 27.5 * 36.4 + 2 * (3 * 5.5) * (27.5 + 36.4) + 3.14159 * (3 * 5.5)^2$$

$$Ad = 3965 \text{ m}^2$$

4) Fatores de Ponderação

4.1) Fator de Localização da Estrutura PRINCIPAL - Cd (Tabela A.1)

Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos

$$Cd = 0.5$$

4.2) Comprimento da Linha de Energia

$$Ll = 1000 \text{ [m]}$$

4.3) Fator de Instalação da Linha ENERGIA - Ci (Tabela A.2)

Aéreo

$$Ci = 1.0$$

4.4) Fator do Tipo de Linha ENERGIA - Ct (Tabela A.3)

Linha de Energia em AT (com transformador AT/BT)

$$Ct = 0.2$$

4.5) Fator Ambiental da Linha ENERGIA - Ce (Tabela A.4)

Urbano

$$Ce = 0.1$$

4.6) Comprimento da Linha de Sinal

$$Llt = 1000 \text{ [m]}$$

4.7) Fator de Instalação da Linha SINAL - Cit (Tabela A.2)

Aéreo
Cit = 1.0

4.8) Fator do Tipo de Linha SINAL - Ctt (Tabela A.3)

Linha de Energia ou Sinal
Ctt = 1.0

4.9) Fator Ambiental da Linha SINAL - Cet (Tabela A.4)

Urbano
Cet = 0.1

4.10) Nd - Número de Eventos Perigosos para a Estrutura [por ano]

$Nd = Ng * Ad * Cd * 10^{-6}$
Nd = 0.00708

4.11) 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 = 849298.16
Nm = 3.03199

4.12) Nl - 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 = 40000
Nl = 0.00286

4.13) 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 = 4000000
Ni = 0.2856

4.14) Nlt - 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 = 40000
Nlt = 0.01428

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

$$\text{Nit} = \text{Ng} * \text{Ait} * \text{Cit} * \text{Cet} * \text{Ctt} * 10^{-6}$$
$$\text{Ait} = 4000 * \text{Llt}$$
$$\text{Ait} = 4000000$$
$$\text{Nit} = 1.428$$

4.16) Proteção da Estrutura - Pb (Tabela B.2)

Estrutura protegida por SPDA - Classe IV
Pb = 0.2

4.17) Tipo de linha externa Energia - Cld e Cli (Tabela B.4)

Linha de energia com neutro multiterrado
Cld = 1
Cli = 0.2

4.18) Tipo de linha externa SINAL - Cldt e Clit (Tabela B.4)

Linha aérea não blindada
Cldt = 1
Clit = 1

4.19) 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: $Ks1 = 0,12 * Wm1$
 $Ks1 = 1$

4.20) Uw Energia

Uw: é a tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido, expressa em quilovolts (kV).
 $Uw = 2.5$

4.21) Ks4 Energia

Ks4: leva em consideração a tensão suportável de impulso do sistema a ser protegido. $Ks4 = 1 / Uw$
 $Ks4 = 0.4$

4.22) Uwt Sinal

$$Uwt = 1.5$$

4.23) Ks4t Sinal

$$Ks4t = 0.67$$

4.24) Nível de Proteção NP - Peb (Tabela B.7)

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

4.25) 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 ($Uw=2.5$)
 $Pld = 1$

4.26) 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 ($Uw=1.5$)
 $Pldt = 1$

4.27) Pv - Probabilidade de Descarga na linha de Energia Causar danos físicos

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

4.28) Pvt - Probabilidade de Descarga na linha de Sinal Causar danos físicos

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

5) Zonas da Edificação

5.1) Zona: Z1 (entrada área fora da edificação)

5.1.1) Número de pessoas na Zona

$$nz = 60$$

5.1.2) Número total de pessoas na Estrutura

nt = 60

5.1.3) Tempo de presença das pessoas na Zona (h/ano)

tz = 2400

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

te = 0

5.1.5) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

Considerar

5.1.6) L2 - Perda inaceitável de serviço ao público

Considerar

5.1.7) L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural

Desprezar

5.1.8) L4 - Perda econômica

Desprezar

5.1.9) Risco de Explosão / Hospitais

Não

5.1.10) Medidas de Proteção (descargas na linha) - Ptu (Tabela B.6)

Não aplicável (área externa)
Ptu = 0

5.1.11) Ks2

Ks2 = 1

5.1.12) Nível de Proteção NP ENERGIA - Pspd (Tabela B.3)

DPS Classe II
Pspd = 0.02

5.1.13) 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 m²)
 $Ks3 = 1$

5.1.14) Nível de Proteção NP SINAL - Pspdt (Tabela B.3)

DPS Classe II
 $Pspdt = 0.02$

5.1.15) 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 m²)
 $Ks3t = 1$

5.1.16) Pc - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos

$Pc = Pspd * Cld$
 $Pc = 0.02$

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

$Pct = Pspdt * Cldt$
 $Pct = 0.02$

5.1.18) Pms

$Pms = (Ks1 * Ks2 * Ks3 * Ks4)^2$
 $Pms = 0.16$

5.1.19) Pmst

$Pmst = (Ks1 * Ks2 * Ks3t * Ks4t)^2$
 $Pmst = 0.4489$

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

$Pm = Pspd * Pms$
 $Pm = 0.0032$

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

$$P_{mt} = P_{spdt} * P_{mst}$$
$$P_m = 0.00898$$

5.1.22) P_u - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque

$$P_u = P_{tu} * P_{eb} * P_{ld} * C_{ld}$$
$$P_u = 0$$

5.1.23) P_{ut} - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque SINAL

$$P_{ut} = P_{tu} * P_{eb} * P_{ldt} * C_{ldt}$$
$$P_{ut} = 0$$

5.1.24) P_w - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos

$$P_w = P_{spd} * P_{ld} * C_{ld}$$
$$P_w = 0.02$$

5.1.25) P_{wt} - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos SINAL

$$P_{wt} = P_{spdt} * P_{ldt} * C_{ldt}$$
$$P_{wt} = 0.02$$

5.1.26) P_{li}

$$P_{li} \text{ para } U_w = 2.5 \text{ kV}$$
$$P_{li} = 0.3$$

5.1.27) P_{lit}

$$P_{lit} \text{ para } U_{wt} = 1.5 \text{ kV}$$
$$P_{lit} = 0.5$$

5.1.28) P_z - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos

$$P_z = P_{spd} * P_{li} * C_{li}$$
$$P_z = 0.0012$$

5.1.29) P_{zt} - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos SINAL

$$P_{zt} = P_{spdt} * P_{lit} * C_{lit}$$

$Pzt = 0.01$

5.1.30) Medidas de Proteção (descargas na estrutura) - Pta (Tabela B.1)

Nenhuma medida de Proteção

$Pta = 1$

5.1.31) Tipo de superfície do solo ou piso - Fator de redução r_t (Tabela C.3)

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

$r_t = 0.001$

5.1.32) Providências para reduzir consequências de incêndio - Fator de redução r_p (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
 $r_p = 0.5$

5.1.33) Risco de incêndio ou explosão na estrutura - Fator de redução r_f (Tabela C.5)

Incêndio: Risco Normal

$r_f = 0.01$

5.1.34) Perigo Especial - Fator h_z (Tabela C.6)

Baixo nível de pânico (por exemplo, uma estrutura limitada a dois andares e número de pessoas não superior a 100)
 $h_z = 2$

5.1.35) P_a - Probabilidade de Descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque

$P_a = Pta * P_b$

$P_a = 0.2$

5.1.36) L_1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

5.1.36.1) L_t

$L_t = 0.01$

5.1.36.2) D_2 - Danos Físicos - L_f (Tabela C.2)

Hospital, hotel, escola, edifício cívico
 $L_f = 0.1$

5.1.36.3) D3 - Falhas de sistemas internos - L_o (Tabela C.2)

Não Aplicável
 $L_o = 0$

5.1.36.4) L_a

$L_a = r_t * L_t * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$
 $L_a = 0.0274 * 10^{-4}$

5.1.36.5) L_u

$L_u = L_a = 0.0274 * 10^{-4}$

5.1.36.6) L_b

$L_b = r_p * r_f * h_z * L_f * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$
 $L_b = 0.00027$

5.1.36.7) L_v

$L_v = L_b = 0.00027$

5.1.36.8) L_c

$L_c = L_o * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$
 $L_c = 0$

5.1.36.9) L_m L_w L_z

$L_m = L_w = L_z = L_c = 0$

5.1.37) L2 - Perda inaceitável de serviço ao público

5.1.37.1) D2 - Danos Físicos - L_f (Tabela C.8)

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

5.1.37.2) D3 - Falhas de sistemas internos - L_o (Tabela C.8)

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

5.1.37.3) Lb2

$$\begin{aligned}Lb2 &= rp * rf * Lf2 * (nz / nt) \\Lb2 &= 0.0005\end{aligned}$$

5.1.37.4) Lv2

$$Lv2 = Lb2 = 0.0005$$

5.1.37.5) Lc2

$$\begin{aligned}Lc2 &= Lo2 * (nz / nt) \\Lc2 &= 0.01\end{aligned}$$

5.1.37.6) Lm2 Lw2 Lz2

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

5.1.38) Riscos [R1] da Zona [Z1 (entrada área fora da edificação)]

5.1.38.1) Ra

$$\begin{aligned}Ra &= Nd * Pa * La \\Ra &= 0.00708 * 0.2 * 0.0274 * 10^{-4} \\Ra &= 0.03878 * 10^{-7}\end{aligned}$$

5.1.38.2) Rb

$$\begin{aligned}Rb &= Nd * Pb * Lb \\Rb &= 0.00708 * 0.2 * 0.00027 \\Rb &= 0.03878 * 10^{-5}\end{aligned}$$

5.1.38.3) Ru

$$\begin{aligned}Ru &= (Nl + Ndj) * Pu * Lu \\Ru &= (0.00286 + 0) * 0 * 0.0274 * 10^{-4} \\Ru &= 0\end{aligned}$$

5.1.38.4) Rut

$$\begin{aligned}Rut &= (Nlt + Ndjl) * Put * Lu \\Rut &= (0.01428 + 0) * 0 * 0.0274 * 10^{-4} \\Rut &= 0\end{aligned}$$

5.1.38.5) Rv

$$Rv = (Nl + Ndj) * Pv * Lv$$

$$R_v = (0.00286 + 0) * 0.02 * 0.00027$$
$$R_v = 0.01565 * 10^{-6}$$

5.1.38.6) Rvt

$$R_{vt} = (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{vt} * L_v$$
$$R_{vt} = (0.01428 + 0) * 0.02 * 0.00027$$
$$R_{vt} = 0.00782 * 10^{-5}$$

5.1.38.7) R1z

$$R_{1z} = R_a + R_b + R_u + R_v + R_{ut} + R_{vt}$$
$$R_{1z} = 0.03878 * 10^{-7} + 0.03878 * 10^{-5} + 0 + 0.01565 * 10^{-6} + 0 + 0.00782 * 10^{-5}$$
$$R_{1z} = 0.0486 \times 10^{-5}$$

5.1.39) Riscos [R2] da Zona [Z1 (entrada área fora da edificação)]

5.1.39.1) Rb2

$$R_{b2} = N_d * P_b * L_{b2}$$
$$R_{b2} = 0.00708 * 0.2 * 0.0005$$
$$R_{b2} = 0.00708 * 10^{-4}$$

5.1.39.2) Rc2

$$R_{c2} = N_d * P_c * L_{c2}$$
$$R_{c2} = 0.00708 * 0.02 * 0.01$$
$$R_{c2} = 0.01416 * 10^{-4}$$

5.1.39.3) Rm2

$$R_{m2} = N_m * P_m * L_{m2}$$
$$R_{m2} = 3.03199 * 0.0032 * 0.01$$
$$R_{m2} = 0.0001$$

5.1.39.4) Rv2

$$R_{v2} = (N_l + N_{dj}) * P_v * L_{v2}$$
$$R_{v2} = (0.00286 + 0) * 0.02 * 0.0005$$
$$R_{v2} = 0.02856 * 10^{-6}$$

5.1.39.5) Rvt2

$$R_{vt2} = (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{vt} * L_{v2}$$
$$R_{vt2} = (0.01428 + 0) * 0.02 * 0.0005$$
$$R_{vt2} = 0.01428 * 10^{-5}$$

5.1.39.6) Rw2

$$\begin{aligned}Rw2 &= (Nl + Ndj) * Pw * Lw2 \\Rw2 &= (0.00286 + 0) * 0.02 * 0.01 \\Rw2 &= 0.00571 * 10^{-4}\end{aligned}$$

5.1.39.7) Rwt2

$$\begin{aligned}Rwt2 &= (Nlt + Ndjl) * Pwt * Lw2 \\Rwt2 &= (0.01428 + 0) * 0.02 * 0.01 \\Rwt2 &= 0.02856 * 10^{-4}\end{aligned}$$

5.1.39.8) Rz2

$$\begin{aligned}Rz2 &= Ni * Pz * Lz2 \\Rz2 &= 0.2856 * 0.0012 * 0.01 \\Rz2 &= 0.03427 * 10^{-4}\end{aligned}$$

5.1.39.9) R2z

$$\begin{aligned}R2z &= Rb2 + Rc2 + Rm2 + Rv2 + Rw2 + Rz2 + Rvt2 + Rwt2 + Rzt2 \\R2z &= 0.00708 * 10^{-4} + 0.01416 * 10^{-4} + 0.0001 + 0.02856 * 10^{-6} + \\&0.00571 * 10^{-4} + 0.03427 * 10^{-4} + 0.01428 * 10^{-5} + 0.02856 * 10^{-4} + 0.00014 \\R2z &= 0.249 \times 10^{-3}\end{aligned}$$

6) Risco Total

6.1) R1

$$\begin{aligned}Ra + Rb &= 0.0392 \times 10^{-5} \\R1 &= 0.0486 \times 10^{-5} \\Rt1 &= 1 \times 10^{-5} \\R1 &\leq Rt1 \\(Ra + Rb) &\leq Rt1 \\[OK]\end{aligned}$$

6.2) R2

$$\begin{aligned}Ra + Rb &= 0.000708 \times 10^{-3} \\R2 &= 0.249 \times 10^{-3} \\Rt2 &= 1 \times 10^{-3} \\R2 &\leq Rt2 \\(Ra + Rb) &\leq Rt2 \\[OK]\end{aligned}$$

6.3) Estrutura Protegida.

$$\begin{aligned}R1 &\leq Rt1 \\R2 &\leq Rt2\end{aligned}$$

7) Nível de Proteção adotada: IV

8) Métodos Utilizados

8.1) Método Franklin

Ângulo de Proteção (alfa)

Altura do Captor	Ângulo (Graus) [Nível de Proteção IV]
Até 2m	79°
3m	77°
4m	75°
5m	73°
6m	71°
7m	69°
8m	68°
9m	66°
10m	65°
11m	63°
12m	62°
13m	61°
14m	60°
15m	59°
16m	58°
17m	57°
18m	55°
19m	55°
20m	54°
21m	53°
22m	52°
23m	51°
24m	50°
25m	49°
26m	48°
27m	47°
28m	47°
29m	46°
30m	45°
31m	44°
32m	44°
33m	43°
34m	42°
35m	41°
36m	41°
37m	40°
38m	39°
39m	38°
40m	38°
41m	37°
42m	36°
43m	36°

44m	35°
45m	34°
46m	33°
47m	33°
48m	32°
49m	31°
50m	30°
51m	30°
52m	29°
53m	28°
54m	27°
55m	27°
56m	26°
57m	25°
58m	25°
59m	24°
60m	23°

maior que 60m * Utilizar Método Eletrogeométrico ou
Malha (Gaiola de Faraday) *

8.2) Método Eletrogeométrico

Raio da Esfera Rolante [Nível de Proteção IV]

$R = 60 \text{ m}$

8.3) Malha ou da Gaiola de Faraday

Módulos da malha [Nível de Proteção IV]

Afastamento máximo da Malha = 20x20 m

9) Cálculo do Número de descidas [N]

Area = 1001 m².

Altura = 5.5 m.

Perímetro = 127.8 m.

Cantos Salientes da Estrutura = 4

Nível de Proteção IV: Espaçamento médio = 20m

$N = \text{Perímetro} / 20\text{m} + (\text{número de cantos salientes})$ [N = 11] para Nível de Proteção: IV

$N = \text{Altura} / 20\text{m} + (\text{número de cantos salientes})$ | $N = 5.5 / 20 + 4$

| N = 5

N >= 2 (Para descidas não naturais)

N = 8 descidas.

10) Cálculo do Comprimento do Condutor enterrado horizontalmente

Condutor enterrado horizontalmente

$r = 100 \text{ ohms.m}$ [resistividade do solo]

$R = 10 \text{ ohms}$ [Resistência de aterramento]

$L =$ Comprimento do Condutor Horizontal enterrado em (m)

$L = (2 * r) / R$

$L = (2 * 100) / 10$

$L = 20 \text{ m}$

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

$L = 20 \text{ m}$

$R_e = 20.34 \text{ m}$ [Raio médio da área abrangida pelos eletrodos]

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

11) Anéis horizontais de interligação das descidas

Instalação de 1 Anél horizontal de aterramento enterrado

Altura: $5.5\text{m} \leq 20\text{m}$ (Não é necessário anél horizontal intermediário)

12) Seções mínimas

12.1) Condutores de Captação, Hastes Captoras e Condutores de Descidas

Cobre - Fita maciça	35mm ²	Espessura 1.75 mm
Cobre - Arredondado maciço	35mm ²	Diâmetro 6 mm
Cobre - Encordado	35mm ²	Diâmetro de cada fio da
oordoalha 2.5mm		
Cobre - Arredondado maciço (b)	200mm ²	Diâmetro 16 mm
Alumínio - Fita maciça	70mm ²	Espessura 3 mm
Alumínio - Arredondado maciço	70mm ²	Diâmetro 9.5mm
Alumínio - Encordado	70mm ²	Diâmetro de cada fio da
cordoalha 3.5mm		
Alumínio - Arredondado maciço (b)	200mm ²	Diâmetro 16 mm
Aço Cobreado IACS 30% - Arredondado maciço	50mm ²	Diâmetro 8
mm		
Aço Cobreado IACS 30% - Encordado	50mm ²	Diâmetro de
cada fio da cordosilha 3 mm		
Alumínio Cobreado IACS 64% - Arredondado maciço	50mm ²	
Diâmetro 8 mm		
Alumínio Cobreado IACS 64% - Encordado	70mm ²	
Diâmetro de cada fri da axdoeêia 3.6 nwn		
Aço Galv.a quente - Fita maciça	50mm ²	Espessura mínima
2.5mm		
Aço Galv.a quente - Arredondado maciço	50mm ²	Diâmetro 8 mm
Aço Galv.a quente - Encordado	50mm ²	Diâmetro de cada
fio cordoalha 1.7 mm		

Aço Galv.a quente - Arredondado maciço (b) 200mm² Diâmetro 16 mm
Aço Inoxidável - Fita maciça 50mm² Espessura 2 mm
Aço Inoxidável - Arredondado maciço 50mm² Diâmetro 8 mm
Aço Inoxidável - Encordado 70mm² Diâmetro de cada
fio cordoalha 1.7 mm
Aço Inoxidável - Arredondado maciço (b) 200mm² Diâmetro 16 mm

(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
10mm e comprimento máximo de 1m.

12.2) Eletrodo de Aterramento

Cobre - Encordado - 50 mm² - Diâmetro de cada fio - cordoalha 3 mm
Cobre - Arredondado maciço - 50mm² - Diâmetro 8 mm
Cobre - Fita maciça - 50 mm² - 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 mm² - Espessura 3 mm
Aço Galv.a quente - Encordado - 70 mm²
Aço Cobreado - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 12.7mm
Aço Cobreado - Encordado 70 mm² - 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 - 100mm² - Espessa mínima 2 mm