

## MEMORIAL DE CÁLCULO DE SPDA CAM MATÃO

Obra: Centro de Atendimento ao Menor

LOCAL: Rua Salua Garaib Cicogna, nº 113 - Quadra: A- Pq Primavera - Matão - SP

Proprietário: Prefeitura Municipal de Matão.

Tipo ou classificação: Edificação Pública

Número de consumidores: 1 Unidade

Descrição da obra:

Centro de Atendimento ao Menor

NBR-5419:2015

SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas)

Projeto: CAM MATÃO

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

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

Fonte = Mapa - Sudeste

### 2) Geometria da Estrutura

$$\text{Comprimento [L]} = 43 \text{ m}$$

$$\text{Largura [W]} = 16 \text{ m}$$

$$\text{Altura [H]} = 3 \text{ m}$$

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

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

$$Ad = 43 * 16 + 2 * (3 * 3) * (43 + 16) + 3.14159 * (3 * 3)^2$$

$$Ad = 2004.47 \text{ m}^2$$

### 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  
 $C_i = 1.0$

#### 4.4) Fator do Tipo de Linha ENERGIA - $C_t$ (Tabela A.3)

Linha de Energia ou Sinal  
 $C_t = 1.0$

#### 4.5) Fator Ambiental da Linha ENERGIA - $C_e$ (Tabela A.4)

Urbano  
 $C_e = 0.1$

#### 4.6) Comprimento da Linha de Sinal

$L_{lt} = 1000 \text{ [m]}$

#### 4.7) Fator de Instalação da Linha SINAL - $C_{it}$ (Tabela A.2)

Aéreo  
 $C_{it} = 1.0$

#### 4.8) Fator do Tipo de Linha SINAL - $C_{tt}$ (Tabela A.3)

Linha de Energia ou Sinal  
 $C_{tt} = 1.0$

#### 4.9) Fator Ambiental da Linha SINAL - $C_{et}$ (Tabela A.4)

Urbano  
 $C_{et} = 0.1$

#### 4.10) $N_d$ - Número de Eventos Perigosos para a Estrutura [por ano]

$N_d = N_g * A_d * C_d * 10^{-6}$   
 $N_d = 0.00902$

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

$N_m = N_g * A_m * 10^{-6}$   
 $A_m = 2 * 500 * (L + W) + P_i * 500^2$   
 $A_m = 844398.16$   
 $N_m = 7.59958$

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

$N_l = N_g * A_l * C_i * C_e * C_t * 10^{-6}$   
 $A_l = 40 * L_l$   
 $A_l = 40000$   
 $N_l = 0.036$

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

$$Ni = Ng * Ai * Ci * Ce * Ct * 10^{-6}$$

$$Ai = 4000 * Ll$$

$$Ai = 4000000$$

$$Ni = 3.6$$

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

$$Nlt = Ng * Alt * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6}$$

$$Alt = 40 * Llt$$

$$Alt = 40000$$

$$Nlt = 0.036$$

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

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

$$Ait = 4000 * Llt$$

$$Ait = 4000000$$

$$Nit = 3.6$$

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

Estrutura protegida por SPDA - Classe III

$$Pb = 0.1$$

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).

$$U_w = 2.5$$

#### 4.21) Ks4 Energia

Ks4: leva em consideração a tensão suportável de impulso do sistema a ser protegido.  $K_{s4} = 1 / U_w$

$$K_{s4} = 0.4$$

#### 4.22) Uwt Sinal

$$U_{wt} = 1.5$$

#### 4.23) Ks4t Sinal

$$K_{s4t} = 0.67$$

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

DPS Classe II

$$P_{eb} = 0.02$$

#### 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 ( $U_w=2.5$ )

$$P_{ld} = 1$$

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

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

$$P_v = 0.02$$

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

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

$$P_{vt} = 0.02$$

### 5) Zonas da Edificação

#### 5.1) Zona: Zona 1 (Interna)

5.1.1) Número de pessoas na Zona

$$nz = 40$$

5.1.2) Número total de pessoas na Estrutura

$$nt = 40$$

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

$$tz = 8760$$

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

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) - Ptu (Tabela B.6)

Avisos visíveis de alerta

$$Ptu = 0.1$$

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 m<sup>2</sup>)  
 $K_{s3} = 1$

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

Nenhuma sistema de DPS coordenado  
 $P_{spdt} = 1$

#### 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 m<sup>2</sup>)  
 $K_{s3t} = 1$

#### 5.1.16) $P_{cp}$ - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos ENERGIA

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

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

$P_{ct} = P_{spdt} * C_{ldt}$   
 $P_{ct} = 1$

#### 5.1.18) $P_c$ - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos

$P_c = 1 - (1 - P_{cp}) * (1 - P_{ct})$   
 $P_c = 1$

#### 5.1.19) $P_{ms}$

$P_{ms} = (K_{s1} * K_{s2} * K_{s3} * K_{s4})^2$   
 $P_{ms} = 0.16$

#### 5.1.20) $P_{mst}$

$P_{mst} = (K_{s1} * K_{s2} * K_{s3t} * K_{s4t})^2$   
 $P_{mst} = 0.4489$

#### 5.1.21) $P_{mp}$ - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos ENERGIA

$P_{mp} = P_{spd} * P_{ms}$   
 $P_{mp} = 0.0032$

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

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

$$P_{mt} = 0.4489$$

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

$$P_m = 1 - (1 - P_{mp}) * (1 - P_{mt})$$

$$P_m = 0.45066$$

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

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

$$P_u = 0.002$$

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

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

$$P_{ut} = 0.002$$

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

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

$$P_w = 0.02$$

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

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

$$P_{wt} = 1$$

5.1.28)  $P_{li}$

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

$$P_{li} = 0.3$$

5.1.29)  $P_{lit}$

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

$$P_{lit} = 0.5$$

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

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

$$P_z = 0.006$$

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

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

$$P_{zt} = 0.5$$

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

Avisos de alerta

$P_{ta} = 0.1$

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

Agricultura, concreto (Resistência de contato  $\leq 1 \text{ ohm}$ )

$r_t = 0.01$

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

Nenhuma Providência

$r_p = 1$

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

Incêndio: Risco Normal

$r_f = 0.01$

5.1.36) 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)

$h_z = 2$

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

$P_a = P_{ta} * P_b$

$P_a = 0.01$

5.1.38)  $L_1$  - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

5.1.38.1)  $L_t$

$L_t = 0.01$

5.1.38.2)  $D_2$  - Danos Físicos -  $L_f$  (Tabela C.2)

Hospital, hotel, escola, edifício cívico

$L_f = 0.1$

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

Não Aplicável

$L_o = 0$

5.1.38.4)  $L_a$

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

$L_a = 0.0001$

5.1.38.5)  $L_u$



$$L_u = L_a = 0.0001$$

5.1.38.6)  $L_b$

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

$$L_b = 0.002$$

5.1.38.7)  $L_v$

$$L_v = L_b = 0.002$$

5.1.38.8)  $L_c$

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

$$L_c = 0$$

5.1.38.9)  $L_m$   $L_w$   $L_z$

$$L_m = L_w = L_z = L_c = 0$$

5.1.39) Riscos [R1] da Zona [Zona 1 (Interna)]

5.1.39.1)  $R_a$

$$R_a = N_d * P_a * L_a$$

$$R_a = 0.00902 * 0.01 * 0.0001$$

$$R_a = 0.00902 * 10^{-6}$$

5.1.39.2)  $R_b$

$$R_b = N_d * P_b * L_b$$

$$R_b = 0.00902 * 0.1 * 0.002$$

$$R_b = 0.01804 * 10^{-4}$$

5.1.39.3)  $R_u$

$$R_u = (N_l + N_{dj}) * P_u * L_u$$

$$R_u = (0.036 + 0) * 0.002 * 0.0001$$

$$R_u = 0.0072 * 10^{-6}$$

5.1.39.4)  $R_{ut}$

$$R_{ut} = (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{ut} * L_u$$

$$R_{ut} = (0.036 + 0) * 0.002 * 0.0001$$

$$R_{ut} = 0.0072 * 10^{-6}$$

5.1.39.5)  $R_v$

$$R_v = (N_l + N_{dj}) * P_v * L_v$$

$$R_v = (0.036 + 0) * 0.02 * 0.002$$

$$R_v = 0.0144 \cdot 10^{-4}$$

#### 5.1.39.6) $R_{vt}$

$$R_{vt} = (N_{lt} + N_{dj1}) \cdot P_{vt} \cdot L_v$$

$$R_{vt} = (0.036 + 0) \cdot 0.02 \cdot 0.002$$

$$R_{vt} = 0.0144 \cdot 10^{-4}$$

#### 5.1.39.7) $R_{1z}$

$$R_{1z} = R_a + R_b + R_u + R_v + R_{ut} + R_{vt}$$

$$R_{1z} = 0.00902 \cdot 10^{-6} + 0.01804 \cdot 10^{-4} + 0.0072 \cdot 10^{-6} + 0.0144 \cdot 10^{-4} + 0.0072 \cdot 10^{-6} + 0.0144 \cdot 10^{-4}$$

$$R_{1z} = 0.471 \times 10^{-5}$$

### 6) Risco Total

#### 6.1) $R_1$

$$R_a + R_b = 0.181 \times 10^{-5}$$

$$R_1 = 0.471 \times 10^{-5}$$

$$R_{t1} = 1 \times 10^{-5}$$

$$R_1 \leq R_{t1}$$

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

[OK]

#### 6.2) Estrutura Protegida.

$$R_1 \leq R_{t1}$$

### 7) Nível de Proteção adotada: III

### 8) Método Utilizado

#### 8.1) Malha ou da Gaiola de Faraday

Módulos da malha [Nível de Proteção III]

Afastamento máximo da Malha = 15x15 m

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

Area = 688 m<sup>2</sup>.

Altura = 3 m.

Perímetro = 118 m.

Cantos Salientes da Estrutura = 4

Nível de Proteção III: Espaçamento médio = 15m

$N = \text{Perímetro} / 15\text{m} + (\text{número de cantos salientes})$  [N = 12] para Nível de Proteção: III

$N = \text{Altura} / 15\text{m} + (\text{número de cantos salientes}) \quad | \quad N = 3 / 15 + 4 \quad | \quad N = 5$   
 $N \geq 2$  (Para descidas não naturais)

$N = 12$  descidas.

#### 10) Cálculo do Comprimento da Haste Vertical ou Inclinada

Haste Vertical ou Inclinada

$r = 100 \text{ ohms.m}$  [resistividade do solo]  
 $R = 10 \text{ ohms}$  [Resistência de aterramento]  
 $L = \text{Comprimento da Haste em (m)}$

$L = r / R$   
 $L = 100 / 10$   
 $L = 10 \text{ m}$

$l_{l(\text{min})} = 5 \text{ m}$

$L = 10 \text{ m}$

$R_e = 18.78 \text{ m}$  [Raio médio da área abrangida pelos eletrodos]

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

#### 11) Anéis horizontais de interligação das descidas

Instalação de 1 Anél horizontal de aterramento enterrado  
Altura:  $3\text{m} \leq 15\text{m}$  (Não é necessário anél horizontal intermediário)

#### 12) Seções mínimas

##### 12.1) Condutores de Captação e Hastes Captoras

Cobre - Encordado                       $35\text{mm}^2$     Diâmetro de cada fio da cordoalha 2.5mm

##### 12.2) Condutores de Descidas

Cobre - Encordado                       $35\text{mm}^2$     Diâmetro de cada fio da cordoalha 2.5mm

##### 12.3) Eletrodo/Malha de Aterramento

Cobre - Encordado -  $50 \text{ mm}^2$  - Diâmetro de cada fio - cordoalha 3 mm  
Cobre - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 15mm

#### Conclusão

Conforme cálculo apresentado, a solução de SPDA utiliza um DPS Classe III na entrada de energia, e sem malha de aterramento.

Sem mais para o momento

Paulo Miguel Moreira e Oliveira  
Eng. Eletricista Responsável  
CREA 506.921.10.92 SP