



ANEXO 2

SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA)

MEMORIAL DE CÁLCULO

**EDIF. P/ ABRIGAR CENTRO DE REF. DE ASSIST. SOCIAL E
CONSELHOS MUNICIPAIS**

**VILA VITÓRIA
CAJATI/SP**

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1 METODOLOGIA..... | 1 |
| 2 MEMORIAL DE CÁLCULO | 1 |
| 2.1 Risco de perda de vida humana (R1) - Padrão | 2 |
| 2.2 Risco de perdas de serviço ao público (R2) - Padrão | 15 |
| 2.3 Avaliação final do risco - Estrutura..... | 24 |

INTRODUÇÃO

O presente documento tem por finalidade descrever o projeto de construção de um Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA), elaborado de acordo com a norma NBR 5419/2015.

1 METODOLOGIA

O Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas foi projetado atendendo a norma NBR-5419-2015: Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas.

No prédio em questão não há necessidade de apresentar os riscos R3 e risco R4, pois no estudo em questão deve ser levado em consideração os riscos mais severos como R1 referente a vida humana e R2 referente a perda de serviço público.

2 MEMORIAL DE CÁLCULO

Dados da edificação

| Altura (m) | Largura (m) | Comprimento (m) |
|------------|-------------|-----------------|
| 6.00 m | 9.50 m | 21.75 m |

A área de exposição equivalente (A_d) corresponde à área do plano da estrutura prolongada em todas as direções, de modo a levar em conta sua altura. Os limites da área de exposição equivalente estão afastados do perímetro da estrutura por uma distância correspondente à altura da estrutura no ponto considerado.

$$A_d = 2288.96 \text{ m}^2$$

Dados do projeto

Classificação da estrutura

Nível de proteção: II

Densidade de descargas atmosféricas

Densidade de descargas atmosféricas para a terra: $8.54/\text{km}^2 \times \text{ano}$



Definições padrão NBR 5419/2015 em referência ao nível de proteção

Com o nível de proteção definido, a NBR 5419/2015 apresenta as características do SPDA a serem adotadas no projeto:

Largura máxima da malha (método Gaiola de Faraday) = 10 m

Raio da esfera rolante (método Eletrogeométrico) = 30 m

2.1 Risco de perda de vida humana (R1) - Padrão

Os resultados para risco de perda de vida humana (incluindo ferimentos permanentes) levam em consideração os componentes de risco de descargas na estrutura e próximo desta, e descargas em uma linha conectada à estrutura e próximo desta.

Componente Ra (risco de ferimentos a seres vivos causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a ferimentos aos seres vivos, causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura e fora, nas zonas até 3m ao redor dos condutores de descidas.

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

| | |
|---|--------------------------------------|
| Cd (Fator de localização) | 5×10^{-1} |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | $8.54/\text{km}^2 \times \text{ano}$ |
| $Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$ | $9.77 \times 10^{-3}/\text{ano}$ |

Pa (probabilidade de uma descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico)

| | |
|--|--------------------|
| Pta (Probabilidade de uma descarga a uma estrutura causar choque a seres vivos devido a tensões de toque e de passo) | 1×10^{-2} |
| Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos) | 5×10^{-2} |
| $Pa = Pta \times Pb$ | 5×10^{-4} |

La (valores de perda na zona considerada)



| | |
|--|--------------------|
| rt (Fator de redução em função do tipo da superfície do solo ou do piso) | 1×10^{-2} |
| Lt (Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico devido a um evento perigoso) | 1×10^{-2} |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada) | 8760 h/ano |
| $La = rt \times Lt \times (nz/nt) \times (tz/8760)$ | 1×10^{-4} |

$$Ra = Nd \times Pa \times La$$

$$Ra = 4.89 \times 10^{-10}/\text{ano}$$

Componente Rb (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a danos físicos, causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão, os quais podem também colocar em perigo o meio ambiente.

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

| | |
|--|--------------------------------------|
| Cd (Fator de localização) | 5×10^{-1} |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | $8.54/\text{km}^2 \times \text{ano}$ |
| $Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$ | $9.77 \times 10^{-3}/\text{ano}$ |
| Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos) | 5×10^{-2} |

Lb (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|--------------------|
| rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) | 5×10^{-1} |
|---|--------------------|



| | |
|--|--------------------|
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) | 1 |
| hz (Fator aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial) | 1 |
| Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso) | 2×10^{-2} |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada) | 8760 h/ano |
| $Lb = rp \times rf \times hz \times Lf \times (nz/nt) \times (tz/8760)$ | 1×10^{-2} |

$$Rb = Nd \times Pb \times Lb$$

$$Rb = 4.89 \times 10^{-6} / \text{ano}$$

Componente Rc (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda de vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

| | |
|---|--|
| Cd (Fator de localização) | 5×10^{-1} |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | $8.54 / \text{km}^2 \times \text{ano}$ |
| $Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$ | $9.77 \times 10^{-3} / \text{ano}$ |

Pc (probabilidade de uma descarga na estrutura causar falha a sistemas internos)



| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 2×10^{-2} | 2×10^{-2} |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 1 |
| $Pc.E = Pspd.E \times Cld.E$, $Pc.T = Pspd.T \times Cld.T$ | 2×10^{-2} | 2×10^{-2} |
| $Pc = 1 - [(1 - Pc.E) \times (1 - Pc.T)]$ | 3.96×10^{-2} | |

Lc (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|--------------------|
| Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1×10^{-1} |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada) | 8760 h/ano |
| $Lc = Lo \times (nz/nt) \times (tz/8760)$ | 1×10^{-1} |

$$Rc = Nd \times Pc \times Lc$$

$$Rc = 3.87 \times 10^{-5}/\text{ano}$$

Componente Rm (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas perto da estrutura)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas. Perdas de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos junto com a perda da vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

Nm (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da estrutura)



| | |
|--|----------------------------|
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 8.54/km ² x ano |
| Am (Área de exposição equivalente de descargas que atingem perto da estrutura) | 805547.25 m ² |
| Nm = Ng x Am x 10 ⁻⁶ | 6.88/ano |

Pm (probabilidade de uma descarga perto da estrutura causar falha de sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 2x10 ⁻² | 2x10 ⁻² |
| Ks1 (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha de uma estrutura) | 1 | 1 |
| Ks2 (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha dos campos internos de uma estrutura) | 1 | 1 |
| Ks3 (Fator relevante às características do cabeamento interno) | 1 | 1 |
| Uw (Tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido) (kV) | 1 | 1 |
| Ks4 (Fator relevante à tensão suportável de impulso de um sistema) | 1 | 1 |
| Pms = (Ks1 x Ks2 x Ks3 x Ks4) ² | 1 | 1 |
| Pm.E = Pspd.E x Pms.E, Pm.T = Pspd.T x Pms.T | 2x10 ⁻² | 2x10 ⁻² |
| Pm = 1 - [(1 - Pm.E) x (1 - Pm.T)] | 3.96x10 ⁻² | |

Lm (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|--------------------|
| Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1x10 ⁻¹ |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada) | 8760 h/ano |
| Lm = Lo x (nz/nt) x (tz/8760) | 1x10 ⁻¹ |

Rm = Nm x Pm x Lm



$$R_m = 2.72 \times 10^{-2} / \text{ano}$$

Componente Ru (risco de ferimentos a seres vivos causado por descargas na linha conectada)

Componente relativo a ferimentos aos seres vivos, causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura.

AI (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|----------------------------|--------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| AI = 40 x LI | 40000 m ² | 40000 m ² |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 8.54/km ² x ano | |

NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|----------------------------|--------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 1 | 1 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| NI = Ng x AI x Ci x Ce x Ct x 10 ⁻⁶ | 3.42x10 ⁻² /ano | 3.42x10 ⁻² /ano |

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|-----------------------|--------------------------------|
|--|-----------------------|--------------------------------|



| | | |
|---|-------|-------|
| Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente) | 0 m² | 0 m² |
| Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente) | 0.5 | 0.5 |
| Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 ⁻⁶ | 0/ano | 0/ano |
| Ptu (Probabilidade de uma estrutura em uma linha que adentre a estrutura causar choques a seres vivos devidos a tensões de toque perigosas) | 0.01 | |
| Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados) | 0.02 | |

Pu (probabilidade de uma descarga em uma linha causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento) | 1 | 1 |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 1 |
| Pu = Ptu x Peb x Pld x Cld | 2x10 ⁻⁴ | 2x10 ⁻⁴ |

Lu (valores de perda na zona considerada)

| | |
|--|--------------------|
| rt (Fator de redução em função do tipo da superfície do solo ou do piso) | 1x10 ⁻² |
| Lt (Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico devido a um evento perigoso) | 1x10 ⁻² |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada) | 8760 h/ano |
| Lu = rt x Lt x (nz / nt) x (tz / 8760) | 1x10 ⁻⁴ |

$$Ru = Ru.E + Ru.T$$



$$Ru = [(NI.E + Ndj.E) \times Pu.E \times Lu] + [(NI.T + Ndj.T) \times Pu.T \times Lu]$$

$$Ru = 1.37 \times 10^{-9} / \text{ano}$$

Componente Rv (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na linha conectada)

Componente relativo a danos físicos (incêndio ou explosão iniciados por centelhamentos perigosos entre instalações externas e partes metálicas, geralmente no ponto de entrada da linha na estrutura), devido à corrente da descarga atmosférica transmitida, ou ao longo das linhas.

Al (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|----------------------------|--------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| Al = 40 x LI | 40000 m ² | 40000 m ² |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 8.54/km ² x ano | |

NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|-------------------------------|--------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 1 | 1 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| NI = Ng x Al x Ci x Ce x Ct x 10 ⁻⁶ | 3.42 x 10 ⁻² / ano | 3.42 x 10 ⁻² / ano |

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)



| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente) | 0 m ² | 0 m ² |
| Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente) | 0.5 | 0.5 |
| Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 ⁻⁶ | 0/ano | 0/ano |
| Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados) | 0.02 | |

Pv (probabilidade de uma descarga em uma linha causar danos físicos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento) | 1 | 1 |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 1 |
| Pv = Peb x Pld x Cld | 2x10 ⁻² | 2x10 ⁻² |

Lv (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|--------------------|
| rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) | 5x10 ⁻¹ |
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) | 1 |
| hz (Fator aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial) | 1 |
| Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso) | 2x10 ⁻² |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada) | 8760 h/ano |
| Lv = rp x rf x hz x Lf x (nz/nt) x (tz/8760) | 1x10 ⁻² |



$$R_v = R_{v.E} + R_{v.T}$$

$$R_v = [(N_{I.E} + N_{d,j.E}) \times P_{v.E} \times L_v] + [(N_{I.T} + N_{d,j.T}) \times P_{v.T} \times L_v]$$

$$R_v = 1.37 \times 10^{-5} / \text{ano}$$

Componente R_w (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas na linha conectada)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda de vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

A_I (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|----------------------------|--------------------------------|
| L_I (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| $A_I = 40 \times L_I$ | 40000 m ² | 40000 m ² |
| N_g (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 8.54/km ² x ano | |

N_I (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| C_i (Fator de instalação da linha) | 1 | 1 |
| C_t (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| C_e (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |



| | | |
|--|---------------------------|---------------------------|
| $Nl = Ng \times Al \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$ | $3.42 \times 10^{-2}/ano$ | $3.42 \times 10^{-2}/ano$ |
|--|---------------------------|---------------------------|

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|-----------------------|--------------------------------|
| Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente) | 0 m ² | 0 m ² |
| Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente) | 0.5 | 0.5 |
| $Ndj = Ng \times Adj \times Cdj \times Ct \times 10^{-6}$ | 0/ano | 0/ano |

Pw (probabilidade de uma descarga em uma linha causar falha a sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 2×10^{-2} | 2×10^{-2} |
| Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento) | 1 | 1 |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 1 |
| $Pw = Pspd \times Pld \times Cld$ | 2×10^{-2} | 2×10^{-2} |

Lw (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|--------------------|
| Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1×10^{-1} |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada) | 8760 h/ano |
| $Lw = Lo \times (nz/nt) \times (tz/8760)$ | 1×10^{-1} |

$$Rw = Rw.E + Rw.T$$



$$Rw = [(NI.E + Ndj.E) \times Pw.E \times Lw] + [(NI.T + Ndj.T) \times Pw.T \times Lw]$$

$$Rw = 1.37 \times 10^{-4} / \text{ano}$$

Componente Rz (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas perto da linha)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda da vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

Ai (área de exposição equivalente de descargas para a terra perto da linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|----------------------------|--------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| Ai = 4000 x LI | 4000000 m ² | 4000000 m ² |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 8.54/km ² x ano | |

Ni (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|-----------------------|--------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 1 | 1 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| Ni = Ng x Ai x Ci x Ce x Ct x 10 ⁻⁶ | 3.42/ano | 3.42/ano |



Pz (probabilidade de uma descarga perto da linha conectada à estrutura causar falha de sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 2×10^{-2} | 2×10^{-2} |
| Pli (Probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga perto da linha conectada dependendo das características da linha e dos equipamentos) | 1 | 1 |
| Cli (Fator que depende da blindagem, do aterramento e das condições da isolamento da linha) | 1 | 1 |
| $Pz = Pspd \times Pli \times Cli$ | 2×10^{-2} | 2×10^{-2} |

Lz (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|--------------------|
| Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1×10^{-1} |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada) | 8760 h/ano |
| $Lz = Lo \times (nz/nt) \times (tz/8760)$ | 1×10^{-1} |

$$Rz = Rz.E + Rz.T$$

$$Rz = (Ni.E \times Pz.E \times Lz) + (Ni.T \times Pz.T \times Lz)$$

$$Rz = 1.37 \times 10^{-2} / \text{ano}$$

Resultado de R1



Rua Expedicionários do Brasil, N° 1448, Centro, Araraquara-SP. CEP 14.801-360
 Contato: (16) 3463-7094 - alttiengenharia@outlook.com
 ALTI Engenharia e Arquitetura LTDA EPP
 CNPJ 21020377/0001-82 - IE 181.221.555.117

O risco R1 é um valor relativo a uma provável perda anual média, calculado a partir da soma dos componentes de risco citados.

$$R1 = Ra + Rb + Rc + Rm + Ru + Rv + Rw + Rz$$

$$R1 = 4.11 \times 10^{-2} / \text{ano}$$

2.2 Risco de perdas de serviço ao público (R2) - Padrão

Os resultados para risco de perda de serviço ao público levam em consideração os componentes de risco de descargas na estrutura e próximo desta, e descargas em uma linha conectada à estrutura e próximo desta.

Componente Rb (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a danos físicos, causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão, os quais podem também colocar em perigo o meio ambiente.

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

| | |
|--|--|
| Cd (Fator de localização) | 5×10^{-1} |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | $8.54 / \text{km}^2 \times \text{ano}$ |
| $Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$ | $9.77 \times 10^{-3} / \text{ano}$ |
| Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos) | 5×10^{-2} |

Lb (valores de perda na zona considerada)



| | |
|---|--------------------|
| rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) | 5×10^{-1} |
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) | 1 |
| Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso) | 1×10^{-1} |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| $Lb = rp \times rf \times Lf \times (nz/nt)$ | 5×10^{-2} |

$$Rb = Nd \times Pb \times Lb$$

$$Rb = 2.44 \times 10^{-5}/\text{ano}$$

Componente Rc (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda de vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

| | |
|---|--------------------------------------|
| Cd (Fator de localização) | 5×10^{-1} |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | $8.54/\text{km}^2 \times \text{ano}$ |
| $Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$ | $9.77 \times 10^{-3}/\text{ano}$ |

Pc (probabilidade de uma descarga na estrutura causar falha a sistemas internos)

| | | |
|--|-----------------------|--------------------------------|
| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|-----------------------|--------------------------------|



| | | |
|---|-----------------------|--------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 2×10^{-2} | 2×10^{-2} |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 1 |
| $Pc.E = Pspd.E \times Cld.E$, $Pc.T = Pspd.T \times Cld.T$ | 2×10^{-2} | 2×10^{-2} |
| $Pc = 1 - [(1 - Pc.E) \times (1 - Pc.T)]$ | 3.96×10^{-2} | |

Lc (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|--------------------|
| Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1×10^{-2} |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| $Lc = Lo \times (nz/nt)$ | 1×10^{-2} |

$$Rc = Nd \times Pc \times Lc$$

$$Rc = 3.87 \times 10^{-6} / \text{ano}$$

Componente Rm (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas perto da estrutura)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas. Perdas de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos junto com a perda da vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

Nm (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da estrutura)

| | |
|--|--|
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | $8.54 / \text{km}^2 \times \text{ano}$ |
| Am (Área de exposição equivalente de descargas que atingem perto da estrutura) | 805547.25 m^2 |
| $Nm = Ng \times Am \times 10^{-6}$ | $6.88 / \text{ano}$ |



Pm (probabilidade de uma descarga perto da estrutura causar falha de sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 2×10^{-2} | 2×10^{-2} |
| Ks1 (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha de uma estrutura) | 1 | 1 |
| Ks2 (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha dos campos internos de uma estrutura) | 1 | 1 |
| Ks3 (Fator relevante às características do cabeamento interno) | 1 | 1 |
| Uw (Tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido) (kV) | 1 | 1 |
| Ks4 (Fator relevante à tensão suportável de impulso de um sistema) | 1 | 1 |
| $Pms = (Ks1 \times Ks2 \times Ks3 \times Ks4)^2$ | 1 | 1 |
| $Pm.E = Pspd.E \times Pms.E$, $Pm.T = Pspd.T \times Pms.T$ | 2×10^{-2} | 2×10^{-2} |
| $Pm = 1 - [(1 - Pm.E) \times (1 - Pm.T)]$ | 3.96×10^{-2} | |

Lm (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|--------------------|
| Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1×10^{-2} |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| $Lm = Lo \times (nz/nt)$ | 1×10^{-2} |

$$Rm = Nm \times Pm \times Lm$$

$$Rm = 2.72 \times 10^{-3}/ano$$

Componente Rv (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na linha conectada)



Componente relativo a danos físicos (incêndio ou explosão iniciados por centelhamentos perigosos entre instalações externas e partes metálicas, geralmente no ponto de entrada da linha na estrutura), devido à corrente da descarga atmosférica transmitida, ou ao longo das linhas.

AI (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|----------------------------|--------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| AI = 40 x LI | 40000 m ² | 40000 m ² |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 8.54/km ² x ano | |

NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|----------------------------|--------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 1 | 1 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| NI = Ng x AI x Ci x Ce x Ct x 10 ⁻⁶ | 3.42x10 ⁻² /ano | 3.42x10 ⁻² /ano |

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente) | 0 m ² | 0 m ² |
| Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente) | 0.5 | 0.5 |
| Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 ⁻⁶ | 0/ano | 0/ano |
| Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados) | 0.02 | |



Pv (probabilidade de uma descarga em uma linha causar danos físicos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento) | 1 | 1 |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 1 |
| $P_v = P_{eb} \times P_{ld} \times C_{ld}$ | 2×10^{-2} | 2×10^{-2} |

Lv (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|--------------------|
| rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) | 5×10^{-1} |
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) | 1 |
| Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso) | 1×10^{-1} |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| $L_v = r_p \times r_f \times L_f \times (n_z/n_t)$ | 5×10^{-2} |

$$R_v = R_{v.E} + R_{v.T}$$

$$R_v = [(N_{I.E} + N_{d,j.E}) \times P_{v.E} \times L_v] + [(N_{I.T} + N_{d,j.T}) \times P_{v.T} \times L_v]$$

$$R_v = 6.83 \times 10^{-5}/\text{ano}$$

Componente Rw (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas na linha conectada)



Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda de vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

AI (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|----------------------------|--------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| AI = 40 x LI | 40000 m ² | 40000 m ² |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 8.54/km ² x ano | |

NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|----------------------------|--------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 1 | 1 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| NI = Ng x AI x Ci x Ce x Ct x 10 ⁻⁶ | 3.42x10 ⁻² /ano | 3.42x10 ⁻² /ano |

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|-----------------------|--------------------------------|
| Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente) | 0 m ² | 0 m ² |
| Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente) | 0.5 | 0.5 |
| Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 ⁻⁶ | 0/ano | 0/ano |

Pw (probabilidade de uma descarga em uma linha causar falha a sistemas internos)



| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|-----------------------|--------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 2×10^{-2} | 2×10^{-2} |
| Plid (Probabilidade dependendo da resistência R_s da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso U_w do equipamento) | 1 | 1 |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 1 |
| $P_w = P_{spd} \times P_{lid} \times C_{ld}$ | 2×10^{-2} | 2×10^{-2} |

L_w (valores de perda na zona considerada)

| | |
|--|--------------------|
| L_o (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1×10^{-2} |
| n_z (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| n_t (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| $L_w = L_o \times (n_z/n_t)$ | 1×10^{-2} |

$$R_w = R_w.E + R_w.T$$

$$R_w = [(N_l.E + N_{dj}.E) \times P_w.E \times L_w] + [(N_l.T + N_{dj}.T) \times P_w.T \times L_w]$$

$$R_w = 1.37 \times 10^{-5}/\text{ano}$$

Componente R_z (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas perto da linha)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda da vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

A_i (área de exposição equivalente de descargas para a terra perto da linha)



Rua Expedicionários do Brasil, N° 1448, Centro, Araraquara-SP. CEP 14.801-360
 Contato: (16) 3463-7094 - alttiengenharia@outlook.com
 ALTI Engenharia e Arquitetura LTDA EPP
 CNPJ 21020377/0001-82 - IE 181.221.555.117

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|----------------------------|--------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| Ai = 4000 x LI | 4000000 m ² | 4000000 m ² |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 8.54/km ² x ano | |

Ni (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|-----------------------|--------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 1 | 1 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| Ni = Ng x Ai x Ci x Ce x Ct x 10 ⁻⁶ | 3.42/ano | 3.42/ano |

Pz (probabilidade de uma descarga perto da linha conectada à estrutura causar falha de sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 2x10 ⁻² | 2x10 ⁻² |
| Pli (Probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga perto da linha conectada dependendo das características da linha e dos equipamentos) | 1 | 1 |
| Cli (Fator que depende da blindagem, do aterramento e das condições da isolação da linha) | 1 | 1 |
| Pz = Pspd x Pli x Cli | 2x10 ⁻² | 2x10 ⁻² |

Lz (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|--------------------|
| Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1x10 ⁻² |
|---|--------------------|



| | |
|--|--------------------|
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| $Lz = Lo \times (nz/nt)$ | 1×10^{-2} |

$$Rz = Rz.E + Rz.T$$

$$Rz = (Ni.E \times Pz.E \times Lz) + (Ni.T \times Pz.T \times Lz)$$

$$Rz = 1.37 \times 10^{-3}/ano$$

Resultado de R2

O risco R2 é um valor relativo a uma provável perda anual média, calculado a partir da soma dos componentes de risco citados.

$$R2 = Rb + Rc + Rm + Rv + Rw + Rz$$

$$R2 = 4.2 \times 10^{-3}/ano$$

2.3 Avaliação final do risco - Estrutura

O risco é um valor relativo a uma provável perda anual média. Para cada tipo de perda que possa ocorrer na estrutura, o risco resultante deve ser avaliado. O risco para a estrutura é a soma dos riscos relevantes de todas as zonas da estrutura; em cada zona, o risco é a soma de todos os componentes de risco relevantes na zona.

| Zona | R1 | R2 | R3 | R4 |
|-----------|--------------------------|----------------------|----|------------------------|
| Estrutura | 4109.82×10^{-5} | 4.2×10^{-3} | 0 | 0.596×10^{-3} |

Foram avaliados os seguintes riscos da estrutura:



R1: risco de perda de vida humana (incluindo ferimentos permanentes)

$$R1 = 4109.82 \times 10^{-5} / \text{ano}$$

Status: A instalação de um sistema de SPDA é necessária, segundo a norma NBR5419/2015, pois $R > 10^{-5}$

R2: risco de perdas de serviço ao público

$$R2 = 4.2 \times 10^{-3} / \text{ano}$$

Status: A instalação de um sistema de SPDA é necessária, segundo a norma NBR5419/2015, pois $R > 10^{-3}$

