

SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA)

CENTRAL DE RESÍDUOS CLASSE I (ETA)

PORTO ALEGRE / RS



MEMÓRIA DE CÁLCULO CÁLCULO DE NECESSIDADE DE SPDA

EMPREENDIMENTO: 9806 – MEMÓRIA DE CÁLCULO - NECESSIDADE DE INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS PARA O PRÉDIO 18 – CENTRAL DE RESÍDUOS CLASSE I (ETA) DA EMPRESA SPAL INDÚSTRIA BRASILEIRA DE BEBIDAS S.A, LOCALIZADO NA CIDADE DE PORTO ALEGRE / RS.

Resp. Técnico: Engº Eletr. João Luis Rodrigues da Rosa

CREA-RS: 075.305

Código do documento: MC-9806-015

23 de Outubro de 2021



Memória de Calculo – Necessidade de instalação do SPDA

Resp. Técnico: João Luis Rodrigues da Rosa **Rubrica:** _____ **Data:** _____

Aprov. Cliente: _____ **Rubrica:** _____ **Data:** _____

Versão	Data	Histórico das Alterações
00	23/10/2021	EMISSÃO ORIGINAL

SUMÁRIO

1. DADOS DE IDENTIFICAÇÃO	4
2. RESPONSABILIDADES	4
3. INTRODUÇÃO	4
4. OBJETIVO.....	6
5. PARÂMETROS DO PROJETO	6
5.1. Fontes de danos, perdas e avaliação de riscos:.....	6
5.2. Metodologia de cálculo	8
5.2.1. Prédio 18 - Central de Resíduo Classe I (ETA)	8
5.2.2. Risco (R1): Análise dos Riscos.....	18
5.2.3. CONCLUSÃO	19

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE NECESSIDADE DO SPDA
SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

1. DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

Denominação: PRÉDIO 18 – CENTRAL DE RESÍDUOS CLASSE I (ETA)

Proprietário: SPAL INDUSTRIA DE BEBIDAS BRASILEIRAS S.A

Endereço: AVENIDA ASSIS BRASIL, Nº 11200.

Cidade: PORTO ALEGRE / RS

2. RESPONSABILIDADES

Responsável Técnico: Eng. João Luis Rodrigues da Rosa

Nº Registro Pessoa física -CREA-RS: 075.305

Nº Registro Pessoa Jurídica: CREA-RS: RS- 234504

Anotação de Responsabilidade Técnica (A.R.T.): CREA-RS 11530611

3. INTRODUÇÃO

A proteção contra descargas de origem atmosférica é sempre um requisito básico para as estruturas, por envolver um número significativo de pessoas e conter bens materiais das mesmas, sendo inaceitável a exposição da segurança dos habitantes, podendo acarretar riscos indiretos para as imediações devido a incêndios, perda de bens e risco de vida humana.

Os equipamentos destinados às instalações e o grau de confiabilidade requerido impõem uma blindagem efetiva de modo a minimizar os efeitos das descargas atmosféricas e suas consequências.

Entre os fatores determinantes dos efeitos das descargas em uma instalação, destacam-se os seguintes:

- Número de dias de tempestades por ano (nível cerâmico), e a severidade das tempestades;
- Grau de exposição da instalação às descargas, considerando-se os fatores altitude e posição geográfica.

Memória de Cálculo – Necessidade de instalação do SPDA

- Existência e eficácia da blindagem por gaiolas de Faraday, emprego da superestrutura de edificações em concreto armado, cabos de guarda, terminais aéreos e hastes Franklin instaladas nas edificações;
- Tensões nominais dos equipamentos sensíveis e características de proteção dos supressores de surto empregados;
- Resistividade do solo na área de implantação e grau de eficácia do projeto do sistema de aterramento adotado;

Vários métodos têm sido testados e considerados satisfatórios para a proteção das instalações contra descargas atmosféricas. Cada método leva em consideração o arranjo físico da instalação e a economia na escolha do tipo de blindagem.

As conseqüências das descargas atmosféricas que atingem uma instalação podem causar ferimentos aos seres vivos por choque elétrico (D1), danos físicos (D2) e falhas de sistemas eletroeletrônicos (D3).

Através da metodologia de cálculo empregada neste trabalho, procurou-se definir um sistema de blindagem que atendesse basicamente aos seguintes requisitos:

- Interceptar e fazer incidir sobre os cabos pára-raios e hastes todas as descargas atmosféricas maiores ou iguais à corrente de descarga crítica (I_c) definida para a instalação. A corrente crítica depende do nível de proteção adotado;
- Descargas inferiores a I_c , poderão eventualmente penetrar na instalação, porém a frequência de falhas de blindagem devido a tais descargas deverá ser inferior a um valor pré-determinado.

Na análise comparativa das alternativas de posicionamento da gaiola de Faraday, dos cabos pára-raios e hastes, os períodos (anos) por falha foram considerados como índices de desempenho dos sistemas de blindagem.

Sabe-se que descargas em condutores ou próximo a estes (S3 e S4) podem ocasionar sobretensões muito maiores que 10^6 V correspondendo a correntes superiores a 100 kA, cuja percentagem de ocorrência é de cerca de 1,5 %, conforme estatísticas disponíveis. Descargas induzidas podem causar sobretensões de até 500 kV e correntes de 2 kA.

Memória de Cálculo – Necessidade de instalação do SPDA

Descargas indiretas em uma instalação, ou próximas a ela, embora pouco frequentes, podem ser severas, daí justificando-se uma proteção contra as mesmas. Nenhum equipamento normalmente instalado em uma instalação pode suportar uma descarga direta. Para diminuir os efeitos de uma descarga direta na instalação devem ser previstos e instalados dispositivos de proteção contra surtos, dimensionados conforme a NBR-5410 de 2004, NBR 5419-4:2015.

As descargas exteriores a instalação ou tensões induzidas, são controladas pelo emprego de supressores de surto. Medidas para proteger as instalações do Prédio da Central de Resíduos Classe I (ETA), em Porto Alegre / RS contra descargas diretas na estrutura (S1) e perto da estrutura (S2) foram estabelecidas ao longo deste relatório. Recomenda-se realizar projeto específico para as instalações que adentram a edificação (S3 e S4), que possam causar falha dos sistemas eletroeletrônicos, através de medidas protetivas, como emprego de Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS), destinado a proteger as redes de energia elétrica e sinais no interior das instalações.

4. OBJETIVO

Este memorial de cálculo tem por objetivo determinar a necessidade de instalação do sistema de proteção contra descargas atmosféricas no Prédio da Central de Resíduos Classe I (ETA) em Porto Alegre / RS.

5. PARÂMETROS DO PROJETO

Para execução deste estudo, tem-se como base para o dimensionamento dos Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) a norma da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 5419-2:2015 - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas (Gerenciamento de Risco), datada de junho de 2015.

5.1. Fontes de danos, perdas e avaliação de riscos:

A corrente de descarga atmosférica é a principal fonte de dano no ponto de impacto, conforme item 4.1.1 da NBR 5419-2:2015 e identificação a seguir.

- a) S1: Descarga atmosférica na estrutura;
- b) S2: Descarga atmosférica perto da estrutura;
- c) S3: Descarga atmosférica na linha;
- d) S4: Descarga atmosférica perto da linha;

Memória de Cálculo – Necessidade de instalação do SPDA

Cada tipo de dano, sozinho ou em combinação com outros, pode produzir diferentes perdas consequentes em uma estrutura a ser protegida. O tipo de perda pode acontecer dependendo das características da própria estrutura e do seu conteúdo; Os seguintes tipos de perda devem ser levados em consideração.

- a) L1: Perda da vida humana (incluindo ferimentos permanentes)
- b) L2: Perda de serviços ao público
- c) L3: Perda de patrimônio
- d) L4: Perda de valores econômicos (Estrutura, conteúdo, e perdas de atividades).

O risco, R, é um valor relativo a uma provável perda anual média. Para cada tipo de perda que pode aparecer na estrutura, o risco resultante deverá ser avaliado, como identificado a seguir.

- a) R1: Risco de perda de vida humana (incluindo ferimentos permanentes);
- b) R2: Risco de perda de serviço ao público
- c) R3: Risco de perda de patrimônio cultural;
- d) R4: Risco de perda de valores econômicos

Na tabela a seguir identificamos as componentes de risco a serem considerados para cada tipo de perda em uma estrutura

Descargas atmosféricas	Estrutura a ser considerada		
Fontes de danos	Tipo de danos	Tipo de perdas	Tipo de risco
S1	D1	L1, L4 ^a	R1, R4 ^a
	D2	L1, L2, L3, L4	R1, R2, R3, R4
	D3	L1 ^b , L2, L4	R1 ^b , R2, R4
S2	D3	L1 ^b , L2, L4	R1 ^b , R2, R4
S3	D1	L1, L4 ^a	R1, R4 ^a
	D2	L1, L2, L3, L4	R1, R2, R3, R4
	D3	L1 ^b , L2, L4	R1 ^b , R2, R4

Memória de Calculo – Necessidade de instalação do SPDA

Descargas atmosféricas	Estrutura a ser considerada		
Fontes de danos	Tipo de danos	Tipo de perdas	Tipo de risco
S4	D3	L1b,L2,L4	R1b,R2,R4
^a Somente para propriedades onde pode haver perdas de animais ^b Somente para estruturas com risco de explosão, hospitais ou outras estruturas nas quais falhas em sistemas internos colocam a vida humana diretamente em perigo.			

5.2. Metodologia de cálculo

Para a edificação em estudo foram identificados todos os tipos de perdas e os riscos relevantes. Para o cálculo do risco R, foi considerado as características da estrutura, as instalações (elétricas e telefônicas), o conteúdo da estrutura, o número de pessoas e o meio ambiente. Os critérios para avaliação dos riscos e escolhas das medidas de proteção mais adequadas para o prédio 18 Central de Resíduos Classe I (ETA) , situado na cidade de Porto Alegre/RS foram baseados pela ABNT NBR 5419-2:2015 e estão identificados.

5.2.1. Prédio 18 - Central de Resíduo Classe I (ETA)

Nome do prédio	Dimensões da estrutura (L,W,H)	Fator de localização da estrutura (C_D)	Densidade de Descarga Atmosférica $Km^2/ano(N_G)$
Central de Resíduos	12,0 m; 6,0 m; 5 m;	0,25	2,309

Referência:

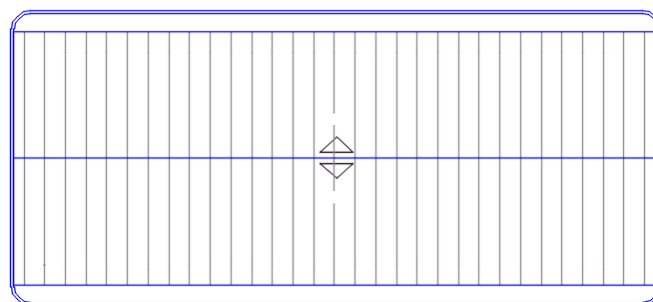
L=Comprimento (Cfe. Plantas em anexo);

W=Largura (Cfe. Plantas em anexo);

H= Altura (Cfe. Plantas em anexo);

C_D = Fator de Localização da estrutura
(Cfe. Tabela A.1 da NBR 5419-2:2015);

N_G =Densidade de Descarga Atmosférica
(Cfe. Anexo F da NBR 5419-2:2015).



CENTRAL DE RESÍDUOS
CLASSE I - PRÉDIO 18

Figura 01: Croqui do prédio 18

Memória de Cálculo – Necessidade de instalação do SPDA

Determinação da área de exposição (AD)	
H - Altura (m)	5,0
W - Largura (m)	6,0
L - Comprimento (m)	12,0
$A_D = (L \times W) + 2 \times [(3 \times H) \times (L + W)] + \pi \times (3 \times H)^2 \text{ (m}^2\text{)}$	$1,32 \times 10^3$

Componente **R_A** (risco de ferimentos a seres vivos causados por descargas na estrutura); Componente relativa a ferimentos aos seres vivos, causados por choque elétrico devido a tensões de toque e passo dentro da estrutura e fora, nas zonas até 3,0m ao redor dos condutores de descidas.

ND (número de eventos perigosos para a estrutura)		
C_D (Fator de localização)	Tabela A.1 NBR5419-2:2015	0,25
N_G (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)		2,3
$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-06}$		$7,58 \times 10^{-4}$

PA (Probabilidade de uma descarga causar ferimentos por choque elétrico)		
P_{TA} (Probabilidade de uma descarga em uma estrutura causar choques a seres vivos devido a tensões de toque e de passo)	Tabela B.1 NBR5419-2:2015	1,0
P_B (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos)	Tabela B.2 NBR5419-2:2015	1,0
$P_A = P_{TA} \times P_B$		1,0

LA (Valores de perda na zona considerada)		
r_t (Fator de redução em função do tipo da superfície do solo ou piso)	Tabela C.3 NBR5419-2:2015	1×10^{-2}
L_T (Numero relativo médio de vítimas <i>feridas</i> por choque elétrico devido a um evento perigoso) - D1	Tabela C.2 NBR5419-2:2015	1×10^{-2}
n_z (Numero de pessoas na zona considerada)		08
n_t (Numero total de pessoas na estrutura)		08
t_z (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)		730 h/ano
$L_A = r_t \times L_T \times (n_z / n_t) \times (t_z / 8760)$		$8,33 \times 10^{-6}$

Componente RA (Risco de ferimentos a seres vivos causado por descargas na estrutura)	
$R_A = N_D \times P_A \times L_A$	$6,32 \times 10^{-9}$

Memória de Cálculo – Necessidade de instalação do SPDA

Componente **R_B** (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na estrutura); Componente relativo a danos físicos, causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura, iniciando incêndios ou explosão, os quais podem colocar em perigo o meio ambiente.

ND (número de eventos perigosos para a estrutura)		
$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-06}$		$7,58 \times 10^{-4}$
C_D (Fator de localização)	Tabela A.1 NBR5419-2:2015	0,25
P_B (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos)	Tabela B.2 NBR5419-2:2015	1,0

LB (Valores de perda na zona considerada)		
r_p (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de incêndio)	Tabela C.4 NBR5419-2:2015	1,0
r_f (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	Tabela C.5 NBR5419-2:2015	1,0
h_z (Fator de aumento devido a quantidade de perdas na presença de um perigo especial)	Tabela C.6 NBR5419-2:2015	1,0
L_f (numero de vítimas feridas por <u>danos físicos</u> devido a um evento perigoso) – D2	Tabela C.2 NBR5419-2:2015	2×10^{-2}
n_z (Numero de pessoas na zona considerada)		08
n_t (Numero total de pessoas na estrutura)		08
t_z (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)		730 h/ano
L_B = $r_p \times r_f \times h_z \times L_f \times (n_z / n_t) \times (t_z / 8760)$		$1,67 \times 10^{-3}$

Componente RB (Risco de danos físicos causado por descargas na estrutura)	
$R_B = N_D \times P_B \times L_B$	$1,26 \times 10^{-6}$

Componente **R_c** (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)	
$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-06}$	$7,58 \times 10^{-4}$

Memória de Cálculo – Necessidade de instalação do SPDA
P_c (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar falhas a sistemas internos)

		Energia	Telecom
P _{spd} (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados)	Tabela B.3 NBR5419-2:2015	1	1
C _{id} (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	Tabela B.4 NBR5419-2:2015	1	0
$P_{cE} = P_{spd,E} \times C_{id,E}$; $P_{cT} = P_{spd,T} \times C_{id,T}$		$P_{cE} = 1$	$P_{cT} = 0$
$P_c = 1 - [(1 - P_{cE}) \times (1 - P_{cT})]$			1

L_c (Valores de perda na zona considerada)

L _O (Número relativo médio típico de vítimas por falhas de sistemas internos devido a evento perigoso) – D3	Tabela C.2 NBR5419-2:2015	0
n _z (Número de pessoas na zona considerada)		8
n _t (Número total de pessoas na estrutura)		8
t _z (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)		730 h/ano
$L_c = L_O \times (n_z / n_t) \times (t_z / 8760)$		0

Componente R_c
(Risco de falha dos sistemas internos causado por descargas na estrutura)
Valor

$$R_c = N_d \times P_c \times L_c$$

0

Componente R_m (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.

N_m (número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da estrutura)

N _G (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)	2,3
A _m =(Área de exposição equivalente de descargas que atingem perto da estrutura) $A_m = 2 \times 500 (L+W) + \pi \times 500^2$	8,03 x 10 ⁵ m ²
$N_m = N_G \times A_m \times 10^{-06}$	1,85 / ano

Memória de Cálculo – Necessidade de instalação do SPDA
P_m (Probabilidade de uma descarga perto da estrutura causar falhas de sistemas internos)

		Energia	Telecom
P _{spd} (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados)	Tabela B.3 NBR5419-2:2015	1	1
K _{s3} (Fator relevante as características do cabeamento interno da estrutura)	Tabela B.5 NBR5419-2:2015	1	0
U _w (Tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido (KV))	Tabela B.9 NBR5419-2:2015	1	1,5
K _{s4} (Fator relevante a tensão suportável de impulso de um sistema)	$K_{s4} = 1 / U_w$	1	0
K _{s1} (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha de uma estrutura)		1	1
K _{s2} (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha dos campos internos da estrutura)		1	1
$P_{ms} = (K_{s1} \times K_{s2} \times K_{s3} \times K_{s4})^2$		1	0
$P_{mE} = P_{spd.E} \times P_{msE} = 1 \times 1$	$P_{mT} = P_{spd.T} \times P_{msT} = 0$	1	0
$P_m = 1 - [(1 - P_{mE}) \times (1 - P_{mT})]$			1

L_m (Valores de perda na zona considerada)

L _o (Número relativo médio típico de vítimas por falhas de sistemas internos devido a evento perigoso) – D3	Tabela C.2 NBR5419-2:2015	0
n _z (Número de pessoas na zona considerada)		08
n _t (Número total de pessoas na estrutura)		08
t _z (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)		730 h/ano
$L_m = L_o \times (n_z / n_t) \times (t_z / 8760)$		0

Componente R _m (Risco de falha dos sistemas internos causado por descargas na estrutura)	Valor
$R_m = N_m \times P_m \times L_m$	0

Componente R_u, Risco de ferimentos a seres vivos causado por descargas na linha conectada; Componente relativo a ferimentos aos seres vivos, causados por choque elétrico devido a tensões de toque e passo dentro da estrutura.

AL (Área de exposição equivalente provocada por descarga a terra que atingem a linha)

Linha considerada	Energia (L _L)	Telecom (L _L)
L _L (Comprimento da linha) (m)	300	0
$A_L = 40 \times L_L$	12000	0
N _G = (Densidade de descarga para a terra)		2,3

Memória de Cálculo – Necessidade de instalação do SPDA
NL (Número anual de eventos devido a descargas na linha)

Linha considerada		Energia	Telecom
C_i (Fator de instalação da linha)	Tabela A.2 NBR5419-2:2015	0,5	0
C_T (Fator do tipo de linha)	Tabela A.3 NBR5419-2:2015	1	0
C_E (Fator ambiental)	Tabela A.4 NBR5419-2:2015	0,1	0
$N_L = N_G \times A_L \times C_i \times C_E \times C_T \times 10^{-06}$		$N_{LE} = 1,38 \times 10^{-3}$	$N_{LT} = 0$

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

P_{TU} (Probabilidade de uma descarga atmosférica em uma linha que adentre a estrutura causar choques a seres vivos devido a tensões de toque e passo)	Tabela B.6 NBR5419-2:2015	1
P_{EB} (Probabilidade em função do nível de proteção para os quais os DPS foram projetados)	Tabela B.7 NBR5419-2:2015	1
Linha considerada	Energia	Telecom
P_{LD} (Probabilidade dependendo da resistência R_s da blindagem do cabo e da tensão suportável U_w)	1	0
C_{LD} (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	0
$P_U = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD}$	$P_{UE} = 1$	$P_{UT} = 0$

Referência:

P_{LD} = Probabilidade dependendo da resistência R_s da blindagem do cabo e da tensão suportável U_w (Cfe. Tabela B.8 da NBR 5419-2:2015);

C_{LD} = Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento (Cfe. Tabela B.4 da NBR 5419-2:2015);

LU (Valores de perda na zona considerada) = LA

r_t (Fator de redução em função do tipo da superfície do solo ou piso)	Tabela C.3 NBR5419-2:2015	1×10^{-2}
L_T (Número relativo médio de vítimas <u>feridas</u> por choque elétrico devido a um evento perigoso) – D1	Tabela C.2 NBR5419-2:2015	1×10^{-2}
n_z (Número de pessoas na zona considerada)		08
n_t (Número total de pessoas na estrutura)		08
t_z (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)		730 h/ano
$L_U = r_t \times L_T \times (n_z / n_t) \times (t_z / 8760)$		$8,33 \times 10^{-6}$

Componente RU
(Risco de ferimentos a seres vivos causado por descargas na linha conectada)

$R_U = [N_{LE} \times P_{UE} \times L_U] + [N_{LT} \times P_{UT} \times L_U]$	Valor
	$1,15 \times 10^{-8}$

Memória de Cálculo – Necessidade de instalação do SPDA

Componente R_v (Riscos de danos físicos na estrutura causado por descarga na linha conectada); Componente relativo a ferimentos aos seres vivos, causados por choque elétrico devido as tensões de toque e passo dentro da estrutura.

AL (Área de exposição equivalente provocada por descarga a terra que atingem a linha)

Linha considerada	Energia (L_L)	Telecom (L_L)
L_L (Comprimento da linha) (m)	300	0
$A_L = 40 \times L_L$	12000	0
N_G = (Densidade de descarga para a terra)		2,3

NL (Numero anual de eventos devido a descargas na linha)

Linha considerada		Energia	Telecom
C_i (Fator de instalação da linha)	Tabela A.2 NBR5419-2:2015	0,5	0
C_T (Fator do tipo de linha)	Tabela A.3 NBR5419-2:2015	1	0
C_E (Fator ambiental)	Tabela A.4 NBR5419-2:2015	0,1	0
$N_L = N_G \times A_L \times C_i \times C_E \times C_T \times 10^{-06}$		$N_{LE} = 1,38 \times 10^{-3}$	$N_{LT} = 0$

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

P_{EB} (Probabilidade em função do nível de proteção para os quais os DPS foram projetados)	Tabela B.7 NBR5419-2:2015	1
Linha considerada	Energia	Telecom
P_{LD} (Probabilidade dependendo da resistência R_s da blindagem do cabo e da tensão suportável U_w)	1	0
C_{LD} (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	0
$P_v = P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD}$	$P_{VE} = 1$	$P_{VT} = 0$

Referência:

P_{LD} = Probabilidade dependendo da resistência R_s da blindagem do cabo e da tensão suportável U_w (Cfe. Tabela B.8 da NBR 5419-2:2015);

C_{LD} = Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento (Cfe. Tabela B.4 da NBR 5419-2:2015);

Memória de Cálculo – Necessidade de instalação do SPDA
LV (Valores de perda na zona considerada)

r_p (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de incêndio)	Tabela C.4 NBR5419-2:2015	1
r_f (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)	Tabela C.5 NBR5419-2:2015	1
h_z (Fator de aumento devido a quantidade de perdas na presença de um perigo especial)	Tabela C.6 NBR5419-2:2015	1
L_f (Número de vítimas feridas por <u>danos físicos</u> devido a um evento perigoso) – D2	Tabela C.2 NBR5419-2:2015	2×10^{-2}
n_z (Número de pessoas na zona considerada)		08
n_t (Número total de pessoas na estrutura)		08
t_z (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)		730 h/ano
$L_v = r_p \times r_f \times h_z \times L_f \times (n_z / n_t) \times (t_z / 8760)$		$1,67 \times 10^{-3}$

RV = RU(E) + RU(T)	Valor
$R_v = [N_{LE} \times P_{VE} \times L_v] + [N_{LT} \times P_{VT} \times L_v]$	$2,30 \times 10^{-6}$

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

AL (Área de exposição equivalente provocada por descarga a terra que atingem a linha)

Linha considerada	Energia (L_L)	Telecom (L_L)
L_L (Comprimento da linha) (m)	300	0
$A_L = 40 \times L_L$	12000	0
N_G = (Densidade de descarga para a terra)		2,3

NL (Número anual de eventos devido a descargas na linha)

Linha considerada	Energia	Telecom
C_i (Fator de instalação da linha)	0,5	0
C_T (Fator do tipo de linha)	1	0
C_E (Fator ambiental)	0,1	0
$N_L = N_G \times A_L \times C_i \times C_E \times C_T \times 10^{-06}$	$N_{LE} = 1,38 \times 10^{-3}$	$N_{LT} = 0$

Memória de Cálculo – Necessidade de instalação do SPDA
P_w (Probabilidade de descarga em uma linha causar falha a sistemas internos)

P _{SPD} (Probabilidade em função do nível de proteção para os quais os DPS foram projetados)	Tabela B.3 NBR5419-2:2015	1
Linha considerada	Energia	Telecom
P _{LD} (Probabilidade dependendo da resistência R _s da blindagem do cabo e da tensão suportável U _w)	1	0
C _{LD} (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)	1	0
P_w = P_{SPD} X P_{LD} X C_{LD}	P_{WE} = 1	P_{WT} = 0

Referência:

PLD = Probabilidade dependendo da resistência R_s da blindagem do cabo e da tensão suportável U_w (Cfe. Tabela B.8 da NBR 5419-2:2015);

CLD = Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento (Cfe. Tabela B.4 da NBR 5419-2:2015);

L_w (Valores de perda na zona considerada)

L _o (Número relativo médio típico de vítimas por falhas de sistemas internos devido a evento perigoso) – D3	Tabela C.2 NBR5419-2:2015	0
n _z (Numero de pessoas na zona considerada)		08
n _t (Numero total de pessoas na estrutura)		08
t _z (Tempo,durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)		730 h/ano
L_w = L_o x (n_z / n_t) x (t_z / 8760)		0

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

$$R_w = [N_{LE} \times P_{WE} \times L_w] + [N_{LT} \times P_{WT} \times L_w]$$

0

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.

Memória de Cálculo – Necessidade de instalação do SPDA
AI (Área de exposição equivalente de descargas para a terra perto da linha)

Linha considerada	Energia (L_L)	Telecom (L_L)
L_L (Comprimento da linha) (m)	300	0
$A_L = 40 \times L_L$	12000	0
N_G = (Densidade de descarga para a terra)		2,3

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

Linha considerada		Energia	Telecom
C_i (Fator de instalação da linha)	Tabela A.2 NBR5419-2:2015	0,5	0
C_T (Fator do tipo de linha)	Tabela A.3 NBR5419-2:2015	1	0
C_E (Fator ambiental)	Tabela A.4 NBR5419-2:2015	0,1	0
$N_L = N_G \times A_L \times C_i \times C_E \times C_T \times 10^{-06}$		$N_{LE} = 1,38 \times 10^{-3}$	$N_{LT} = 0$

Pz (Probabilidade de descarga perto da linha conectada a estrutura causar falha a sistemas internos)

P_{SPD} (Probabilidade em função do nível de proteção para os quais os DPS foram projetados)	Tabela B.3 NBR5419-2:2015	1
Linha considerada	Energia	Telecom
P_{LI} (Probabilidade de falha no sistemas internos devido a uma descarga perto da linha conectada dependendo das características da linha e dos equipamentos)	1	0
C_{LI} (Fator dependendo das condições de blindagem, do aterramento e das condições da isolação da linha)	1	0
$P_z = P_{SPD} \times P_{LI} \times C_{LI}$	$P_{ZE} = 1$	$P_{ZT} = 0$

Referência:

PLI = Valor de P_{LI} dependendo do tipo de linha e tensão suportável de impulso U_w dos equipamentos (Cfe. **Tabela B.9** da NBR 5419-2:2015);

CLI = Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento (Cfe. **Tabela B.4** da NBR 5419-2:2015);

 L_z (Valores de perda na zona considerada)

L_O (Número relativo médio típico de vítimas por falhas de sistemas internos devido a evento perigoso) – D3	Tabela C.2 NBR5419-2:2015	0
n_z (Número de pessoas na zona considerada)		08
n_t (Numero total de pessoas na estrutura)		08
t_z (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)		730 h/ano
$L_z = L_O \times (n_z / n_t) \times (t_z / 8760)$		0

Componente R_z

(Risco de falha dos sistemas internos causado por descargas perto da linha conectada)

Valor

$$R_z = [N_{LE} \times P_{ZE} \times L_z] + [N_{LT} \times P_{ZT} \times L_z]$$

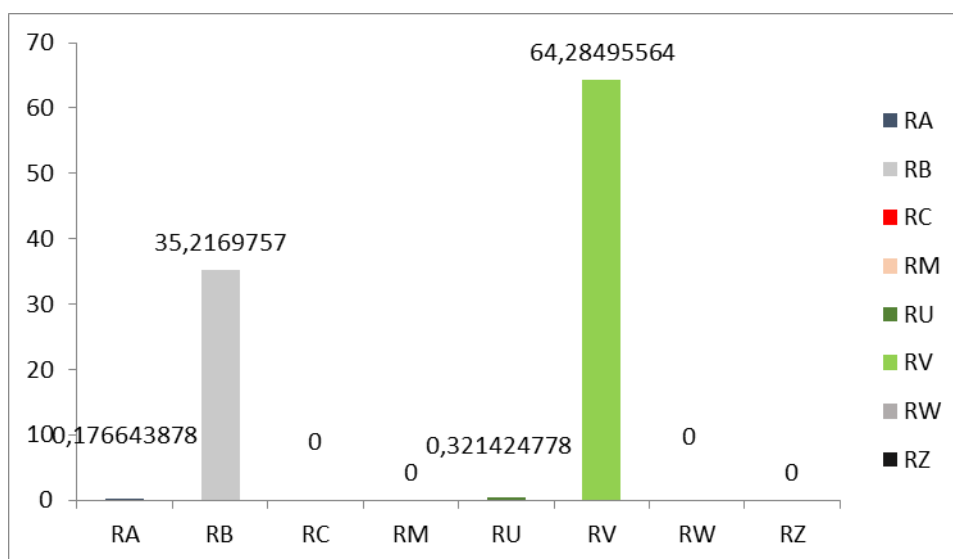
0

Memória de Cálculo – Necessidade de instalação do SPDA
Conclusão das componentes de Risco R1

$$R_1 = R_A + R_B + R_C + R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$$

$$0,358 \times 10^{-5}$$

$$R_1 \geq R_T (1 \times 10^{-5})$$

A ESTRUTURA APRESENTA RISCO TOLERÁVEL

5.2.2. Risco (R1): Análise dos Riscos

De acordo com o item 5.3 e Tabela 04 da NBR 5419-2:2015, o valor máximo do risco tolerável (R_T) é de 1×10^{-5} , portanto, devendo R_1 ser inferior a R_T . Cada componente R_x contribui com percentual para a formação de R_1 , conforme tabela a seguir.

Componente R_x	% de contribuição para R_1
R_A	0,176643878 %
R_B	35,2169757 %
R_C	0 %
R_M	0 %
R_U	0,321424778 %
R_V	64,28495564 %
R_W	0 %
R_Z	0 %

5.2.3. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos nos cálculos e a análise baseada na NBR 5419-2:2015 pode-se perceber que esta estrutura apresenta Risco Tolerável.

A instalação de um SPDA não impede a ocorrência de descargas atmosféricas. Um SPDA não pode assegurar a proteção absoluta de uma estrutura, de pessoas e bens. Entretanto, a instalação do SPDA reduz de forma significativa os riscos de danos devidos às descargas atmosféricas. (cfe. O item *INTRODUÇÃO* da NBR 5419-1:2015).

De forma a salvaguardar esta estrutura contra danos físicos, garantir a segurança de pessoas e equipamentos dentro do volume a proteger, bem como tomando-se por base que a ocorrência de um raio pode causar perfuração da isolação de instalações elétricas, incêndio, danos materiais assim como perda de vida humana, foi concebido para esta edificação um SPDA com nível de proteção **III**, respeitando as orientações da NBR 5419-3:2015/Er1.2018, que trata do Sistema Externo de Proteção Contra Descargas Atmosféricas.

Conforme plantas existentes, os subsistemas de Captação, Descidas e Aterramento deverão passar por um processo de adequação para que o atendimento do nível de proteção concebido nesta área possa ser atendido. (Ver relatório técnico sob código **RT-9806-001**, em anexo); De acordo com o item 7.5.1 na NBR 5419-3:2015/Er1.2018, esta documentação deve ser mantida no local ou em poder dos responsáveis pela manutenção do SPDA.

*“Reserva-se, a Pararrayos todo e qualquer direito atinente à propriedade intelectual, decorrente da criação da respectiva documentação elaborada referente à obra 9806, bem como procedimentos internos não permitindo à parte contratante a reprodução, mesmo que parcial, do material, conforme os seus interesses, de acordo com preceitos insculpidos na Lei nº. 9.279, de 14 de Maio de 1996, **que regulam direitos e obrigações relativos à Propriedade Industrial.**”*

Novo Hamburgo, 23 de Outubro de 2021.

Proprietário

Responsável Técnico

Eng. Eletricista João Luis R. da Rosa

CREA-RS 075.305

Este documento pode ser verificado no endereço eletrônico www.pararrayos.com.br