



MEMORIAL DESCRITIVO DO PROJETO DE SPDA

DADOS

CONTRATANTE: CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA DO MARANHÃO

CONTRATADA: T2 COMÉRCIO E SERVIÇOS LTDA

OBRA: NOVA SEDE DO CREA-MA

ENDEREÇO: RUA GÁVEA, LOTE 3, QUADRA B, PARQUE DO CALHAU, SÃO LUÍS – MA

ÁREA CONSTRUÍDA = 1.200,00 m²

Norma atendida: NBR-5419:2015

SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas)

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

$$Ng = 6 \text{ [Descargas / km}^2\text{/ano]}$$

Fonte = Mapa - Nordeste

2) Geometria da Estrutura

$$\text{Comprimento [L]} = 32.8 \text{ m}$$

$$\text{Largura [W]} = 26.9 \text{ m}$$

$$\text{Altura [H]} = 12 \text{ m}$$

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

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

$$Ad = 32.8 * 26.9 + 2 * (3 * 12) * (32.8 + 26.9) + 3.14159 * (3 * 12)^2$$

$$Ad = 9252.22 \text{ m}^2$$

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

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

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 ou Sinal

$$Ct = 1.0$$

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)

$$\begin{aligned} &\text{Enterrado} \\ &Cit = 0.5 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} &\text{Linha de Energia ou Sinal} \\ &Ctt = 1.0 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} &\text{Urbano} \\ &Cet = 0.1 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Nd &= Ng * Ad * Cd * 10^{-6} \\ Nd &= 0.02776 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Nm &= Ng * Am * 10^{-6} \\ Am &= 2 * 500 * (L + W) + Pi * 500^2 \\ Am &= 845098.16 \\ Nm &= 5.07059 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} NI &= Ng * AI * Ci * Ce * Ct * 10^{-6} \\ AI &= 40 * LI \\ AI &= 40000 \\ NI &= 0.024 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Ni &= Ng * Ai * Ci * Ce * Ct * 10^{-6} \\ Ai &= 4000 * LI \\ Ai &= 4000000 \\ Ni &= 2.4 \end{aligned}$$

4.14) Nlt - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha SINAL [por ano]

$$\begin{aligned} Nlt &= Ng * AI * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6} \\ Alt &= 40 * Llt \\ Alt &= 40000 \\ Nlt &= 0.012 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Nit &= Ng * Ait * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6} \\ Ait &= 4000 * Llt \\ Ait &= 4000000 \end{aligned}$$



$Nit = 1.2$

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 aérea não blindada

$Cld = 1$

$Cli = 1$

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: $Ks1 = 0,12 \times Wm1$

$Ks1 = 1$

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)

DPS Classe III e IV

$Peb = 0.05$

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 ($U_w=1.5$)
 $P_{ldt} = 1$

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

$$P_v = P_{eb} * P_{ld} * C_{ld}$$
$$P_v = 0.05$$

4.28) P_{vt} - Probabilidade de Descarga na linha de Sinal Causar danos físicos

$$P_{vt} = P_{eb} * P_{ldt} * C_{ldt}$$
$$P_{vt} = 0.05$$

5) Zonas da Edificação

5.1) Zona: CREA-MA

5.1.1) Número de pessoas na Zona

$$n_z = 50$$

5.1.2) Número total de pessoas na Estrutura

$$n_t = 15$$

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

$$t_z = 8760$$

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

$$t_e = 0$$

5.1.5) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

Considerar

5.1.6) L2 - Perda inaceitável de serviço ao público

Desprezar

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) - P_{tu} (Tabela B.6)



Nenhuma medida de proteção

$P_{tu} = 1$

5.1.11) K_{s2}

$K_{s2} = 1$

5.1.12) Nível de Proteção NP ENERGIA - P_{spd} (Tabela B.3)

DPS Classe III e IV

$P_{spd} = 0.05$

5.1.13) Fiação Interna ENERGIA - K_{s3} (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)

$K_{s3} = 1$

5.1.14) Nível de Proteção NP SINAL - P_{spdt} (Tabela B.3)

DPS Classe III e IV

$P_{spdt} = 0.05$

5.1.15) Fiação Interna SINAL - K_{s3t} (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)

$K_{s3t} = 1$

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

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

$P_c = 0.05$

5.1.17) P_{ct} - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL

$P_{ct} = P_{spdt} * C_{ldt}$

$P_{ct} = 0.05$

5.1.18) P_{ms}

$P_{ms} = (K_{s1} * K_{s2} * K_{s3} * K_{s4})^2$

$P_{ms} = 0.16$

5.1.19) P_{mst}

$P_{mst} = (K_{s1} * K_{s2} * K_{s3t} * K_{s4t})^2$

$P_{mst} = 0.4489$

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

$P_m = P_{spd} * P_{ms}$

$P_m = 0.008$

5.1.21) P_{mt} - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL



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

$$P_m = 0.02245$$

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

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

$$P_u = 0.05$$

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

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

$$P_{ut} = 0.05$$

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

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

$$P_w = 0.05$$

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

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

$$P_{wt} = 0.05$$

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

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

$$P_z = 0.015$$

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

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

$$P_{zt} = 0.025$$

5.1.30) Medidas de Proteção (descargas na estrutura) - P_{ta} (Tabela B.1)

Nenhuma medida de Proteção

$$P_{ta} = 1$$

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

Asfalto, linóleo, madeira (Resistência de contato ≥ 100 ohms)

$$r_t = 0.00001$$

5.1.32) Providências para reduzir consequências de incêndio - Fator de redução r_p (Tabela C.4)

Uma das seguintes providências: instalações fixas operadas automaticamente, instalações de alarme automático. Somente se protegidas contra sobretensões e outros danos e se os bombeiros puderem chegar em menos de 10 min.



$$r_p = 0.2$$

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

Nenhum Risco de Explosão ou Incêndio

$$r_f = 0$$

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

$$P_a = P_{ta} * P_b$$

$$P_a = 0.2$$

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)

Não Aplicável

$$L_f = 0$$

5.1.36.3) D_3 - Falhas de sistemas internos - L_o (Tabela C.2)

Não Aplicável

$$L_o = 0$$

5.1.36.4) L_a

$$L_a = r_t * L_t * (n_z / n_t) * (t_z / 8760)$$

$$L_a = 0.03333 * 10^{-5}$$

5.1.36.5) L_u

$$L_u = L_a = 0.03333 * 10^{-5}$$

5.1.36.6) L_b

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

$$L_b = 0$$

5.1.36.7) L_v

$$L_v = L_b = 0$$

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) Riscos [R1] da Zona [CREA-MA]

5.1.37.1) R_a

$$\begin{aligned} R_a &= N_d * P_a * L_a \\ R_a &= 0.02776 * 0.2 * 0.03333 * 10^{-5} \\ R_a &= 0.0185 * 10^{-7} \end{aligned}$$

5.1.37.2) R_b

$$\begin{aligned} R_b &= N_d * P_b * L_b \\ R_b &= 0.02776 * 0.2 * 0 \\ R_b &= 0 \end{aligned}$$

5.1.37.3) R_u

$$\begin{aligned} R_u &= (N_l + N_{dj}) * P_u * L_u \\ R_u &= (0.024 + 0) * 0.05 * 0.03333 * 10^{-5} \\ R_u &= 0.04 * 10^{-8} \end{aligned}$$

5.1.37.4) R_{ut}

$$\begin{aligned} R_{ut} &= (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{ut} * L_u \\ R_{ut} &= (0.012 + 0) * 0.05 * 0.03333 * 10^{-5} \\ R_{ut} &= 0.02 * 10^{-8} \end{aligned}$$

5.1.37.5) R_v

$$\begin{aligned} R_v &= (N_l + N_{dj}) * P_v * L_v \\ R_v &= (0.024 + 0) * 0.05 * 0 \\ R_v &= 0 \end{aligned}$$

5.1.37.6) R_{vt}

$$\begin{aligned} R_{vt} &= (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{vt} * L_v \\ R_{vt} &= (0.012 + 0) * 0.05 * 0 \\ R_{vt} &= 0 \end{aligned}$$

5.1.37.7) R_{1z}

$$\begin{aligned} R_{1z} &= R_a + R_b + R_u + R_v + R_{ut} + R_{vt} \\ R_{1z} &= 0.0185 * 10^{-7} + 0 + 0.04 * 10^{-8} + 0 + 0.02 * 10^{-8} + 0 \\ R_{1z} &= 0.000245 * 10^{-5} \end{aligned}$$

6) Risco Total

6.1) R_1

$$\begin{aligned} R_a + R_b &= 0.000185 * 10^{-5} \\ R_1 &= 0.000245 * 10^{-5} \\ R_{t1} &= 1 * 10^{-5} \\ R_1 &\leq R_{t1} \end{aligned}$$



$$(R_a + R_b) \leq R_{t1}$$

[OK]

6.2) Estrutura Protegida.

$$R_1 \leq R_{t1}$$

7) Nível de Proteção adotada: IV

8) Método Utilizado

8.1) 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 = 882.32 m².

Altura = 12 m.

Perímetro = 119.4 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 = 10] para Nível de Proteção: IV

$N = \text{Altura} / 20\text{m} + (\text{número de cantos salientes})$ | $N = 12 / 20 + 4$ | $N = 5$

$N \geq 2$ (Para descidas não naturais)

N = 10 descidas.

10) Cálculo do Comprimento do Condutor enterrado horizontalmente

Condutor enterrado horizontalmente

$r = 300 \text{ ohms.m}$ [resistividade do solo]

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

L = Comprimento do Condutor Horizontal enterrado em (m)

$$L = (2 * r) / R$$

$$L = (2 * 300) / 10$$

$$L = 60 \text{ m}$$

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

$$L = 60 \text{ m}$$

$R_e = 19 \text{ m}$ [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 Anel horizontal de aterramento enterrado

Altura: 12m <= 20m (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 cordoalha 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 cordoalha 3 mm
Alumínio Cobreado IACS 64% - Arredondado maciço	50mm ²	Diâmetro 8 mm
Alumínio Cobreado IACS 64% - Encordado	70mm ²	Diâmetro 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) 200mm ²		Diâmetro 16 mm
Aço Inoxidável - Fita maciça	50mm ²	Espessura 2 mm
Aço Inoxidável - Arredondado maciço	50mm ²	Diâmetro 8 mm
Aço Inoxidável - Encordado	70mm ²	Diâmetro de cada fio cordoalha 1.7 mm
Aço Inoxidável - Arredondado maciço (b) 200mm ²		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.

12.2) Eletrodo de Aterramento

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