



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

## **REFORMA E AMPLIAÇÃO DA UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE DA SEDE LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE PRESIDENTE KENNEDY –ES**

### **MEMORIAL DE CÁLCULO GERENCIAMENTO DE RISCO – SPDA (SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS)**

*Ivan de Souza Machado*

*Engenheiro Eletricista do Departamento de Eletrificação Urbana*

*Registro: CREA-RJ 2013135549/D*

*TEL: (28) 3535-1963*

***E-mail: [eletrica.semob@presidentekennedy.es.gov.br](mailto:eletrica.semob@presidentekennedy.es.gov.br)***



## MEMORIAL DE CÁLCULO – GERENCIAMENTO DE RISCO

### 1 DESCRIÇÃO GERAL

A norma NBR5419/2015 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é responsável por definir os princípios para a elaboração dos estudos e projetos referentes a medidas de proteção das edificações contra descargas atmosféricas, posto que, conforme descrito nesta, não existem dispositivos ou métodos capazes de modificar os fenômenos climáticos naturais de maneira a prevenir a ocorrência das descargas atmosféricas, tendo em vista que este fenômeno gera riscos às pessoas, às estruturas e seus conteúdos e instalações.

Diante o exposto, a parte 2 da norma NBR5419/2015 define o gerenciamento de risco que é responsável por determinar a necessidade de proteção, os benefícios econômicos da instalação de medidas de proteção e a escolha destas, de modo a estabelecer os requisitos para análise de risco em uma estrutura devido às descargas atmosféricas para a terra. Destaca-se que as medidas a serem adotadas para o sistema de proteção contra descargas atmosféricas devem ser compatibilizadas com o projeto elétrico e de combate a incêndio, garantindo que a instalação possua ao menos dispositivos de proteção contra surtos (DPS), bem como, extintores, instalações fixas operadas manualmente, hidrantes, entre outros.

Destarte, o presente memorial tem por finalidade demonstrar os cálculos referentes ao gerenciamento de risco para avaliação das medidas de proteção a serem executadas para redução dos riscos das descargas atmosféricas na edificação da unidade básica de saúde da sede localizada na Avenida Orestes Baiense, bairro Cento, município de Presidente Kennedy - ES.

### 2 MEMORIAL DE CÁLCULO

#### 2.1 Dados da edificação

Altura (m)	Largura (m)	Comprimento (m)
4.90 m	26.92 m	47.03 m



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

A área de exposição equivalente (Ad) 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.

$$Ad = 3516.05 \text{ m}^2$$

## 2.2 Classificação da Estrutura

Nível de proteção: IV.

### 2.2.1 Densidade de descargas atmosféricas

Densidade de descargas atmosféricas para a terra:  $4,15/\text{km}^2 \times \text{ano}$ .

### 2.2.2 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	159.81	22.93	14
Telhado	204.69	22.93	15
Caixa d'água	34.12	8.25	5

### 2.2.3 Seção das cordoalhas

Seções mínimas dos materiais utilizados no SPDA.

Material	Captor (mm <sup>2</sup> )	Descida (mm <sup>2</sup> )	Aterramento (mm <sup>2</sup> )
Cobre	35	35 a 50	50

### 2.2.4 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) =  $79^\circ$  a  $69^\circ$

Largura máxima da malha (método Gaiola de Faraday) = 20 m

Raio da esfera rolante (método Eletrogeométrico) = 60 m



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

### 2.2.5 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
Telhado	3.10	4.40

### 2.3 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.

#### 2.3.1 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)	$5 \times 10^{-1}$
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$4.15/\text{km}^2 \times \text{ano}$
$Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$	$7.3 \times 10^{-3}/\text{ano}$

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)	$1 \times 10^{-2}$
Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos)	$2 \times 10^{-1}$
$Pa = Pta \times Pb$	$2 \times 10^{-3}$

La (valores de perda na zona considerada)

rt (Fator de redução em função do tipo da superfície do solo ou do piso)	$1 \times 10^{-2}$
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



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

nt (Número total de pessoas na estrutura)	200
tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)	2112 h/ano
$La = rt \times Lt \times (nz/nt) \times (tz/8760)$	$2.41 \times 10^{-5}$

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

$$Ra = 3.52 \times 10^{-10}/\text{ano}$$

### 2.3.2 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)	$5 \times 10^{-1}$
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$4.15/\text{km}^2 \times \text{ano}$
$Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$	$7.3 \times 10^{-3}/\text{ano}$
Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos)	$2 \times 10^{-1}$

Lb (valores de perda na zona considerada)

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)	$5 \times 10^{-1}$
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	$1 \times 10^{-2}$
hz (Fator aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial)	2
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)	2112 h/ano
$Lb = rp \times rf \times hz \times Lf \times (nz/nt) \times (tz/8760)$	$2.41 \times 10^{-4}$

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

$$Rb = 3.52 \times 10^{-7}/\text{ano}$$



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

### 2.3.3 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)	$5 \times 10^{-1}$
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$4.15/\text{km}^2 \times \text{ano}$
$Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$	$7.3 \times 10^{-3}/\text{ano}$

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)	$5 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	1
$Pc.E = Pspd.E \times Cld.E$ , $Pc.T = Pspd.T \times Cld.T$	$5 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$
$Pc = 1 - [(1 - Pc.E) \times (1 - Pc.T)]$	$9.75 \times 10^{-2}$	

Lc (valores de perda na zona considerada)

Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)	$1 \times 10^{-1}$
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)	2112 h/ano
$Lc = Lo \times (nz/nt) \times (tz/8760)$	$2.41 \times 10^{-2}$

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

$$Rc = 1.71 \times 10^{-5}/\text{ano}$$



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY

Estado do Espírito Santo

Secretaria Municipal de Obras e Habitação

### 2.3.4 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)	4.15/km <sup>2</sup> x ano
Am (Área de exposição equivalente de descargas que atingem perto da estrutura)	846979.37 m <sup>2</sup>
Nm = Ng × Am × 10 <sup>-6</sup>	3.51/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)	5x10 <sup>-2</sup>	5x10 <sup>-2</sup>
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)	2.5	1.5
Ks4 (Fator relevante à tensão suportável de impulso de um sistema)	4x10 <sup>-1</sup>	6.67x10 <sup>-1</sup>
Pms = (Ks1 x Ks2 x Ks3 x Ks4) <sup>2</sup>	1.6x10 <sup>-1</sup>	4.44x10 <sup>-1</sup>
Pm.E = Pspd.E x Pms.E, Pm.T = Pspd.T x Pms.T	8x10 <sup>-3</sup>	2.22x10 <sup>-2</sup>
Pm = 1 - [(1 - Pm.E) x (1 - Pm.T)]	3x10 <sup>-2</sup>	

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 <sup>-1</sup>
nz (Número de pessoas na zona considerada)	200
nt (Número total de pessoas na estrutura)	200



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)	2112 h/ano
$Lm = Lo \times (nz/nt) \times (tz/8760)$	$2.41 \times 10^{-2}$

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

$$Rm = 2.55 \times 10^{-3} / \text{ano}$$

### 2.3.5 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.

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)	1000 m	1000 m
$Al = 40 \times Ll$	40000 m <sup>2</sup>	40000 m <sup>2</sup>
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4.15/km <sup>2</sup> x ano	

Nl (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)	0.1	0.1
$Nl = Ng \times Al \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$	$8.3 \times 10^{-3} / \text{ano}$	$8.3 \times 10^{-3} / \text{ano}$

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	0.5
$Ndj = Ng \times Adj \times Cdj \times Ct \times 10^{-6}$	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)	0.01	





PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados)	0.05
---	------

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)	0.95	1
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	1
$Pu = Ptu \times Peb \times Pld \times Cld$	$4.75 \times 10^{-4}$	$5 \times 10^{-4}$

Lu (valores de perda na zona considerada)

rt (Fator de redução em função do tipo da superfície do solo ou do piso)	$1 \times 10^{-2}$
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)	2112 h/ano
$Lu = rt \times Lt \times (nz / nt) \times (tz / 8760)$	$2.41 \times 10^{-5}$

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

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

$$Ru = 1.95 \times 10^{-10} / \text{ano}$$

### 2.3.6 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)	1000 m	1000 m
$Al = 40 \times Ll$	$40000 \text{ m}^2$	$40000 \text{ m}^2$



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4.15/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)	0.1	0.1
NI = Ng x Ai x Ci x Ce x Ct x 10 <sup>-6</sup>	8.3x10 <sup>-3</sup> /ano	8.3x10 <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	0.5
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)	0.05	

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)	0.95	1
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	1
Pv = Peb x Pld x Cld	4.75x10 <sup>-2</sup>	5x10 <sup>-2</sup>

Lv (valores de perda na zona considerada)

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)	5x10 <sup>-1</sup>
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	1x10 <sup>-2</sup>
hz (Fator aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial)	2
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



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

nt (Número total de pessoas na estrutura)	200
tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)	2112 h/ano
$Lv = rp \times rf \times hz \times Lf \times (nz/nt) \times (tz/8760)$	$2.41 \times 10^{-4}$

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

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

$$Rv = 1.95 \times 10^{-7} / \text{ano}$$

### 2.3.7 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.

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)	1000 m	1000 m
$Al = 40 \times Ll$	40000 m <sup>2</sup>	40000 m <sup>2</sup>
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4.15/km <sup>2</sup> x ano	

Nl (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)	0.1	0.1
$Nl = Ng \times Al \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$	$8.3 \times 10^{-3} / \text{ano}$	$8.3 \times 10^{-3} / \text{ano}$

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>



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)	0.25	0.5
$N_{dj} = N_g \times Adj \times C_{dj} \times C_t \times 10^{-6}$	0/ano	0/ano

$P_w$  (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)	$5 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$
Pld (Probabilidade dependendo da resistência $R_s$ da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso $U_w$ do equipamento)	0.95	1
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	1
$P_w = P_{spd} \times P_{ld} \times C_{ld}$	$4.75 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$

$L_w$  (valores de perda na zona considerada)

Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)	$1 \times 10^{-1}$
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)	2112 h/ano
$L_w = L_o \times (n_z/n_t) \times (t_z/8760)$	$2.41 \times 10^{-2}$

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

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

$$R_w = 1.95 \times 10^{-5}/ano$$

### 2.3.8 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.



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

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

	<b>Linhas de energia (E)</b>	<b>Linhas de telecomunicações (T)</b>
Ll (Comprimento da seção de linha)	1000 m	1000 m
$Ai = 4000 \times Ll$	4000000 m <sup>2</sup>	4000000 m <sup>2</sup>
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4.15/km <sup>2</sup> x ano	

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

	<b>Linhas de energia (E)</b>	<b>Linhas de telecomunicações (T)</b>
Ci (Fator de instalação da linha)	0.5	0.5
Ct (Fator do tipo de linha)	1	1
Ce (Fator ambiental)	0.1	0.1
$Ni = Ng \times Ai \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$	8.3x10 <sup>-1</sup> /ano	8.3x10 <sup>-1</sup> /ano

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

	<b>Linhas de energia (E)</b>	<b>Linhas de telecomunicações (T)</b>
Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados)	5x10 <sup>-2</sup>	5x10 <sup>-2</sup>
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
$Pz = Pspd \times Pli \times Cli$	1.5x10 <sup>-2</sup>	2.5x10 <sup>-2</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>-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)	2112 h/ano
$Lz = Lo \times (nz/nt) \times (tz/8760)$	2.41x10 <sup>-2</sup>



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

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

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

$$Rz = 8 \times 10^{-4} / \text{ano}$$

### 2.3.9 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.

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

$$R1 = 3.38 \times 10^{-3} / \text{ano}$$

## 2.4 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.

### 2.4.1 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)	$5 \times 10^{-1}$
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$4.15 / \text{km}^2 \times \text{ano}$
$Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$	$7.3 \times 10^{-3} / \text{ano}$
Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos)	$2 \times 10^{-1}$

Lb (valores de perda na zona considerada)

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)	$5 \times 10^{-1}$
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	$1 \times 10^{-2}$
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
$Lb = rp \times rf \times Lf \times (nz/nt)$	$5 \times 10^{-4}$



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY

Estado do Espírito Santo

Secretaria Municipal de Obras e Habitação

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

$$Rb = 7.3 \times 10^{-7} / \text{ano}$$

#### 2.4.2 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)	$5 \times 10^{-1}$
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$4.15 / \text{km}^2 \times \text{ano}$
$Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$	$7.3 \times 10^{-3} / \text{ano}$

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)	$5 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	1
$Pc.E = Pspd.E \times Cld.E$ , $Pc.T = Pspd.T \times Cld.T$	$5 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$
$Pc = 1 - [(1 - Pc.E) \times (1 - Pc.T)]$	$9.75 \times 10^{-2}$	

Lc (valores de perda na zona considerada)

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

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

$$Rc = 7.11 \times 10^{-6} / \text{ano}$$



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

### 2.4.3 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)	4.15/km <sup>2</sup> x ano
Am (Área de exposição equivalente de descargas que atingem perto da estrutura)	846979.37 m <sup>2</sup>
$Nm = Ng \times Am \times 10^{-6}$	3.51/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)	5x10 <sup>-2</sup>	5x10 <sup>-2</sup>
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)	2.5	1.5
Ks4 (Fator relevante à tensão suportável de impulso de um sistema)	4x10 <sup>-1</sup>	6.67x10 <sup>-1</sup>
$Pms = (Ks1 \times Ks2 \times Ks3 \times Ks4)^2$	1.6x10 <sup>-1</sup>	4.44x10 <sup>-1</sup>
$Pm.E = Pspd.E \times Pms.E$ , $Pm.T = Pspd.T \times Pms.T$	8x10 <sup>-3</sup>	2.22x10 <sup>-2</sup>
$Pm = 1 - [(1 - Pm.E) \times (1 - Pm.T)]$	3x10 <sup>-2</sup>	

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 <sup>-2</sup>
nz (Número de pessoas na zona considerada)	200
nt (Número total de pessoas na estrutura)	200





PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

$Lm = L_o \times (nz/nt)$	$1 \times 10^{-2}$
---------------------------	--------------------

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

$$R_m = 1.06 \times 10^{-3} / \text{ano}$$

#### 2.4.4 Componente R<sub>v</sub> (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)	1000 m	1000 m
Al = 40 x Ll	40000 m <sup>2</sup>	40000 m <sup>2</sup>
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4.15/km <sup>2</sup> x ano	

Nl (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)	0.1	0.1
Nl = Ng x Al x Ci x Ce x Ct x 10 <sup>-6</sup>	8.3x10 <sup>-3</sup> /ano	8.3x10 <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	0.5
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)	0.05	



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

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)	0.95	1
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	1
$Pv = Peb \times Pld \times Cld$	$4.75 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$

Lv (valores de perda na zona considerada)

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)	$5 \times 10^{-1}$
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	$1 \times 10^{-2}$
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
$Lv = rp \times rf \times Lf \times (nz/nt)$	$5 \times 10^{-4}$

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

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

$$Rv = 4.05 \times 10^{-7} / \text{ano}$$

#### 2.4.5 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.

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)	1000 m	1000 m
$Al = 40 \times Ll$	40000 m <sup>2</sup>	40000 m <sup>2</sup>



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4.15/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)	0.1	0.1
NI = Ng x Ai x Ci x Ce x Ct x 10 <sup>-6</sup>	8.3x10 <sup>-3</sup> /ano	8.3x10 <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	0.5
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)	5x10 <sup>-2</sup>	5x10 <sup>-2</sup>
Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento)	0.95	1
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	1
Pw = Pspd x Pld x Cld	4.75x10 <sup>-2</sup>	5x10 <sup>-2</sup>

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>

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



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

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

$$Rw = 8.09 \times 10^{-6} / \text{ano}$$

#### 2.4.6 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)	1000 m	1000 m
Ai = 4000 x Ll	4000000 m <sup>2</sup>	4000000 m <sup>2</sup>
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4.15/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)	0.1	0.1
Ni = Ng x Ai x Ci x Ce x Ct x 10 <sup>-6</sup>	8.3x10 <sup>-1</sup> /ano	8.3x10 <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)	5x10 <sup>-2</sup>	5x10 <sup>-2</sup>
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



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

$Pz = Pspd \times Pli \times Cli$	$1.5 \times 10^{-2}$	$2.5 \times 10^{-2}$
-----------------------------------	----------------------	----------------------

Lz (valores de perda na zona considerada)

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

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

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

$$Rz = 3.32 \times 10^{-4}/\text{ano}$$

#### 2.4.7 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.

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

$$R2 = 1.4 \times 10^{-3}/\text{ano}$$

#### 2.5 Risco de perdas 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.

##### 2.5.1 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)	$5 \times 10^{-1}$
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$4.15/\text{km}^2 \times \text{ano}$
$Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$	$7.3 \times 10^{-3}/\text{ano}$
Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos)	$2 \times 10^{-1}$

Lb (valores de perda na zona considerada)



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)	$5 \times 10^{-1}$
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	$1 \times 10^{-2}$
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\$)	0
ct (Valor total da edificação e conteúdo da estrutura) (R\$)	1000000
$Lb = rp \times rf \times Lf \times (cz/ct)$	0

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

$$Rb = 0/\text{ano}$$

### 2.5.2 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)	1000 m	1000 m
$Al = 40 \times Ll$	40000 m <sup>2</sup>	40000 m <sup>2</sup>
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4.15/km <sup>2</sup> x ano	

Nl (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)	0.1	0.1
$Nl = Ng \times Al \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$	$8.3 \times 10^{-3}/\text{ano}$	$8.3 \times 10^{-3}/\text{ano}$

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

	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	0.5
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)	0.05	

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)	0.95	1
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	1
Pv = Peb x Pld x Cld	4.75x10 <sup>-2</sup>	5x10 <sup>-2</sup>

Lv (valores de perda na zona considerada)

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)	5x10 <sup>-1</sup>
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	1x10 <sup>-2</sup>
Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso)	1x10 <sup>-1</sup>
cz (Valor do patrimônio cultural na zona considerada) (R\$)	0
ct (Valor total da edificação e conteúdo da estrutura) (R\$)	1000000
Lv = rp x rf x Lf x (cz/ct)	0

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

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

$$Rv = 0/\text{ano}$$

### 2.5.3 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.

$$R3 = Rb + Rv$$

$$R3 = 0/\text{ano}$$



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

## 2.6 Risco de perda 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.

### 2.6.1 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)	$5 \times 10^{-1}$
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$4.15/\text{km}^2 \times \text{ano}$
$Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$	$7.3 \times 10^{-3}/\text{ano}$
Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos)	$2 \times 10^{-1}$

Lb (valores de perda na zona considerada)

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)	$5 \times 10^{-1}$
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	$1 \times 10^{-2}$
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
$Lb = rp \times rf \times Lf \times ((ca+cb+cc+cs)/CT)$	$5 \times 10^{-3}$

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

$$Rb = 7.3 \times 10^{-6}/\text{ano}$$





PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

**2.6.2 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)	$5 \times 10^{-1}$
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$4.15/\text{km}^2 \times \text{ano}$
$Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$	$7.3 \times 10^{-3}/\text{ano}$

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)	$5 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	1
$Pc.E = Pspd.E \times Cld.E$ , $Pc.T = Pspd.T \times Cld.T$	$5 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$
$Pc = 1 - [(1 - Pc.E) \times (1 - Pc.T)]$	$9.75 \times 10^{-2}$	

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)	$1 \times 10^{-1}$
cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$)	0
CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$)	0
$Lc = Lo \times (cs/CT)$	$1 \times 10^{-1}$

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

$$Rc = 7.11 \times 10^{-5}/\text{ano}$$



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

### 2.6.3 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)	4.15/km <sup>2</sup> x ano
Am (Área de exposição equivalente de descargas que atingem perto da estrutura)	846979.37 m <sup>2</sup>
$Nm = Ng \times Am \times 10^{-6}$	3.51/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)	5x10 <sup>-2</sup>	5x10 <sup>-2</sup>
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)	2.5	1.5
Ks4 (Fator relevante à tensão suportável de impulso de um sistema)	4x10 <sup>-1</sup>	6.67x10 <sup>-1</sup>
$Pms = (Ks1 \times Ks2 \times Ks3 \times Ks4)^2$	1.6x10 <sup>-1</sup>	4.44x10 <sup>-1</sup>
$Pm.E = Pspd.E \times Pms.E$ , $Pm.T = Pspd.T \times Pms.T$	8x10 <sup>-3</sup>	2.22x10 <sup>-2</sup>
$Pm = 1 - [(1 - Pm.E) \times (1 - Pm.T)]$	3x10 <sup>-2</sup>	

Lm (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



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

$Lm = Lo \times (cs/CT)$	$1 \times 10^{-1}$
--------------------------	--------------------

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

$$Rm = 1.06 \times 10^{-2} / \text{ano}$$

#### 2.6.4 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)	1000 m	1000 m
Al = 40 x Ll	40000 m <sup>2</sup>	40000 m <sup>2</sup>
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4.15/km <sup>2</sup> x ano	

Nl (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)	0.1	0.1
Nl = Ng x Al x Ci x Ce x Ct x 10 <sup>-6</sup>	8.3x10 <sup>-3</sup> /ano	8.3x10 <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	0.5
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)	0.05	



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

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)	0.95	1
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	1
$Pv = Peb \times Pld \times Cld$	$4.75 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$

Lv (valores de perda na zona considerada)

rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)	$5 \times 10^{-1}$
rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	$1 \times 10^{-2}$
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
$Lv = rp \times rf \times Lf \times ((ca+cb+cc+cs)/CT)$	$5 \times 10^{-3}$

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

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

$$Rv = 4.05 \times 10^{-6} / \text{ano}$$

### 2.6.5 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.

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



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

	<b>Linhas de energia (E)</b>	<b>Linhas de telecomunicações (T)</b>
Ll (Comprimento da seção de linha)	1000 m	1000 m
Al = 40 x Ll	40000 m <sup>2</sup>	40000 m <sup>2</sup>
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4.15/km <sup>2</sup> x ano	

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

	<b>Linhas de energia (E)</b>	<b>Linhas de telecomunicações (T)</b>
Ci (Fator de instalação da linha)	0.5	0.5
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 <sup>-6</sup>	8.3x10 <sup>-3</sup> /ano	8.3x10 <sup>-3</sup> /ano

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

	<b>Linhas de energia (E)</b>	<b>Linhas de telecomunicações (T)</b>
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	0.5
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)

	<b>Linhas de energia (E)</b>	<b>Linhas de telecomunicações (T)</b>
Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados)	5x10 <sup>-2</sup>	5x10 <sup>-2</sup>
Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento)	0.95	1
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	1
Pw = Pspd x Pld x Cld	4.75x10 <sup>-2</sup>	5x10 <sup>-2</sup>

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



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

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

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

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

$$Rw = 8.09 \times 10^{-5} / \text{ano}$$

### 2.6.6 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)	1000 m	1000 m
$Ai = 4000 \times Ll$	4000000 m <sup>2</sup>	4000000 m <sup>2</sup>
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	4.15/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)	0.1	0.1
$Ni = Ng \times Ai \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$	$8.3 \times 10^{-1} / \text{ano}$	$8.3 \times 10^{-1} / \text{ano}$

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)	$5 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

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
$Pz = Pspd \times Pli \times Cli$	$1.5 \times 10^{-2}$	$2.5 \times 10^{-2}$

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)	$1 \times 10^{-1}$
cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$)	0
CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$)	0
$Lz = Lo \times (cs/CT)$	$1 \times 10^{-1}$

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

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

$$Rz = 3.32 \times 10^{-3}/ano$$

## 2.6.7 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.

$$R4 = Rb + Rc + Rm + Rv + Rw + Rz$$

$$R4 = 1.4 \times 10^{-2}/ano$$

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

### 2.7.1 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).

### 2.7.2 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.

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



PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

$$ct = 0$$

### 2.7.3 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.

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

$$CT = 0$$

### 2.7.4 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.

$$CL = CT \times R4$$

$$CL = 0$$

## 2.8 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	$338.37 \times 10^{-5}$	$1.4 \times 10^{-3}$	0	$14.04 \times 10^{-3}$

Foram avaliados os seguintes riscos da estrutura:

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

$$R1 = 338.37 \times 10^{-5} / \text{ano}$$

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

#### 2.8.2 R2: risco de perdas de serviço ao público

$$R2 = 1.4 \times 10^{-3} / \text{ano}$$

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





PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE KENNEDY  
Estado do Espírito Santo  
Secretaria Municipal de Obras e Habitação

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

R3 = 0/ano

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

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

R4 =  $14.04 \times 10^{-3}$ /ano

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

CT = 0

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

CL = 0