

NBR-5419:2015

SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas)

Projeto: RUA COBERTA MONTE BELO

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

$Ng = 7.7$ [Descargas / km²/ano]

Fonte = Mapa - Sul

2) Geometria da Estrutura

Comprimento [L] = 33.3 m

Largura [W] = 10 m

Altura [H] = 4.7 m

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

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

$Ad = 33.3 * 10 + 2 * (3 * 4.7) * (33.3 + 10) + 3.14159 * (3 * 4.7)^2$

$Ad = 2178.64$ m²

4) Fatores de Ponderação

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

Estrutura cercada por objetos mais altos

$Cd = 0.25$

4.2) Comprimento da Linha de Energia

$Ll = 30$ [m]

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

Enterrado

$Ci = 0.5$

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

$Llt = 30$ [m]

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

Enterrado

$$Cit = 0.5$$

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]

$$\begin{aligned} Nd &= Ng * Ad * Cd * 10^{-6} \\ Nd &= 0.00419 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Nm &= Ng * Am * 10^{-6} \\ Am &= 2 * 500 * (L + W) + Pi * 500^2 \\ Am &= 828698.16 \\ Nm &= 6.38098 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Nl &= Ng * Al * Ci * Ce * Ct * 10^{-6} \\ Al &= 40 * Ll \\ Al &= 1200 \\ Nl &= 0.00046 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Ni &= Ng * Ai * Ci * Ce * Ct * 10^{-6} \\ Ai &= 4000 * Ll \\ Ai &= 120000 \\ Ni &= 0.0462 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Nlt &= Ng * Al * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6} \\ Alt &= 40 * Llt \\ Alt &= 1200 \\ Nlt &= 0.00046 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Nit &= Ng * Ait * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6} \\ Ait &= 4000 * Llt \\ Ait &= 120000 \\ Nit &= 0.0462 \end{aligned}$$

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

Estrutura não protegida por SPDA
 $P_b = 1$

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

Linha enterrada não blindada
 $C_{ld} = 1$
 $C_{li} = 1$

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

Linha enterrada não blindada
 $C_{ldt} = 1$
 $C_{lit} = 1$

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 W_m ,

fatores Ks1 e Ks2 para SPDA ou blindagem tipo malha espacial podem ser avaliados como: $K_{s1} = 0,12 \times W_{m1}$

$K_{s1} = 1$

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 I
 $P_{eb} = 0.01$

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

$P_v = P_{eb} * P_{ld} * C_{ld}$
 $P_v = 0.01$

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

$P_{vt} = P_{eb} * P_{ldt} * C_{ldt}$
 $P_{vt} = 0.01$

5) Zonas da Edificação

5.1) Zona: Zona 1 (Interna)

5.1.1) Número de pessoas na Zona

$n_z = 50$

5.1.2) Número total de pessoas na Estrutura

$n_t = 50$

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

Considerar

5.1.8) L4 - Perda econômica

Considerar

5.1.9) Risco de Explosão / Hospitais

Não

5.1.10) Medidas de Proteção (descargas na linha) - P_{tu} (Tabela B.6)

Avisos visíveis de alerta
 $P_{tu} = 0.1$

5.1.11) Ks2

$K_{s2} = 1$

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

DPS Classe I
 $P_{spd} = 0.01$

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)
 $K_{s3} = 1$

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

DPS Classe I
 $P_{spdt} = 0.01$

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)
 $K_{s3t} = 1$

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

$P_c = P_{spd} * C_{ld}$
 $P_c = 0.01$

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

$P_{ct} = P_{spdt} * C_{ldt}$
 $P_{ct} = 0.01$

5.1.18) Pms

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

5.1.19) Pmst

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

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

$P_m = P_{spd} * P_{ms}$
 $P_m = 0.0016$

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

internos SINAL

$P_{mt} = P_{spdt} * P_{mst}$
 $P_m = 0.00449$

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

$P_u = P_{tu} * P_{eb} * P_{ld} * C_{ld}$
 $P_u = 0.001$

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

$P_{ut} = P_{tu} * P_{eb} * P_{ldt} * C_{ldt}$
 $P_{ut} = 0.001$

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

$P_w = P_{spd} * P_{ld} * C_{ld}$
 $P_w = 0.01$

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

$P_{wt} = P_{spdt} * P_{ldt} * C_{ldt}$
 $P_{wt} = 0.01$

5.1.26) Pli

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

5.1.27) Plit

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

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

$P_z = P_{spd} * P_{li} * C_{li}$
 $P_z = 0.003$

5.1.29) Pzt - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos SINAL

$P_{zt} = P_{spdt} * P_{lit} * C_{lit}$
 $P_{zt} = 0.005$

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

Avisos de alerta
 $P_{ta} = 0.1$

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
 $rp = 0.5$

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

Incêndio: Risco Normal
 $rf = 0.01$

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

Sem perigo especial
 $hz = 1$

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

$Pa = Pta * Pb$
 $Pa = 0.1$

5.1.36) $L1$ - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

5.1.36.1) Lt

$Lt = 0.01$

5.1.36.2) $D2$ - Danos Físicos - Lf (Tabela C.2)

Entretenimento publico, igreja, museu
 $Lf = 0.05$

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

Não Aplicável
 $Lo = 0$

5.1.36.4) La

$La = rt * Lt * (nz / nt) * (tz / 8760)$
 $La = 0.01 * 10^{-3}$

5.1.36.5) Lu

$Lu = La = 0.01 * 10^{-3}$

5.1.36.6) Lb

$Lb = rp * rf * hz * Lf * (nz / nt) * (tz / 8760)$
 $Lb = 0.00025$

5.1.36.7) Lv

$Lv = Lb = 0.00025$

5.1.36.8) Lc

$Lc = Lo * (nz / nt) * (tz / 8760)$
 $Lc = 0$

5.1.36.9) Lm Lw Lz

$Lm = Lw = Lz = Lc = 0$

5.1.37) L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural

5.1.37.1) D2 - Danos Físicos - Lf (Tabela C.10)

Museus, galerias
 $Lf3 = 0.1$

5.1.37.2) cz - Valor do Patrimônio Cultural na Zona (milhões)

$cz = 10$ milhões

5.1.37.3) ct - Valor total da edificação e conteúdo da estrutura (milhões)

$ct = 10$ milhões

5.1.37.4) Lb3

$Lb3 = rp * rf * Lf3 * (cz / ct)$
 $Lb3 = 0.0005$

5.1.37.5) Lv3

$Lv3 = Lb3 = 0.0005$

5.1.38) L4 - Perda econômica

5.1.38.1) D2 - Danos físicos - Lf (Tabela C.12)

Hotel, escola, escritório, igreja, entretenimento público, comercial
 $Lf4 = 0.2$

5.1.38.2) D3 - Falha de sistemas internos - Lo (Tabela C.12)

Museu, agricultura, escola, igreja, entretenimento público
 $Lo4 = 0.001$

5.1.38.3) ca - Valor dos animais na Zona (milhões)

$ca = 0$ milhões

5.1.38.4) cb - Valor da edificação relevante à Zona (milhões)

$cb = 5$ milhões

5.1.38.5) cc - Valor do conteúdo da Zona (milhões)

$cc = 5 \text{ milhões}$

5.1.38.6) cs - Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na Zona (milhões)

$cs = 5 \text{ milhões}$

5.1.38.7) ct - Valor total da estrutura (soma de todas as zonas) (milhões)

$ct = 10 \text{ milhões}$

5.1.38.8) La4

$La4 = rt * Lt4 * (ca / ct)$
 $La4 = 0$

5.1.38.9) Lu4

$Lu4 = La4 = 0$

5.1.38.10) Lb4

$Lb4 = rp * rf * Lf4 * ((ca + cb + cc + cs) / ct)$
 $Lb4 = 0.0015$

5.1.38.11) Lv4

$Lv4 = Lb4 = 0.0015$

5.1.38.12) Lc4

$Lc4 = Lo4 * (cs / ct)$
 $Lc4 = 0.0005$

5.1.38.13) Lm4 Lw4 Lz4

$Lm4 = Lw4 = Lz4 = Lc4 = 0.0005$

5.1.38.14) Le4

$Le4 = Lfe4 * (ce / ct)$
 $Le4 = 0$

5.1.38.15) Lft4

$Lft4 = Lf4 + Le4$
 $Lft4 = 0.2$

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

5.1.39.1) Ra

$Ra = Nd * Pa * La$
 $Ra = 0.00419 * 0.1 * 0.01 * 10^{-3}$
 $Ra = 0.04194 * 10^{-7}$

5.1.39.2) Rb

$$\begin{aligned} Rb &= Nd * Pb * Lb \\ Rb &= 0.00419 * 1 * 0.00025 \\ Rb &= 0.01048 * 10^{-4} \end{aligned}$$

5.1.39.3) Ru

$$\begin{aligned} Ru &= (Nl + Ndj) * Pu * Lu \\ Ru &= (0.00046 + 0) * 0.001 * 0.01 * 10^{-3} \\ Ru &= 0.0462 * 10^{-10} \end{aligned}$$

5.1.39.4) Rut

$$\begin{aligned} Rut &= (Nlt + Ndj1) * Put * Lu \\ Rut &= (0.00046 + 0) * 0.001 * 0.01 * 10^{-3} \\ Rut &= 0.0462 * 10^{-10} \end{aligned}$$

5.1.39.5) Rv

$$\begin{aligned} Rv &= (Nl + Ndj) * Pv * Lv \\ Rv &= (0.00046 + 0) * 0.01 * 0.00025 \\ Rv &= 0.01155 * 10^{-7} \end{aligned}$$

5.1.39.6) Rvt

$$\begin{aligned} Rvt &= (Nlt + Ndj1) * Pvt * Lv \\ Rvt &= (0.00046 + 0) * 0.01 * 0.00025 \\ Rvt &= 0.01155 * 10^{-7} \end{aligned}$$

5.1.39.7) R1z

$$\begin{aligned} R1z &= Ra + Rb + Ru + Rv + Rut + Rvt \\ R1z &= 0.04194 * 10^{-7} + 0.01048 * 10^{-4} + 0.0462 * 10^{-10} + 0.01155 * 10^{-7} + 0.0462 * 10^{-10} \\ &+ 0.01155 * 10^{-7} \\ R1z &= 0.105 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

5.1.40) Riscos [R3] da Zona [Zona 1 (Interna)]

5.1.40.1) Rb3

$$\begin{aligned} Rb3 &= Nd * Pb * Lb3 \\ Rb3 &= 0.00419 * 1 * 0.0005 \\ Rb3 &= 0.02097 * 10^{-4} \end{aligned}$$

5.1.40.2) Rv3

$$\begin{aligned} Rv3 &= (Nl + Ndj) * Pv * Lv3 \\ Rv3 &= (0.00046 + 0) * 0.01 * 0.0005 \\ Rv3 &= 0.0231 * 10^{-7} \end{aligned}$$

5.1.40.3) Rvt3

$$\begin{aligned} Rvt3 &= (Nlt + Ndj1) * Pvt * Lv3 \\ Rvt3 &= (0.00046 + 0) * 0.01 * 0.0005 \\ Rvt3 &= 0.0231 * 10^{-7} \end{aligned}$$

5.1.40.4) R3z

$$R3z = Rb3 + Rv3 + Rvt3$$

$$R3z = 0.02097*10^{-4} + 0.0231*10^{-7} + 0.0231*10^{-7}$$

$$R3z = 0.02102 \times 10^{-4}$$

5.1.41) Riscos [R4] da Zona [Zona 1 (Interna)]

5.1.41.1) Rb4

$$Rb4 = Nd * Pb * Lb4$$

$$Rb4 = 0.00419 * 1 * 0.0015$$

$$Rb4 = 0.00629*10^{-3}$$

5.1.41.2) Rc4

$$Rc4 = Nd * Pc * Lc4$$

$$Rc4 = 0.00419 * 0.01 * 0.0005$$

$$Rc4 = 0.02097*10^{-6}$$

5.1.41.3) Rm4

$$Rm4 = Nm * Pm * Lm4$$

$$Rm4 = 6.38098 * 0.0016 * 0.0005$$

$$Rm4 = 0.0051*10^{-3}$$

5.1.41.4) Rv4

$$Rv4 = (Nl + Ndj) * Pv * Lv4$$

$$Rv4 = (0.00046 + 0) * 0.01 * 0.0015$$

$$Rv4 = 0.00693*10^{-6}$$

5.1.41.5) Rvt4

$$Rvt4 = (Nlt + Ndj1) * Pvt * Lv4$$

$$Rvt4 = (0.00046 + 0) * 0.01 * 0.0015$$

$$Rvt4 = 0.00693*10^{-6}$$

5.1.41.6) Rw4

$$Rw4 = (Nl + Ndj) * Pw * Lw4$$

$$Rw4 = (0.00046 + 0) * 0.01 * 0.0005$$

$$Rw4 = 0.0231*10^{-7}$$

5.1.41.7) Rwt4

$$Rwt4 = (Nlt + Ndj1) * Pwt * Lw4$$

$$Rwt4 = (0.00046 + 0) * 0.01 * 0.0005$$

$$Rwt4 = 0.0231*10^{-7}$$

5.1.41.8) Rz4

$$Rz4 = Ni * Pz * Lz4$$

$$Rz4 = 0.0462 * 0.003 * 0.0005$$

$$Rz4 = 0.00693*10^{-5}$$

5.1.41.9) R4z

$$R4z = Rb4 + Rc4 + Rm4 + Rv4 + Rw4 + Rz4 + Rvt4 + Rwt4 + Rzt4$$

$$R4z = 0.00629*10^{-3} + 0.02097*10^{-6} + 0.0051*10^{-3} + 0.00693*10^{-6} + 0.0231*10^{-7} + 0.00693*10^{-5} + 0.00693*10^{-6} + 0.0231*10^{-7} + 0.01155*10^{-5}$$

$$R4z = 0.0116 \times 10^{-3}$$

6) Risco Total

6.1) R1

$$\begin{aligned} R_a + R_b &= 0.105 \times 10^{-5} \\ R1 &= 0.105 \times 10^{-5} \\ R_{t1} &= 1 \times 10^{-5} \\ R1 &\leq R_{t1} \\ (R_a + R_b) &\leq R_{t1} \\ [OK] \end{aligned}$$

6.2) R3

$$\begin{aligned} R_a + R_b &= 0.02097 \times 10^{-4} \\ R3 &= 0.02102 \times 10^{-4} \\ R_{t3} &= 1 \times 10^{-4} \\ R3 &\leq R_{t3} \\ (R_a + R_b) &\leq R_{t3} \\ [OK] \end{aligned}$$

6.3) R4

$$\begin{aligned} R_a + R_b &= 0.00629 \times 10^{-3} \\ R4 &= 0.0116 \times 10^{-3} \\ R_{t4} &= 1 \times 10^{-3} \\ R4 &\leq R_{t4} \\ (R_a + R_b) &\leq R_{t4} \\ [OK] \end{aligned}$$

6.4) Estrutura Protegida.

$$\begin{aligned} R1 &\leq R_{t1} \\ R3 &\leq R_{t3} \\ R4 &\leq R_{t4} \end{aligned}$$

Arquivo: C:\Users\diego\Desktop\PROJETOS 2021\MONTE BELO DO SUL - Rua Coberta - Monte Belo do Sul - R01\E-01, E-02 - RUA COBERTA MONTE BELO - R02 - SPDA.rtf