



PROJETO EXECUTIVO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

MIRANTE DA BOA VISTA – RANCHO QUEIMADO

Prefeitura Municipal de Rancho Queimado

PMRQ003.IBR.ELE.PE.MEM.R00

OBJETIVO

O presente Memorial Técnico tem por objetivo descrever as soluções adotadas para o Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas – SPDA do empreendimento Mirante da Boa Vista – Rancho Queimado, em função do nível de proteção exigido e das condições de segurança necessárias para pessoas e instalações dentro e fora dos limites das Edificações.

Além disso, o referido Memorial, tem a finalidade de orientar o desenvolvimento dos serviços de implantação do SPDA, fixando as condições técnicas mínimas a serem seguidas e regando a aplicação e o uso dos materiais necessários, de acordo com o padrão estabelecido pelas Normas Brasileiras (NBR).

Toda a execução deverá seguir rigorosamente as normas acima citadas, bem como, as normas pertinentes a cada parte da execução, mesmo quando não citado em Projeto.

As recomendações, aqui apresentadas, visam nortear a execução do Projeto de Proteção Contra Descargas Atmosféricas no sentido de estabelecer uma instalação funcional e segura. Não implicam, todavia, em qualquer responsabilidade do Projetista com relação à qualidade da instalação executada por terceiros e discordância com as normas aplicáveis.

DADOS DO PROJETO		CÓDIGO:		PMRQ003.IBR.ELE.PE.MEM.R00
CLIENTE:	Prefeitura Municipal de Rancho Queimado			
NOME PROJETO:	Mirante da Boa Vista – Rancho Queimado			
ENDEREÇO:	Boa Vista			
CIDADE - ESTADO:	Rancho Queimado - SC			
COORDENADOR IBR:	Jamile Castelo			Arquiteta e urbanista
PROJETISTA:	Pedro Henrique Da Silva			
RESPONSÁVEL TÉCNICO	José Roberto Rossi Filho	CREA-SC		Eng. Eletricista

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	RESPONSÁVEL
R0	13/09/2021	Emissão Prévia de Projeto Executivo	José Roberto

SUMÁRIO

1	Normativas de Projeto	4
2	Procedimentos Gerais para a Execução de um SPDA	5
3	Procedimentos Específicos para a Execução	6
4	Memorial de Cálculo	9
4.1	Dados do projeto	9
4.2	Análise de risco	10
4.2.1	Risco de perda de vida humana (R1)	10
4.2.2	Risco de perdas de serviço ao público (R2).....	14
4.2.3	Risco de perdas de patrimônio cultural (R3)	21
4.2.4	Risco de perda de valores econômicos (R4)	21
4.2.5	Avaliação do custo de perdas do valor econômico	27
4.2.6	Avaliação final do risco - Estrutura.....	28
5	Lista de Materiais	30

1 NORMATIVAS DE PROJETO

Excetuando-se onde especificamente mencionado em contrário, o Projeto em questão deverá estar de acordo, em seu conjunto, com as últimas revisões das Normas das seguintes organizações:

- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT;
- Concessionária de Energia Elétrica Local – CELESC;
- Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina – CBMSC;
- Agência Nacional de Telecomunicações – ANATEL;
- National Fire Protection Association – NFPA;
- International Electrical Commission – IEC;
- National Electrical Manufacturers Association – NEMA;
- Institute Electrical and Electronics Engineers – IEEE;
- American National Standards Institute – ANSI;
- National Electrical Code – NEC;
- American Society for Testing and Materials – ASTM;
- Insulated Power Cable Engineers Association – IPCEA;
- International Organization for Standardization – ISO;

Em qualquer caso, deve-se atender às exigências mínimas da ABNT. A seguir, encontram-se relacionadas, as principais Normas e Recomendações de referência utilizadas:

Por outro lado, deverão ser observadas as seguintes Normas de referência:

- ABNT NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão e demais Normas atinentes;
- ABNT NBR 14039 – Instalações Elétricas de Média Tensão de 1,0 kV a 36,2 kV e demais Normas atinentes;
- ABNT NBR 15751 – Sistemas de Aterramento de Subestações – Requisitos e demais Normas atinentes;



- ABNT NBR 13571 – Haste de aterramento aço-cobreada e acessórios – Especificação;
- CELESC Norma Técnica N-321.0002 – Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária de Distribuição;
- CELESC Norma Técnica DPSC / NT-03 - Fornecimento de Energia Elétrica à Edifícios de Uso Coletivo;
- CELESC Norma Técnica N-321.0001 – Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária de Distribuição;
- ABNT NBR 5419-1 – Proteção Contra Descargas Atmosféricas - Parte 1: Princípios Gerais;
- ABNT NBR 5419-2 – Proteção Contra Descargas Atmosféricas - Parte 2: Gerenciamento de Risco;
- ABNT NBR 5419-3 – Proteção Contra Descargas Atmosféricas - Parte 3: Danos Físicos a Estruturas e Perigos à Vida;
- ABNT NBR 5419-4 – Proteção Contra Descargas Atmosféricas - Parte 4: Sistemas Elétricos e Eletrônicos Internos na Estrutura;
- CBMSC - Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina – Normas de Segurança Contra Incêndios – Instrução Normativa IN 010/DAT/CBMSC - Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas.

2 PROCEDIMENTOS GERAIS PARA A EXECUÇÃO DE UM SPDA

A fim de se evitar falsas expectativas sobre o sistema de proteção, gostaríamos de fazer os seguintes esclarecimentos:

A descarga elétrica atmosférica (raio) é um fenômeno da natureza absolutamente imprevisível e aleatório, tanto em relação as suas características elétricas (intensidade de corrente, tempo de duração, etc...), como em relação aos efeitos destruidores decorrentes de sua incidência sobre as edificações;

Nada em termos práticos pode ser feito para se impedir a "queda" de uma descarga em determinada região. Não existe "atração" a longas distâncias, sendo os sistemas prioritariamente receptores. Assim sendo, as soluções internacionalmente aplicadas buscam tão somente minimizar os efeitos destruidores a partir da colocação de pontos preferenciais de captação e condução segura da descarga para a terra;

A implantação e manutenção de sistemas de proteção (para-raios) são normalizadas internacionalmente pela IEC (International Eletrotecnical Commission) e em cada país por entidades próprias como a ABNT (Brasil), NFPA (Estados Unidos), BSI (Inglaterra), etc...;

Somente os projetos elaborados com base em disposições destas normas podem assegurar uma instalação dita eficiente e confiável. Entretanto, esta eficiência nunca atingirá os 100 % estando, mesmo estas instalações, sujeitas a falhas de proteção. As mais comuns são a destruição de pequenos trechos do revestimento das fachadas de edifícios ou de quinas da edificação, ou ainda, de trechos de telhados.

Não é função do sistema de para-raios proteger equipamentos eletroeletrônicos (comando de elevadores, interfonos, portões eletrônicos, centrais telefônicas, subestações, etc...), pois mesmo uma descarga captada e conduzida a terra com segurança, produz forte interferência eletromagnética, capaz de danificar estes equipamentos. Para sua proteção deverá ser contratado um projeto adicional, específico para instalação de supressores de surto individuais (protetores de linha).

Os sistemas implantados de acordo com a Norma visam a proteção da estrutura das edificações contra as descargas que a atinjam de forma direta, tendo a NBR-5419 da ABNT como norma básica.

É de fundamental importância que após a instalação haja uma manutenção periódica anual a fim de se garantir a confiabilidade do sistema. São também recomendadas vistorias preventivas após reformas que possam alterar o sistema e toda vez que a edificação for atingida por descarga direta.

3 PROCEDIMENTOS ESPECÍFICOS PARA A EXECUÇÃO

O SPDA - Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas foi projetado por meio dos Métodos Eletrogeométrico e Gaiola/Malha de Faraday, por permitir uma melhor distribuição da proteção por toda a estrutura, através da combinação de terminais aéreos e condutores em malha ou gaiola, distribuídos na parte superior da edificação, com fechamentos de acordo com o nível de proteção adotado.

Portanto, para interceptar com eficiência a descarga, conduzir a corrente e dispersá-la no solo, o SPDA foi projetado em função das características da estrutura existente, adotando-se como referência o Nível de Proteção I.

A montagem do Sistema de Proteção Contra descargas Atmosféricas – SPDA deverá ser realizada de acordo com os detalhes indicados no Projeto e as informações técnicas disponibilizadas pelo Fabricante.

Todas as conexões do SPDA deverão ser executadas preferencialmente com conectores de pressão fabricados em material não corrosível, objetivando assegurar uma sólida ligação mecânico-elétrica.

Os conectores utilizados na ligação dos terminais aéreos e interseções de barras chatas ou cabos deverão fazer contato com o condutor por no mínimo 35,0 mm, medidos no sentido longitudinal, suportando um ensaio de tração de 900 N.

Os condutores horizontais e verticais deverão ser firmemente fixados, de modo a impedir que esforços eletrodinâmicos ou esforços mecânicos acidentais possam causar sua ruptura ou desconexão. A fixação dos condutores do SPDA deve ser realizada em distância máxima assim compreendida: até 1,0 m para condutores flexíveis (cabos e cordoalhas) na horizontal; até 1,5 m para condutores flexíveis (cabos e cordoalhas) na vertical ou inclinado; até 1,0 m para condutores rígidos (fitas e barras) na horizontal; até 1,5 m para condutores rígidos (fitas e barras) na vertical ou inclinado.

Na instalação das descidas provenientes do anel superior deverão ser evitadas curvas menores que 90°, não sendo admitidas emendas nos condutores de descida (o ângulo de curvatura do condutor de descida, deve ser sempre igual ou maior que 90°).

Nenhum ponto da edificação, equipamentos e aparelhos a serem protegidos poderão ficar fora do campo de proteção. As interligações entre massas metálicas e o SPDA deverão ser tão curtas quanto possível. Essas interligações são de fundamental importância para proporcionar a equipotencialização de partes metálicas da instalação.

Não será permitido a presença de materiais inflamáveis nas imediações das instalações do SPDA.

Todas as instalações do SPDA deverão ter os captadores, barras chatas e cabos de descida firmemente ligados à edificação, formando com a terra um conjunto eletromecânico satisfatório.

Em qualquer vistoria realizada pelo Corpo de Bombeiros, seja para habite-se, manutenção ou para fins de alvará, será exigido o atestado de resistência ôhmica das instalações juntamente com a respectiva ART (Anotação de Responsabilidade Técnica), com prazo de carência de 6 (seis) meses para as

edificações de riscos especiais e 12 (doze) meses para os demais tipos de ocupações.

Qualquer que seja o número de descidas, sempre que possível, serão interligadas entre si no solo, e, quando tratar-se de captos isolados, será obrigatória essa interligação. Quando houver mais de uma descida na instalação, essas serão ligadas em haste de aterramento próprio.

Em locais onde possa ser atacado quimicamente, deverá o condutor de descida, ser revestido apropriadamente, por material resistente ao ataque.

Para diminuir os riscos de aparecimento de centelhamento perigoso, deve-se dispor as descidas de modo que: a corrente percorra trajetos bem paralelos; o comprimento destes trajetos seja o mais curto possível.

As descidas serão espaçadas regularmente em todo o contorno do perímetro, devendo se situar nas proximidades dos diferentes ângulos estruturais.

O Barramento de Equipotencialização Principal (BEP) instalado na bilheteria está interligado com o anel de aterramento previsto. Em nenhum momento a resistência de aterramento poderá ser superior a 10 ohms.

Deve-se manter o cuidado de garantir a continuidade elétrica nas suas emendas e conexões do sistema de aterramento. O perfeito contato elétrico é de extrema importância para o funcionamento correto do sistema.

Todas as pastes metálicas em áreas externas devem ser firmemente conectadas à estrutura de aterramento através de soldas;

A plataforma de observação – área externa do mirante – deve ser firmemente aterrada e conectada à toda estrutura de aterramento, conforme indicações nas pranchas;

O topo da estrutura de concreto que suporta a plataforma contará com quatro terminais de aço galvanizado no topo, sendo estes conectados às descidas e, por fim, ao sistema de aterramento;

Juntamente com o sistema de aterramento previsto no Projeto de SPDA, deve-se verificar as indicações nos Projetos PCI, ELÉTRICA e TELECOMUNICAÇÕES.

O sistema de aterramento Elétrico / Telecomunicações / SPDA deverá compor um sistema único, devendo ser totalmente interligado.

Por se tratar de um empreendimento com alta probabilidade de descargas atmosféricas, e ainda que o projeto do sistema de proteção contra descargas atmosféricas seja executado seguindo todas as normativas, por motivo de segurança e visando diminuir os riscos à vida, é recomendado que sejam colocados avisos para não permanência de pessoas em áreas externas em situações favoráveis às descargas elétricas, como por exemplo, mas não somente: trovoadas e tempestades.

4 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)
12,0	30,0	36,0

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.

$$A_d = 9903,5\text{m}^2$$

4.1 DADOS DO PROJETO

Classificação da estrutura

Nível de proteção: I

Densidade de descargas atmosféricas

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

Seção das cordoalhas

Seções mínimas dos materiais utilizados no SPDA.

Material	Captor (mm^2)	Descida (mm^2)	Aterramento (mm^2)
Aço galvanizado	80	80	80

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

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

Largura máxima da malha (método Gaiola de Faraday) = 5 m

Raio da esfera rolante (método Eletrogeométrico) = 20 m

Anéis de cintamento

Foram determinados eletrodos de aterramento formando um anel fechado em volta da estrutura em todos os pavimentos, em função de se tratar de um empreendimento com características especiais e que necessita de proteção singular.

4.2 ANÁLISE DE RISCO

4.2.1 RISCO DE PERDA DE VIDA HUMANA (R1)

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)	2.5×10^{-1}
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$8.54/\text{km}^2 \times \text{ano}$
$Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$	0/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)	2×10^{-2}
$Pa = Pta \times Pb$	2×10^{-2}

La (valores de perda na zona considerada)

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

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

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

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)	2.5x10 ⁻¹
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	8.54/km ² x ano
Nd = Ng x Ad x Cd x 10 ⁻⁶	0/ano
Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos)	2x10 ⁻²

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
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 ⁻¹
nz (Número de pessoas na zona considerada)	160
nt (Número total de pessoas na estrutura)	160
tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)	8760 h/ano
Lb = rp x rf x hz x Lf x (nz/nt) x (tz/8760)	1x10 ⁻¹

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

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

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.

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

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

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

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

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente)	0 m ²	0 m ²
Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)	0.25	0.25
Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 ⁻⁶	0/ano	0/ano
Ptu (Probabilidade de uma estrutura em uma linha que adentre a estrutura causar choques a seres vivos devidos a tensões de toque perigosas)	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)
Plid (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento)	1	1
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	1
Pu = Ptu x Peb x Plid x 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)	1x10 ⁻²
Lt (Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico devido a um evento perigoso)	1x10 ⁻²
nz (Número de pessoas na zona considerada)	160
nt (Número total de pessoas na estrutura)	160

tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)	8760 h/ano
$Lu = rt \times Lt \times (nz / nt) \times (tz / 8760)$	1×10^{-4}

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

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

$$Ru = 6.83 \times 10^{-6} / \text{ano}$$

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.

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

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

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

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Ci (Fator de instalação da linha)	1	1
Ct (Fator do tipo de linha)	1	1
Ce (Fator ambiental)	0.1	0.1
$NI = Ng \times Al \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$	$3.42 \times 10^{-2} / \text{ano}$	$3.42 \times 10^{-2} / \text{ano}$

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 ²	0 m ²
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
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
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)	1×10^{-1}
nz (Número de pessoas na zona considerada)	160
nt (Número total de pessoas na estrutura)	160
tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)	8760 h/ano
$L_v = r_p \times r_f \times h_z \times L_f \times (n_z/n_t) \times (t_z/8760)$	1×10^{-1}

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

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

$$R_v = 6.83 \times 10^{-3}/\text{ano}$$

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.

$$R_1 = R_a + R_b + R_u + R_v$$

$$R_1 = 6.84 \times 10^{-3}/\text{ano}$$

4.2.2 RISCO DE PERDAS DE SERVIÇO AO PÚBLICO (R2)

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)	2.5×10^{-1}
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$8.54/\text{km}^2 \times \text{ano}$
$Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$	0/ano
Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos)	2×10^{-2}

Lb (valores de perda na zona considerada)

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

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

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

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)	2.5×10^{-1}
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$8.54/\text{km}^2 \times \text{ano}$
$Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$	0/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)	1×10^{-2}
nz (Número de pessoas na zona considerada)	160
nt (Número total de pessoas na estrutura)	160
$Lc = Lo \times (nz/nt)$	1×10^{-2}

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

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

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

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

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

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$8.54/\text{km}^2 \times \text{ano}$
Am (Área de exposição equivalente de descargas que atingem perto da estrutura)	0 m^2
$Nm = Ng \times Am \times 10^{-6}$	$0/\text{ano}$

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)	1	1
Uw (Tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido) (kV)	1	1

Ks4 (Fator relevante à tensão suportável de impulso de um sistema)	1	1
$Pms = (Ks1 \times Ks2 \times Ks3 \times Ks4)^2$	1	1
$Pm.E = Pspd.E \times Pms.E$, $Pm.T = Pspd.T \times Pms.T$	1	1
$Pm = 1 - [(1 - Pm.E) \times (1 - Pm.T)]$	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)	1×10^{-2}
nz (Número de pessoas na zona considerada)	160
nt (Número total de pessoas na estrutura)	160
$Lm = Lo \times (nz/nt)$	1×10^{-2}

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

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

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

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

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

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

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

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Ci (Fator de instalação da linha)	1	1
Ct (Fator do tipo de linha)	1	1
Ce (Fator ambiental)	0.1	0.1
$NI = Ng \times Al \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$	$3.42 \times 10^{-2}/\text{ano}$	$3.42 \times 10^{-2}/\text{ano}$

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 ²	0 m ²

Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)	0.25	0.25
$N_{dj} = N_g \times Adj \times C_{dj} \times C_t \times 10^{-6}$	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 R_s da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso U_w do equipamento)	1	1
Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	1
$P_v = P_{eb} \times P_{ld} \times C_{ld}$	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
Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso)	1×10^{-1}
nz (Número de pessoas na zona considerada)	160
nt (Número total de pessoas na estrutura)	160
$L_v = r_p \times r_f \times L_f \times (nz/nt)$	1×10^{-1}

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

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

$$R_v = 6.83 \times 10^{-3}/ano$$

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.

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

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
LI (Comprimento da seção de linha)	1000 m	1000 m
$A_l = 40 \times LI$	40000 m ²	40000 m ²

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	8.54/km ² x ano
---	----------------------------

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

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

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente)	0 m ²	0 m ²
Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)	0.25	0.25
Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 ⁻⁶	0/ano	0/ano

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

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados)	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 ⁻²
nz (Número de pessoas na zona considerada)	160
nt (Número total de pessoas na estrutura)	160
Lw = Lo x (nz/nt)	1x10 ⁻²

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

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

$$Rw = 6.83 \times 10^{-4} / \text{ano}$$

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

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e

transmitidas a esta. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda da vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

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

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

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

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Ci (Fator de instalação da linha)	1	1
Ct (Fator do tipo de linha)	1	1
Ce (Fator ambiental)	0.1	0.1
$N_i = N_g \times A_i \times C_i \times C_e \times C_t \times 10^{-6}$	3.42/ano	3.42/ano

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

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados)	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)	1	1
Cli (Fator que depende da blindagem, do aterramento e das condições da instalação da linha)	1	1
$P_z = P_{spd} \times P_{li} \times C_{li}$	1	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)	1x10 ⁻²
nz (Número de pessoas na zona considerada)	160
nt (Número total de pessoas na estrutura)	160
$L_z = L_o \times (n_z/n_t)$	1x10 ⁻²

$$R_z = R_{z.E} + R_{z.T}$$

$$R_z = (N_i.E \times P_{z.E} \times L_z) + (N_i.T \times P_{z.T} \times L_z)$$

$$R_z = 6.83 \times 10^{-2} / \text{ano}$$

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.

$$R_2 = R_b + R_c + R_m + R_v + R_w + R_z$$

$$R_2 = 7.58 \times 10^{-2} / \text{ano}$$

4.2.3 RISCO DE PERDAS DE PATRIMÔNIO CULTURAL (R3)

Por não se tratar de uma situação que conte com patrimônio cultural, este cálculo foi desconsiderado.

4.2.4 RISCO DE PERDA DE VALORES ECONÔMICOS (R4)

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)	2.5x10 ⁻¹
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	8.54/km ² x ano
Nd = Ng x Ad x Cd x 10 ⁻⁶	0/ano
Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos)	2x10 ⁻²

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
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
$Lb = rp \times rf \times Lf \times ((ca+cb+cc+cs)/CT)$	1

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

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

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)	2.5×10^{-1}
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	$8.54/\text{km}^2 \times \text{ano}$
$Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$	0/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)	1×10^{-1}
cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$)	0
CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$)	0
$Lc = Lo \times (cs/CT)$	1×10^{-1}

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

Rc = 0/ano

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

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

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

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	8.54/km ² x ano
Am (Área de exposição equivalente de descargas que atingem perto da estrutura)	0 m ²
Nm = Ng x Am x 10 ⁻⁶	0/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)	1	1
Uw (Tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido) (kV)	1	1
Ks4 (Fator relevante à tensão suportável de impulso de um sistema)	1	1
Pms = (Ks1 x Ks2 x Ks3 x Ks4) ²	1	1
Pm.E = Pspd.E x Pms.E, Pm.T = Pspd.T x Pms.T	1	1
Pm = 1 - [(1 - Pm.E) x (1 - Pm.T)]	1	1

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 ⁻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 x (cs/CT)	1x10 ⁻¹

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

Revisão R0: 13/09/2021

Emissão Inicial: 13/09/2021

Projeto-Sistema de Proteção Contra
Descargas Atmosféricas.docx

IBR Engenharia - www.ibr.eng.br
São Paulo – Florianópolis – Porto Alegre
+55 48 3371-9124 +55 51 3533-2555

Rm = 0/ano

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

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

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

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

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

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

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente)	0 m ²	0 m ²
Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)	0.25	0.25
Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 ⁻⁶	0/ano	0/ano
Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados)	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)	1
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
$L_v = r_p \times r_f \times L_f \times ((ca+cb+cc+cs)/CT)$	1

$$R_v = R_v.E + R_v.T$$

$$R_v = [(Nl.E + Ndj.E) \times P_v.E \times L_v] + [(Nl.T + Ndj.T) \times P_v.T \times L_v]$$

$$R_v = 6.83 \times 10^{-2} / \text{ano}$$

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.

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

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

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

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Ci (Fator de instalação da linha)	1	1
Ct (Fator do tipo de linha)	1	1
Ce (Fator ambiental)	0.1	0.1
$NI = Ng \times Al \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$	$3.42 \times 10^{-2} / \text{ano}$	$3.42 \times 10^{-2} / \text{ano}$

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 m²	0 m²
Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)	0.25	0.25
Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 ⁻⁶	0/ano	0/ano

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

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados)	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 (Valor relativo médio típico de todos os valores danificados pela falha de sistemas internos devido a um evento perigoso)	1x10 ⁻¹
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 x (cs/CT)	1x10 ⁻¹

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

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

$$Rw = 6.83 \times 10^{-3} / \text{ano}$$

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)	1000 m	1000 m
Ai = 4000 x LI	4000000 m ²	4000000 m ²
Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	8.54/km ² x ano	

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

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

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

	Linhas de energia (E)	Linhas de telecomunicações (T)
Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados)	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)	1	1
Cli (Fator que depende da blindagem, do aterramento e das condições da instalação da linha)	1	1
Pz = Pspd x Pli x Cli	1	1

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 ⁻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 x (cs/CT)	1x10 ⁻¹

$$R_z = R_{z.E} + R_{z.T}$$

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

$$R_z = 6.83 \times 10^{-1} / \text{ano}$$

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.

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

$$R_4 = 7.58 \times 10^{-1} / \text{ano}$$

4.2.5 AVALIAÇÃO DO CUSTO DE PERDAS DO VALOR ECONÔMICO

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.

$$CL = CT \times R4$$

$$CL = 0$$

4.2.6 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	683.85×10^{-5}	75.83×10^{-3}	0	758.31×10^{-3}

Foram avaliados os seguintes riscos da estrutura:

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

$$R1 = 683.85 \times 10^{-5} / \text{ano}$$

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

$$R2 = 75.83 \times 10^{-3} / \text{ano}$$

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

Não se aplica.

R4: risco de perda de valor econômico

$$R4 = 758.31 \times 10^{-3} / \text{ano}$$

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

$$CT = 0$$

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

$$CL = 0$$

5 LISTA DE MATERIAIS

Barramento de equipotencialização	9 terminais	1 un
Terminal Aéreo - Aço Galvanizado	600 mm - Inserção	21 un
Barra chata em alumínio - com furos	3/4" x 1/4"	8 m
Re-bar redonda aço galvanizado	80mm ²	590 m
Cordoalha de aço galvanizado (aterramento das partes metálicas externas via solda)	80mm ²	20 m

