

# Memorial de avaliação de risco de SPDA

# 1. Memorial de cálculo

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.

Dados da edificação

Altura (m)	Largura (m)	Comprimento (m)
16.35 m	18.00 m	18.00 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.

$$A_d = 8986.25 \text{ m}^2$$

## Dados do projeto

### Classificação da estrutura

Nível de proteção: III

### Densidade de descargas atmosféricas

Densidade de descargas atmosféricas para a terra:  $4/\text{km}^2 \times \text{ano}$

### Número de descidas

Quantidade de descidas (N), em decorrência do espaçamento médio dos condutores de descida e do nível de proteção.

Pavimento	Perímetro (m)	Espaçamento (m)	Número de descidas
Térreo	72.00	18.00	4
Tipo 1	72.00	18.00	4
Tipo 2	56.40	14.20	4
Cobertura	56.40	14.20	4
Reservatório	30.00	15.00	2

### Seção das cordoalhas

Seções mínimas dos materiais utilizados no SPDA.

Material	Captor ( $\text{mm}^2$ )	Descida ( $\text{mm}^2$ )	Aterramento ( $\text{mm}^2$ )
Cobre	35	35 a 50	50

### 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:

Ângulo de proteção (método Franklin) = 77° a 45°

Largura máxima da malha (método Gaiola de Faraday) = 15 m

Raio da esfera rolante (método Eletrogeométrico) = 45 m

### Anéis de cintamento

Eletrodo de aterramento formando um anel fechado em volta da estrutura.

Pavimento	Nível (m)	Altura em relação ao solo (m)
Térreo	0.00	0.00
Tipo 1	2.90	2.90
Cobertura	8.50	11.30
Reservatório	11.30	16.35

## 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)	1
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4/km <sup>2</sup> x ano
Nd = Ng x Ad x Cd x 10 <sup>-6</sup>	3.59x10 <sup>-2</sup> /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
Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos)	1
Pa = Pta x Pb	1

### La (valores de perda na zona considerada)

rt (Fator de redução em função do tipo da superfície do solo ou do piso)	1x10 <sup>-5</sup>
Lt (Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico devido a um evento perigoso)	1x10 <sup>-2</sup>

nz (Número de pessoas na zona considerada)	200
nt (Número total de pessoas na estrutura)	200
tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)	8760 h/ano
$La = rt \times Lt \times (nz/nt) \times (tz/8760)$	$1 \times 10^{-7}$

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

$$Ra = 3.59 \times 10^{-9} / \text{ano}$$

#### 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)	1
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$4 / \text{km}^2 \times \text{ano}$
$Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$	$3.59 \times 10^{-2} / \text{ano}$

Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos)	1
--	---

#### Lb (valores de perda na zona considerada)

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)	1
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	$1 \times 10^{-3}$
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)	$1 \times 10^{-1}$
nz (Número de pessoas na zona considerada)	200
nt (Número total de pessoas na estrutura)	200
tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)	8760 h/ano
$Lb = rp \times rf \times hz \times Lf \times (nz/nt) \times (tz/8760)$	$1 \times 10^{-4}$

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

$$Rb = 3.59 \times 10^{-6} / \text{ano}$$

#### 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)	1
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4/km <sup>2</sup> x ano
$Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$	3.59x10 <sup>-2</sup> /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)	1	1
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	1
$Pc.E = Pspd.E \times Cld.E$ , $Pc.T = Pspd.T \times Cld.T$	1	1
$Pc = 1 - [(1 - Pc.E) \times (1 - Pc.T)]$	1	

**Lc (valores de perda na zona considerada)**

Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)	1x10 <sup>-2</sup>
nz (Número de pessoas na zona considerada)	200
nt (Número total de pessoas na estrutura)	200
tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)	8760 h/ano
$Lc = Lo \times (nz/nt) \times (tz/8760)$	1x10 <sup>-2</sup>

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

$$Rc = 3.59 \times 10^{-4} / \text{ano}$$

**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)	4/km <sup>2</sup> x ano
Am (Área de exposição equivalente de descargas que atingem perto da estrutura)	811995.86 m <sup>2</sup>
$Nm = Ng \times Am \times 10^{-6}$	3.25/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)	1	1

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)	$2 \times 10^{-1}$	1
Uw (Tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido) (kV)	2.5	1.5
Ks4 (Fator relevante à tensão suportável de impulso de um sistema)	$4 \times 10^{-1}$	$6.67 \times 10^{-1}$
$Pms = (Ks1 \times Ks2 \times Ks3 \times Ks4)^2$	$6.4 \times 10^{-3}$	$4.44 \times 10^{-1}$
$Pm.E = Pspd.E \times Pms.E$ , $Pm.T = Pspd.T \times Pms.T$	$6.4 \times 10^{-3}$	$4.44 \times 10^{-1}$
$Pm = 1 - [(1 - Pm.E) \times (1 - Pm.T)]$	$4.48 \times 10^{-1}$	

#### Lm (valores de perda na zona considerada)

Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)	$1 \times 10^{-2}$
nz (Número de pessoas na zona considerada)	200
nt (Número total de pessoas na estrutura)	200
tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)	8760 h/ano
$Lm = Lo \times (nz/nt) \times (tz/8760)$	$1 \times 10^{-2}$

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

$$Rm = 1.46 \times 10^{-2} / \text{ano}$$

#### 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)	200 m	100 m
$AI = 40 \times LI$	8000 m <sup>2</sup>	4000 m <sup>2</sup>

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4/km <sup>2</sup> 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)	0.5	0.5
Ct (Fator do tipo de linha)	1	1

Ce (Fator ambiental)	0.5	0.5
$NI = Ng \times Al \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$	$8 \times 10^{-3}/\text{ano}$	$4 \times 10^{-3}/\text{ano}$

**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 <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)	0.25	0.25
$Ndj = Ng \times Adj \times Cdj \times Ct \times 10^{-6}$	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)	1
Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados)	1

**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
$Pu = Ptu \times Peb \times Pld \times Cld$	1	1

**Lu (valores de perda na zona considerada)**

rt (Fator de redução em função do tipo da superfície do solo ou do piso)	$1 \times 10^{-5}$
Lt (Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico devido a um evento perigoso)	$1 \times 10^{-2}$
nz (Número de pessoas na zona considerada)	200
nt (Número total de pessoas na estrutura)	200
tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)	8760 h/ano
$Lu = rt \times Lt \times (nz / nt) \times (tz / 8760)$	$1 \times 10^{-7}$

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

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

$$Ru = 1.2 \times 10^{-9}/\text{ano}$$

**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.

**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)	200m	100m
AI = 40 x LI	8000 m <sup>2</sup>	4000 m <sup>2</sup>

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4/km <sup>2</sup> 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)	0.5	0.5
Ct (Fator do tipo de linha)	1	1
Ce (Fator ambiental)	0.5	0.5
NI = Ng x AI x Ci x Ce x Ct x 10 <sup>-6</sup>	8x10 <sup>-3</sup> /ano	4x10 <sup>-3</sup> /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 <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)	0.25	0.25
Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 <sup>-6</sup>	0/ano	0/ano

Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados)	1
---	---

**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	1	1

**Lv (valores de perda na zona considerada)**

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)	1
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	1x10 <sup>-3</sup>
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)	1x10 <sup>-1</sup>
nz (Número de pessoas na zona considerada)	200
nt (Número total de pessoas na estrutura)	200
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 <sup>-4</sup>

$$Rv = Rv.E + Rv.T$$

$$Rv = [(NI.E + Ndj.E) \times Pv.E \times Lv] + [(NI.T + Ndj.T) \times Pv.T \times Lv]$$

$$Rv = 1.2 \times 10^{-6} / \text{ano}$$

#### 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)
Ll (Comprimento da seção de linha)	200m	100m
AI = 40 x Ll	8000 m <sup>2</sup>	4000 m <sup>2</sup>

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4/km <sup>2</sup> 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)	0.5	0.5
Ct (Fator do tipo de linha)	1	1
Ce (Fator ambiental)	0.5	0.5
NI = Ng x AI x Ci x Ce x Ct x 10 <sup>-6</sup>	8x10 <sup>-3</sup> /ano	4x10 <sup>-3</sup> /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 <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)	0.25	0.25
Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 <sup>-6</sup>	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)	1	1
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
$Pw = Pspd \times Pld \times Cld$	1	1

**Lw (valores de perda na zona considerada)**

Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)	$1 \times 10^{-2}$
nz (Número de pessoas na zona considerada)	200
nt (Número total de pessoas na estrutura)	200
tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)	8760 h/ano
$Lw = Lo \times (nz/nt) \times (tz/8760)$	$1 \times 10^{-2}$

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

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

$$Rw = 1.2 \times 10^{-4} / \text{ano}$$

**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)
Ll (Comprimento da seção de linha)	200m	100m
$Ai = 40 \times Ll$	800000 m <sup>2</sup>	400000 m <sup>2</sup>

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4/km <sup>2</sup> 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)	0.5	0.5
Ct (Fator do tipo de linha)	1	1
Ce (Fator ambiental)	0.5	0.5
$NI = Ng \times Ai \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$	$8 \times 10^{-1}/ano$	$4 \times 10^{-1}/ano$

**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)	1	1
Pli (Probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga perto da linha conectada dependendo das características da linha e dos equipamentos)	0.3	0.5
Cli (Fator que depende da blindagem, do aterramento e das condições da isolação da linha)	1	1
$Pz = Pspd \times Pli \times Cli$	$3 \times 10^{-1}$	$5 \times 10^{-1}$

**Lz (valores de perda na zona considerada)**

Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)	$1 \times 10^{-2}$
nz (Número de pessoas na zona considerada)	200
nt (Número total de pessoas na estrutura)	200
tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)	8760 h/ano
$Lz = Lo \times (nz/nt) \times (tz/8760)$	$1 \times 10^{-2}$

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

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

$$Rz = 4.4 \times 10^{-3}/ano$$

**Resultado de R1**

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

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

$$R1 = 1.94 \times 10^{-2}/ano$$

## 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)	1
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4/km <sup>2</sup> x ano
Nd = Ng x Ad x Cd x 10 <sup>-6</sup>	3.59x10 <sup>-2</sup> /ano

Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos)	1
--	---

#### Lb (valores de perda na zona considerada)

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)	1
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	1x10 <sup>-3</sup>
Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso)	1x10 <sup>-1</sup>
nz (Número de pessoas na zona considerada)	200
nt (Número total de pessoas na estrutura)	200
Lb = rp x rf x Lf x (nz/nt)	1x10 <sup>-4</sup>

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

$$Rb = 3.59 \times 10^{-6} / \text{ano}$$

### 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)	1
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4/km <sup>2</sup> x ano
Nd = Ng x Ad x Cd x 10 <sup>-6</sup>	3.59x10 <sup>-2</sup> /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)	1	1
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	1
$Pc.E = Pspd.E \times Cld.E$ , $Pc.T = Pspd.T \times Cld.T$	1	1
$Pc = 1 - [(1 - Pc.E) \times (1 - Pc.T)]$	1	1

**Lc (valores de perda na zona considerada)**

Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)	$1 \times 10^{-2}$
nz (Número de pessoas na zona considerada)	200
nt (Número total de pessoas na estrutura)	200
$Lc = Lo \times (nz/nt)$	$1 \times 10^{-2}$

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

$$Rc = 3.59 \times 10^{-4} / \text{ano}$$

**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)	$4/\text{km}^2 \times \text{ano}$
Am (Área de exposição equivalente de descargas que atingem perto da estrutura)	$811995.86 \text{ m}^2$
$Nm = Ng \times Am \times 10^{-6}$	3.25/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)	1	1
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)	$2 \times 10^{-1}$	1
Uw (Tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido) (kV)	2.5	1.5
Ks4 (Fator relevante à tensão suportável de impulso de um sistema)	$4 \times 10^{-1}$	$6.67 \times 10^{-1}$
$Pms = (Ks1 \times Ks2 \times Ks3 \times Ks4)^2$	$6.4 \times 10^{-3}$	$4.44 \times 10^{-1}$
$Pm.E = Pspd.E \times Pms.E$ , $Pm.T = Pspd.T \times Pms.T$	$6.4 \times 10^{-3}$	$4.44 \times 10^{-1}$
$Pm = 1 - [(1 - Pm.E) \times (1 - Pm.T)]$	$4.48 \times 10^{-1}$	

#### Lm (valores de perda na zona considerada)

Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)	$1 \times 10^{-2}$
nz (Número de pessoas na zona considerada)	200
nt (Número total de pessoas na estrutura)	200
$Lm = Lo \times (nz/nt)$	$1 \times 10^{-2}$

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

$$Rm = 1.46 \times 10^{-2} / \text{ano}$$

#### 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)
Ll (Comprimento da seção de linha)	200 m	100 m
$Al = 40 \times Ll$	8000 m <sup>2</sup>	4000 m <sup>2</sup>

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4/km <sup>2</sup> 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)	0.5	0.5
Ct (Fator do tipo de linha)	1	1
Ce (Fator ambiental)	0.5	0.5
$NI = Ng \times Al \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$	$8 \times 10^{-3} / \text{ano}$	$4 \times 10^{-3} / \text{ano}$

**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 <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)	0.25	0.25
Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 <sup>-6</sup>	0/ano	0/ano
Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados)		1

**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	1	1

**Lv (valores de perda na zona considerada)**

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)	1
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	1x10 <sup>-3</sup>
Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso)	1x10 <sup>-1</sup>
nz (Número de pessoas na zona considerada)	200
nt (Número total de pessoas na estrutura)	200
Lv = rp x rf x Lf x (nz/nt)	1x10 <sup>-4</sup>

$$Rv = Rv.E + Rv.T$$

$$Rv = [(NI.E + Ndj.E) \times Pv.E \times Lv] + [(NI.T + Ndj.T) \times Pv.T \times Lv]$$

$$Rv = 1.2 \times 10^{-6} / \text{ano}$$

**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)	200 m	100 m
AI = 40 x LI	8000 m <sup>2</sup>	4000 m <sup>2</sup>

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4/km <sup>2</sup> 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)	0.5	0.5
Ct (Fator do tipo de linha)	1	1
Ce (Fator ambiental)	0.5	0.5
NI = Ng x AI x Ci x Ce x Ct x 10 <sup>-6</sup>	8x10 <sup>-3</sup> /ano	4x10 <sup>-3</sup> /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 <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)	0.25	0.25
Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 <sup>-6</sup>	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)	1	1
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 x Pld x Cld	1	1

**Lw (valores de perda na zona considerada)**

Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)	1x10 <sup>-2</sup>
nz (Número de pessoas na zona considerada)	200
nt (Número total de pessoas na estrutura)	200
Lw = Lo x (nz/nt)	1x10 <sup>-2</sup>



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

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

$$Rw = 1.2 \times 10^{-4} / \text{ano}$$

**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)	200 m	100 m
AI = 4000 x LI	800000 m <sup>2</sup>	400000 m <sup>2</sup>

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4/km <sup>2</sup> 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)	0.5	0.5
Ct (Fator do tipo de linha)	1	1
Ce (Fator ambiental)	0.5	0.5
Ni = Ng x AI x Ci x Ce x Ct x 10 <sup>-6</sup>	8x10 <sup>-1</sup> /ano	4x10 <sup>-1</sup> /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)	1	1
Pli (Probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga perto da linha conectada dependendo das características da linha e dos equipamentos)	0.3	0.5
Cli (Fator que depende da blindagem, do aterramento e das condições da isolação da linha)	1	1
Pz = Pspd x Pli x Cli	3x10 <sup>-1</sup>	5x10 <sup>-1</sup>

**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 <sup>-2</sup>
---	--------------------

nz (Número de pessoas na zona considerada)	200
nt (Número total de pessoas na estrutura)	200
$Lz = Lo \times (nz/nt)$	$1 \times 10^{-2}$

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

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

$$Rz = 4.4 \times 10^{-3}/ano$$

#### 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.

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

$$R2 = 1.94 \times 10^{-2}/ano$$

## Risco de perda de patrimônio cultural (R3) - Padrão

Os resultados para risco de perda de patrimônio cultural levam em consideração os componentes de risco de descargas na estrutura e em uma linha conectada à estrutura.

#### 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)	1
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$4/km^2 \times ano$
$Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$	$3.59 \times 10^{-2}/ano$

Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos)	1
--	---

#### Lb (valores de perda na zona considerada)

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)	1
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	$1 \times 10^{-3}$
Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso)	$1 \times 10^{-1}$
cz (Valor do patrimônio cultural na zona considerada) (R\$)	6000
ct (Valor total da edificação e conteúdo da estrutura) (R\$)	6000
$Lb = rp \times rf \times Lf \times (cz/ct)$	$1 \times 10^{-4}$

$$R_b = N_d \times P_b \times L_b$$

$$R_b = 3.59 \times 10^{-6} / \text{ano}$$

**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.

**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)	200 m	100 m
AI = 40 x LI	8000 m <sup>2</sup>	4000 m <sup>2</sup>

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4/km <sup>2</sup> 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)	0.5	0.5
Ct (Fator do tipo de linha)	1	1
Ce (Fator ambiental)	0.5	0.5
NI = Ng x AI x Ci x Ce x Ct x 10 <sup>-6</sup>	8x10 <sup>-3</sup> /ano	4x10 <sup>-3</sup> /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 <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)	0.25	0.25
Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 <sup>-6</sup>	0/ano	0/ano

Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados)	1
---	---

**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
$P_v = P_{eb} \times P_{ld} \times C_{ld}$	1	1

**Lv (valores de perda na zona considerada)**

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)	1
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	$1 \times 10^{-3}$
Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso)	$1 \times 10^{-1}$
cz (Valor do patrimônio cultural na zona considerada) (R\$)	6000
ct (Valor total da edificação e conteúdo da estrutura) (R\$)	6000
$L_v = r_p \times r_f \times L_f \times (c_z/c_t)$	$1 \times 10^{-4}$

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

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

$$R_v = 1.2 \times 10^{-6} / \text{ano}$$

**Resultado de R3**

O risco R3 é um valor relativo a uma provável perda anual média, calculado a partir da soma dos componentes de risco citados.

$$R_3 = R_b + R_v$$

$$R_3 = 4.79 \times 10^{-6} / \text{ano}$$

## Risco de perdas de valores econômicos (R4) - Padrão

Os resultados para o risco de perda de valor econômico levam em consideração a avaliação da eficiência do custo da proteção pela comparação do custo total das perdas com ou sem as medidas de proteção. Neste caso, a avaliação das componentes de risco R4 devem ser feitas no sentido de avaliar tais custos.

**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)	1
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$4/\text{km}^2 \times \text{ano}$
$N_d = N_g \times A_d \times C_d \times 10^{-6}$	$3.59 \times 10^{-2} / \text{ano}$

Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos)	1
--	---

**Lb (valores de perda na zona considerada)**

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)	1
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	1x10 <sup>-3</sup>
Lf (Valor relativo médio típico de todos os valores atingidos pelos danos físicos devido a um evento perigoso)	1
ca (Valor dos animais na zona) (R\$)	0
cb (Valor da edificação relevante à zona) (R\$)	0
cc (Valor do conteúdo da zona) (R\$)	0
cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$)	0
CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$)	0
$Lb = rp \times rf \times Lf \times ((ca+cb+cc+cs)/CT)$	1x10 <sup>-3</sup>

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

$$Rb = 3.59 \times 10^{-5} / \text{ano}$$

**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)	1
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4/km <sup>2</sup> x ano
$Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$	3.59x10 <sup>-2</sup> /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)	1	1
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	1
$Pc.E = Pspd.E \times Cld.E$ , $Pc.T = Pspd.T \times Cld.T$	1	1
$Pc = 1 - [(1 - Pc.E) \times (1 - Pc.T)]$	1	

**Lc (valores de perda na zona considerada)**

Lo (Valor relativo médio típico de todos os valores danificados pela falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)	1x10 <sup>-1</sup>
cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$)	0

CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$)	0
$Lc = Lo \times (cs/CT)$	$1 \times 10^{-1}$

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

$$Rc = 3.59 \times 10^{-3} / \text{ano}$$

**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)	$4/\text{km}^2 \times \text{ano}$
Am (Área de exposição equivalente de descargas que atingem perto da estrutura)	$811995.86 \text{ m}^2$
$Nm = Ng \times Am \times 10^{-6}$	$3.25/\text{ano}$

**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)	1	1
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)	$2 \times 10^{-1}$	1
Uw (Tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido) (kV)	2.5	1.5
Ks4 (Fator relevante à tensão suportável de impulso de um sistema)	$4 \times 10^{-1}$	$6.67 \times 10^{-1}$
$Pms = (Ks1 \times Ks2 \times Ks3 \times Ks4)^2$	$6.4 \times 10^{-3}$	$4.44 \times 10^{-1}$
$Pm.E = Pspd.E \times Pms.E$ , $Pm.T = Pspd.T \times Pms.T$	$6.4 \times 10^{-3}$	$4.44 \times 10^{-1}$
$Pm = 1 - [(1 - Pm.E) \times (1 - Pm.T)]$	$4.48 \times 10^{-1}$	

**Lm (valores de perda na zona considerada)**

Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)	$1 \times 10^{-1}$
cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$)	0
CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$)	0
$Lm = Lo \times (cs/CT)$	$1 \times 10^{-1}$

$$R_m = N_m \times P_m \times L_m$$

$$R_m = 1.46 \times 10^{-1} / \text{ano}$$

**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.

**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)	200 m	100 m
AI = 40 x LI	8000 m <sup>2</sup>	4000 m <sup>2</sup>

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4/km <sup>2</sup> 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)	0.5	0.5
Ct (Fator do tipo de linha)	1	1
Ce (Fator ambiental)	0.5	0.5
NI = Ng x AI x Ci x Ce x Ct x 10 <sup>-6</sup>	8x10 <sup>-3</sup> /ano	4x10 <sup>-3</sup> /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 <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)	0.25	0.25
Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 <sup>-6</sup>	0/ano	0/ano

Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados)	1
---	---

**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	1	1

**Lv (valores de perda na zona considerada)**

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)	1
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	1x10 <sup>-3</sup>
Lf (Valor relativo médio típico de todos os valores atingidos pelos danos físicos devido a um evento perigoso)	1
ca (Valor dos animais na zona) (R\$)	0
cb (Valor da edificação relevante à zona) (R\$)	0
cc (Valor do conteúdo da zona) (R\$)	0
cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$)	0
CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$)	0
$Lv = rp \times rf \times Lf \times ((ca+cb+cc+cs)/CT)$	1x10 <sup>-3</sup>

$$Rv = Rv.E + Rv.T$$

$$Rv = [(NI.E + Ndj.E) \times Pv.E \times Lv] + [(NI.T + Ndj.T) \times Pv.T \times Lv]$$

$$Rv = 1.2 \times 10^{-5} / \text{ano}$$

**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)
Ll (Comprimento da seção de linha)	200 m	100 m
$AI = 40 \times Ll$	8000 m <sup>2</sup>	4000 m <sup>2</sup>

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4/km <sup>2</sup> 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)	0.5	0.5
Ct (Fator do tipo de linha)	1	1
Ce (Fator ambiental)	0.5	0.5
$NI = Ng \times AI \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$	8x10 <sup>-3</sup> /ano	4x10 <sup>-3</sup> /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 <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>
Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)	0.25	0.25
$Ndj = Ng \times Adj \times Cdj \times Ct \times 10^{-6}$	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)	1	1
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
$Pw = Pspd \times Pld \times Cld$	1	1

**Lw (valores de perda na zona considerada)**

Lo (Valor relativo médio típico de todos os valores danificados pela falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)	1x10 <sup>-1</sup>
cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$)	0
CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$)	0
$Lw = Lo \times (cs/CT)$	1x10 <sup>-1</sup>

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

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

$$Rw = 1.2 \times 10^{-3} / \text{ano}$$

**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)	200 m	100 m
$Ai = 4000 \times LI$	800000 m <sup>2</sup>	400000 m <sup>2</sup>

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4/km <sup>2</sup> 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)	0.5	0.5
Ct (Fator do tipo de linha)	1	1
Ce (Fator ambiental)	0.5	0.5
Ni = Ng x Ai x Ci x Ce x Ct x 10 <sup>-6</sup>	8x10 <sup>-1</sup> /ano	4x10 <sup>-1</sup> /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)	1	1
Pli (Probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga perto da linha conectada dependendo das características da linha e dos equipamentos)	0.3	0.5
Cli (Fator que depende da blindagem, do aterramento e das condições da isolação da linha)	1	1
Pz = Pspd x Pli x Cli	3x10 <sup>-1</sup>	5x10 <sup>-1</sup>

**Lz (valores de perda na zona considerada)**

Lo (Valor relativo médio típico de todos os valores danificados pela falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)	1x10 <sup>-1</sup>
cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$)	0
CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$)	0
Lz = Lo x (cs/CT)	1x10 <sup>-1</sup>

$$R_z = R_z.E + R_z.T$$

$$R_z = (N_i.E \times P_z.E \times L_z) + (N_i.T \times P_z.T \times L_z)$$

$$R_z = 4.4 \times 10^{-2} / \text{ano}$$

**Resultado de R4**

O risco R4 é um valor relativo a uma provável perda anual média, calculado a partir da soma dos componentes de risco citados.

$$R_4 = R_b + R_c + R_m + R_v + R_w + R_z$$

$$R_4 = 1.94 \times 10^{-1} / \text{ano}$$

## Avaliação do custo de perdas do valor econômico - Padrão

### Resultado das perdas de valor econômico

As perdas de valor econômico são afetadas diretamente pelas características de cada tipo de perda da zona. O custo total de perdas da estrutura (CT) é o somatório dos valores estabelecidos para cada tipo de perda da estrutura e quando multiplicado pelo risco (R4) obtêm-se o custo anual de perdas (CL).

### Custo total de perdas (ct)

O custo total de perdas (ct) é a somatória dos valores de perdas na zona, compreendendo o valor dos animais na zona (ca), o valor da edificação relevante à zona (cb), o valor do conteúdo da zona (cc) e o valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona (cs). O seu valor calculado é monetário.

$$ct = ca + cb + cc + cs$$

$$ct = 0$$

### Custo total de perdas da estrutura (CT)

O custo total de perdas da estrutura (CT) é a somatória dos valores de perdas de todas as zonas da estrutura. O seu valor calculado é monetário.

$$CT = ct(z1) + \dots + ct(zn)$$

$$CT = 0$$

### Custo anual de perdas (CL)

O custo anual de perdas (CL) é a multiplicação entre o custo total de perdas (CT) e o risco (R4), na qual contribui para análise do risco econômico total da estrutura. O seu valor calculado é monetário.

$$CL = CT \times R4$$

$$CL = 0$$

## 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	$1943.48 \times 10^{-5}$	$19.43 \times 10^{-3}$	$0.0479 \times 10^{-4}$	$194.35 \times 10^{-3}$

Foram avaliados os seguintes riscos da estrutura:

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

$R1 = 1943.48 \times 10^{-5}/\text{ano}$

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**

$R2 = 19.43 \times 10^{-3}/\text{ano}$

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

**R3: risco de perdas de patrimônio cultural**

$R3 = 0.0479 \times 10^{-4}/\text{ano}$

Status: A instalação de um sistema de SPDA não é necessária, segundo a NBR5419/2015, pois  $R \leq 10^{-4}$

**R4: risco de perda de valor econômico**

$R4 = 194.35 \times 10^{-3}/\text{ano}$

**CT: custo total de perdas de valor econômico da estrutura (valores em \$)**

$CT = 0$

**CL: custo anual de perdas (valores em \$)**

$CL = 0$

